
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



SILVICULTURA Y FISIOLOGÍA VEGETAL APLICADA

Emilio Basantes Morales

CIENCIAS DE LA VIDA

SILVICULTURA Y FISIOLOGIA VEGETAL APLICADA

Emilio Rodrigo Basantes Morales

Silvicultura y fisiología vegetal aplicada

Dr. Emilio Rodrigo Basantes Morales

Primera edición electrónica **revisada**. Diciembre de 2016

ISBN: 978-9978-301-36-4

Pares revisión científica:

Patricio Pérez; Margarita Alconada.

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Grab. Roque Moreira Cedeño

Rector

CrnI. Ramiro Pazmiño

Vicerrector Académico General

Publicación autorizada por:

Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Edición y producción

David Andrade Aguirre

daa06@yahoo.es

Diseño

Pablo Zavala A.

Derechos reservados. Se prohíbe la reproducción de esta obra por cualquier medio impreso, reprográfico o electrónico.

El contenido, uso de fotografías, gráficos, cuadros, tablas y referencias es de **exclusiva responsabilidad** del autor.

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Av. General Rumiñahui s/n, Sangolquí, Ecuador.

www.espe.edu.ec

Los derechos de esta edición electrónica son de la **Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE**, para consulta de profesores y estudiantes de la universidad e investigadores en: www.repositorio.espe.edu.ec.

Presentación

El presente libro abarca aspectos relacionados con el entorno natural en especial los bosques que constituyen los recursos más valiosos del planeta, que deben ser conocidos su función y manejados con dedicación ya que son el soporte de la vida y el desarrollo de los pueblos, que mantienen el equilibrio armónico entre el hombre y la naturaleza.

El siglo XXI constituye un reto para América Latina de mantenerse definitivamente en la economía mundial para lo cual se requiere de nuevas dinámicas, siendo de vital importancia modernizar los sectores agrícolas y agroalimentarios, relacionadas con el área forestal, cultivos, ganadería, pesca y agroindustrias. Los momentos actuales, exige a la humanidad hacer cambios fundamentales para aumentar la producción de alimentos, productos del bosque y sobre todo preservar y mejorar el ambiente; aparte, de presentar competitividad en los productos alimenticios y procesos productivos; y de esta manera competir con éxito en la producción de alimentos y productos procesados.

La *silvicultura* comprende todas las acciones destinadas a regenerar, explotar y proteger los bosques, así como para recolectar sus productos. Con frecuencia, la silvicultura es un recurso muy importante de las economías rurales, que proporciona empleos complementarios a los agrícolas y ofrece puestos de trabajo en regiones en que no abundan otras oportunidades de empleo. Entre otros tópicos, la silvicultura comprende el aprovechamiento sostenible de

los recursos naturales, incluyendo el manejo del bosque, el manejo descentralizado de cuencas, incluyendo el suelo y el agua; el fortalecimiento de los recursos humanos, que conducen a desarrollar la infraestructura que mejore la calidad de vida en el campo y en la ciudad con el aporte del bosque para purificar el aire contaminado.

El contenido del libro se fundamenta en la necesidad de disponer de una guía de estudio y de trabajo práctico sobre los principios fundamentales del conocimiento y aplicación de la silvicultura para el agricultor, el estudiante y el profesional, relacionado con la actividad forestal y agropecuaria. El libro contiene además las bases científicas relacionadas con la aplicación de la fisiología vegetal a los árboles, su crecimiento y desarrollo vegetal. El conocimiento y el manejo del sistema suelo-agua-planta en la nutrición mineral y vegetal, así como la preservación y utilización de las especies forestales y ornamentales, constituyen la base de la dedicación de este libro.

El texto responde a las necesidades de los silvicultores, estudiantes y profesionales forestales para conocer y desarrollar en forma sostenible la explotación e industrialización de las especies forestales. Además, proporciona la experiencia acumulada sobre el tema, tomando de la literatura relativa a campos afines provenientes de la agricultura, de las ciencias biológicas y fisiológicas, de la ciencia del suelo y nutrición vegetal.

Es de esperar que los argumentos abordados aquí contribuyan a estimular nuevas corrientes de pensamiento relacionadas a los campos forestal y agrícola, con trabajos teóricos, experimentales y de investigación, y que la

aplicación práctica intensa conduzca a la ejecución de programas y proyectos agroforestales, para la confirmación de los métodos descritos o a mejoras sustanciales de los mismos.

A fin de enriquecer y presentar conocimientos e investigaciones actuales, se citan a verdaderas autoridades en el campo de la silvicultura, ciencias biológicas, fisiología vegetal y suelos, cuyas citas bibliográficas y datos de sus trabajos se describe.

El reconocimiento a estos autores e investigadores y a los que han proporcionado datos, consta en la bibliografía y agradecimientos.

Agradecimientos

A Dios por su bondad, protección y guía celestial.

A mi esposa e hijos por su cariño y motivación.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas-Espe

A los estudiantes, agricultores, ingenieros agrónomos, agropecuarios y forestales a quienes dedico esta obra.

Capítulo I

Silvicultura

El estudio de este capítulo está dedicado a capacitar y explicar el campo de acción de la silvicultura, así como también los métodos y la utilidad de las labores silvícolas. Describe la clasificación, características y beneficios de los bosques. Hace conocer las formas de propagación forestal, establecimiento de viveros y plantaciones forestales.

Silvicultura

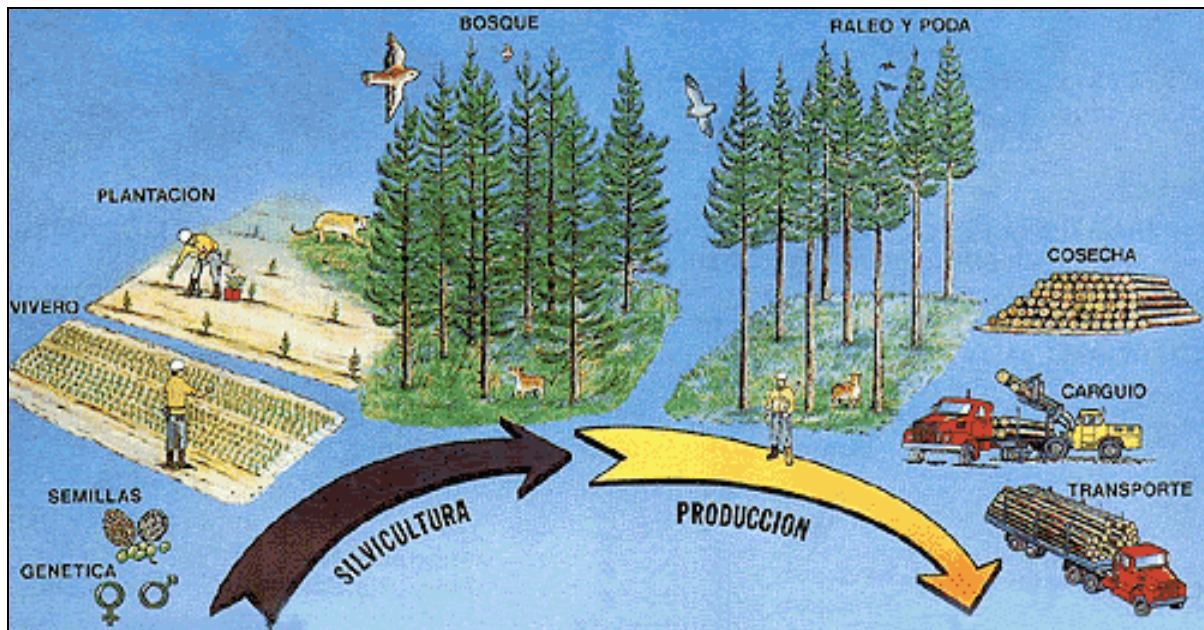
Silvicultura es una ciencia dedicada al establecimiento, formación, recuperación, manejo y conservación de los bosques, para la producción de bienes y servicios requeridos por la sociedad. Silvicultura, significa: ecología forestal, es decir, la relación del bosque con el medio, que está destinada a mantener una relación armónica entre el hombre y el ambiente.

La silvicultura, entendida como ciencia está muy relacionada con la agricultura, aunque se diferencian en varios aspectos, siendo uno de los más notables *el tiempo de espera* para la cosecha. En el caso de la agricultura, se obtiene sus frutos o cosechas en meses, en tanto que, en la silvicultura el aprovechamiento se obtiene después de algunas decenas de años, dependiendo de la especie.

El proceso dinámico de la silvicultura empieza con el mejoramiento de semillas de las especies forestales leñosas, propagación de plantas, plantación, manejo del bosque y aprovechamiento industrial.

Aunque en principio la silvicultura se centraba en la producción maderera como fuente disponible para el desarrollo industrial, ahora comprende también el mantenimiento de pastos y productos agrícolas (manejo agro y silvopastoril), la conservación de hábitats naturales, la protección de cuencas hidrográficas y el desarrollo de zonas recreativas. Por lo tanto, el manejo y la explotación de los bosques implican utilizar las zonas arboladas con el fin de obtener de ellas el máximo beneficio acorde con su naturaleza.

La cobertura arbórea en diferentes sistemas productivos, genera beneficios ambientales que contribuyen a recuperar y enriquecer de una manera sostenible la capacidad productiva de los agrosistemas, mitigar los efectos negativos del clima sobre el comportamiento de los animales y el rendimiento de los cultivos. Mediante el manejo de los sistemas agroforestales se incrementan las ventajas ambientales, sociales y económicas en el conjunto de la sociedad, tales como la conservación y aumento de la biodiversidad, la diversificación y la reducción del riesgo en el proceso productivo, la generación de empleo permanente, seguridad alimentaria, el control de plagas y enfermedades, la captura de carbono, recuperación de suelos y pasturas degradadas y la conservación de fuentes hídricas.



De ahí, la necesidad de crear centros de investigación y de enseñanza relacionadas con el manejo y control ambiental; establecimiento, manejo y aprovechamiento de los recursos forestales, optimizando los recursos naturales y estudiando el comportamiento de las variables de crecimiento que tienen las especies forestales con relación al clima, por citar un ejemplo en este aspecto se ha observado que el bosque natural de la zona templada, presenta un crecimiento cercano a 0.5 cm de diámetro/año, en tanto que, en bosque tropical el crecimiento está entre 0.5 a 1 cm y de 2 a 3 cm de diámetro/año.

Nuestro país, por su situación geográfica localizada en la línea equinoccial, presenta una sola estación térmica durante todo el año; pero en cambio existen zonas o pisos geográficos altitudinales con un solo régimen de temperatura durante todo el año en cada lugar, pero con 4 temperaturas distintas en las 24 horas del día, por lo que la vegetación forestal es diferenciada por la altitud sobre el nivel del mar. En las zonas templadas, hay mezcla de

coníferas y latifoliadas. Las coníferas son de corteza gruesa, más fuerte, sus semillas se liberan por la apertura de los conos.

El crecimiento de los bosques está influenciada por los fenómenos atmosféricos, suelo, flora y la fauna que lo rodea, estableciéndose entre ellos relaciones de mutualismo, comensalismo, parasitismo, simbiosis y otros; por lo que, no se puede prescindir de los conocimientos del ecosistema.

Agroforestería

Es una forma de manejo de los sistemas de uso de la tierra, en el cual las especies arbóreas, en combinación espacial o secuencial en el tiempo, crecen junto con cultivos agrícolas o forrajeros, proveyendo mayores beneficios para el uso de la tierra, a través del mantenimiento indefinido de la fertilidad del suelo, por el reciclaje de nutrientes en el sistema, el incremento de los rendimientos biológicos potenciales del sitio, y la conservación del suelo, del agua y del medio ambiente.

Los campesinos de las regiones naturales del Ecuador han desarrollado y practicado varias formas tradicionales de agroforestería tales como: asociación de árboles con cultivos perennes, huertos caseros (chacras), cultivos múltiples, árboles con pastos, cercas vivas, cortinas rompevientos y árboles para forraje. La práctica y el mantenimiento de estos sistemas han estado orientados principalmente a la conservación de los recursos naturales y al manejo de los cultivos agrícolas y explotaciones pecuarias.

En la región del Litoral, se ha practicado la asociación de los cultivos tradicionales de exportación, *Coffea arabica* (café) y *Theobroma cacao* (cacao), con especies arbóreas como *Albizzia guachapele* (guachapelí), *Annona muricata* (guanábana), *Citrus spp.* (cítricos), *Inga spp.* (guaba), *Mangifera indica* (mango), *Persea americana* (aguacate), *Triplaris guayaquilensis* (fernansánchez). Estas especies arbóreas han sido utilizadas para sombrear los cultivos o como cercas vivas de las propiedades, o cortinas rompevientos, o protectores del suelo e incorporadores de nutrientes, y proveedores de frutas comestibles además de la madera.

En las explotaciones silvopecuarias se ha mantenido la asociación de pastos con especies forestales como *Acacia macracantha* (algarrobo), *Cordia alliodora* (laurel), *Erythrina spp.* (porotillo), *Gliricidia sepium* (mata ratón), *Schizolobium parahybum* (pachaco) y *Tectona grandis* (teca).

En la zona norte de la provincia de Esmeraldas, los habitantes de la comuna de Río Santiago-Cayapas, han combinado el cultivo de cacao con otros de ciclo corto como maíz y *Manihot esculenta* (yuca), para luego proceder a la corta del bosque. A los árboles regenerados se los deja crecer, a excepción de los malformados y débiles, dejándose los desechos en el terreno para su descomposición natural. Después de la corta, se cosechan las especies de ciclo corto, se resiembra el cacao y se plantan árboles frutales tales como: *Annona muricata*, *Carica papaya* (papaya), *Citrus spp.*, *Musa paradisiaca* (plátano), banano, entre otros.

En la región alto-andina o Sierra, los modelos agroforestales practicados por el campesino se han caracterizado por mantener los cultivos agrícolas y pastizales asociados con especies arbóreas como *Agave americana* (pencas), *Baccharis spp.* (chilca), *Buddleja incana* (quishuar), *Cassia canescens* (lilin llin), *Cortadeira spp.* (sixise), *Eucalyptus globulus* (eucalipto), *Eugenia spp.* (arrayán), *Inga spp.* (guaba), *Prunus serotina* (capulí) y *Spartium junceum* (retama). Estas mismas especies se han utilizado como linderos de propiedades, cortinas rompevientos y sombras de potreros.

También se ha practicado la asociación de cultivos de ciclo corto con árboles frutales de hoja caduca como manzanos, perales, durazneros y otras especies como tomate de árbol, aguacate, *Annona cherimolia* (chirimoya) y cítricos, en áreas con climas apropiados para los mismos.

En la Región Amazónica, la población nativa ha mantenido un sistema de producción, la "chacra itinerante", basado en la incorporación de cultivos de subsistencia (yuca, maíz y papa china) en el bosque natural, bajo la protección de los árboles de linderos y algunos árboles dejados después de la corta, defendiendo al mismo tiempo su integridad, la preservación del medio ambiente y la biodiversidad.

Ecosistemas

Ecología es el estudio de la relación entre los organismos y su ambiente físico y biológico. La luz, el calor, la radiación solar, la humedad, el viento, los minerales, el agua y la atmósfera (O₂, CO₂ y otros gases), constituyen el medio

físico, en tanto que, el *ambiente biológico* está formado por los organismos vivos, vegetales y animales.

Los ecosistemas no están limitados por parámetros rígidos, pues sus fronteras son los límites en que no es posible la vida. El planeta Tierra constituye un ecosistema de enorme complejidad y riqueza, integrado en forma amplia por el ecosistema acuático y el terrestre. El conjunto de organismos vivos de un ecosistema recibe el nombre de *biocenosis*; y el medio en que vive la biocenosis recibe el nombre de *biotipo*. Los ecosistemas se pueden formar en cualquier parte de la tierra y del mar donde haya organismos vivos, y es por eso que son extraordinariamente diferentes.

Los bosques constituyen un gran sistema ecológico biótico que permite el desarrollo de comunidades vivientes integrada por vegetales y animales, tomando en cuenta las condiciones físicas del hábitat (*lugar y ambiente*).

Según los ecólogos el ecosistema es una unidad natural que representa una combinación de elementos vivos e inertes; como resultado de la interacción de estos elementos se crea un sistema estable, en el cual la materia se transmite entre las partes vivientes y no vivientes.



En cualquier ecosistema transcurre un proceso complicado en el que surgen nuevas interacciones y productos nuevos, por ejemplo durante el proceso de conversión e intercambio de materia y energía, la radiación solar (*principal fuente de energía metabólica*), es captada y acumulada por los árboles y demás vegetales, y mediante procesos metabólicos se convierte en *materia o fitomasa*, la cual pasa a los animales, estableciéndose un intercambio de materia y energía en el interior de los seres vivos.

Al aumentar la población mundial y la actividad industrial, la demanda en la cantidad de energía usada por cada persona ha aumentado a un ritmo muy rápido, favoreciendo los incrementos de niveles de contaminación del aire y agua. Esto se refleja en la contaminación del aire causada por las chimeneas de las fábricas, plantas generadoras que queman combustibles y por el escape del parque automotriz. La contaminación es un cambio

indeseable en las características físicas, químicas o biológicas de nuestro aire, nuestra tierra y nuestra agua que puede dañar o afectar a la vida humana y de especies deseables e inclusive que pueden agotar o deteriorar nuestros recursos naturales.

El ecosistema forestal, se define como un área natural conformada por árboles, especies vegetales del sotobosque, su fauna, los microorganismos, el suelo y los factores climáticos; que mantienen una interacción biológica y natural equilibrada entre ellos. Es decir, es una unidad funcional con interdependencia entre sus componentes, constituyendo un ecosistema *dinámico entre los organismos vivientes y el hábitat que ocupan*.

La vegetación natural y los bosques, son parte fundamental del ciclo del agua que se relaciona con el ciclo de la vida. Este ciclo, que todos sabemos, se inicia con la transpiración de las plantas, evaporación del agua de la tierra y los mares, formación de las nubes, las cuales a su vez, dan origen a las lluvias que caen sobre la tierra y regresan a través de ríos, a los océanos.

La destrucción de la masa forestal a lo largo del planeta constituye en la actualidad una de las principales amenazas para el equilibrio del ecosistema terrestre, alterando el calentamiento de la superficie y favoreciendo el avance del desierto, a causa de los efectos erosivos de la lluvia y otros factores que actúan sobre un terreno desprovisto de protección vegetal. Aunque haya actividades de reforestación, la riqueza biológica se ve mermada por la pérdida de la biodiversidad y empobrecimiento del ecosistema.

Clasificación de los bosques

Antes de indicar la clasificación de los bosques, es necesario señalar los siguientes conceptos. *Selva o monte*, es una extensión natural de terreno cubierto de formaciones vegetales integradas por asociaciones de plantas leñosas, semileñosas y herbáceas. El bosque es un monte en el que predominan los árboles.

Rodal o biogrupo: Significa cuando una parte del bosque se diferencia de las demás especies que forman su vuelo, en composición de edades, estado de desarrollo, etc. Estos biogrupos, pueden estar formados por conjuntos de árboles dentro del rodal entre los cuales existen diferencias menos marcadas. Un bosque, por lo tanto, está compuesto por varios rodales y cada rodal está formado por varios biogrupos.

Los bosques son tan diferentes entre sí, como las personas o como las variedades de árboles que los componen. Por ello, existen varias maneras de clasificar los diferentes tipos de bosques.

Bosque primario

Es una extensión vegetal de vida silvestre formada espontáneamente, se caracteriza por que se han establecido mediante la dispersión natural de las semillas, no se han realizado plantaciones, por lo que, presentan especies y vegetación nativa.



Aunque en algunos casos provienen de siembra directa o plantaciones de plántulas procedentes de viveros, pero que no han sido manejados, explotados y se han desarrollado hace varios años. Entre otras características, presentan mayor espaciamiento entre especies, se han desarrollado en forma natural y casi nunca son procedentes de retoños de tocones.

Bosque secundario

El bosque secundario, se forma por degradación del bosque primario o proviene de un cultivo abandonado. Ocurre también, cuando un bosque primario es explotado en sucesión durante varios periodos. Presenta el espacio de la plantación inicial. La densidad y altura de las especies es mayor, pero de menor diámetro y edad.



La composición de especies en el bosque secundario es más simple y se encuentran en menor número, que cuando era un bosque primario.

En cuanto a la estructura, hay menor número de especies y éstas se encuentran a mayor espaciamiento; la estructura de las especies primarias presenta diámetros similares.

El sotobosque bajo este ambiente, resulta en mayor presencia de la regeneración natural. Resultados de investigaciones realizadas en este tipo de bosque, indican que el crecimiento en grosor de las especies es mayor en el bosque secundario (de 1 a 3 *cm* de diámetro) que en el bosque primario (de 0.5 -1 *cm* de diámetro).

Bosque artificial

Constituye una extensión vegetal de vida silvestre artificial, que se forma por plantaciones con espaciamiento controlado; se selecciona la composición del bosque,

permite introducir especies exóticas adecuadas, hay un mayor acceso al manejo y explotación del bosque. Tanto el bosque secundario y artificial, se orientan hacia la producción de madera comercial. Muchas veces estos montes se regeneran por retoños de tocones.

Bosques secos tropicales

Son bosques que crecen en áreas que no reciben lluvia durante muchos meses del año. En los bosques secos hay una época seca bien definida, durante 5-6 meses y durante este tiempo muchos árboles están sin hojas. Durante los otros 6 meses del año hay mucha lluvia, y el bosque es muy mojado y húmedo, donde todas las plantas tienen hojas y todo está verde.

Características del Bosque Templado y Tropical

DIFERENCIACIÓN	BOSQUE TEMPLADO	BOSQUE TROPICAL
Composición forestal	Menor número de Especies	Mayor número de especies
Follaje	Predominan especies caducifolias, de maderas más duras	Perenne, con vegetación exuberante con bosques siempre verdes y semicaducifolios
Crecimiento	Lento, en función de las temperaturas térmicas	Crecimiento permanente

Tiempo	Marcado según la situación geográfica (altitud)	Irregulares
Suelos	Menos meteorizados	Mayor meteorización
Raíces	Alargadas, exploran mejor el suelo	Son más superficiales, debido a la mayor disponibilidad de materia orgánica
Diferenciación climática	Mayor igualdad, menor diferenciación de especies	Mayor diferenciación y mayor número de especies

Bosques de montaña o cordillera

Su función principal es la de protección y conservación de las cabeceras o partes más altas de las cuencas, generalmente la vegetación es de tipo graminoide, propia de los páramos, encontrándose algunos tramos de bosques heterogéneos, los cuales ocupan los bordes de nacimientos de vertientes y valles fríos de la Cordillera Interandina. Estos bosques comprenden los subpaisajes de los páramos y estribaciones de las cordilleras, sean estas altas, medias o bajas.

El clima de las alturas es muy exigente y no lo soportan más que un reducido grupo de especies. Se calcula que por

cada 100 *m* de altura la temperatura media desciende 1°C, lo cual hace que pocas especies aguanten estas condiciones. Entre algunas especies que soportan estos extremos, están los pinos negros, los abetos y las especies nativas, como los *Polylepis* spp., Motilón, Aliso.

Reserva de la biodiversidad en el Parque Nacional de Llanganates



En nuestro país, el macizo montañoso de Llanganati, correspondiente al Parque Nacional Llanganates, para la conservación de la biodiversidad de la zona, consta con alrededor de 220 mil hectáreas, y está ubicado al este de Tungurahua, entre Cotopaxi, Napo y Pastaza, a una altura entre los 1200 y 4571 *m*, posee una temperatura que fluctúa entre los 10 °C bajo cero, en las zonas cercanas a los 4000 *m* de altura, y los 15 °C en los valles; con índices de pluviosidad entre los 1000 a los 3000 *mm*, y cubiertas por densas capas de nubes y neblina, aunque entre los meses de agosto y febrero el clima es benigno. La **flora** de esta zona en lo que se refiere a los páramos, es una asociación

vegetal, donde predomina la vegetación de páramo: con suros, bromelias, pajonales, chuquiraguas, achupallas, tamtamas, sufillos, mortiñales, musgos, líquenes, hongos y helechos gigantes. Entre las *especies arbóreas* se encuentran pumamaqui, cashcapumin, aliso, cedro, motilón, canelo, y frailejones; esta última es una especie especial que solo existe en el rincón de Llanganati y Provincia del Carchi (El Angel). Fuente: *www. el comercio.com/ 19 enero 2003*.

La flora de la parte montañosa de la *Reserva Cayambe-Coca*, corresponde a bosques de páramo, pajonales grandes y pequeños, gramíneas, aliso, aguacatillo, arrayán blanco, cedro, motilón, saha motilón, pumamaqui, cedrillo, jigua, nogal, sinsín colorado, canelo, arrayán.

Clasificación de los bosques según su objetivo

Dependiendo del objetivo, a los bosques se les clasifica por su origen, otras veces por su composición, función, diámetro o edad.

Según su origen

El origen biológico o regeneración del bosque se basa en la propagación o reproducción de las plantas, que permiten perpetuar individuos con valores específicos para el hombre. Por lo tanto, la *regeneración forestal*, consiste en sustituir la masa forestal existente por otra nueva, lo que implica también el aprovechamiento de los bosques actuales y la formación de nuevos bosques. La regeneración del bosque, puede realizarse por métodos naturales que tiene lugar por: a). regeneración natural,

partiendo de las semillas diseminadas por los árboles existentes o por renuevos, y b) por métodos artificiales, mediante plantación o siembra directa, que emplea: semillas y plántulas provenientes de material vegetativo, estacas e injertos. Según su origen los bosques pueden ser: *Nativos*, o sea, aquellos que no han sido plantados y que se encuentran en su lugar o sitio desde hace muchos años. Estos bosques, están formados por especies autóctonas del país. También se le llama *bosque espontáneo o bosque natural*. Una *Bosque Artificial o plantación*, es aquél que ha sido creado por la intervención humana, utilizando plántulas procedentes de viveros o mediante siembra directa. Es una forma de explotación artificial, que permite elegir la especie a plantar, se controla la densidad, composición y da mayor acceso en empleo, manejo y explotación del bosque.

Según su estructura

Cuando hablamos de la estructura del bosque nos referimos a la composición de especies, forma y edades de los árboles. Según la estructura, cuando los bosques están compuestos por una sola especie se dice que los *bosques son puros u homogéneos*. Todo bosque puro está compuesto, además, por los estratos formados por arbustos, hierbas, es decir, de un sotobosque característico de la zona.



Los bosques puros, pueden ser regulares si todos los árboles tienen aproximadamente la misma edad, e irregulares si están formados por estratos de diferentes edades. En general, los bosques originados por plantaciones son regulares y los originados por métodos de regeneración natural, irregulares.

Cuando el bosque está formado por dos o más especies, se habla de *Bosques heterogéneos o mixtos*. Por lo general, los bosques heterogéneos son irregulares.

En climas extremos, se observa la presencia de bosques de una sola especie, como es el caso de los bosques de *Polylepis sp.* Sin embargo, en nuestro país, los bosques van siendo cada vez más mezclados, hasta llegar a los bosques de las zonas tropicales, en que hay una enorme cantidad de especies arbóreas.

Según la edad

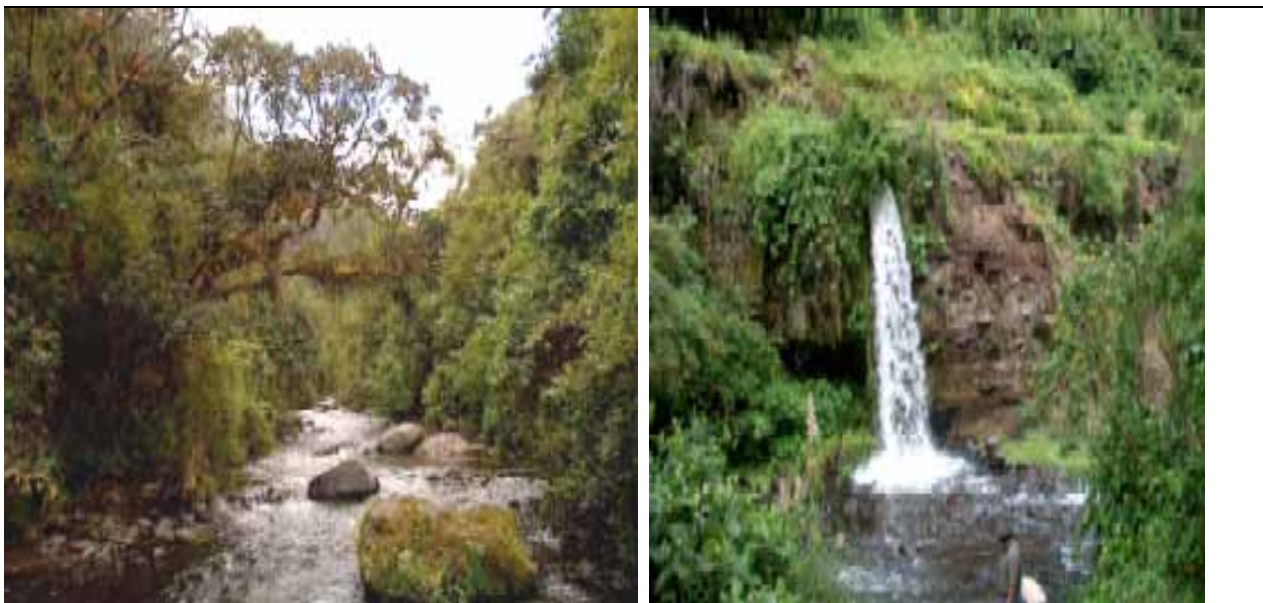
Los bosques cuyos árboles tienen aproximadamente una misma edad se denomina *bosques coetáneos* y aquellos que

presentan diferentes edades se llaman *bosques heterocoetáneos*. La edad de los árboles se puede determinar por medio del taladro incremental de Pressler, que saca una muestra del árbol para contar los anillos de crecimiento anual.

Este sistema ha permitido determinar que el árbol es el ser vivo más longevo del mundo. Hay pruebas que algunos árboles alcanzan de 4.000 a 5.000 años, como el ciprés calvo de Montezuma (México), con un diámetro aproximado de 10 m y una altura cercana a los 42 m. Varios alerces y araucarias de Chile son también milenarios. Los secuoyas gigantes (California) alcanzan alturas de 100 m y edades bíblicas (2000-3000 años), aunque no ostentan los récords de edad del *pinus aristata* (4.700 años).

Según su función

- **Bosque nativo de protección**



Son aquellos ubicados en suelos frágiles, laderas inestables, en pendientes muy pronunciadas y sirven para dar protección a un objetivo determinado, por ejemplo, las cuencas hidrográficas, orillas de fuentes de agua, presas, muros; y que deben someterse a un manejo destinado al resguardo de tales suelos y recursos hídricos, con el fin de evitar la erosión, daños irreversibles por precipitaciones, efectos destructivos de la sedimentación, avalanchas o la alteración de sus ciclos hidrológicos. *Su objetivo es proteger los recursos naturales: agua, suelo y vida silvestre.* En estos tipos de bosques está prohibida la corta o aprovechamiento de los árboles y arbustos.

- **Bosque nativo de preservación**

Están constituidos por especies vegetales únicas, escasas o representativas del patrimonio ambiental, o que sustenten especies animales incluidas en alguna categoría de conservación, y que están sometidas a un manejo destinado a proteger su biodiversidad, patrimonio genético, belleza escénica y recursos paisajísticos, con el fin de servir a la investigación científica, educación ambiental, turismo y recreación pública.

- **Bosques de producción**

Son aquellos destinados a la explotación de los productos económicos o forestales, como: madera, corteza, flores, frutos, hojas, racimos, etc. Estos bosques no se incluyen en áreas de protección o de preservación. Por ejemplo: un bosque de coníferas, eucalipto, nogal, etc.

Según el diámetro



Bosque regular

Según el diámetro, se distinguen los *bosques regulares*, que son aquellos que tienen aproximadamente un mismo diámetro, y *bosques irregulares* son los que contienen todos los diámetros.



Bosque irregular

Beneficios del bosque

El **bosque** es un gran ecosistema que forma parte esencial entre la interacción del hombre y su medio ambiente; brindan tanto al hombre como a su medio ambiente una serie de beneficios. Entre los beneficios que los árboles nos ofrecen podemos mencionar los siguientes:

La plantación de bosques *ha permitido recuperar suelos con alto riesgo de erosión*, invirtiendo así este proceso de desertificación. Al caer la lluvia sobre las copas de los árboles, las gotas de lluvia son desviadas y al mismo tiempo su velocidad se reduce evitando así el impacto de éstas sobre el suelo. Al controlar la erosión también se controla la sedimentación en los cauces y yacimientos de agua, ya que sus raíces se extienden en el suelo evitando el desprendimiento de éste.



Aíslan ruidos, ya que funcionan como aisladores y absorbentes de ondas sonoras producidas por vehículos, industrias, aeroplanos y otros. Actúan como barreras

amortizando la velocidad del viento; lo cual es importante para la protección de los cultivos agrícolas, así como en las costas y desiertos donde amortiguan vientos huracanados y protegen de la erosión y desgaste.

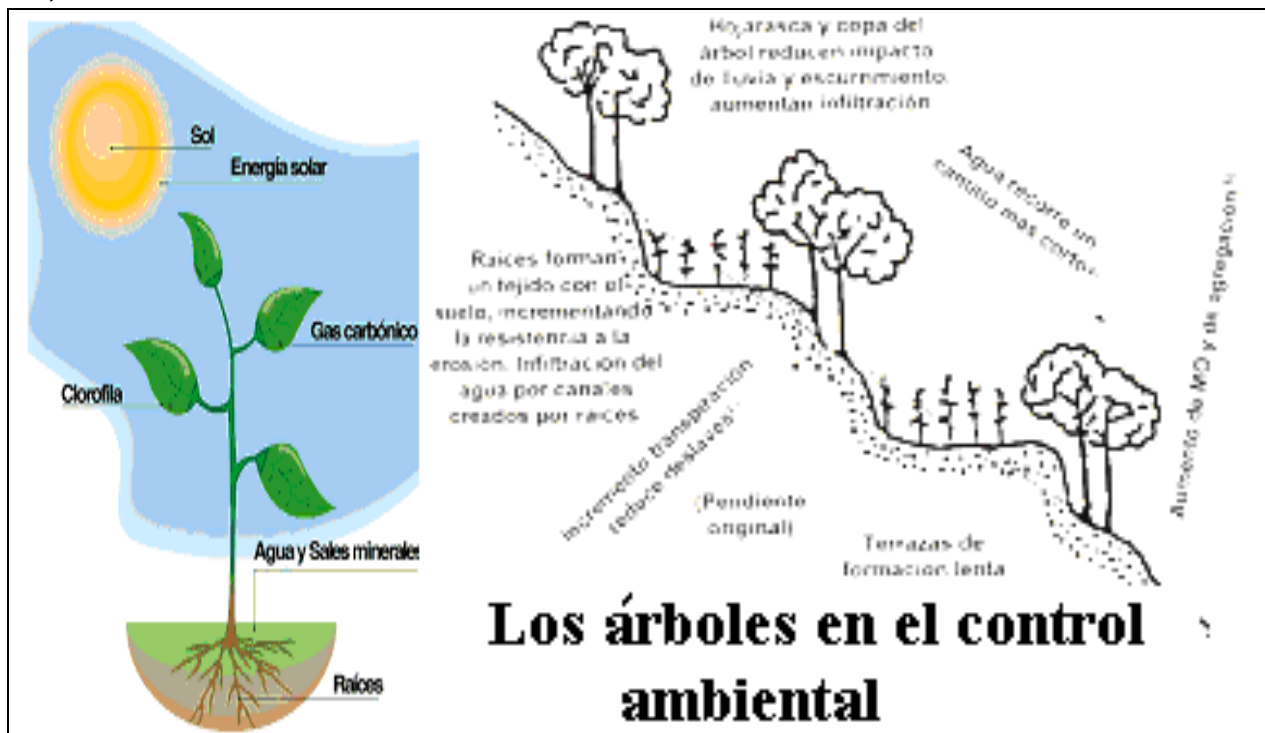
Purificación del aire, pues sirven como filtros naturales purificando el aire, eliminando los gases tóxicos (óxido nitroso, azufre, etc) que puedan afectar la capa de ozono y produciendo oxígeno. Una hectárea de pino o eucalipto utiliza alrededor de 9 toneladas anuales de carbón de la atmósfera, las que luego se transforman en oxígeno, ayudando así, a disminuir el efecto invernadero. Protegen contra la incidencia directa de los rayos solares, brindando sombra, refrescando el ambiente y filtrando los rayos solares.

Proveen alimento: sus frutos, hojas, semillas, corteza y raíces sirven de alimentación tanto para el hombre como para animales. Además, el hábitat que ocupan, constituye un ambiente adecuado para el desarrollo de variadas formas de vida tanto de fauna como de flora. Los suelos de las plantaciones forestales son del tipo ácidos, pero no más ácidos que los de cualquier otro tipo de vegetación. Ej. trigo, maíz, bosque nativo.

Producción de hojarasca y madera: la cantidad de hojas que caen de los árboles al suelo constituye una fuente de materia orgánica que utilizan las plantas y organismos para su alimentación. Las especies de árboles madereros nos proporcionan materiales para la construcción de casas, botes, muebles y artesanías.

Producción de oxígeno por las plantas

El aire está constituido por: 21% de oxígeno, 78% de nitrógeno y más de 1% de compuestos gaseosos y sólidos. El CO_2 , está presente en el aire en una concentración de 0,03 %.



El oxígeno del aire es consumido por el hombre y los animales, en el proceso de la respiración. Es utilizado también en todos los procesos de combustión (cocina, autos, buses). El O_2 que es utilizado, tanto en la respiración como en la combustión, es devuelto al aire como CO_2 .

Mediante, la fotosíntesis el CO_2 es incorporado en compuestos orgánicos, se acumula energía y se libera O_2 del agua. En el proceso de la fotosíntesis intervienen diversos elementos, tales como: la energía del sol, el agua, el CO_2 del aire, pigmentos fotosintéticos como la clorofila (el material colorante de las plantas que les da su color

verde y se ubica preferentemente en las hojas), y elementos minerales.

Este fantástico proceso denominado fotosíntesis nos permite la vida, porque por una parte necesitamos oxígeno para vivir, y por otra, también necesitamos azúcares para obtener nuestra energía. Por lo tanto, el hombre es el gran favorecido con la fotosíntesis.

Vivero forestal

El vivero es un lugar físico apropiado para la producción de plantas a partir de semillas. El objetivo del vivero es satisfacer la demanda en número, época, condiciones de vigorosidad y salud óptima de plantas para satisfacer la demanda forestal. Las plantas producidas posteriormente serán trasladadas a los lugares definitivos donde se establecerán los bosques, mediante el uso de la técnica de plantación. Los viveros pueden ser temporales o permanentes.

Requisitos para el establecimiento de viveros

El vivero es un lugar que debe reunir una serie de requisitos técnicos como por ejemplo su topografía debe ser plana o con una pendiente menor al 5%, debe poseer suficiente caudal agua (1 litro/seg) o construir un reservorio de agua capaz de dar una lámina de agua de 2-3 mm/m²) durante las épocas de sequía. Por otra parte el sitio del vivero debe poseer las mismas condiciones de la zona de plantación y tener buenas facilidades de acceso; los

suelos de preferencia deben ser franco arcillosos y profundos, fáciles para trabajar y permeables. Se debe evitar la instalación de los viveros permanentes en valles profundos por cuanto la evapotranspiración es sumamente alta, además es aconsejable que exista disponibilidad de mano de obra permanente cercana al vivero.



La producción de plantas con óptima calidad tiene un efecto decisivo en la formación del nuevo bosque. Plántulas mejoradas provenientes de semillas de árboles seleccionados, aseguran mayor resistencia a factores adversos: suelo, clima, plagas y posibilita la obtención de productos del bosque en rotaciones más cortas, en mayores volúmenes y con mejores características de densidad, apariencia y resistencia físico-mecánica.

En el vivero, también se producen plántulas mediante técnicas de reproducción vegetativa, es decir, se toma un trozo de tejido de un árbol (estacas) y se obtiene otra planta, que es genéticamente idéntica a la planta original.

Las plantas de reproducción agámica, conservan todas las propiedades genéticas del individuo. Este tipo de plántulas se usa a menudo en plantaciones intensivas para Teca, sauce, álamo, molle y otras.

Establecimiento de Semilleros

Escogido el sitio para el establecimiento del vivero forestal, se deberá seguir los siguientes pasos:

- ***Extensión del vivero***

La extensión del vivero está relacionada con el número de plantas y especies a producir anualmente. Número o superficie de platabandas necesarias para cada especie. Número de plantas a producir por m^2 de platabanda, por ejemplo: pino 150, eucalipto 230, teca 25, laurel 100.

Considerar el tiempo de permanencia y tamaño de las plantas que pueden alcanzar en el vivero hasta que sean utilizadas en la plantación definitiva, por ejemplo: pino 8 meses, eucalipto 6 a 7 meses, ciprés un año, teca 8 meses, nogal 2 años, acacias 8 meses.

- ***Distribución del terreno en el vivero***

Se debe considerar el área para construcciones (oficina, bodega herramientas, insumos), patios de despacho, invernadero, depósito de cisternas de agua, caminos, caminillos entre platabandas y cuarteles, cercas y setos o cortinas rompevientos. Debiéndose considerar el 60% para platabandas y cuarteles.



- ***Platabandas***

El tamaño de las platabandas de preferencia debe ser de 1.20 m de ancho por 10 a 20 m de largo, ubicados dentro de cuarteles que contienen de 10, 20 y 30 platabandas. Las platabandas deben ser horizontales y planas, con un drenaje del 1% y a una altura de 15 cm. Se aconseja que las platabandas sean enmarcadas con ladrillo, hormigón simple, madera, etc, para evitar la erosión causada por la lluvia o riegos. Para el trazado de platabandas, cuarteles y caminillos (60 cm de ancho), se utilizan: estacas, piola, martillo, flexómetro, pala de desfonde, rastrillo, etc. El suelo dentro de la platabanda debe ser bien rastrillado, fértil y húmedo. Si se emplean surcos, éstos son distanciados entre 20 cm a lo largo de la platabanda.

Métodos de siembra

Las siembras en los semilleros pueden realizarse en macetas, bolsas de plástico, bandejas o directamente en el suelo, en camas o platabandas preparadas para tal fin, bajo los métodos: de siembra al voleo o en hileras. Cuando se utilizan recipientes o bolsas, el sustrato suele estar formado por suelo orgánico, turba y arena en una proporción, por ejemplo, de 2:1:1. Si la siembra se realiza en suelo directamente, éste debe estar bien mullido y drenado, por lo que es conveniente añadir al mismo alguna cantidad de sustrato a base de turba y arena.

La siembra a voleo, consiste en esparcir la semilla uniformemente sobre la superficie de la platabanda, a mano o con máquinas. Con este sistema se tiene mayor número de plantas por metro cuadrado, pero dificulta el control de malezas. Debe usarse con semillas pequeñas, cuando se dispone de poca área y en suelos que no produzcan muchas malezas. *La siembra en hileras*, consiste en situar las semillas en pequeños surcos o hileras a través de la platabanda, distanciados a una separación de 10, 20 ó 30 *cm* de acuerdo al tamaño de la especie. Bajo este sistema pueden situarse las semillas:

- *Una a una*, con semillas grandes (cedro, teca, nogal, araucaria, amarillo, pachaco);
- *A golpe*, semillas pequeñas (acacias, pinos, molle, algarrobo);
- *A chorro continuo*, semillas muy pequeñas (eucalipto, laurel, ciprés, pinos).

Cuando la siembra se realiza en macetas o bolsas, se suelen sembrar varias semillas por cada recipiente, y una vez germinadas se deja la más vigorosa y se elimina el resto.

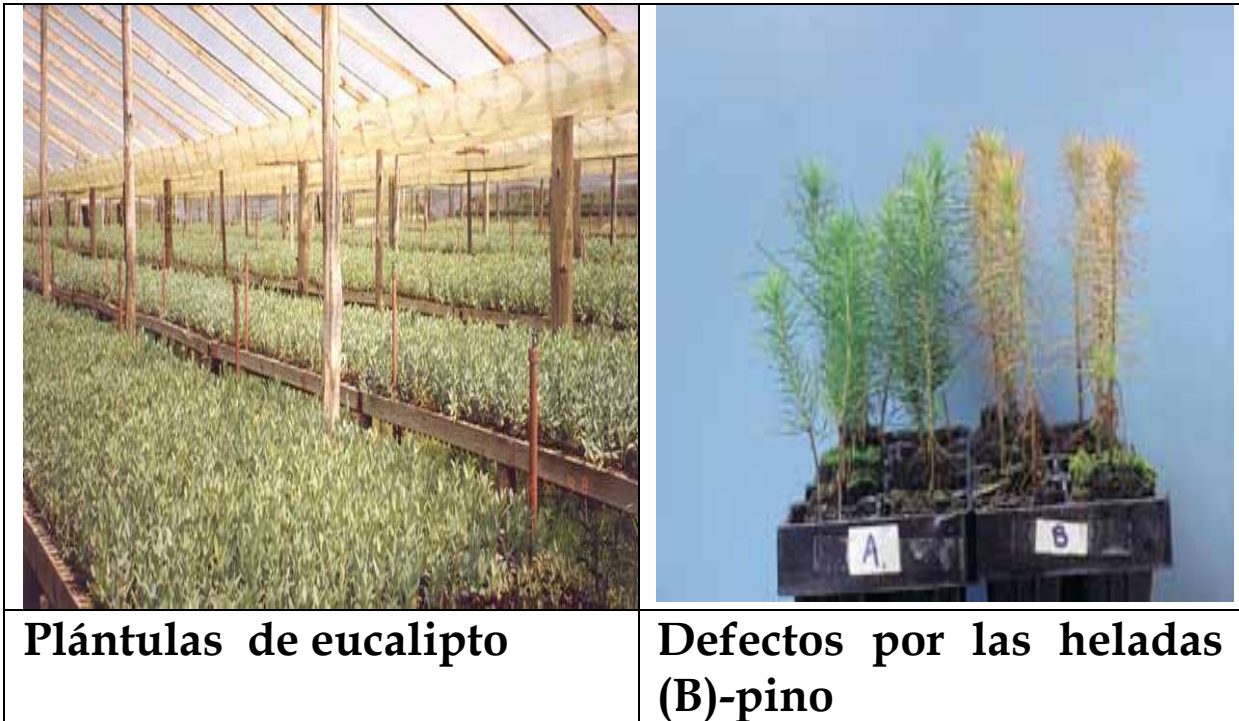
La profundidad de la siembra en recipientes es importante, estimándose por término medio una vez y media la medida o tamaño de la semilla. Por ejemplo, una semilla que midiese 1 cm no debería sembrarse a una profundidad mayor de 1,5 cm Las siembras muy profundas agotan las reservas de la semilla en la germinación, mientras que las muy superficiales desprotegen a la semilla y la predisponen a una mayor desecación.

Cuidados culturales en la producción de plantas

Después de la siembra: surcado y sembrado, se cubre la semilla con arena, aserrín o turba. Proteger la superficie o surcos sembrados con paja; hojas, etc, Deben darse riegos suficientes después de la siembra hasta la germinación.

La duración de la germinación es variable, dependiendo de las especies y condiciones climáticas. Por término medio, en 2 a 6 semanas completan la germinación la mayoría de semillas arbóreas, siempre y cuando se hayan vencido los problemas de latencia.

Después de la germinación de las semillas, se retira la cobertura de protección de las platabandas y se continúa con los riegos en forma espaciada o conforme a las necesidades de humedad del suelo. Hay que realizar los controles fitosanitarios y trabajos de deshierba oportunamente. Aplicación de podas de la parte foliar o radicular se realizarán *in situ*.



Antes de la plantación definitiva, se recomienda dar riego a las platabandas el día anterior, sacar las plántulas de la platabanda, poda de raíces y hojas, enfundado y transporte al sitio de plantación.

Época de siembra

La siembra de las semillas forestales, depende directamente de la época lluviosa en la cual se necesita material vegetativo para la plantación definitiva, es decir la fecha de plantación (Fs) en el sitio definitivo menos el tiempo de permanencia (Tp) que requiere la planta para su producción en el vivero, de acuerdo a cada especie a producir en buenas condiciones.

Época de plantación = $F_s - F_p$

Las siembras normalmente se realizan en épocas lluviosas, pero cuando las semillas presentan letargo interno y no las hemos sometido a tratamientos desinhibidores, es

conveniente sembrar a comienzos del verano, pues de esta forma estamos estratificándolas en cierto modo.

Propagación natural y artificial

La propagación de las plantas puede ser definida como la reproducción de las plántulas controlada por el hombre para perpetuar individuos escogidos o grupos de plantas con gran valor específico. La *reproducción natural* tiene lugar por semillas diseminadas por los árboles existentes o por renuevos. La *artificial* resulta de la plantación o siembra directa, que emplea: semillas, plántulas y material vegetativo como estacas, injertos, etc.

En la práctica se presentan muchos casos en los que es conveniente emplear los dos métodos de reproducción, para producir más rápidamente una plantación uniforme y vigorosa. Debe evitarse el método que origine una plantación incompleta, aunque el costo inicial parezca más bajo.

Multiplicación de plantas por semillas

- **Germinación. Poder germinativo**

Para conocer el poder germinativo de las semillas, se aconseja realizar pruebas o ensayos de germinación de un lote dado de semillas para saber la capacidad germinativa (*tanto por ciento de semillas que germinan*), para obtener plántulas que puedan transformarse en individuos adultos y de esta manera poder determinar el peso de las semillas que se van a utilizar tanto en el semillero como en la siembra directa.

Para hacer germinar las semillas es necesario tener conocimiento de los factores externos (*calor, humedad y oxígeno*) que influyen en la germinación. La temperatura óptima para la germinación para la mayoría de especies está entre 25 a 30 °C, la humedad debe proporcionarse en condiciones tales que no impida el libre acceso de O₂ del aire a las semillas.

Las pruebas de germinación pueden hacerse utilizando *medios naturales*, como suelo, arena y una mezcla de partes iguales de arena y turba; o bien utilizando *medios artificiales*, como franela, arcilla porosa, aserrín, musgo, papel secante, algodón, principalmente. En el primer caso se utilizan tanques o cubetas de cemento, madera o plástico de 20 cm de profundidad, provistos de suficiente drenaje y se llena con tierra vegetal, arena o mezcla de arena y turba que sea conveniente. Los germinadores artificiales necesitan más atención que el suelo vegetal, el material que contiene las semillas debe mantenerse húmedo por capilaridad a fin de que las semillas no carezcan de oxígeno. Para la germinación de pequeñas semillas se emplean platos porosos, que se colocan sobre recipientes de agua y se cubren con láminas de vidrio; la humedad alcanza las semillas por capilaridad.

Las pruebas para determinar la capacidad germinativa nos se continúan indefinidamente, la germinación se observa hasta 60 ó 100 días y la viabilidad de las semillas no germinadas hasta ese tiempo se determina por disección y coloración, utilizando productos químicos. Por ejemplo, los *tintes de anilina* tienen la propiedad de penetrar y teñir tejidos muertos, mientras que las células vivas resisten esta

penetración y pueden tomar color sólo después de un contacto prolongado. Otros productos utilizados son las *sales de tetrazolio* que se basa en el principio de que los tejidos vivos liberan hidrógeno en el proceso de la respiración, el cual se combina con la solución incolora del tetrazolio y produce un pigmento rojo; el tejido viejo muestra una tinción pálida o moteada, mientras que el tejido muerto permanece blanco. También se usan sales de *seleño y teluro*.

Por último, se debe indicar que la capacidad germinativa depende principalmente de la especie, estación del año y localidad. Algunas especies producen semillas con capacidad germinativa muy baja, en otros casos, la capacidad es alta. Árboles que crecen bajo condiciones que no son favorables, pueden producir muchas semillas estériles y en muchos casos distintas partes del árbol producen semillas de distinta capacidad germinativa. Semillas con cubiertas permeables de poco espesor, la germinación tiene lugar en pocos días o semanas, en tanto que, en semillas protegidas por cubiertas gruesas, impermeable o que tienen la tendencia a descansar (latencia), la germinación es tardía; aún en semillas que germinan más rápidamente, muchas semillas entran en dormancia por algún tiempo y germinan cuando se alteran las condiciones físicas del medio en que habían sido colocadas.

- **Latencia de las semillas.**

Las semillas de la mayor parte de las plantas no germinan inmediatamente después de la maduración. En la madurez entran en un estado de *latencia* de duración variada según

la especie, latencia que puede durar desde unas pocas semanas, meses o varios años.

En varias ocasiones semillas aparentemente sanas se siembran y no nacen a pesar de que las condiciones son óptimas. La causa de esta mala germinación se debe a características internas de la propia semilla. Este fenómeno se conoce como *letargo* o *latencia*, necesitando las semillas que lo presentan un tratamiento previo a la siembra para garantizar una germinación uniforme.

El letargo puede ser debido a la dureza o impermeabilidad de la cubierta de la semilla que impide el paso del agua y del aire a través de la misma o a causas internas del embrión o de las sustancias de reserva de la semilla. Puede ocurrir que una semilla presente dos tipos de letargo, que sólo presente uno o que simplemente carezcan del mismo.

- **Tratamientos para vencer la latencia**

Muchas de las semillas no requieren tratamientos especiales antes de proceder a la siembra, en cambio otras semillas con el objeto de acelerar la germinación o aumentar el porcentaje de germinación pueden aplicarse alguno de los siguientes procedimientos:

- **Retiro del mesocarpio en frutos carnosos**

Este procedimiento consiste en colocar los frutos en agua y mediante el desagüe o maceración en agua se consigue ablandar y retirar la parte carnosa. Se usa especialmente con semillas de capulí, nogal, cerezo, almendro, coco, etc.

- **Ablandar, disolver o destruir el pericarpio**

Para lograr este objetivo se acostumbra:

- Remojo de frutos de 24 a 72 horas en agua, el agua se cambia una o dos veces al día;

- Utilización de agua hervida y dejar que se enfríe con la semilla dentro o simplemente inmersión durante 24 horas en agua fría;
- Para vencer el letargo debido a la dureza de las cubiertas seminales (frecuente en las leguminosas), se acude a procedimientos tales como inmersión en ácido sulfúrico durante un tiempo determinado (uno a dos minutos); y
- Empleo de ácido láctico entre 12 y 48 horas.

En definitiva, los tratamientos para vencer el letargo interno consisten en la estratificación, que puede ser en frío o en caliente. Muchas plantas necesitan una estratificación caliente seguida de una estratificación fría.

La estratificación

Muchas semillas necesitan para completar su maduración y germinar: de humedad y baja temperatura. *La estratificación*, consiste en cubrir las semillas con un sustrato, normalmente arena que retenga humedad y mantener a temperaturas de 1-6 °C durante un período de tiempo y sin que se seque el suelo; con frecuencia este procedimiento dura de algunos días a meses. La semilla deberá utilizarse inmediatamente después de la estratificación.

Este proceso se realiza en las semillas de varias especies de árboles que no germinan aunque se les quite completamente la cubierta y se coloquen en condiciones favorables para la germinación. Ello es debido a las condiciones fisiológicas del embrión de algunas semillas, las cuales necesitan de un período de postmaduración.

En el caso de semillas con doble letargo, será necesario someterlas a tratamientos y posteriormente a estratificación, aunque hay semillas que les basta con una sola estratificación para vencer los dos letargos.

Cantidad de semilla

Para determinar la cantidad de semilla a sembrar se debe tomar en cuenta los siguientes factores:

- La cantidad o número de plantas a utilizar en la plantación más el 25% de plantas para el replante o reposición.
- La especie a producir: *siembras densas* (crecimiento acelerado con la producción de plantas débiles y delgadas), *siembras espaciadas* (plantas robustas y de mayor desarrollo en diámetro del fuste).
- Porcentaje de pureza y poder germinativo de la semilla

Las siembras directas en camas o tablas preparadas sobre el terreno se realizan normalmente a voleo, siendo la cantidad de semilla necesaria la obtenida por la siguiente fórmula:

$$\boxed{Kg \text{ de semilla} / m^2 = \frac{N}{n * \%P * \%G}}$$

N = Número de plantas a producir por m².

n = Número de semillas por unidad de peso (Kg, lb).

P = Porcentaje de pureza de la semilla (%)

G = Porcentaje de germinación (%)

Sea, por ejemplo, un semillero en donde queremos tener una densidad de 230 plantas / m². Qué cantidad de semilla por m² debemos sembrar teniendo en cuenta que un kilo de

semillas contiene unas 12.000 semillas, su pureza es del 90 % y que el poder germinativo medio es del 85 %. Aplicando la anterior fórmula y realizando los cálculos, obtendremos que necesitamos 0,025 Kg. de semilla, es decir, 25 gr./m².

Por otra parte, sabemos que el número de plantas a producir por metro cuadrado depende del número de plantas a producir en esa superficie.

Donde:

N = número de plantas requeridas para plantar; **S** = superficie a utilizar en la plantación en m²; y **n / m²** = número de plantas a producir en cada metro cuadrado de platabanda. Por ejemplo, se quiere producir 11500 plantas, calcular la superficie de la platabanda.

$$S = 11500 / 230 = 50 \text{ m}^2.$$

Cuántas platabandas de 1.20 m de ancho x 10 m de largo ?.

Donde:

N = número de plantas requeridas para plantar; **S** = superficie platabanda (**a** = ancho platabanda en *m*; **b** = largo platabanda en *m*); **n_p** = número de platabandas; y **n / m²** = número de plantas a producir en cada metro cuadrado de platabanda.

$$n_p = N / (a.b.n/m^2) = 11500 \text{ pl} / 1.2 \text{ m} \times 10 \text{ m} \times 230 = 11500/2760 = 4.2 \text{ platabandas.}$$

Recolección y limpieza de la semilla

La recogida de las semillas puede hacerse desde el suelo o subiendo al árbol para recoger los frutos. Lo más frecuente,

excepto en árboles muy altos, donde se requieren sistemas más sofisticados, como una grúa con plataforma, brazos articulados, etc., es que los frutos se recojan a mano, normalmente ayudándose de algún instrumento como tijeras de mano, tijeras telescópicas, etc., y directamente desde el suelo o ayudándose de una pequeña escalera.

En el caso de especies con frutos grandes y que no se abren y diseminan sus semillas antes de caer al suelo, éstos deben ser recogidos directamente del suelo lo antes posible, para evitar que se pudran o sean atacados por insectos.

La limpieza de las semillas, comprende todas las operaciones que se realizan con los frutos y las semillas para obtener material limpio y listo para su almacenamiento o siembra. Estas operaciones varían según el tipo de frutos y pueden realizarse manualmente o con equipos no muy sofisticados. Entre los métodos para separar la semilla del fruto, están las labores de secado, trituración leve y maceración en agua. Algunos frutos, por último, se utilizan en la siembra tal y como se recogen.

Los frutos recolectados se ponen a secar al sol o a la sombra, dependiendo de la sensibilidad de la especie, y en lugares bien ventilados. Se extienden en capas delgadas, para que el aire penetre bien entre los frutos, y se remueven de cuando en cuando para cambiarlos de posición. Este método es muy utilizado en frutos secos y frutos carnosos.

Para aquellos frutos que al secarse se abren y dejan caer sus semillas, son muy útiles bandejas de doble fondo, donde en la que la superior, colocan los frutos a secar y a través de una malla pasan las semillas limpias a la bandeja inferior.

Cuando se ponen frutos carnosos a macerar en agua, los recipientes deben estar abiertos y ventilados. Las semillas, una vez separadas de la pulpa, caen al fondo, mientras que la parte carnosa queda flotando en la superficie. Una vez recogida la semilla del fondo hay que ponerla a secar a temperatura ambiente para que pierda humedad y pueda manipularse y almacenarse si se desea.

Almacenamiento de las semillas

Una vez limpia la semilla, suele almacenarse hasta el momento de la siembra. Este almacenaje requiere de ciertas condiciones de humedad y temperatura adecuadas para que la semilla no sufra daños y conserve el máximo poder germinativo.

El mejor almacenaje se logra en lugares secos y fríos, con temperatura y humedad ambiental. Humedades por debajo del 30-40 % producen daños para algunas semillas, aunque hay otras que son capaces de tolerar una humedad del 5 %. Otro de los problemas del almacenamiento son los daños producidos por hongos, insectos y roedores; por lo que debe almacenarse en lugares propicios y realizar tratamientos con espolvoreos de fungicidas e insecticidas.

Un buen almacenaje se consigue colocando las semillas en frascos que cierren lo más herméticamente posible y guardarlos en lugares secos y frescos. Existen semillas con cubiertas duras e impermeables que no tienen muchos requerimientos para su almacenaje, como es el caso de las leguminosas. En algunas ocasiones es conveniente dejar la semilla dentro del fruto hasta el momento de su siembra, ya que en su interior se conservan en buenas condiciones.

Plantaciones forestales

Plantación es el establecimiento de las plantas producidas en vivero en el lugar definitivo donde se formará el bosque.

Es una forma de explotación artificial, que permite elegir la especie a plantar, se controla la densidad, la composición del bosque y facilita las labores de manejo y explotación del bosque.

Esta actividad, de preferencia debe realizarse en el período de lluvias, aprovechando que la planta se encuentra en dormancia y el suelo presenta alto contenido de humedad.



Sistemas de plantación

Los sistemas de plantación más empleados son: a *raíz desnuda* o *en envase*, y pueden emplearse plántulas provenientes de la reproducción con semillas o por vía

agámica: estacas enraizadas, acodos y plántulas removidas con raíces.

Antes de la plantación definitiva se debe seguir los siguientes pasos:

- El día anterior a utilizar las plantas se debe dar riego en las platabandas.
- Sacar las plantas de las platabandas.
- Poda de hojas y raíces.
- Enfundado.
- Transporte al sitio de plantación.

La plantación definitiva se realiza colocando la planta y raíces lo más vertical posible evitando que se doble, en hoyos preparados de 20 *cm* ancho x 20 *cm* de largo y 20 *cm* de profundidad ó 40 *cm* x 40 *cm* x 40 *cm*, dependiendo de la edad y tamaño de la plántula.

El establecimiento de plantaciones va acompañado de actividades de preparación de suelos para mejorar la captación de nutrientes y humedad; control de malezas y fertilización de los suelos, lo que facilita el crecimiento de los árboles. Las plantaciones forestales se realizan mediante la participación de un gran número de trabajadores capacitados y competentes.

	
Forma de colocar la plántula en el hoyo	Formas de fertilización

Forma y espaciamiento

La plantación se puede efectuar: en *cuadro o marco real*, *rectángulo* y en caso de tener pendientes mayores al 20% se aconseja a *tresbolillo*, y si es mayor al 40% en curvas de nivel. El espaciamiento inicial es variable según las especies: $3.0\text{ m} \times 2.0\text{ m}$; $3.0\text{ m} \times 3.0\text{ m}$; $4.0\text{ m} \times 3.0\text{ m}$ ó mayores dependiendo de la especie.

En general, se emplea mayores espaciamientos en suelos profundos y fértiles, donde no haya peligro de erosión, expansión de malezas, con especies que no tengan tendencia a producir ramas gruesas, y en sitios con lluvias mal distribuidas. Los menores espaciamientos son aconsejables para suelos sueltos, sin capas impermeables, suelos profundos, no sequías largas y buena distribución de lluvias.

Sin embargo, la proposición de un espaciamiento adecuado no es fácil, por lo que, debe tomarse en cuenta de los

siguientes factores: estado de la especie en cuanto a poder de crecimiento y competencia, condiciones físico-químicas o naturaleza del suelo; condiciones climáticas; presencia y vitalidad de la vegetación espontánea; labores de mantenimiento propuesto; posibilidades de uso de maquinaria, mano de obra y recursos económicos.

Los mayores espaciamientos, favorecen el crecimiento de árboles con ramas gruesas, facilita el desarrollo de malezas, en tanto que, espaciamientos demasiado densos afectan el incremento en diámetro, aunque cubre más rápidamente el suelo y evita la erosión.

Densidad de plantas

<i>NÚMERO DE PLANTAS POR HECTÁREA CON ESPACIAMIENTO EN CUADRADO Y TRESBOLILLO</i>			
<i>DIST. ENTRE LÍNEAS</i>	<i>DIST. ENTRE PLANTAS</i>	<i>CUADRA DO</i>	<i>TRESBOLIL LO</i>
2.0 m	2.0 m	2500	2887
3,5 m	2,5 m	1142	1320
3.0 m	3.0 m	1111	1283
4.0 m	3.0 m	833	962
3.5 m	3.5 m	816	942
4.0 m	3.5 m	714	824
4.0 m	4.0 m	625	722
5.0 m	5.0 m	400	462
9.0 m	9.0 m	123	143

La necesidad de plantas para cubrir un área física se conoce mediante la fórmula:

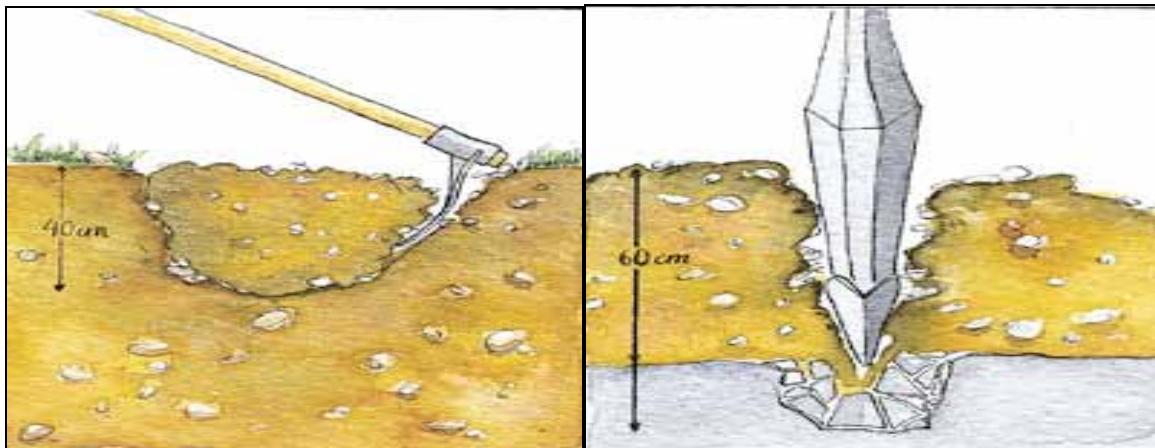
$$N = \frac{A}{E}$$

Donde: N = número de plantas; A = superficie a plantarse; E = distancia entre plantas.

La siembra de plantas bajo el sistema de tresbolillo, se obtiene aplicando la fórmula para calcular el número de árboles dentro de un margen de libre competencia.

Consejos para la plantación

Los hoyos deben estar listos para los meses de lluvias. La tierra sacada de los hoyos, puede mezclarse con materia orgánica. En lo posible emplear plántulas de material vegetal, proveniente de árboles semilleros o calificados. Plántulas con raíces no deformadas.



Se debe colocar la planta en el centro del hoyo y buscar la mayor verticalidad (planta-raíz); y debe presionarse con el pie o madera.

Horas de plantación, si está nublado (época lluviosa), a cualquier hora; si hay mucho sol, realizar en las horas tempranas de la mañana y horas tardías (más de las 4 p.m). Si se suspende la plantación, hay que humedecer las plantas.

En suelos con pendientes pronunciadas, la plantación debe hacerse desde la cima para abajo. Los hoyos se realizan manualmente o subsolado.

Condiciones que deben reunir las especies a plantar

Adaptabilidad al medio ecológico, es decir que debe soportar los cambios ambientales y adaptarse o presentar rusticidad a la fertilidad de ese suelo, a fin de que la especie forestal no disminuya su ritmo de crecimiento.

La especie debe ser de rápido crecimiento, especialmente durante los primeros años en diámetro y altura. La forma del fuste: rectos, verticales y en lo posible libre de torceduras, bifurcaciones, nudos, etc. Proporcionar buena calidad de la madera, con demanda en el mercado nacional e internacional.

Debe presentar resistencia y agresividad a las malezas, sobre todo al comienzo del desarrollo. Tolerancia de su desarrollo frente a la densidad del rodal. Facilidad de producir plantas en el vivero.

Finalmente, las especies que tienen fácil regeneración natural o artificial; y que tienen un alto poder de rebrote después del corte final, son *aptas* para ser utilizadas en programas de forestación y reforestación.

Capítulo 2

Inventario forestal

Inventario forestal es un método usado para medir, registrar y procesar los datos del bosque, obtenidos en el campo y, así obtener información de la cantidad, calidad de los árboles y características del área boscosa, de acuerdo a las necesidades requeridas. El inventario es una radiografía del bosque, un resumen de su situación en un tiempo dado, que nos permite saber cuando aprovecharlo.



Se trata de conocer, resaltar y evaluar una serie de cualidades de los árboles y ambiente en determinados sitios del bosque o parcelas de muestreo, considerados representativos según los objetivos del inventario.

Para la ubicación de la masa boscosa, así como, para diferenciar las categorías del bosque que serán inventariadas se utilizan fotografías aéreas, imágenes satelitales, apoyadas en la información de mapas.

La información obtenida, dará lugar a un Plan de Ordenación, donde se planificará y organizará la producción forestal, conforme a los recursos económicos y respetando las leyes forestales, sin ir en detrimento del medio ambiente. Es un planteo netamente ecológico, donde se planifica las intervenciones silvícolas (podas y raleos), con el fin de que el bosque mantenga las características del ecosistema y adquiera características de mejoramiento en calidad expresado en sanidad del bosque, calidad y estructura de los árboles.

Medición de bosques y productos

La *medición* es un parámetro de comparación de un elemento u objeto con un patrón estándar. En los bosques las mediciones se efectúan para diversos fines, por ejemplo:

- Evaluar las características de árboles individuales
- superficies de los rodales
- condiciones del bosque
- densidad y estructura
- rendimiento y crecimiento

- volúmenes corrientes, productividad potencial
- calidad del sitio

Se deben realizar estudios de medición repetidos en los bosques y son eficientes para determinar el crecimiento de los bosques y evaluar la eficiencia del manejo pasado. Las mediciones repetidas se basan en observaciones sobre parcelas bien delimitadas y frecuentemente se realizan a intervalos de 5 ó 10 años. En cada visita se reevalúan los diámetros y las alturas de los árboles vivos medidos inicialmente. Se contabiliza los árboles muertos y los nuevos fustes procedentes de la regeneración interna. Con esta información se crea una base de datos que sirve para proyecciones del crecimiento y rendimiento forestal futuro. Los inventarios elaborados y los modelos relacionados con la proyección del crecimiento son muy importantes y herramientas comunes de la práctica forestal actualizada. Que sirven para fines de política y presupuesto de los organismos públicos y privados.

Volumen de los árboles

El volumen de los árboles puede ser determinado hasta el aprovechamiento comercial y/o total del árbol. La parte comercial es evaluada netamente con fines industriales, y se obtiene:

- Volumen total: incluye la totalidad del fuste principal, con o sin defectos.

- Volumen comercial: parte del fuste hasta un límite superior utilizable con fines maderables o industriales. Normalmente, el volumen se obtiene en árboles en pie y está en función del diámetro (*DAP*), altura (*h*) y forma o estructura (*f*) de los árboles.

$$V = f(d, h, f)$$

Area basal

Se define como el área en metros cuadrados de una sección transversal del fuste a la altura del pecho (normalmente a 1.30 *m* de altura sobre el suelo); y representa una de las dimensiones más empleadas para caracterizar el estado de desarrollo de un árbol. El área basal por hectárea, es la suma total de las áreas basales individuales del árbol y a menudo se utiliza para medir la densidad del rodal. El área basal por hectárea varía de acuerdo con la especie, el tipo de madera y la edad del árbol. Para la determinación del área basal, se parte de las medidas del diámetro (*DAP*) o circunferencia (*CAP*) tomados a la altura del pecho.

Hay varios instrumentos para medir el diámetro del árbol. Entre ellos:

- *El calibrador*
- *La cinta diamétrica*
- *Regla de Biltmore.*



El área basal del árbol se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$Ab = \pi * d^2 / 4 \quad \text{ó} \quad Ab = c^2 / 4\pi$$

Ab = Área basal o de la sección, cm^2 ó m^2/Ha ; **d** = diámetro a la altura de pecho (CAP) y, **c** = circunferencia a la altura de pecho (CAP), a 1.30 m desde el final del tocón.

Diámetro: **d** = c/π

Con relación a la variación del área basal, estudios recientes han determinado que no existe una fuerte relación, como ordinariamente se supuso, entre el área basal y el sitio. El principal motivo de las diferencias en el volumen sobre terrenos buenos en contra de los malos es la altura. Por lo tanto, para fines prácticos, se puede suponer que el área basal varía poco con el terreno excepto en casos extremos.

Medida de la altura del árbol

La altura de los árboles se mide como una base para estimar el contenido árbol-producto o aprovechamiento maderable, para determinar la productividad del sitio y las relaciones de edad de los árboles y bosques.

Hay varios métodos para obtener la altura de los árboles.



Para el caso de los árboles pequeños, las alturas pueden medirse directamente con reglas o estacas graduadas, sin embargo, este método no es muy adecuado para árboles con alturas mayores a 5 m. De acuerdo a los fines del inventario, se efectúan determinaciones de alturas totales y altura comercial.

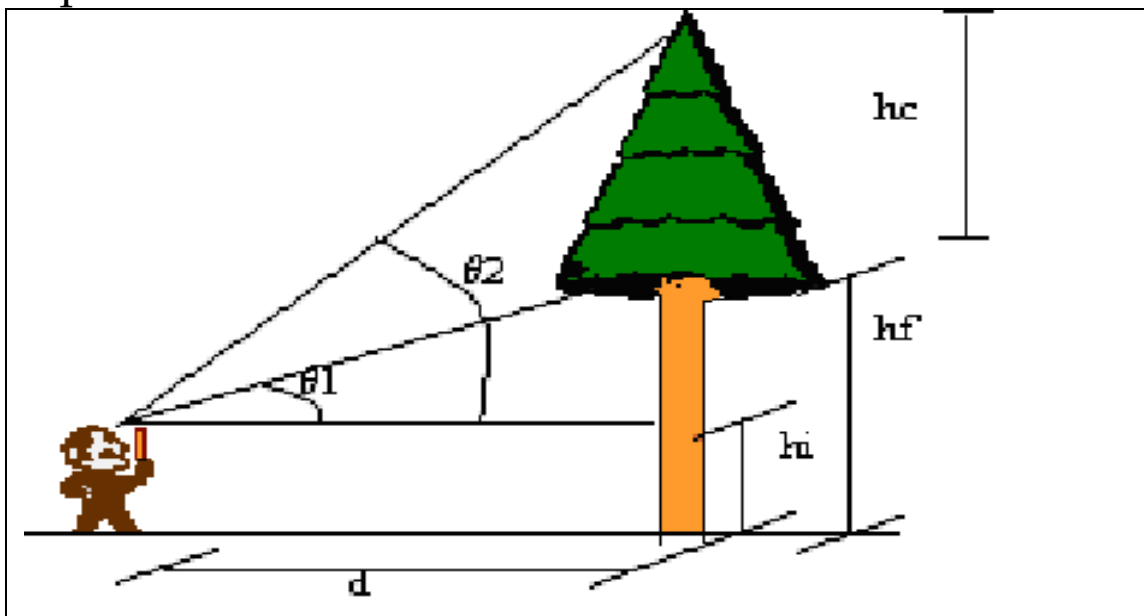
La *altura comercial* responde a los intereses de mercado y supone la medición de la altura del fuste a partir de la

elevación utilizable desde el tocón (30 *cm* por encima del terreno), hasta un punto del fuste, por encima del cual el tallo tiene un diámetro demasiado pequeño o irregular para ser utilizado maderablemente. En el caso de las latifoliadas la altura comercial es hasta el punto de inicio de la bifurcación o ramificación.

En general, las alturas de los árboles se miden con instrumentos llamados **hipsómetros**: niveles o clinómetros y pistola de altura. Con el paso de los años se han ideado muchos tipos de hipsómetros, pero todos ellos están basados en principios trigonométricos.

- **Clinómetro**

Es un instrumento que determina el ángulo de elevación desde un punto fijo (generalmente se relaciona a la altura del pecho), hasta una altura requerida en el árbol, por ejemplo total o comercial.



Donde:

hi = altura de pecho (medida a cinta)

hf = altura comercial del fuste ($\text{tg}\theta_1 * d$)

hc = altura de la copa ($\text{tg}\theta_2 * d$)

ht = altura total del árbol ($h_i + h_f + h_c$)

Con la medida del ángulo de elevación obtenida con el clinómetro y la distancia de separación del observador, medida con cinta métrica, se aplica la función trigonométrica *tangente*, y mediante un despeje simple de fórmula se obtiene la altura del árbol, tanto de fuste como de copa.

La determinación de la altura y diámetro para determinar el volumen se realiza frecuentemente en árboles en pie. En montes regulares bastará medir estas variables en uno de cada diez árboles, siguiendo las líneas de plantación y sorteando el primer árbol que se va a medir, para conseguir una muestra aleatoria de alturas con representación en todas las clases diamétricas.

Cálculo del volumen

El volumen de un árbol, se obtiene mediante el cálculo del volumen del cilindro del árbol determinado con el área basal y altura. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que el árbol por cada 10 m de altura, sufre una disminución porcentual del diámetro inicial y, para determinar el volumen de madera aprovechable, es necesario obtener el *factor de forma o coeficiente de utilización*, para cada especie maderable.

El factor de forma, en el caso de eucalipto se ha establecido que por cada 10 m de altura, tiende a disminuir entre 20 a 26 % y, para pino el 30%. Tomando en cuenta este

parámetro y mediante cálculo se determina el diámetro superior; de la siguiente forma:

Suponiendo, que un árbol de eucalipto tiene 15 m de altura y un DAP de 50 cm Calcular: el DAP a 10 m y 15 m de altura.

Aplicando el factor de disminución del 20 % por cada 10 m, se tiene:

50 cm * (menos 20 %) = 0.40 m de diámetro a los 10 m de altura.

0.4m * (menos 10 %) = 0.36 m de diámetro a los 15 m de altura (se disminuye solo el 10% porque son 5 m más).

Posteriormente, con los dos valores de diámetro superior (**ds**) y diámetro inferior (**di**) se determina el *factor de forma* (**f**) dividiendo el ds/di; así:

$$f = ds/di$$

$$f = 0.36/0.50$$

$$f = 0.72$$

Conociendo el volumen promedio y la densidad de los árboles en pie en la parcela representativa de muestreo seleccionada, se puede extrapolar estos valores para calcular el volumen de madera por árbol y por Ha, con fines comerciales o para otros usos, mediante la siguiente expresión:

$$V = Ab * h * f \quad (m^3 / \text{árb}; m^3 / \text{Ha})$$

Donde: **Ab**: es el área basal, **h**: altura del fuste total o comercial y **f**: factor de forma para cada especie.

Tipos de inventario

Los conceptos de muestreo y de medición son básicos para la ejecución de los inventarios. Los bosques están asentados generalmente en superficies extensas y suelos muy irregulares, por lo que la contabilidad o censo de todos los árboles abarcaría demasiado tiempo y resultaría poco práctico. En consecuencia, las evaluaciones tienen que basarse en técnicas para extraer muestras de árboles representativos de la población. Por ejemplo, una área boscosa de 600 Ha, la determinación del volumen total maderable podría basarse solo en 200 parcelas representativas de 0.1 Ha.

Las técnicas para ubicar muestras representativas y obtener estimaciones a partir de ellas se basan en el muestreo estadístico.

- ***Sistemático***

Es el tipo de inventario mas usado por la facilidad de ubicar las unidades que se distribuyen de acuerdo a un patrón regular, es decir, que elegido una primera unidad de muestreo al azar, todas las demás quedan automáticamente determinadas a partir de dicha unidad.

El modelo sistemático de uso más común es *por líneas*, que consiste en determinar líneas de muestreo separadas a la

misma distancia y sobre cada línea determinar unidades a una misma distancia.

- ***Muestreo al azar***

La muestra se distribuye al azar y cada unidad tiene la misma probabilidad de ser seleccionada en la muestra. Su uso no es muy común debido a la dificultad de ubicar las unidades en el terreno.

- ***Estratificado***

La población es dividida en estratos o sub-poblaciones y se selecciona una muestra de cada estrato ya sea en forma sistemática o al azar.

La estadística en los inventarios forestales

La Estadística es una rama de la matemática aplicada, que trata de los procedimientos para describir las observaciones y hacer deducciones a partir de ellas.

Constituye una herramienta básica que se usa en inventarios forestales, y los métodos estadísticos que se emplean permiten describir las características de la población del bosque por medio de valores tales como la *media y desviación estándar*.

Población y Muestra

La población representa el conjunto de unidades o elementos de la naturaleza. Un bosque se considera como un conjunto de un número finito de parcelas de igual o desigual tamaño, o como el conjunto de todos los árboles que viven en el bosque.

Muestra es la parte representativa seleccionada de la población, que sirve para la colección de datos, por lo que deberá reflejar los efectos de la población, y por lo tanto, para la selección de la (s) parcela (s) de muestreo se deberá tomar muy en cuenta en lo que hace relación con el tamaño y forma.

Media

Es una *medida de posición o índice de tendencia central* más usado para describir una característica de la población. Se obtiene de la división de la suma de todos los valores observados por el tamaño de la muestra o número de parcelas.

$$m = \frac{\Sigma x}{n}$$

Desviación estándar

La media aritmética de una muestra, como vimos anteriormente, da una idea del conjunto de datos de la muestra. Más no permite evaluar su grado de dispersión. Uno de los métodos que nos permite medir la dispersión, es la *desviación estándar*, que no es otra cosa que el error, desvío o alejamiento, entre un valor observado y la media

de la población, es decir sirve para medir la desviación de los valores individuales con respecto a la media. Un valor bajo indica que la población es homogénea (*pequeña dispersión*), y un valor alto indica que la población es heterogénea. Conceptualmente es la raíz cuadrada del promedio de los desvíos al cuadrado.

$$s = \sqrt{\frac{\Sigma(x - m)^2}{N - 1}}$$

La variancia

En Estadística es muy frecuente hablar de variancia (s^2) en lugar de desviación estándar (s). La variancia es la estimativa del cuadrado de la desviación estándar.

$$s^2 = \frac{\Sigma d^2}{N} = \frac{\Sigma(x - m)^2}{N}$$

Supongamos que se conoce el diámetro medio ($m=32,0$ cm) y la desviación estándar ($s = 5,2$ cm), en un bosque de pino. Se quiere saber, dentro de que límites varían los diámetros de los árboles en su mayoría. Esto se consigue a través de los intervalos de confianza, basado en un valor t_0 que se obtiene de Tablas.

Así, sabemos que el 95% de los árboles tendrán diámetros entre:

$$m - t_0 \cdot s = 32,0 - 1,96 \times 5,2 = 21,8 \text{ cm}$$

$$m + t_0 \cdot s = 32,0 + 1,96 \times 5,2 = 42,2 \text{ cm}$$

Por otra parte, el 2,5% de los árboles tendrán diámetros por debajo de 21,8 cm e, igualmente, 2,5% de los árboles tendrán diámetros por encima de 42,2 cm

Estas informaciones son valiosas para la explotación de los bosques. Además, con la media y desviación estándar podemos determinar, por ejemplo, cuántos árboles en ese bosque tienen un DAP superior a 28 cm

Coeficiente de variación

El coeficiente de variación es un término relativo que expresa la desviación estándar (s) como un porcentaje de la media. Sirve para tener una idea de la precisión de los valores o experimento.

$$C.V. = \frac{s}{media} \times 100$$

Teniéndose en cuenta los valores, los coeficientes de variación obtenidos en los ensayos en el campo, se consideran: *bajos*, cuando son inferiores al 10%; *medios*, cuando los valores están entre 10 a 20%; *altos*, cuando están entre 20 a 30%, y *muy altos*, cuando son superiores al 30%.

Parcelas de muestreo

El método consiste en determinar el número de parcelas del muestreo tomando como base la variabilidad del

bosque. Se sabe que la variabilidad es una característica de la población, es decir, hay poblaciones que son *homogéneas* donde la desviación de los individuos con respecto a la media es pequeña y también hay poblaciones *heterogéneas* con gran variabilidad de los individuos respecto a la media.

Para medir la variabilidad del bosque se usa la desviación estándar, que mide la dispersión en términos absolutos y el coeficiente de variación que es un término relativo que expresa la desviación estándar como un porcentaje de la media.

La unidad de muestreo tradicional usada en los inventarios forestales, es **la parcela**, que es una superficie fija de tamaño pequeño, de forma circular, cuadrada o rectangular. *El tamaño de la parcela más usada para bosque va de 100, 250 a 1000 m², dependiendo de la densidad y edad.*

En general, para bosques jóvenes y densos es conveniente usar parcelas más pequeñas y para bosques más viejos y ralos, usar parcelas más grandes. Para la elección del tamaño de la parcela hay que considerar dos factores: la representatividad y el tiempo de medición.

Representatividad

La representatividad de la parcela se refiere a que la variación del bosque este representada en la parcela, es decir, *la parcela debe ser tan grande para incluir un número representativo árboles, pero que sea lo suficientemente pequeña de modo que el tiempo de medición requerido no sea excesivo.*

Se recomienda como regla práctica, que el tamaño sea tal que incluya 20 a 30 árboles medibles, que el árbol sea medible depende del diámetro mínimo fijado que puede ser: 10, 15, 20 cm.

Dimensiones de las parcelas circulares.

<i>Superficie (m²)</i>	<i>Superficie (ha)</i>	<i>Radio de la parcela (m²)</i>
1000	0.10	17.84
900	0.09	16.92
800	0.08	15.96
500	0.05	12.62
200	0.02	7.98
50	0.005	3.99

$$radio = \sqrt{\text{área}(m^2) / \pi}$$

Evaluación del rendimiento

El crecimiento en términos generales es el incremento gradual de un organismo o población en un determinado período de tiempo. El crecimiento acumulado hasta una edad determinada representa el *rendimiento* alcanzado hasta esa edad, el cual se puede evaluar en términos de volumen maderable, producción de frutos, masa seca, etc.

El crecimiento y desarrollo de las plantas es un proceso integrado que se observa desde la germinación de la semilla hasta la maduración de la planta. Conforme pasa el

tiempo, sus células se dividen, multiplican y luego se alargan. Esto lleva a la planta a aumentar en tamaño y peso, siendo un fenómeno *cuantitativo*; susceptible a medirse y expresarlo como aumento: de peso, de longitud o del diámetro del árbol.

El crecimiento de los árboles depende de las características genéticas e interrelación con el medio ambiente dado por los factores climáticos, suelo, topografía; cuya suma representa el concepto de calidad de sitio.

Además de estos factores, *la competencia* es un factor muy importante en el crecimiento de los árboles, aunque también es el más controlable a través del manejo silvicultural o aplicación de raleos determinados por los rangos de tolerancia de las especies (*índice espacio crecimiento*).

Variables de crecimiento

Conforme va pasando la edad del árbol en un rodal, el crecimiento se puede determinar midiendo las variables de crecimiento. En árboles maduros, el crecimiento obtenido normalmente en términos de volumen cúbico del tronco es un parámetro válido para expresar el rendimiento del árbol.

Las variables que permiten obtener el rendimiento de los árboles son:

- Altura del árbol

Esta variable no es otra cosa que la talla que ha alcanzado el individuo a una determinada edad y se expresa en metros lineales. Pudiendo ser determinada, a la altura total del árbol ó a la altura de aprovechamiento comercial.

- **Diámetro (DAP)**

Es una dimensión lograda a una determinada edad en el fuste del árbol, que generalmente se mide a la altura del pecho (1,30 m), y se expresa en cm

- **Circunferencia (CAP)**

Es el perímetro logrado en el fuste del árbol, generalmente a la altura de pecho y a una edad determinada, en cm

El crecimiento del diámetro DAP ó CAP, en el transcurso de la vida de un bosque, es un tanto parecido a la variable altura, con la diferencia de que en los primeros años, el incremento es lento y aumenta con la edad y clase de sitio.

- **Area basal**

Es la expresión de superficie bien sea del diámetro o circunferencia, en $\text{cm}^2/\text{árbol}$ ó m^2/Ha .

Volumen del árbol

El volumen corresponde al espacio que está ocupando el árbol, en m^3/Ha . Es una variable que nos permite calcular el volumen total o comercial en términos individuales o volumen de árboles por hectárea.

Con la determinación de las variables de crecimiento se puede llegar a la estimación de los incrementos alcanzados en un período de tiempo, por ejemplo:

- *Incremento medio anual (IMA)*, es el incremento de un elemento dentro de un año, que relaciona la altura máxima con la edad. $IMA = HM/edad$. En la práctica la determinación del crecimiento no se mide en forma anual, sino que debido a los grandes errores relativos, éste se obtiene del crecimiento periódico dividiéndolo por los años

del período. De esta forma se elimina parcialmente el efecto de fluctuaciones temporales. Ejemplo: Un rodal de eucalipto, de 40 años, la altura máxima promedio es de 34 m, calcular el *IMA*:

$$IMA = 34 \text{ m} / 40 \text{ años} = 0.85 \text{ m/año}$$

- *Crecimiento periódico (CP)*, es el crecimiento acumulado durante un periodo de varios años. Es decir, es la sumatoria de los incrementos anuales corrientes de ese período.

- *Incremento anual corriente (IAC)*: Es el incremento experimentado en cualquiera de las variables de crecimiento (altura, diámetro, volumen, etc) durante un año. Este incremento se obtiene por comparación del crecimiento entre el año actual en relación al anterior. Para ello es necesario conocer cuál fue la altura en que fue plantada.

-

Densidad y estructura

El crecimiento y el rendimiento de los árboles, dependen tanto de la productividad potencial, dada por la calidad del sitio, como del grado en que se aproveche dicha potencialidad a través de la cantidad y *distribución espacial de las especies* en ese lugar. Esta última es muy importante en formaciones naturales, especialmente para los procesos regenerativos del bosque, pero no lo es en bosques sometidos a manejo intensivo.

Bajo el término densidad se incluye lo siguiente:

- Cantidad de vegetación en crecimiento. Grado de ocupación del sitio.

- Grado de competencia entre los árboles por los elementos del medio o restricción impuesta por las plantas vecinas al libre desarrollo.
- La densidad se utiliza como variable de decisión o control en intervenciones silviculturales.
- En lo posible conviene que tenga relación con el volumen, y no debe ser relacionada con la edad ni con el sitio.
- Entre los índices de densidad están: el número de árboles y el área basal/ha.
- La densidad influye directamente en la altura de los árboles; así tenemos que plantaciones con alta densidad corresponden a mayores alturas, es decir hay una relación positiva o directa; en tanto que, con menores densidades, el crecimiento en altura se observa que es más lento, pero mayor en espesor.

La estructura del bosque se refiere a la composición de especies, a la forma y edad de los árboles. La distribución diamétrica indica la frecuencia con que aparece representada una cierta clase de diámetro en el rodal. Permite tener una visión exacta de la *estructura de rodal*. El conocimiento de la estructura de un rodal es fundamental para prescribir las intervenciones de manejo y determinar el rendimiento de los bosques por tipo de producto.

Con relación a la especie, éstas pueden ser: de rápido, intermedio o lento crecimiento. *La edad* en bosques compuestos por una sola especie o sea en *bosques puros u homogéneos* tiene influencia directa en el crecimiento, así

vemos que en un bosque coetáneo, crecen a un ritmo acelerado mientras son jóvenes, pues, no existe competencia de los árboles dominantes con relación al resto de categorías de árboles. *Mientras que en bosques no coetáneos*, los más viejos, que lógicamente son los más grandes, compiten por los factores de crecimiento, perjudicando a los más jóvenes.

En bosques heterogéneos, el crecimiento dependerá del espaciamiento entre árboles, que determinará el grado de tolerancia a la competencia. Por lo que, para plantaciones nuevas hay que considerar que las exigencias ecológicas, en cuanto a: suelo, agua y luz de las especies heterogéneas, sean más o menos similares. Todo bosque puro está compuesto, además, por los estratos formados por arbustos, hierbas, es decir, de un sotobosque característico de la zona.

Información requerida durante el inventario

Nombre del sitio o lugar; especie forestal; Área del bosque o parcela; Número de árboles	
Diámetro o circunferencia a la altura del pecho (<i>DAP / CAP</i>)	Se registra en centímetros.
Altura del fuste (comercial)	Se registra en metros.
Altura total (opcional)	Se registra en metros.
Clase de calidad (opcional para fustales)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fuste recto, sin defectos 2. Fuste regular, con algunos defectos 3. Fuste defectuoso que impide su utilización económica

Densidad de sotobosque	1. Sotobosque ralo o ausente 2. Sotobosque medio denso 3. Sotobosque denso
Topografía / relieve	Terreno plano, levemente ondulado, ondulado y escarpado

Procesamiento de datos

El procesamiento de los datos incluye como mínimo los siguientes pasos:

Los resultados del inventario se presentarán individualmente para cada tipo de bosque, en el caso de que exista una estratificación forestal y, se resumirán en cuadros de distribución diamétrica para cada especie, grupos de especies y el total de las especies utilizando clases diamétricas en centímetros de ancho. La siguiente tabla es un ejemplo para la toma y procesamiento de datos.

Clase diamétrica	No. árboles	Volumen/parcela	Volumen/Ha
0 a 20			
21 a 40			
41 a 60			
61 a 80			
Más de 81			

Variables a analizarse

Número de individuos (N), área basal en m^2 (Ab) y volumen en m^3 (V). Las existencias de madera por hectárea

se indicarán especificando el volumen actual y total por especie y clase de sitio.

Si la prescripción silvicultural se basa en diámetros mínimos de corta (*DMC*) el volumen potencial incluirá aquellos árboles con *DAP* menor al *DMC* y el volumen actual incluirá los árboles disponibles para cortar o los que tienen un *DAP* mayor o igual al *DMC*.

Se presentarán los resultados del aumento de la regeneración natural de fustales por especie y grupos de especies y referidos a la unidad de superficie.

Se cubicará con el factor de **forma de 0.65 según Heinsdijk**, mientras no existan tablas volumétricas adecuadas. Recomendamos para eucalipto y pino calcular el factor de forma.

Se calculará el error de muestreo sobre los totales de los parámetros del área basal y volumen con un nivel de confianza de 95% y expresados como porcentaje del promedio.

Capítulo 3

Manejo forestal

La descripción del Capítulo III, permitirá explicar y analizar los métodos del manejo forestal. Clasificación de los árboles en el bosque. Aplicación de los métodos y principios para realizar las podas y raleos. Conocer los aspectos de la clase de sitio y factores reguladores del crecimiento. Prácticas silviculturales, referentes a la aplicación de cortas y talas selectivas.

Manejo forestal

Se denomina, *manejo forestal* a ciertas intervenciones silviculturales que se realizan en el bosque. Entre las más habituales están las podas, los raleos, apertura del dosel, limpieza del sotobosque y fertilización.

El bosque es un ecosistema muy valioso, que cumple funciones de protección del ambiente, aporte de material orgánico, desarrollo y actividad microbiana, y mejoramiento del suelo. Pero al tener un crecimiento dependiente a la clase de sitio donde se desarrolla, *necesita de un manejo racional a lo largo del período de vida del vuelo forestal*, a fin de asegurar la mayor producción y aprovechamiento de los productos del bosque.



Así, se hace necesaria la intervención del silvicultor, quién mediante técnicas e intensidades de raleo, podas y otras prácticas silvícolas, regula la densidad del rodal y permite aprovechar el suministro de materia prima que abastece a las industrias de los derivados del bosque.

El manejo inadecuado conduce a la deforestación con consecuencias negativas para el medio ambiente. Entre las principales causas de la degradación forestal se destaca la excesiva recolección de leña, el sobre pastoreo, los incendios, y las malas prácticas y abuso en el aprovechamiento de la madera.

En los países desarrollados los problemas más preocupantes o principales amenazas de los bosques son, los incendios, las plagas, enfermedades y la contaminación atmosférica.

Finalidades del manejo forestal

Organizar la producción maderable u otros productos forestales sobre la base de rendimiento sostenido y además asegurar la función ambientalista de protección, pastoreo, recreación y obtención de productos secundarios.

El manejo deberá considerar las condiciones favorables por efectos de los raleos pero también las desfavorables que se desprenden de una intervención, especialmente por los impactos que ocasionan al sacar los árboles.

En la planificación regional se deberá integrar además del netamente maderero a otros objetivos de manejo del bosque como son su valor de embellecimiento del paisaje y de soporte para la actividad turística; su acción como regulador del balance hídrico y control de la erosión de las cuencas (en especial en terrenos de fuerte pendiente); la conservación de especies forestales en vía de exterminio y otras formas de vida, como el *sotobosque*, hongos y fauna.

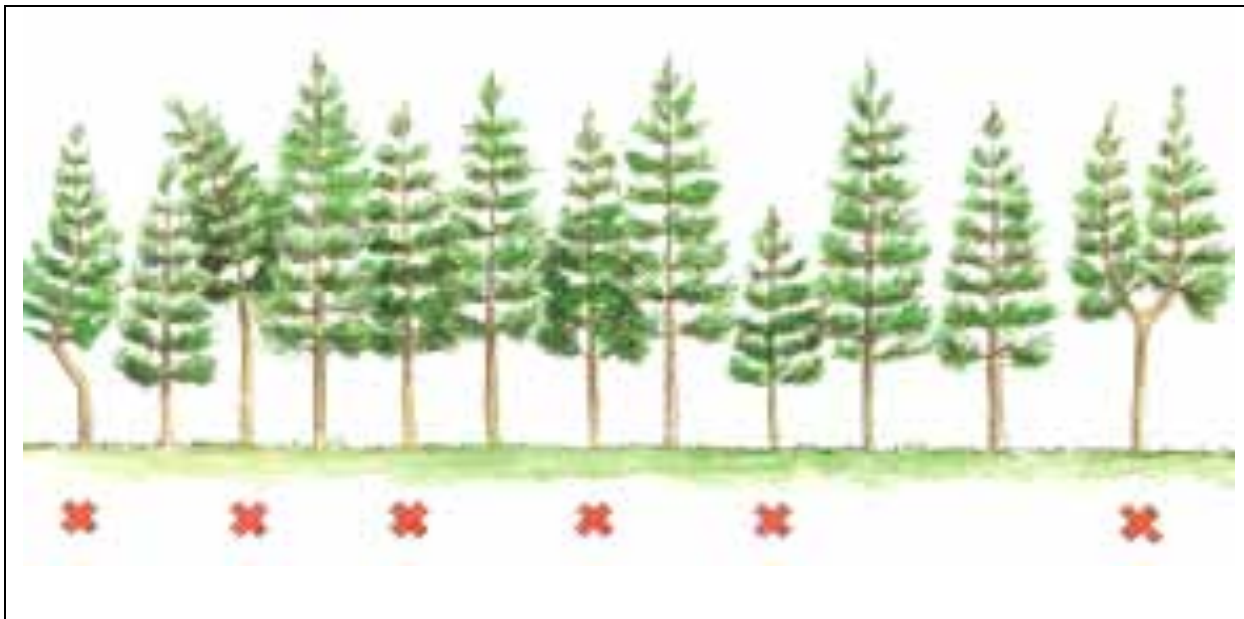
El *sotobosque* constituye la capa vegetal inferior del bosque, compuesto por arbustos nativos, plantas herbáceas de escasa altura, helechos arborescentes que parecen palmeras y pequeñas plantas rastreras, donde crecen y desarrollan una gran cantidad de organismos y microorganismos.

Raleos

Los raleos o aclareos son tratamientos silviculturales que se realizan a lo largo del ciclo productivo de los bosques para

lograr el adecuado desarrollo de la masa forestal que debe de llegar a la corta final.

Los raleos regulan la densidad del rodal, evitando la excesiva competencia entre los árboles por la luz, el agua y nutrientes. Esto permite la obtención de fustes de mayor diámetro y de mejor forma. La intensidad de los raleos depende de las variables de las especies forestales como: edad, ritmo de crecimiento DAP, altura, densidad, grado de tolerancia a los fenómenos atmosféricos como: luz, clima.



Mediante los raleos se extraen aquellos árboles más desfavorecidos en su crecimiento, que de otra manera morirían antes de ser aprovechados, y evitando a su vez que compitan con los mejor formados y desarrollados. De esta manera, se concentra todo el potencial productivo y todos los cuidados silvícolas en los mejores pies, los más valiosos, que serán reservados para la corta final.

En definitiva, con los raleos se consigue mejorar y, sobre todo, revalorizar la masa forestal, a la vez que se obtienen

ingresos previos a la corta final. *El error más común consiste en no realizarlos.* Existe la creencia de que es más beneficioso disponer de un gran número de pies por hectárea, esta situación acarrea un doble y grave perjuicio para el propietario. Por un lado, resulta imposible producir madera de mayor diámetro y por otro, se favorece el ataque de numerosos patógenos, que encuentran en las masas forestales muy densas un hábitat beneficioso.

Objetivos del raleo

Reducir gradualmente la densidad para evitar la competencia adversa por un espacio de luz, humedad, nutrientes entre los pies (árboles), favoreciendo el crecimiento en diámetro con el fin de obtener mayor producción, en calidad de los árboles que quedan en pie.

Seleccionar los árboles de mejor calidad, es decir, los de porvenir, concentrando en ellos la producción y las mejoras. Se deben eliminar los pies defectuosos: torcidos, bifurcados, dominados, secos o con heridas en el fuste.

Mantener el vigor y la sanidad de la masa, eliminando los árboles enfermos, débiles, defectuosos y generando un ambiente adecuado en el interior del monte.

Obtener aprovechamientos en momentos intermedios del ciclo productivo, consiguiendo que ayuden a financiar el resto de los trabajos. Disminuir el riesgo de incendios forestales.

Estimular el crecimiento en grosor del fuste, aumento del área de la copa y desarrollo radicular. Con esto se consigue mayor actividad fotosintética, mayor captación de nutrientes y agua, que satisfacen las necesidades del árbol.

Mantener el crecimiento del *DAP*, *IMA* y estructura del árbol, en un nivel óptimo.

Aumentar la relación beneficio/costo del bosque, mediante la venta de los árboles raleados (manejo sustentable).

¿Cuándo realizar los raleos?

Esta incógnita está principalmente relacionada al mercado existente, sí existe mercado, se impone la aplicación de métodos suaves y con mayor frecuencia, tratando de mantener un mayor incremento de las variables de crecimiento.

Es indispensable desde temprana edad seleccionar los árboles prometedores que tengan valor comercial, mediante raleos a intervalos de mayor tiempo. No es posible indicar el momento idóneo de realización de los raleos.



Los raleos están condicionados por la calidad del sitio, el marco de plantación, los objetivos de producción y el turno final. La experiencia del silvicultor es determinante, por

ello es muy aconsejable recurrir a expertos forestales tanto para estimar el momento de hacer las cortas, como para señalar los árboles a extraer.

A continuación, se indican algunas reglas básicas para iniciar los raleos:

El momento del raleo puede estimarse observando el grado de trabazón de las ramas de unos árboles con otros.

A edades mayores, el raleo debe sujetarse al manejo técnico, mediante la aplicación de los índices de tolerancia de raleo para cada especie (*índice espacio crecimiento*).

Los raleos tardíos, pueden llevar al apareamiento en los árboles de una falta de relación entre altura y diámetro, y también que los árboles corran el riesgo de caerse con el viento.

En tempranas edades se aconseja hacer raleos conjuntos con la poda, esto es sacar los árboles torcidos, bifurcados y no prometedores, mediante intensidades muy bajas.

Con el raleo debe procurarse un reparto homogéneo de los pies en la superficie del terreno. Si el destino final es la producción de madera de sierra y desenrollo, los pies reservados para la corta final no deben sobrepasar los 300 por hectárea (pino).

Para el pino, se propone la realización de dos raleos, una primera entre los 5 y 10 años, y una segunda a los 15-25 años, es decir con una periodicidad nunca menor de 5 años.

Marcación de los árboles a extraer

Durante el inventario forestal se van señalando los árboles que se deben cortar en los raleos y, consistirá en marcarlos

con pintura (resistente al agua y de colores llamativos, como rojo, amarillo o blanco) o mediante un pequeño raspado con hacha o machete en la corteza, tanto en la base como a 1.0 ó 1.5 *m* de altura en el tronco.

Considerando que la plantación más usada ha sido bajo una densidad de 3 x 3 *m* (1.111 árboles/Ha) y con este espaciamiento y según la clase de sitio y especie, se ha observado que los árboles tienden a cerrar sus copas entre 4-6 años, pasando los árboles a ser de vegetación dominante, con lo cual impiden o reducen la vegetación natural del sotobosque y desarrollo normal entre los mismos árboles; debido a la competencia por la luz, agua, minerales, etc.

Esta competencia, influye en la diferenciación de la clase crecimiento, distinguiéndose entre ellos como árboles: dominantes, codominantes, intermedios, dominados y suprimidos. Los dos primeros son los que aprovechan la mayor cantidad de luz y otros factores de crecimiento, en tanto que, los dos últimos quedan muy limitados de esos factores y si no se hacen los raleos llegan a la extinción natural. Siendo, por lo tanto, la época inmediata para iniciar los raleos. Esta época y número de árboles a ralearse se obtiene mediante la aplicación del, índice espacio crecimiento.

Clasificación de los árboles en el bosque

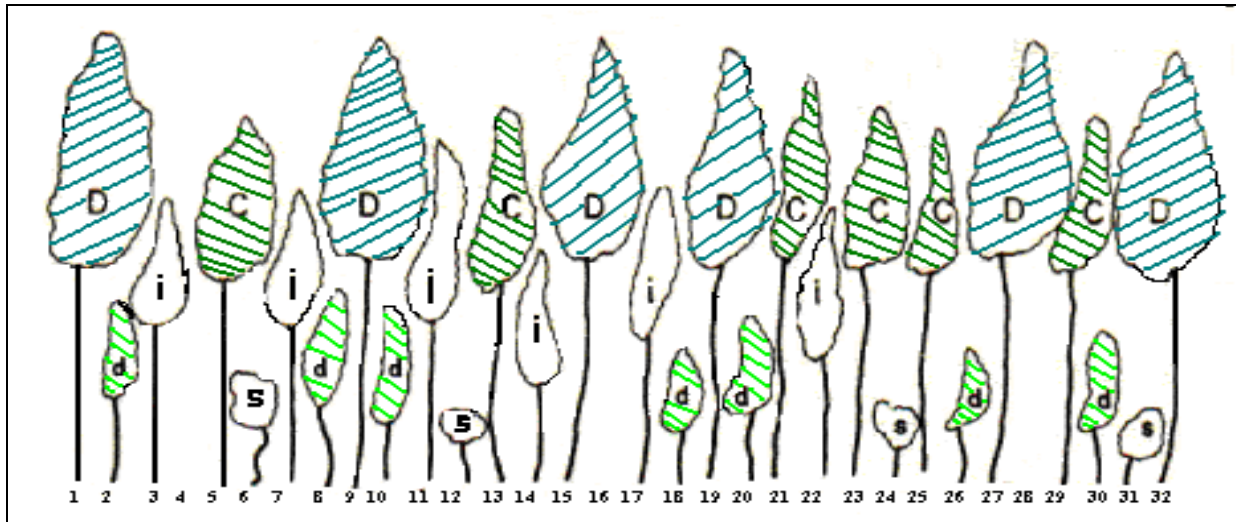
Los árboles que conforman la masa forestal, dependiendo de la especie, clase de sitio y edad, experimentan cambios en las variables de crecimiento, especialmente en altura de forma acelerada en los primeros años después de la

plantación, las mismas que generalmente se realizan utilizando un alto número de plántulas. Durante los raleos se suprimen, árboles que están en competencia, aquellos que tienen deformación del fuste, que están enfermos, torcidos, etc; con la finalidad de mejorar la densidad del rodal. Por lo tanto, es necesario conocer algunas características de las clases de árboles.

a). *Por la estructura del fuste* se tiene árboles totalmente verticales o rectos; bifurcados, y algunos defectuosos llamados *cola o rabo de zorro*, que son más frecuentes en pino, y que se caracterizan por que el fuste crece recto pero con falta de ramificación especialmente en la parte intermedia, perdiendo valor comercial y tienen vida corta.

b). *Por la forma del fuste*, son aquellos árboles inclinados ($+ 10^\circ$); torcidos, que no tienen una buena parte del fuste para el aprovechamiento industrial; enfermos o parasitados.

c) *Por su copa*: A medida que los individuos van creciendo aún en bosques coetáneos y homogéneos, por competencia tienen fustes, ramas y hojas (copa), diferenciadas, por lo que se clasifican en las siguientes categorías:



Dominantes, son aquellos árboles que sobrepasan el nivel medio general del dosel, poseen copas anchas y reciben plena luz. **Dosel**, se refiere a la altura de los diferentes estratos boscosos.

Codominantes, aquellos que están en el nivel medio del dosel o ligeramente arriba, reciben luz mayormente por encima y muy poca en los costados de la copa, la cual es de tamaño medio.

Intermedios, aquellos que están por debajo del nivel medio del dosel o queriendo alcanzar el nivel medio, sus copas son estrechas, el fuste es más delgado que el de los anteriores y reciben luz ocasional en la punta y mínima o nada en los costados.

Dominados, son aquellos árboles que están por debajo del nivel medio del dosel, sus copas son reducidas y ya no reciben luz.

Suprimidos, son todos los árboles que por su copa y por su fuste están en camino a ser eliminados naturalmente por la competencia de los demás.

Métodos de raleo

Los métodos de raleo están relacionados con la forma de la copa y altura que han alcanzado los árboles dentro del rodal, y en base a lo mencionado tenemos cinco casos de raleo:

- *Raleo por bajo incompleto*

Según este método se extraen todos los árboles suprimidos que están en proceso de extinción natural a lo largo del tiempo, sino se realizan los raleos.

- *Raleo por Bajo Completo*

Se sacan todos los árboles que se encuentren por bajo el nivel medio del dosel del bosque, es decir, los suprimidos, dominados e intermedios.

- *Raleo por altura*

Este método elige extraer de la masa forestal todos los árboles dominantes, codominantes o los dos al mismo tiempo, si la intensidad de raleo aplicada lo permite.

- *Raleo Sistemático o Mecánico*

Mediante este se extrae del bosque hileras de árboles, siguiendo una dirección determinada por ejemplo: horizontal, vertical o diagonal. Por ejemplo, mediante este método se puede extraer del bosque: 2 hileras dejando dos, ó tres hileras dejando 3 árboles.

Métodos de raleo: Ventajas y desventajas

<i>MÉTODOS</i>	<i>VENTAJAS</i>	<i>DESVENTAJAS</i>
Métodos por bajo incompleto y completo	Se retira los árboles de menor valor comercial, enfermos y que están en proceso de extinción natural. Se deja árboles prometedores.	El producto del raleo no encuentra mercado local. Sacar el material raleado involucra gastos no remunerativos, por lo que, este material va a permanecer en el sitio, pudiendo con el tiempo ser foco de infección.
Método por altura	Los árboles remanentes (AR) en el futuro van a ser prometedores. Los árboles raleados encuentran mercado local y en la industria	Los árboles remanentes toman más tiempo para lograr un equilibrio biológico.
Sistemático	En el bosque remanente, quedan árboles de todas las categorías. Posteriormente se puede utilizar equipo mecanizado para la extracción.	Quedan árboles de todas las categorías y, también sanos y enfermos.

Intensidades de raleo

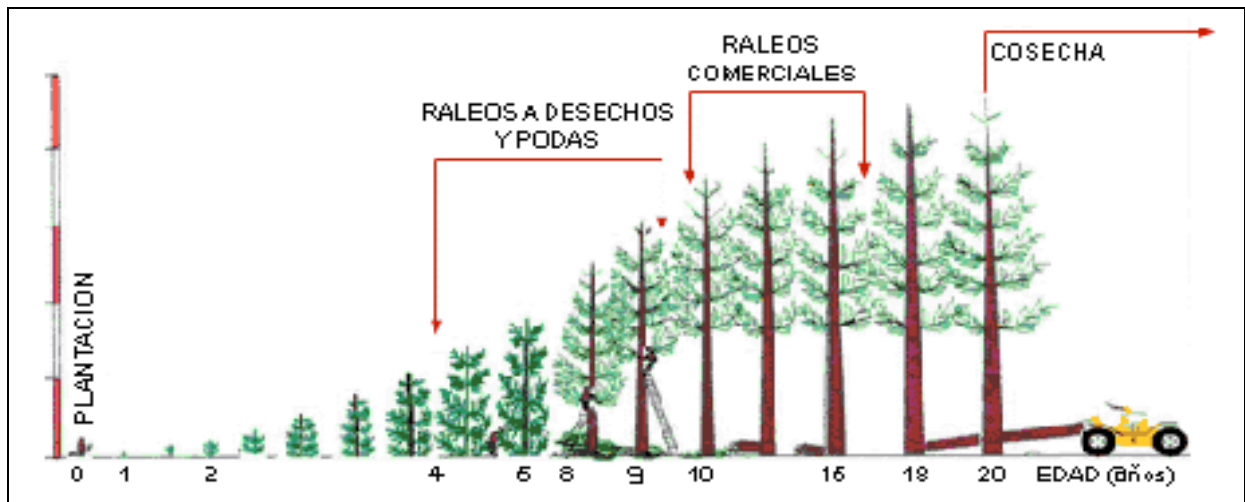
La intensidad de raleo se refiere al porcentaje de árboles que deben extraerse en cada uno de los métodos de raleo, con

referencia al número total de árboles en una superficie determinada del bosque. Estas intensidades de raleo corresponden a una aplicación:

- **Muy débil:** se saca del 1 al 10 % del total de los árboles del rodal.
- **Débil :** comprende un raleo del 10.1 al 20 %
- **Moderado:** comprende un raleo del 20.1 al 30 %
- **Fuerte :** comprende un raleo del 30.1 al 40 %
- **Muy fuerte:** cuando llega hasta un máximo del 50 %.

Recomendaciones para realizar los raleos

- En el raleo de los árboles se pueden combinar métodos con intensidades de raleo, de acuerdo a la necesidad de la masa forestal a ralearse.
- En el primer raleo se extraen los árboles suprimidos y dominados, sin considerar mayormente el nuevo espaciamiento que queda entre los árboles remanentes en el bosque, aunque se debe evitar dejar espacios exagerados.
- Al realizar el segundo raleo, se cortan los árboles que presenten deformaciones y síntomas de enfermedad en el fuste.
- A partir del tercer raleo, la extracción de los árboles del bosque, estará sujeta estrictamente al espaciamiento medio que debe existir entre árboles, el cual se obtiene aplicando el índice espacio crecimiento ($S\%$).



Altura máxima de un rodal

La altura máxima del rodal (**HM**), es un parámetro que refleja la productividad de un sitio o superficie, siendo independiente del espaciamiento entre árboles o densidad de la plantación, ya que los árboles más altos o dominantes, se encuentran de preferencia en los sitios de mejor calidad del suelo; mientras que los árboles pequeños, se desarrollan en suelos de menor calidad, por lo que, es un elemento muy apropiado para cuantificar el índice espacio crecimiento ($S\%$), de los árboles que se encuentran creciendo en una determinada superficie. Los raleos por bajo completo e incompleto, no afectan relativamente en nada a la altura máxima del rodal.

En términos cuantitativos, la altura máxima es igual a la **altura promedio de los 100 árboles más altos (dominantes y codominantes) por Ha.**

Calidad o clase de sitio

Un sitio se define como un lugar o espacio en la tierra, con características propias de fisiografía, suelo y vegetación. La formación de los bosques se caracteriza por la existencia de una alta correlación entre la fisionomía de la vegetación y la fisiografía del área. La *fisionomía* se refiere a las características externas de la vegetación: latifoliadas, coníferas, palmas y asociaciones forestales especiales: aquí se agrupan las unidades de vegetación que no pueden clasificarse como bosque: palmas, matorrales, vegetación de páramo, etc, en tanto que, la *fisiografía* se refiere a las interacciones y combinaciones entre los diferentes factores, sean éstos: profundidad del suelo, drenaje, pendiente, nivel freático, clima, etc, por lo que recurre a una interacción de factores de un lugar físico, descripción del relieve, paisajes y subpaisajes, páramos, cordillera, etc.

La clase de sitio es el resultado de la interacción de los factores clima y suelo, que se reflejan en el crecimiento de los árboles plantados dentro de un bosque. Por lo que, *la clase de sitio indica o se le define como la capacidad productiva de una especie en una determinada área forestal o con más seguridad representa la altura máxima alcanzada por el rodal a una edad determinada.*

Los árboles más altos son los más desarrollados y por consiguiente, relativamente libres de competencia de sus vecinos, de ahí que, la clase de sitio se determina conociendo la altura máxima y la edad del bosque.



Conociendo la altura máxima se puede conocer las distintas categorías de clase de sitio dentro de un bosque, para lo cual se trazan curvas de crecimiento de la altura máxima relacionada con la edad, y se tendrán los diferentes estratos de las clases de sitio del bosque.

El **índice clase de sitio** viene a ser un parámetro de productividad o expresión de medida cuantitativa representada por los árboles que alcanzaron la mayor altura en una clase de sitio.

Un sitio destinado a la producción de vegetales, está sometido a un *agotamiento de la clase de sitio*, por la pérdida de los elementos nutritivos que toman las plantas para su crecimiento y desarrollo. Este agotamiento debe ser compensado con la fertilización química u orgánica, pero en la producción de madera, esta pérdida es restituida mediante la defoliación de los propios árboles, que con el tiempo se descompone generando material inorgánico útil para la planta.

Los cuidados silviculturales orientados a conseguir madera muy homogénea, así como a producir madera libre de nudos, son fundamentales para mejorar la aptitud y calidad de la madera. Por lo tanto, la calidad de la madera depende de la clase de sitio, empleo de las labores silviculturales, competencia adecuada de los árboles, etc. En caso de cultivos para mejorar la clase de sitio se puede recurrir a la rotación de cultivos, en tanto que, al tratarse de plantaciones se puede utilizar latifoliadas y coníferas y, contrarrestar el agotamiento de la clase sitio.

Índice espacio crecimiento

El índice espacio crecimiento ($S\%$), es una expresión cuantitativa que correlaciona la distancia o espaciamiento que existe entre los árboles del bosque con la altura máxima que ha alcanzado el rodal, y se expresa en porcentaje.

El índice espacio crecimiento, es específico para cada especie y sirve como indicativo para saber si está en edad o cuándo se debe comenzar a realizar los raleos, y de esta forma evitar la competencia entre árboles con la finalidad de asegurar la mayor calidad del bosque. Es decir, con la aplicación de $S\%$ nos permite dar un buen manejo dentro del turno de explotación del bosque, y se expresa con la siguiente expresión:

$$S\% = (E / HM) * 100$$

Donde: $S\%$, índice espacio crecimiento; E , espaciamiento entre árboles (m) y; HM , altura máxima del rodal (m).

Rangos de tolerancia para algunas especies forestales

<i>ESPECIE</i>	<i>S %, RANGO DE TOLERANCIA (MÍNIMA Y MÁXIMA)</i>
PINO	20 - 30
TECA	18 - 25
LAUREL	15 - 22
EUCALIPTO	12 - 18

Un mayor valor del $S\%$ indica	Un menor valor del $S\%$ indica
<ul style="list-style-type: none"> • Que el espaciamiento para altura máxima está en el extremo mínimo de tolerancia para comenzar hacer el raleo; • El rodal es más joven, tiene menor edad, hay menor competencia entre árboles y el bosque está más abierto. 	<ul style="list-style-type: none"> • El espaciamiento para altura máxima está en el límite máximo de tolerancia para hacer el raleo. • mayor edad del rodal, mayor competencia entre árboles, bosque muy cerrado, y la época para comenzar hacer los raleos es tardía.

Cálculo del índice espacio crecimiento

Tomando en cuenta el rango del pino, calcular el índice espacio crecimiento ($S\%$) para saber cuándo y cuántos árboles deben ser raleados.

<i>Edad</i> (años)	<i>HM</i> (m)	<i>E</i> <i>inicial</i>	<i>S%,</i>	<i>E</i> <i>nuevo</i>	<i>No.</i> <i>Árb/H</i>	<i>Intensida</i> <i>d raleo</i>	<i>IMA</i> (m)
-----------------------	----------------------	----------------------------	------------	--------------------------	----------------------------	------------------------------------	-----------------------

)		(m)		(m)	a		
pl	0,3	2,15	716,67		2498		
1	0,7	2,15	307,14		2498		0,70
2	1,4	2,15	153,57		2498		0,70
3	2,1	2,15	102,38		2498		0,70
4	2,9	2,15	74,14		2498		0,73
5	3,8	2,15	56,58		2498		0,76
6	4,9	2,15	43,88		2498		0,82
7	5,8	2,15	37,07		2498		0,83
8	6,9	2,15	31,16		2498		0,86
9	8,0	2,15	26,88 → (30%)	2,40	2005	19,75	0,89
10	8,9	2,15	24,16 → (30%)	2,40	2005		0,89
11	10,1	2,15	21,29 → (30%)	2,40	2005		0,92
12	11,1	2,15	19,37	2,40	2005		0,93

$$N = \frac{A}{E^2 * \frac{1}{2} * \sqrt{3}}$$

$$E = \sqrt{\frac{A}{N * \frac{1}{2} * \sqrt{3}}}$$

Las ecuaciones indicadas arriba, son aplicables para calcular el número de árboles dentro de un margen de libre competencia.

Donde:

N = número de árboles / Ha;

A = área (m²);

E = espaciamiento entre árboles (m^2).

Ir = intensidad de raleo.

Ejemplo de análisis de un bosque de pino coetáneo

LOTE I	con E 2.46	y 12.0 m de HM	S% = 20.5	→
Densidad 1908 árb/ha				
LOTE II	con E 2.46	y 8.2 m de HM	S% = 30.0	→
Densidad 1908 árb/ha				
LOTE III	con E 2.15	y 12.0 m de HM	S% = 17.91	→
Densidad 2498 árb/ha				
LOTE IV	con E 3.75	y 12.0 m de HM	S% = 31.25	→
Densidad 817 árb/ha				

a). Lote I y Lote II, tienen igual espaciamiento (E) y densidad.

Lote III, tiene más densidad que los tres.

b). La altura máxima (HM), es la representación de la clase de sitio.

Lote I, III y IV: tienen mejor clase sitio.

Lote II: tiene mala clase de sitio (lugar).

c). Raleo considerando el valor del S%:

- Lote I: Está en edad de hacer el raleo (tolerancia máxima).

- Lote II: Es el lote próximo para iniciar el raleo, está ingresando en el rango de raleo.

No se ralea inmediatamente, porque está en el rango de mínima tolerancia.

- Lote III: Se pasó la época del raleo y por eso tiene mayor densidad.

- Lote IV: Está más lejano para hacer el raleo (esperar).

¿Cuántos árboles hay que ralearse?

$S\% = (E / HM) * 100 \rightarrow$ Calculamos nuevo espaciamiento y N (densidad), con S% de tolerancia mínima (30%)

$$E = 3,6 \quad \text{y} \quad N = \sqrt{10000 / 3.6^2 * 0.866} = 891 \text{ árboles}$$

$1.908 - 891 = 1.017$ árboles a ralearse.

La técnica dice que se puede ralearse hasta un máximo de 45 a 50%. O sea: 859 a 954 máximo de árboles. Por lo tanto, hay que buscar el nuevo espaciamiento.

$E (50\%) = 3.47$; $S\% = 28.91 \%$ No redondear a 29 (varía E y N).

Resultado: sacar 954 árboles

La poda de los arboles

Principios generales

Las plantas viven gracias a la savia elaborada, la cual aprovechan las plantas para su crecimiento, tanto de la parte aérea (ramas y hojas) como de las raíces, y para su fructificación.

El número y longitud de las ramas depende del número y longitud de las raíces, las que a su vez dependen de la

profundidad del suelo, fertilidad del suelo y también de la cantidad de agua disponible. Es decir, que todo aumento de la copa va acompañado de un aumento proporcional de las raíces.



Una planta que crece en un terreno fértil, con humedad suficiente y competencia adecuada, posee una copa, que recibe suficiente agua, luz y calor para elaborar alimentos, lo que permite a la planta crecer vigorosamente, con ramas largas, hojas grandes y distanciadas las unas de las otras.

A medida que aumenta el número de ramas y hojas, la planta crece menos, ya que la cantidad de alimentos ya no es suficiente para cubrir las necesidades. Las ramas nuevas alcanzan cada vez menor tamaño y disminuye la distancia entre las yemas. Cuando esto sucede, la planta comienza a fructificar y el volumen de la copa se agranda poco a poco, y como consecuencia el de las raíces, porque gran parte de la savia se desvía a las partes de fructificación del árbol.

Por lo tanto, si una vez plantado los árboles, se les abandona a su suerte y crecen en absoluta libertad, la forma definitiva que adoptará cada uno será distinta y característica para cada especie. Unos árboles crecerán casi verticales, con porte dominante; otros tendrán la copa amplia, de tipo globoso; los unos presentarán una floración y fructificación abundante, mientras que en otros la producción será escasa.

Con el paso de los años es frecuente que la madera improductiva y seca supere a la calidad demandada por la industria, sino se practica la poda.

Definición de la poda

La poda es la operación fundamental que se aplica en la etapa de juventud (brinzal y latizal; 3 a 7 años) para conseguir árboles bien formados, equilibrados y para obtener de ellos la máxima producción de madera y calidad.

Con las podas, las que consisten en la eliminación parcial de las ramas inferiores muertas o vivas de los árboles, se asegura la obtención de madera libre de nudos, la cual es altamente cotizada en el mercado.

Al realizar la poda se produce un desequilibrio fisiológico entre las ramas y las raíces del árbol, ya que al reducirse la parte aérea pero no la parte radical (que sigue intacta, suministrando la misma cantidad de savia bruta a la parte aérea o receptores verdes), el árbol con el tiempo tiende siempre a equilibrar la balanza entre la raíz (suministradores) y receptores, formando tallos y hojas

suplentes y con ellos también frutos, aunque no hay un incremento perceptible del grosor del tronco.

En los árboles podados, la savia bruta, que en principio estaba destinada a las ramas cortadas, pasa tanto a las ramas que han quedado en el árbol como a las yemas nuevas.

Es evidente que la cantidad de ramas cortadas no puede rebasar ciertos límites, que vienen impuestos por diversos factores como: la edad de la planta, el suelo, el clima, la competencia con otras especies, las plagas, etc.

Las podas excesivas traen como resultado un desequilibrio inestable que provocará desde la pérdida de productividad, longevidad prematura y hasta la muerte.

Las podas reducen el crecimiento diamétrico del árbol, y por tanto, su capacidad de cicatrizar las heridas, favoreciendo la entrada de enfermedades y plagas al interior del árbol, por lo que se hace necesario practicar las podas en épocas secas o desinfectar las heridas. Las podas bien realizadas mejoran su producción.

Objetivos de la poda

- Dar la forma adecuada al árbol o mantener la ya lograda (poda de formación). *La poda de formación* va encaminada a la consecución de las ramas principales o brazos que conformarán la estructura soporte de las restantes ramas de la copa. Estas ramas deben formarse entre 2 y 3 metros de altura.

- Asegurar la obtención de fustes largos y libres de nudos, cuya madera es preciosa para chapas y altamente cotizada en los mercados nacionales e internacionales.
- Incrementar o mantener la producción del follaje (podas de mantenimiento). Producir leña, ramón y bellotas (podas de producción).
- Reconstituir el follaje de árboles viejos (podas de rejuvenecimiento).
- Ayudar a corregir los hábitos de crecimiento y de producción de la especie, de forma que se obtengan árboles de fuste equilibrado y robusto, capaz de soportar el peso de ramas, hojas y frutos de la copa.
- Que la aireación e iluminación sean las más indicadas y, eliminar toda la madera seca, enferma o no productiva.

Aspectos fisiológicos y económicos de la poda

- **Hábitos de crecimiento del árbol**

Para podar correctamente un árbol es importante que comprendamos sus hábitos de crecimiento. Todo árbol, en condiciones normales de vegetación, pasa por tres períodos bien diferenciados en su vida, llamados: *juventud*, *estado adulto* y *vejez*.

Están determinados, el primero, por un exceso de vegetación y casi nula de producción; el segundo, por un equilibrio entre la producción y la vegetación, y el tercero, por un nuevo desequilibrio a favor de la producción,

llegando hasta el agotamiento del árbol. Al agricultor le es factible provocar, en el árbol, el paso de uno a otro período en mayor o menor tiempo, mediante las siguientes actividades: la poda, el raleo, la fertilización y el riego.

Es posible podar las ramas muertas en cualquier época del año, en tanto que, la poda de ramas vivas debe tener lugar cuando el árbol está en período de reposo. El corte debe ser liso, sin afectar al cambium del tallo. Para aplicar la poda no son convenientes los rodales de baja calidad, en suelos muy pobres o secos, ni los rodales expuestos a los vientos fuertes. Para esta práctica convienen maderas preciosas y árboles de alta calidad, es decir rectos y cilíndricos, vigorosos y de ramas no demasiado gruesas. La poda se realiza, generalmente en dos etapas en el curso del período de juventud; de 2 a 7 años; o sea una primera poda cuando el árbol tenga una altura de 2 a 3 m

- **Relación C/N**

La relación entre la actividad vegetativa (savia absorbida por la raíz) depende de la cantidad de N presente en el suelo, y la actividad productiva (savia elaborada en las hojas), representada por C ó carbohidratos formados por la fotosíntesis, determina los tres períodos de la vida vegetativa de los árboles.

- **C < N:** La actividad productiva del árbol es menor que la actividad vegetativa. Crecimiento vigoroso. Árbol joven. Suelo fértil.

- **C = N:** Fase de equilibrio. La actividad productiva del árbol es igual que la actividad vegetativa. Buen

desarrollo y producción. Árbol equilibrado en buenas condiciones de vegetación y producción. Suelo fértil y espaciamiento adecuado.

- **C > N:** La actividad productiva del árbol es mayor que la actividad vegetativa. Crecimiento estacionado. Árbol viejo y poco podado. Producción escasa e inconstante, debido ha una excesiva producción anterior. Necesita fuertes abonados.

Un árbol joven se puede considerar en equilibrio cuando las ramas o prolongaciones anuales tiene: de 30 - 100 *cm* de longitud y, cuya edad está entre menos 6 a 12 años. En tanto que, se considera un árbol viejo, cuando $\frac{1}{4}$ de las ramas anuales tienen una longitud de unos 20 a 60 *cm*, según la edad (más de 6 ó 12 años, según la especie).

- **Órganos de crecimiento**

El conocimiento de los órganos del árbol, su evolución y desarrollo es totalmente necesario para saber que es lo que se suprime y obtener resultados de la poda. La estructura básica de las plantas vasculares es un eje con meristemas apicales “potencialmente inmortales”, en extremos opuestos del eje.

Dominancia apical. El meristema apical es el director de la planta y mantiene el equilibrio del crecimiento apical. La punta del tallo que tiene hojas jóvenes, inhibe tanto el brote de las yemas laterales del tallo (por debajo del ápice), como el crecimiento subsiguiente de las ramas laterales, este fenómeno se conoce como *dominancia apical*.

La eficiencia relativa de este dominio del crecimiento apical sobre el crecimiento lateral, varía según la distancia en que se encuentra el tallo, la edad de la planta, el genotipo, la nutrición y algunos factores ambientales. Una planta que tiene fuerte dominancia apical posee pocas ramificaciones o ninguna como por ejemplo el girasol.

La dominancia apical débil da por resultado un aspecto frondoso, con numerosas ramas laterales, como sucede en las plantas tomateras. En las gramíneas, la ramificación se produce en los nudos de la base del tallo. Esos retoños de las ramas se denominan vástagos y el proceso retoñar, el cual es una característica importante de los cereales.

El meristema apical contiene un complejo auxínico, que es el regulador más importante de la dominancia apical. Este biorregulador está presente también en el ápice de la raíz (**cofia**), y permite el crecimiento hacia el centro de la tierra. El meristema apical, es el primero que se forma y funciona en la división celular; es el más joven y el más viejo a la vez.

Una vez cortada la yema terminal (ápice) o la punta del retoño, la dominancia apical pasa al meristema más cercano del corte, ya que se elimina la fuente de inhibición que desciende sobre el tallo, y si el corte es mucho más cerca de la base, el meristema que está más cercano al corte, tiene un brote mucho más fuerte que los meristemas de más arriba. Originando nuevas ramas y hojas, que dan un aspecto de rejuvenilidad a la planta.

A lo largo del tallo, se encuentran yemas activas o latentes. Una yema es un brote en estado rudimentario, capaz de

producir ramas vegetativas (madera, hojas) o florales (frutos).

Por su posición pueden ser *terminales*, *laterales* o *axilares* y, *adventicias*. Estas últimas, son las que nacen en los entrenudos ó en cualquier parte del árbol, donde la circulación o acumulación de la savia sea muy intensa, sin tener una posición determinada. Aparecen sobre madera vieja, tanto en tronco como en ramas y son capaces de desarrollarse en buenas condiciones. Dan lugar a ramas o brotes (chupones) de largos entrenudos, de gran desarrollo y sin ramificación.

- **Ramificación natural del árbol**

La disposición de las ramas en los árboles son frecuentemente: verticales, horizontales y oblicuas. El desarrollo de una rama vigorosa en posición vertical, originada por una yema de madera, se alarga progresivamente, aparecen nuevas hojas y detienen su crecimiento y, si las condiciones externas e internas son favorables (acumulación de reservas, reposo invernal), reemprende su crecimiento y aparecen nuevos brotes.

El vigor de los nuevos brotes, es muy diferente, según su posición. El brote nacido de la yema subterminal es el más vigoroso, y el vigor es decreciente a partir de él.

Si se realiza la supresión de la yema terminal con la poda, necesitará un tiempo de reposo, durante el curso de vegetación, la yema situada inmediatamente debajo del corte se convierte en terminal y da un brote que conserva la dominancia apical sobre los que se desarrollan en la base.



Esta predominancia es constante y es equivalente a la relación que existe entre los brotes situados en toda la rama.

Por lo que, en las ramas verticales el vigor se reparte a lo largo de la rama, con predominancia muy marcada en los órganos situados en la parte superior.

Si esta tendencia no es compensada con una poda que tienda a disminuir la parte superior, se asiste a la debilitación progresiva de las ramificaciones de la base, *quedando así una zona desnuda*, que generalmente es observada en la parte inferior del fuste y ramas.

En una *rama horizontal* se observa el máximo vigor sobre la cara superior y en la proximidad del nacimiento de la rama. El desarrollo de ramas en la cara inferior es muy limitado y, si aparecen son débiles y se anulan poco a poco.

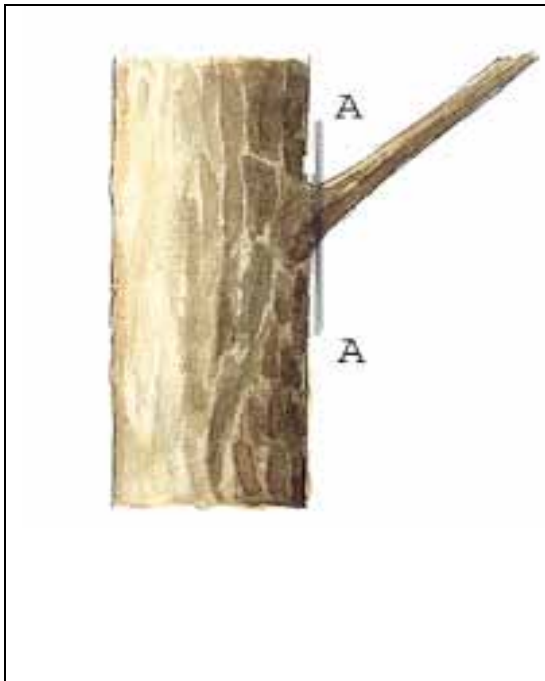
En una *rama oblicua* es posible observar las tendencias intermedias entre los dos casos anteriores; predominancia de la base o extremidad, según el ángulo de inclinación de la rama. Ángulo de 30-45°, muestra equivalencia en todos los brotes de la cara superior, desarrollo limitado de las ramas inferiores. En ramas con un ángulo de 60°, se afirma el predominio de la extremidad y el vigor de las ramas de la cara inferior es mayor.

Práctica de la poda

Los cortes de las ramas delgadas se hacen con tijeras de podar y tijeras de viento, ya sea desde el suelo o utilizando escaleras. Las ramas gruesas, deben cortarse con serrucho o con sierra fina.

Una vez realizado el corte, la herida hecha con serrucho o sierra se alisa con otro instrumento cortante, dejando el corte limpio y liso, ya que los tejidos destruidos se secan y mueren, perjudicando la formación del tejido cicatricial.

En los países industrializados, la poda ya ha alcanzado un elevado índice de mecanización y son de uso corriente las tijeras neumáticas accionadas por un compresor adaptado al tractor y los elevadores móviles para los podadores.



La ejecución de los *cortes debe hacerse algo inclinados, para que el agua de lluvia resbale y no quede sobre la herida.*

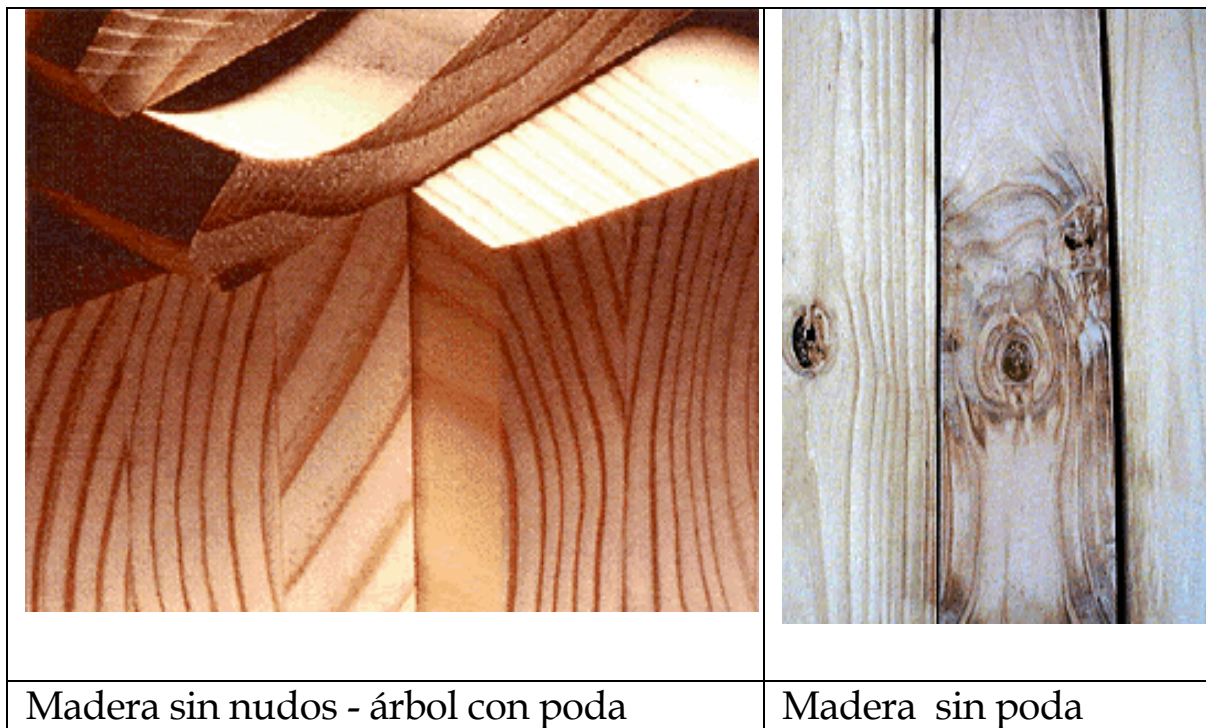
Sobre ramas gruesas, el corte debe ser a ras de la inserción. Los cortes y heridas de la poda deben cicatrizar lo antes posible. Una vez realizado el corte, las células superficiales mueren, y a partir del cambium se desarrolla un anillo superficial, que va recubriendo la herida.

Esta cicatrización es activa cuando la multiplicación celular se ve favorecida por las condiciones de humedad y temperatura (verano), en invierno es imprescindible proteger las heridas, ya que pueden ser entrada de infecciones criptogámicas y el árbol muere en poco tiempo. Puede recubrirse con mástil de injertar o bien con una mezcla de cemento, pintura de aceite, barniz o betún asfáltico soluble en agua. Si existe riesgo de infección, las heridas grandes se desinfectan con sulfato de Cu ó Fe, disuelto en agua caliente al 5 %, o bicloruro de Hg al 1%.

Las podas se hacen generalmente en plantaciones de 3-5 años, hasta 2-3 m altura, a fin de conseguir desplazamiento dentro del bosque, si es con fines de protección, recreación y cacería. Para madera, hacer la poda en todos los árboles a una altura mayor a 2 m, con eso se mejora la calidad de la madera: libre de nudos. A veces se hace podas de formación de fuste y copa. La poda se realiza, durante el

primero y segundo raleo y, se elimina de los individuos prometedores, las ramas más bajas, troncos gemelos, fustes muy retorcidos, evitando dejar nudos. De preferencia, deben realizarse las podas, en el período de reposo, si se realizan durante el crecimiento vegetativo, causa debilitamiento del árbol; la copa no debe ser mayor que la mitad de la altura máxima del árbol.

Figuras de resultados de la poda



Resumen de la práctica de la poda

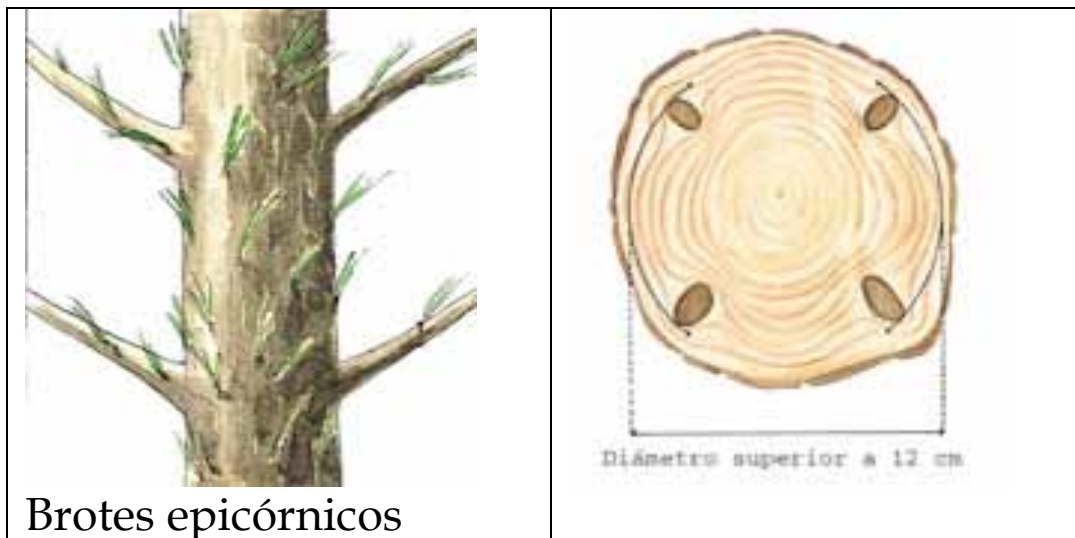
Si es con fines de protección, recreación o cacería, las podas deben aplicarse en plantaciones que tienen de 3 a 5 años, y deben eliminarse los brotes hasta los 2 m de altura, a fin de

conseguir desplazamiento dentro del bosque (líneas de acceso).

Para madera, hacer en todos los árboles las podas a una altura mayor a 2 m, con esto se mejora la calidad de los árboles y se obtiene madera libre de nudos.

A veces se hace poda de formación del fuste. La **poda de formación** va encaminada a la consecución de las ramas principales o brazos que conformarán la estructura soporte de las restantes ramas de la copa. Estas ramas deben formarse entre 2 y 3 metros de altura. Las ramas mayores a 5 cm de diámetro se cortan con serrucho o sierra.

Un árbol no podado contiene en su interior una parte de madera de inferior calidad, donde se encuentran los nudos y sus cicatrices de oclusión, rodeada de madera con nudos y de inferior valor comercial.



El corte de la poda debe ser liso, sin perturbar el cambium del tallo; pero también sin dejar un largo tocón de las ramas en el tallo.

Hay que cuidar que al cortarse la rama, ésta no se caiga por su peso, puesto que la corteza que se arranca puede dañar al árbol, por lo que hay que sostenerla hasta que se termine completamente el corte. Para la poda no son convenientes machetes ni hachas; se recomienda sierras delgadas y serruchos afilados con dientes finos.

Defectos de la poda



Factores reguladores del crecimiento

El crecimiento de una masa forestal, está directamente relacionada con una gran variedad de factores, entre los que se puede anotar: *especie, densidad, edad, clima (temperatura, humedad, precipitación, viento, etc) y suelo*

(fertilidad, topografía, altitud, pH, propiedades físicas, etc.). Con relación a la especie, éstas pueden ser: de rápido, intermedio o lento crecimiento. La densidad influye directamente en la altura de los árboles; así tenemos que plantaciones con alta densidad corresponden a mayores alturas, es decir hay una relación positiva o directa; en tanto que, con menores densidades, el crecimiento en altura se observa que es más lento, pero mayor en espesor. La edad tiene influencia directa en el crecimiento, así vemos que en un bosque coetáneo, crecen a un ritmo acelerado mientras son jóvenes, pues, no existe competencia de los árboles dominantes con relación al resto de categorías de árboles. Mientras que en bosques no coetáneos, los más viejos, que lógicamente son los más grandes, compiten por los factores de crecimiento, perjudicando a los más jóvenes.

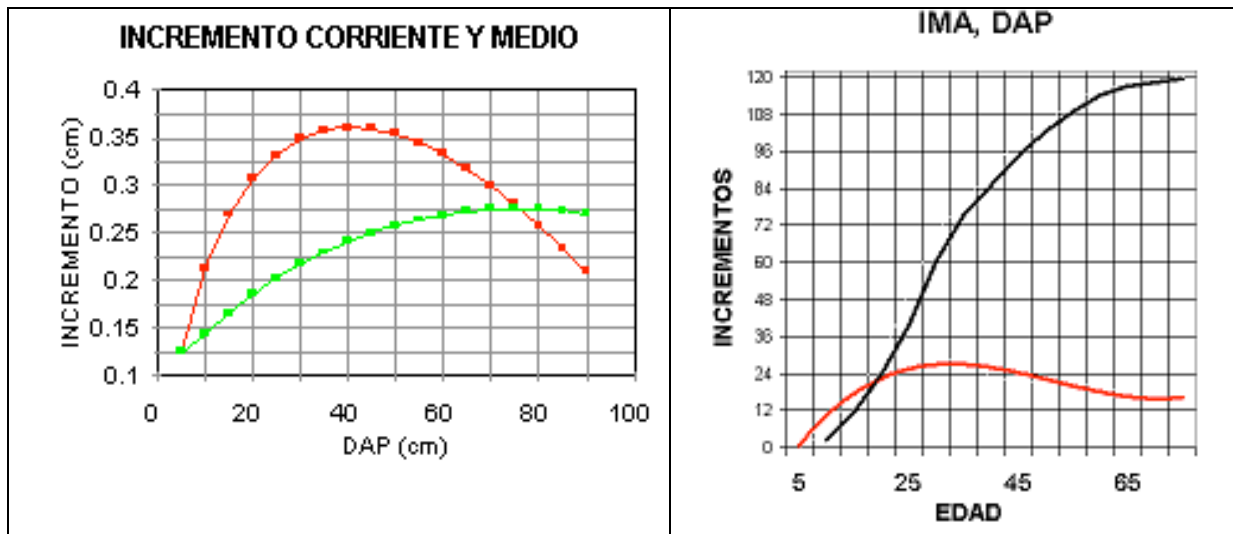
Con relación a los factores climáticos, éstos igualmente tienen una acción directamente proporcional con el crecimiento, siempre y cuando no rebasen los límites máximos o condiciones extremas, por ejemplo elevadas o muy bajas temperaturas, exceso de humedad, vientos fuertes, etc. En terrenos planos el crecimiento es notable con relación a los inclinados. La altitud, es un factor limitante para la adaptación y desarrollo de las plantas, que tienen sus límites mínimo y máximo de altitud sobre el nivel del mar. Las propiedades físicas y químicas del suelo son otros factores limitantes para el crecimiento de las especies vegetales en general, suelos fértiles y textura franco darán mejores resultados.

Curvas de crecimiento

El crecimiento está en función directa a la variación de los factores reguladores del crecimiento. El crecimiento es el cambio de dimensión en el tiempo y el incremento es la magnitud del cambio. Cuando se efectúan estudios de crecimiento se cuantifica el incremento, entre mediciones, y se determinan los promedios de incremento de diferentes especies y dimensiones. En las variables de crecimiento de los árboles como: altura, DAP, área basal, volumen de madera, etc.; se pueden ajustar modelos de crecimiento a partir de las observaciones de incremento o bien de los promedios de éstos.

La acumulación del incremento se conoce como **rendimiento** y representa el tamaño del individuo o población, en los diferentes momentos de su vida. En la mayoría de los organismos, tanto plantas como animales, el rendimiento a lo largo del tiempo, sigue una forma sigmoidea, de una letra **S**. Esta forma particular de la curva de rendimiento responde a las características del crecimiento que presenta el individuo durante su vida.

En una primera etapa la curva es cóncava y responde a un incremento creciente. El punto de inflexión corresponde, matemáticamente, con un máximo de la primera derivada de la curva de rendimiento. En el caso de los estudios del crecimiento en árboles se denomina Incremento Corriente Anual (ICA). En la segunda etapa de la vida del árbol la curva de rendimiento es convexa.



En un bosque manejado no tiene sentido retener árboles que hayan sobrepasado el diámetro correspondiente al incremento máximo, ya que están ocupando el espacio que necesitan otros árboles para crecer. Por otra parte, tampoco es lógico aprovechar árboles que aún no hayan alcanzado el diámetro indicado, pues en ese caso se desperdiciaría su potencial de crecimiento máximo.

El *Incremento medio anual (IMA)*, corresponde a la media aritmética de cualquiera de las variables de crecimiento, para esa edad del bosque.

Manejo silvicultural del bosque alto

Los métodos silviculturales, constituyen las prácticas a que se somete al bosque con la finalidad de lograr la conformación y adecuada distribución de los árboles en el bosque. Entre estas prácticas están las cortas de mejoras o cortas intermedias que se aplican en el intervalo de tiempo

que transcurre desde que se establece el bosque hasta la corta final.

Con estos tratamientos se van liberando del bosque los árboles dominados, enfermos, defectuosos y además se controla la densidad adecuada.

Corta de mejoras

Son actividades silviculturales que se realizan en los bosques para mejorar el estado del rodal y son especialmente aplicables a los bosques naturales descuidados. Las cortas de mejoras, se realizan al mismo tiempo y en el mismo rodal al igual que cuando se hacen todos los tipos de intervenciones silviculturales, es decir desde las limpias hasta el corte final o cosecha.

Por regla general, los bosques naturales no son uniformes sino que se disgregan en grupos o biogrupos, en los que el silvicultor tiene que evaluar cada uno de los individuos, y determinar cuáles de ellos están estimados para la extracción, prometedores y los perjudiciales. A veces estos biogrupos están en estado de brinzal (juvenil), lo que significa que hay que aplicar limpias; otras veces está en estado de latizal (casi adulto), es decir, necesitan raleos. Sin embargo, con frecuencia el monte (bosque) lo componen un grupo bien heterogéneo, en el que se deben combinar todas las intervenciones silviculturales al mismo tiempo.

En la práctica significa generalmente la extracción de los individuos del estrato predominante, sobre todo si son especies de mala calidad o forman un espacio de relleno

sin valor económico. Pero, si se encuentran especies económicas hay que protegerlas, liberando la vegetación adjunta, a veces enriqueciendo los espacios de relleno con especies económicas o tratando de lograr regeneraciones naturales en el relleno.

Puesto que, de preferencia las cortas de mejoras se emplean en los bosques descuidados, una vez identificado los biogrupos, la primera intervención debe ser muy ligera y se debe extraer en primer lugar, aparte de los individuos viejos, los individuos muertos, perjudiciales y en grupos densos es posible también algunos individuos neutrales, sobre todo si son especies de bajo valor comercial, a fin de ayudar a aclarar el espacio y simplificar la estructura vertical. Esta labor debe repetirse cada 3-4 años.

Talas selectivas o entresaca

Consiste en extraer a intervalos de pocos años, los árboles muy maduros, los enfermos, defectuosos y aquellos que causen cierta competencia. Son cortas irregulares, ya que dan lugar en todos los casos a bosques no coetáneos con árboles de diferentes edades.

Las cortas pueden considerar árboles aislados o agrupados dentro del vuelo forestal, pero no debe aplicarse una corta que pueda significar una tala rasa. En los espacios producidos por los árboles extraídos se inicia la reproducción por semillas de los árboles dejados en pie, que a su vez servirán de protección.

El método se puede exponer a consideración de la siguiente manera: anualmente se cortan árboles de la clase

de edad más vieja y se continúan así año tras año, procurando que en los espacios producidos por las extracciones se obtenga la reproducción. Esto significa que un bosque a cortas selectivas, debe ofrecer todos los años una clase de edad para su corta distribuidos por toda la superficie. La superficie boscosa se divide, para la aplicación de las cortas selectivas, en tantos tramos como años se asignen al ciclo. La corta anual se circunscribe a un solo tramo y pasa de uno a otro en años sucesivos, para volver al primero al terminar el ciclo.

Las cortas selectivas se aplican para la regeneración en:

- Bosques con fines recreativos
- Bosques expuestos a la acción del viento
- Bosques inaccesibles

Los inconvenientes que presenta este método son: el aprovechamiento de los productos resulta más costoso por estar diseminados por todo el bosque; las labores silviculturales resultan difíciles y costosas.

Tala rasa o corta total

Son cortas en las cuales se extraen de una sola vez todos los individuos utilizables o no en el área tratada. Desde el punto de vista de la conservación del medio ambiente esta forma no tiene buena consideración ya que ha contribuido a la devastación de los bosques en todo el mundo. Lo malo no es la tala en sí, sino los tratamientos posteriores inadecuados.

Por su extensión, las talas rasas se consideran *grandes* si la superficie talada es mayor de 20 Ha; de 5-20 Ha se consideran *medias*; y menos de 5 Ha se consideran *pequeñas*.

Entre las ventajas de la tala rasa se menciona: Es simple y fácil de aplicar; resulta más económica en cuanto a las operaciones de extracción y al aprovechamiento en general; permite una mejor organización de los tratamientos silviculturales que le siguen, sobre todo de la plantación, limpiezas, etc. Como desventajas se citan las siguientes: aumenta el peligro de erosión y de invasión de malezas; interrumpen la continuidad de la producción.

Parte de estas desventajas se puede evitar aplicando la tala en fajas, ya que la tala rasa aplicable a grandes extensiones, origina extensos claros y su regeneración o reposición no es inmediata y dependen de otros factores como: la falta de coordinación, económicos, reproducción deficiente en calidad y uniformidad, etc. Por estos motivos se sugiere las siguientes modificaciones: tala rasa por fajas sucesivas, tala rasa alterna y tala rasa por grupos. Las fajas deben tener un ancho de 3 veces la altura de los árboles (20-50 m) y un largo entre 100 m y 300 m

Tala rasa en fajas sucesivas

Se realizan progresivamente de una faja a la otra hasta que se afecta toda el área de la sección considerada. Después del corte de la primera faja, ésta se repuebla artificialmente o se espera por la regeneración natural. Cuando la repoblación se considera asegurada, se sigue con la faja

siguiente. Esta forma de ordenación ofrece la desventaja de que el período de la regeneración total del área talada tarde mucho, pero para acelerar el proceso de renovación total se puede modificar el orden, es decir, en un año en la misma sección se talan 2 ó 3 fajas iniciales; y se repite la tala cada 3 años, que es el tiempo mínimo estimado para garantizar la repoblación. El tamaño de cada faja a talarse puede ser de 50 *m* de ancho por 100 y 300 *m* de largo.

Tala en fajas alternas

Se usa para acelerar la regeneración total de las talas en fajas. La superficie total se divide en fajas de un ancho más o menos igual y se cortan en un año de forma alterna una faja sí y otra no.

La ventaja que se obtiene, es que se puede afectar en un mismo año un área grande, y así acelerar el proceso de tala. Este sistema de tala es conveniente aplicar, para remplazar el rodal existente (sobremaduro o de mala calidad) por un nuevo en un tiempo corto; y donde por razones económicas y biológicas se necesita extraer una gran masa de árboles en corto tiempo y resulta peligroso aplicar una tala rasa de gran extensión.

Tala en fajas sucesivas	Tala en fajas sucesivas modificada	Tala en fajas alternas
Primer año	Primer año	Primer año
Tercer año	Tercer año	Tercer año
Sexto año	Sexto año	Primer año
Noveno año	Primer año	Tercer año
Doceavo año	Tercer año	Primer año
Etc.	Sexto año	Tercer año

Tala rasa por grupos

Es aplicable sobre todo en bosques heterogéneos y raras veces en rodales de estructuras simples ya que la uniformidad de éstos no exige su aplicación.

Antes de ubicar los grupos en el rodal, hace falta realizar raleos. Se talan grupos de árboles sobremaduros o con especies de bajo valor económico. Sin embargo se deben comenzar con pocos grupos hasta que se domine bien el método y se conozcan los resultados.

Los claros dejados por la tala se reforestan artificialmente o por regeneración natural.

Capítulo 4

Industrialización del árbol

El estudio de esta parte deberá capacitar para explicar los aspectos sobre la cosecha e industrialización del árbol. Analizar aspectos del aserradero industrial, usos principales y propiedades de la madera. Analizar y determinar la importancia de la forestación, reforestación e impacto de las plantaciones forestales. Conocer las clases de madera, posibilidades de asociaciones forestales y técnicas de talado de los árboles.

Se hace a través de grandes, medianas y pequeñas industrias forestales. La materia prima es proveniente de especies maderables y no maderables, ya que el árbol no solo ofrece la madera, sino productos comerciales, como por ejemplo el nogal y el sangre de drago. Hay otras especies que favorecen el crecimiento de otros productos, como es el caso de los hongos comestibles que nacen al pie de los árboles del pino.

Las pequeñas industrias forestales son una buena alternativa para apoyar el mejoramiento de las condiciones de vida de los campesinos. Estas son unidades de producción comunitarias o familiares; que entregan su esfuerzo como compensación a los beneficios que reciben de su organización. Usan tecnologías sencillas que al ser

mejoradas pueden elevar la producción y, en otros casos se han acercado a tecnologías más desarrolladas y de esta forma llegan a tener niveles adecuados de vida.

¿Qué producen las pequeñas industrias forestales?

- Hacen artefactos para la agricultura como: arados, secadoras de semillas y cajas para recoger y transportar productos del campo.
- Fabrican artículos para el uso en el hogar: muebles, cucharas, recipientes, baúles para ropa, etc.
- Trabajan productos artísticos, tallas, adornos, muebles finos.
- Extraen leña y carbón vegetal. Elementos para la construcción: vigas, puertas, ventanas.

Cosecha forestal

Es una de las actividades de la silvicultura, que consiste en la corta de los árboles adultos mediante técnicas adecuadas y empleo de personal capacitado, para hacer llegar la madera en las condiciones requeridas por los centros industriales, y de esta manera satisfacer las necesidades de las personas.

Para comenzar ha realizar la tala de los árboles se debe tener en cuenta: la especie, edad y diámetro del árbol, edad de la raíz, condiciones ecológicas (luz, humedad y fertilidad), época del año y altura de corta (tocón). Con la edad de la raíz, por regla general se disminuye la

producción de la madera, por ejemplo en caso de eucalipto tres turnos de talas son un máximo racional.

En sectores de topografía fuerte se utilizan para la cosecha de bosques, maquinaria especializada, operada por gente muy capacitada.

Dependiendo del uso final que se le dará a la madera, los bosques por ejemplo de pino son cosechados entre los 18 y 20 años cuando su destino es celulosa (pulpa); se cosechan entre 20 y 25 años cuando el uso de la madera es aserrable, y entre 25 y 30 años cuando la madera se destina a la producción de trozos de exportación.



En el caso de eucalipto para la producción de pulpa y tomándose en cuenta una distancia de siembra de: $3.0\text{ m} \times 2.0\text{ m}$ con una densidad de 1.666 árboles/Ha. y sin que la plantación haya sido raleada, se cosecha a partir del doceavo hasta el quinceavo año, rebrotando la planta posteriormente sin que haya necesidad de plantarlo de nuevo.

La producción comercial promedio aprovechable para pulpa por hectárea es de $260 \text{ m}^3/\text{Ha}$. con una altura promedio del árbol de 20 m y un diámetro promedio de 0.25 m El bosque a partir del sexto año tiene un crecimiento anual entre 40 m^3 a $50 \text{ m}^3 / \text{Ha}$, y si consideramos para la obtención de costaneras su producción es de $50 \text{ m}^3 / \text{Ha}$ y si es para postes $25 \text{ m}^3 / \text{Ha}$. Una vez que los árboles son talados o volteados, las trozas son trasladadas a sitios de acopio, donde posteriormente, serán enviados a los distintos centros de consumo de madera, para ser transformados en miles de productos utilizados en la vida diaria.

Los árboles son parte fundamental de la sociedad y no podríamos imaginar nuestra vida sin la madera, por lo que se debe reforestar inmediatamente.

ASERRADERO, son depósitos o instalaciones industriales donde ingresa la madera en forma de trozas y es transformada en tablas, tablones, tiras, parquet y otros productos elaborados, destinados a satisfacer las necesidades de las personas. Son los canales favorables de comercialización a mercados internacionales



El personal se caracteriza, por tener especialidad en cada labor; y, se utiliza maquinaria especializada, como: sierras circulares, cepilladuras, canteadoras, pulidoras, tecles, etc.

Productos del aserradero

Madera aserrada	Tronco o trozas	Productos de 2 ^a . Transformación
Tablón Tabloncillo Tabla, duelas Tablilla Cuadradillo	Puntales Chapas (tronco sin nudos) Rollito	Tarimas Parquet Mangos Tiras

Forma de calculo de tablones y duelas

Se tiene una troza de 2.40 m de largo y un diámetro de 1.20 m Se requiere conocer el área disponible para procesar la madera y obtener el número de tablones y duelas.

$$r = \frac{1}{2} d \quad r = \frac{120cm}{2} = 60cm$$

Área disponible para procesar la madera (A)

$$A = \frac{b * h}{2} * 2 = 120cm * 60cm = 0.72m^2$$

V = área basal x L (troza)

$$V = 0.72 m^2 * 2.40 m = 1.73 m^3$$

- Calculamos el lado del cuadrado en base al área basal ($0,72\text{m}^2$).

$$l = (0.72)^{1/2}$$

$$l = 0.848 \text{ m} = 84,8 \text{ cm}$$

Dimensión del tablón:

Ancho 15 a 20 cm

Largo 2.40 m

Grosor: 4-5 cm

Luego, cada lado dividimos: $\frac{84.8\text{cm}}{15\text{cm}} = 5.6 \text{ secciones}$

1	2	3	4	5	0.6
---	---	---	---	---	-----

Número de tablones

84.8 cm = 21.2 cortes (tablones) por sección

4 cm

- Pero como son 5 secciones: $21 \times 5 = 105$ tablones

ancho 10 cm

Podemos con la sección 0.6 hacer duelas: grosor 2 cm

largo 2.40 m

$$5 \times 15 = 75; \quad 84.8 - 75 = 9,8 \text{ cm}$$

Lo que corresponde aproximadamente a: 9,8 cm ó una duela.

$$84,8 / 2 = 42 \text{ duelas}$$

Resultado: 105 tablones; 42 duelas.

Cálculo: área basal

- $Ab = \pi d^2/4 = 0.7854 \times 1.20 \text{ m} = 1.13 \text{ m}^2$

- *Cálculo del material no utilizado para tablones:*

- $1.13 \text{ m}^2 - 0.72 \text{ m}^2 = \mathbf{0.41\text{m}^2}$; permite emplearse para la elaboración: tiras para techos, enlucir paredes, interiores, restaurantes, etc

Principales usos de la madera

A nivel mundial la humanidad consume anualmente 3.500.000.000 m³ de madera. Este es el producto de mayor consumo mundial, ya que ningún otro producto es producido en esa cantidad, ni siquiera parecida. Un gran porcentaje de esa madera es quemada en los hogares para cocinar alimentos y calentar hogares. El resto para construcción de casas, muebles, utensilios para el hogar, papeles, cartones; derivados de la industria de la madera: fenol, alcohol industrial, acetona, celuloide para fabricación de películas fotográficas y varios usos.

Por ejemplo, la madera de castaño por su dureza, resistencia, durabilidad, buena presencia, etc, es muy apreciada en la construcción de muebles y carpintería en general, también se utiliza en la construcción de estructuras de madera para naves agrícolas o casas aunque

es menos frecuente por su alto costo y la existencia de otros materiales más innovadores. Otro de sus usos importantes del castaño es en la producción de castaña.

Una vez que los árboles han alcanzado su madurez o tienen un diámetro maderable, están en condiciones de ser cosechados. Al árbol cosechado se le cortan las ramas, las que deben quedar en el sitio donde éste creció, para alimentar a los otros árboles que vendrán en la reforestación. En el caso del pino su madurez está entre los 20 y los 25 años. El fuste o tronco del árbol, tiene una longitud de 20 a 30 *m* con un diámetro que disminuyendo desde la base del tronco hasta el ápice.



De acuerdo con los requerimientos, tanto de la fábrica de celulosa como de los aserraderos, los fustes son trozados considerando su diámetro y la longitud de la troza. Por ejemplo las trozas para aserraderos tienen un diámetro mínimo 18 *cm* y un largo de troza mínimo de 2.40 *m* Las trozas para madera pulpable tienen un diámetro mínimo de 8 *cm* y una longitud de la troza de 2,40 *m*

Los subproductos generados en el proceso industrial son aprovechados, como astillas, para abastecer las plantas de celulosa, o como astillas combustibles para abastecer a los secadores de madera de los mismos aserraderos. El aserrín y otros despuntes pueden ser utilizados por la empresa termoeléctrica, para generar electricidad.

La celulosa

Es la sustancia estructural de las plantas. Su peso molecular está entre 300.000 y 500.000 unidades. Las cadenas se hallan constituyendo micelas, que forman un retículo cristalino unidos por puentes de H. Esta estructura explica las propiedades mecánicas y de resistencia de la madera.

La madera está constituida por 45% de celulosa, lignina (20-30%), hemicelulosa (20-30%) y otros compuestos como: proteínas, pectinas, grasas, ceras y taninos. El algodón y la médula del saúco son celulosa pura.

La celulosa es insoluble en agua y se hidroliza con HCl concentrado (40%), en forma parecida a como se degrada el almidón.



La celulosa, es el principal componente en la manufactura de papeles, cartones y también, se emplean en productos como el rayón, películas fotográficas, celofanes, explosivos y otros derivados como la trementina y el "tall oil", que son usados como insumos en la industria química para la producción de aromas, diluyentes, jabones y alimentos.

Los árboles son la principal fuente de fibras naturales para más del 90% de la producción de celulosa a nivel mundial;

el restante 10% de las fibras son aportadas por otras plantas tales como pastos, bambúes, bagazos, algodones, linos, cáñamos y otros.

La manufactura de la celulosa se obtiene a partir de la separación de las fibras naturales, las que son mantenidas unidas en la estructura de las plantas por un material conocido como la lignina.

La **lignina** es un polímero que se encuentra incrustado en la pared celular secundaria de las células de las plantas leñosas. Ayuda a robustecer y endurecer las paredes. Es el producto final del metabolismo que a la muerte de la planta es degradado lentamente por hongos y bacterias. Por ello forma la parte principal de la materia orgánica del suelo. Estas fibras pueden ser separadas mecánicamente o mediante un proceso químico de disolución de la lignina para recuperar las fibras.

Proceso de obtención de la celulosa

La manufactura de la celulosa se obtiene mediante procesos químicos y mecánicos.

La celulosa química: resulta de la cocción química de la madera a altas temperaturas y presiones en un digestor continuo, cuyo objetivo es disolver la lignina contenida en la madera con una solución alcalina basada en sulfitos y sosa cáustica. Luego los químicos son recuperados para su uso, en un proceso cíclico cerrado. Lo resultante de la cocción, es la pasta de celulosa, a la cual se le clasifica, se lava y posteriormente se blanquea. Una vez blanqueada, se procede al secado y embalado final de la celulosa.

La celulosa química se caracteriza por tener un rendimiento total relativamente bajo, es decir, sólo entre un 40% y un 60% del material original (madera) queda retenido en el producto final (fibras), el resto (lignina) se disuelve en la solución alcalina para ser posteriormente quemada y generar la energía térmica y eléctrica necesaria en los procesos productivos. Estas celulosas son más resistentes, ya que las fibras quedan intactas, son más fáciles de blanquear y menos propensas a perder sus cualidades en el tiempo.

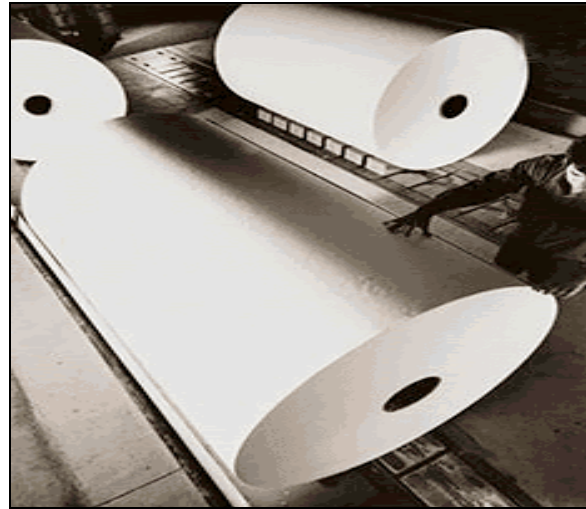
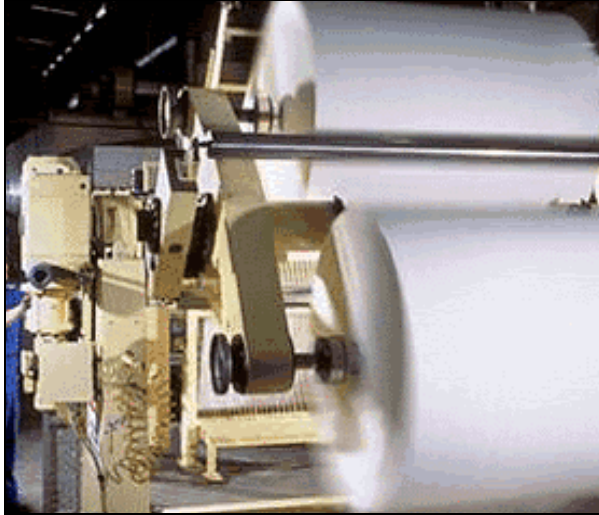
La celulosa mecánica: se obtiene a partir de un proceso en el cual la madera es molida y triturada mecánicamente, siendo sometida a altas temperaturas y presiones. Posteriormente la pasta es clasificada, lavada y eventualmente blanqueada. Este proceso requiere un alto consumo de energía eléctrica.

La celulosa mecánica se caracteriza por tener un alto rendimiento, normalmente entre un 85% y un 95%, pero la lignina remanente en el producto es susceptible a oxidarse, generando el color amarillo que caracteriza los periódicos viejos. Los principales usos de estas celulosas son la fabricación de papel para periódicos y papeles para impresión y escritura de menor calidad.

Esta celulosa es menos resistente que la celulosa química, no por la presencia de la lignina remanente, sino porque las fibras en ella contenida han sido cortadas en el proceso de fabricación.

Las cortezas de los rollizos de madera, recuperadas en los descortezadores, son quemadas en calderas de poder para

producir vapor y energía eléctrica, usados para los diversos procesos productivos de la planta.



El papel

El papel es una estructura obtenida a base de fibras vegetales de celulosa, las cuales se entrecruzan formando una hoja resistente y flexible. Estas fibras provienen del árbol y según su longitud se habla de fibras largas de aproximadamente 3 *mm* (generalmente obtenidas de coníferas) o fibras cortas de 1 a 2 milímetros (obtenidas principalmente del eucalipto).

La fabricación del papel comienza con la trituración de la madera y a través de de procedimientos mecánicos o químicos, se obtienen la pasta de celulosa. Con la pasta mecánica, se obtiene papel de inferior calidad (papel periódico y de envolver), que con el tiempo se vuelve amarillo, por la presencia de lignina, que se comprueba cuando se coloca HCl. Para obtener una pasta química, excedente de lignina y otras sustancias que acompañan a la celulosa, se siguen los siguientes pasos:

- Tratar la pulpa con bisulfito de calcio
- Tratar la pulpa con sosa cáustica de 12° de Be a la presión de 6-10 atm
- Tratar la pulpa con pasta blanca: hipoclorito de sodio ó magnesio.
- Además, se debe agregar colorantes para dar brillo y tapar los poros.

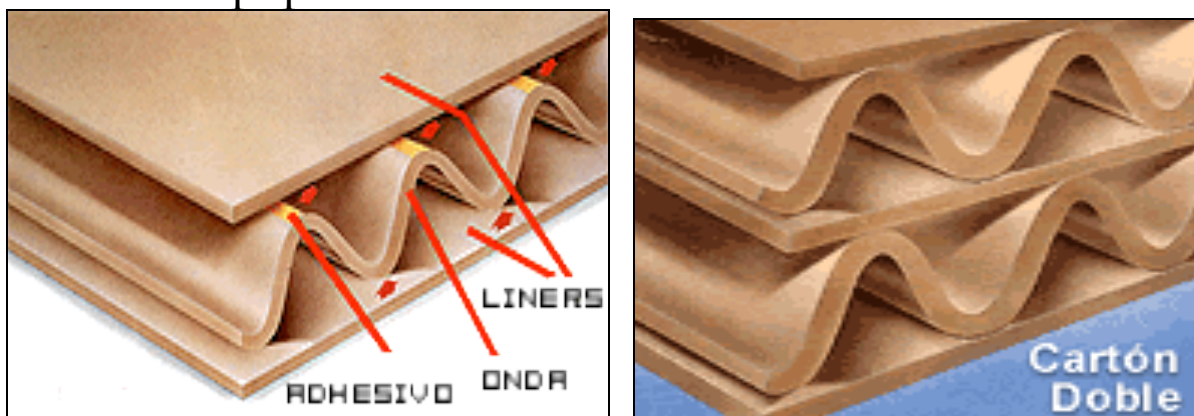
Clases de papel

Según el proceso de elaboración de la pulpa de celulosa, ésta se clasifica en mecánica o química, y cada una de las cuales da origen a diferentes tipos de papel en cuanto a rigidez y blancura y así, se tiene papeles para corrugar, papeles de impresión y escritura, cartulinas, papel para periódico, papeles tissue, papeles de envolver y otros.

Cartón corrugado

Es una estructura formada por un nervio central de papel ondulado (onda), reforzado externamente por dos capas de papel (líneas o tapas) pegadas con adhesivo en las crestas de la onda.

El cartón corrugado es un material liviano, cuya resistencia se basa en el trabajo conjunto y vertical de estas tres láminas de papel.



Propiedades de la madera

La densidad, es un indicativo de cuanto material leñoso en peso presenta una madera por unidad de volumen, expresada en g/cm^3 ó Kg/dm^3 . La densidad varía de acuerdo a la cantidad de humedad y de sustancias en las células. A mayor densidad mayor fortaleza mecánica y valor calórico. Por ejemplo, el nogal americano con densidad $0.75 g/cm^3$, tiene el doble del valor calórico del álamo ($0.38 g/cm^3$). Por eso las maderas más densas son más durables que las livianas, aunque son más difíciles de trabajar, de hornear y de inmunizar.

En las maderas hay que distinguir la *densidad absoluta* (real) y la *aparente*. La absoluta es sensiblemente constante, por corresponder al peso de la celulosa y sus derivados que constituyen la materia leñosa. Sin embargo, la densidad aparente que considera los vasos y poros de la madera, es muy variable ya que depende del grado de humedad.

Con respecto a la densidad, se debe tener en cuenta que el *término Verde* se refiere a la madera con un contenido de humedad $>$ al 30%. El contenido de humedad se refiere al peso de agua de una pieza de madera que se expresa en porcentaje, el cual tiene gran influencia en el peso de la madera y sus propiedades mecánicas. Pero cuando la madera es secada por debajo del 30% las paredes celulares se vuelven más duras y rígidas. Por lo tanto, al vender o comprar la madera se debe especificar su humedad para saber que se puede esperar de la misma desde el punto de vista mecánico. En condiciones naturales la madera puede

alcanzar a un 60 % de humedad y mediante el secado artificial se logra disminuir hasta obtener el 10 %.

La contracción, es importante desde el punto de vista de su utilización. Toda madera que se seca, se contrae, ocasionando una disminución de sus dimensiones, lo cual hace que la madera se tuerza y se raje. En cambio cuando el grado de humedad de la madera es inferior al del ambiente la madera absorbe agua, entonces las células aumentan de volumen y la madera se hincha. La contracción es mayor en fibras jóvenes y maderas blandas.

Conductibilidad: la madera seca es mala conductora del calor y electricidad, pero cuando se humedece se hace conductora. La conductibilidad es mayor en sentido longitudinal de las fibras, que en radial; y más en las maderas pesadas que en las livianas o porosas.

Las características mecánicas, la resistencia mecánica, así como la rigidez constituyen factores esenciales para estimar la capacidad de una madera en usos estructurales (vigas, pilares, correas, tirantes, etc.)

El color, de la madera cambia de una especie a otra. Las hay desde blancas, amarillo tostado (roble, encino, etc); rojizas como el caoba; y de color negro como el ébano. En general las maderas duras tienen un color más oscuro o intenso, en tanto que, las maderas blandas presentan colores claros o suaves.

Compresión, es la resistencia que opone la madera a la fuerza que tiende a aplastarla. La compresión se manifiesta en mayor grado cuando se aplica en sentido axial sobre la

madera, y en menor grado cuando se aplica en sentido perpendicular. La torsión, se refiere a la resistencia que se opone a la deformación una pieza de madera fija por un extremo.

Propiedades acústicas, algunas maderas por su constitución refuerzan y transmiten el sonido, por lo que, se emplean para fabricar instrumentos musicales: *fresno, arce, cedro, abeto, capulí*. También, se emplea para el aislamiento acústico o para impedir y dificultar el paso del ruido o sonido, ejemplo el *pino, roble*.

Veteado y estructura

La textura, se refiere a las figuras o veteado que presentan todas las variedades de madera, la cual es una característica de la propia estructura de la madera. En algunas maderas las vetas son muy visibles (nogal, abeto) en otras son apenas perceptibles. La madera *consiste en pequeños tubos* que transportan agua, y los minerales disueltos en ella, desde las raíces a las hojas, estos vasos conductores están *dispuestos verticalmente* en el tronco. Cuando cortamos el tronco en paralelo a su eje, se observan las vetas rectas en la madera. En algunos árboles, sin embargo, los conductos están dispuestos de *forma helicoidal*, es decir, enrollados alrededor del eje del tronco y un corte de ese tronco producirá madera con vetas cruzadas, lo que suele ocurrir al cortar el árbol por un plano no paralelo a su eje.

El tronco de un árbol no crece a lo alto, excepto en su parte superior, sino a lo ancho. La única parte del tronco

encargada del crecimiento es una fina capa que lo rodea llamada *cambium*. En los árboles de las zonas de clima templado, el crecimiento no es constante y la madera que produce el cambium *en primavera y en verano es más porosa y de color más claro* que la producida en invierno. De esta manera, el tronco del árbol está compuesto por un par de anillos concéntricos nuevos cada año, uno más claro que el otro. Por eso se llaman *anillos anuales*.

Aunque la fina capa de cambium es la única parte del tronco que está viva, en el sentido de que es la parte que crece, también hay células vivas esparcidas por el xilema de la albura. Según envejecen los árboles, el centro del tronco muere; los vasos se atascan y se llenan de goma o resina o se quedan huecos. Esta parte central del tronco se llama *duramen*. Los cambios internos de los árboles van acompañados de cambios de color, diferentes según cada especie, por lo que el duramen suele ser más oscuro que la albura.

Calidad de la madera

La capacidad o el grado de adaptación de una madera a un determinado uso es lo que técnicamente se entiende como calidad de la madera. La cotización en el mercado de un determinado uso proporciona una orientación sobre el posible valor o precio de una madera. Así, la madera de castaño es muy apreciada en la industria del mueble y, sin embargo, es de muy mala calidad como combustible. La madera de roble es muy cotizada por los ebanistas y a su vez es de baja calidad como tablero aglomerado.

Entre los indicadores de la calidad de la madera más utilizados destaca el espesor de los anillos de crecimiento. En general, se entiende que cuanto más estrecho es el anillo, mejor es la calidad de la madera por presentar una mayor densidad. *El anillo de crecimiento* es el resultado de acumular cada año la madera producida en verano (más densa) y la producida en primavera (menos densa). Si el crecimiento de primavera es muy superior al de verano, esta madera presenta grandes diferencias en la densidad y por lo tanto, la densidad general de la madera baja mucho y, en consecuencia, disminuye la calidad. Por el contrario, si los espesores de la madera de primavera y de verano son reducidos y más o menos semejantes, la densidad será más homogénea y, por tanto, se producirá una madera de alta calidad.

La madera joven o aquella producida por el árbol en sus primeros años de crecimiento, se sitúa rodeando al eje vertical del árbol, con anillos de crecimiento generalmente muy anchos. Esta madera presenta una menor densidad, deficientes propiedades mecánicas y contracciones longitudinales superiores a la adulta. También contiene la mayor presencia de nudos. Todo ello caracteriza una madera de mala calidad.

Dependiendo del uso que se le da a la madera, se clasificará en: maderas finas, duras, semiduras, comerciales para desenrollo o enchapadas, maderas ordinarias blancas o suaves que son generalmente utilizadas para encofrados (cajones).

Clases de maderas

			
Abeto <i>Abies alba</i>	Álamo <i>Populus alba</i>	Aliso <i>Alnus sp.</i>	Aliso <i>Alnus glutinosa</i>
			
Arce <i>Acer nigrum</i>	Aroreira <i>Astronium sp.</i>	Balsa (boya) <i>Ochroma pyramidale</i>	Laurel <i>Cordia alliodora</i>
			
aoba: <i>swietenia macrophylla</i>	Castaño <i>Castanea sp.</i>	Cedro <i>Cedrela odorata</i>	Ceibo <i>Celba pentandra</i>

			
<p>Ciprés <i>Cupressus disticha</i></p>	<p>Eucalipto <i>Eucalyptus globulus</i></p>	<p>Falsa acacia <i>Robinia sp.</i></p>	<p>Fresno <i>Fraxinus excelsior</i></p>
			
<p>Guayacán <i>Gualucum sanctus</i></p>	<p>Jacaranda <i>Jacaranda mimosifolia</i></p>	<p>Laurel negro <i>Cordia megalantha</i></p>	<p>Nogal <i>Juglans regia</i></p>
			
<p>Nogal americano <i>Carya illionensis</i></p>	<p>Olivo <i>Olea sp. (europea)</i></p>	<p>Olmo <i>Olmos americana</i></p>	<p>Palo santo <i>Guaiacum officinale</i></p>

			
<p>Roble blanco <i>Quercus rubra</i></p>	<p>Roble peduncule <i>Quercus pedunculata</i></p>	<p>Roble rojo <i>Quercus virginiana</i></p>	<p>Sauce <i>Salix tortuosa</i></p>
			
<p>Secuoya <i>Sequola sempervirens</i></p>	<p>Serbal <i>Sorbus aucuparia</i></p>	<p>Teca <i>Tectona grandis</i></p>	<p>Teca africana <i>Pericopsis elata</i></p>
			
<p>Tejo <i>Taxus baccata</i></p>	<p>Tilo <i>Tilia cordata</i></p>	<p>Zebrano <i>Microberlinia Brasilensis</i></p>	<p>Guayacán <i>Tabebuia ochracea</i></p>

			
<p>Cerezo <i>Malpighia punicifolia</i></p>	<p>Pino <i>Pinus sp (insigne)</i></p>	<p>Nogal <i>Juglans</i></p>	<p>Aliso rojo <i>Alnus sp.</i></p>
			
<p>Eucalipto <i>Eucalyptus spp</i></p>	<p>Caoba americana <i>Swietenla macrophylla</i></p>	<p>Teca <i>Tectona grandis</i></p>	<p>Cedro <i>Cedrela odorata</i></p>
			
<p>Cipres: <i>Cupressus sempervirens</i></p>	<p>Caoba africana <i>Khaya ivorensis</i></p>	<p>Amarillo <i>Centrolobium sp.</i></p>	<p>Pino hondureño <i>Pinus caribaea</i></p>

Forestación y reforestación

Los recursos más valiosos de nuestro planeta son sin duda el hombre y los ecosistemas forestales. De la forma como el hombre maneje el espacio boscoso, depende, nuestro futuro.



Por lo tanto, una de las medidas complementarias a implementarse, es que después de que se vaya talando el bosque, de igual manera se vaya creando nuevos bosques, a fin de que el ecosistema no se vea afectado y la naturaleza se expanda y mejore.

No podríamos imaginar nuestras vidas sin los árboles y los ecosistemas.

La forestación y reforestación, consiste en expandir nuevas plantaciones forestales en sitios deforestados, áreas descubiertas y degradadas. Sirven para la protección de zonas agrícolas, pastos, cuencas hidrográficas, laderas inestables, presas y muros; para evitar los afectos destructivos de la sedimentación, deslizamiento de suelos, etc. La protección de zonas agrícolas e invernaderos, se consigue mediante fajas o cortinas de árboles.

La reforestación es necesaria por las siguientes causas:

- Por tratarse de un bosque maduro en condiciones de explotación.
- Por disponer de un bosque degradado con bajo rendimiento y ser necesaria la repoblación con la misma especie.
- Por tratarse de un bosque disminuido, con una composición florística no apropiada a usos económicos y tener necesidad de reponerlo por otro de especies adecuadas.

En nuestro país, se ha procedido a las talas de las montañas y áreas selváticas en forma indiscriminada, sin medir las consecuencias que esto acarrea con el tiempo, por cuanto los campos se vuelven desérticos y duran poco para los cultivos.

Criterios para la forestación

- Los suelos usados para las plantaciones forestales, son por lo general, los que no pueden emplearse en cultivos agrícolas por alguna causa. Los suelos fáciles de trabajar con maquinaria deben dedicarse a cultivos

agrícolas, de donde se obtienen los alimentos sin peligro de erosión del suelo.

- Considerar que el componente forestal representa una posibilidad cierta de incremento de rentabilidad y mejoría del ambiente en el sector rural, lo cual requiere validar y ajustar modelos productivos y tecnologías adecuadas a las condiciones y características de los campesinos.
- Configuración de Paquetes Tecnológicos de Producción Forestal y Agroforestal, en el que incluirá datos: viverización, establecimiento y manejo; índices de sitio para especies comerciales, costos y rentabilidad por especie.
- Determinar indicadores de rentabilidad para la producción forestal, silvopastoril y silvoagrícola, en comparación con la actividad agrícola y ganadera pura.
- Debe considerarse que la baja productividad está determinada por limitaciones ambientales tales como: disponibilidad de agua, temperatura, suelos degradados, procesos de desertificación, falta de capacidad empresarial de los productores y limitada tecnología en los sistemas de producción.
- La temperatura influye directamente sobre el crecimiento ya que interfieren en el metabolismo de la planta. La temperatura está muy relacionada a la altitud. En general se puede manifestar que por cada 100 m de ascenso, la temperatura baja alrededor de 0.6 °C, cuanto más baja es la temperatura hay mayor probabilidad de la presencia de heladas con efectos negativos para el crecimiento.

- Fomentar plantaciones de especies nativas y exóticas de alto valor comercial. Incorporar una mayor proporción de productores y campesinos a la actividad forestal.
 - Es indispensable que el corte de los árboles se hagan acompañadas de medidas de protección, como la forestación y reforestación para que no afecte a la naturaleza.
 - El tipo de bosque deseado tiene que estar acorde a los objetivos de protección, a la producción o combinaciones. A continuación, se indican las especies a plantar:
 - **Para aserrío:** Balsa (*Ochroma sp.*), Caoba (*Sweitenia macrohylla*), Ciprés (*Cupressus sp.*), Laurel (*Cordia alliodora*), Mascarey (*Hyeronima chocoensis*), Nogal (*Juglans neotropica*), Teca (*Tectona grandis*) Guayacán (*Tabebuia ochracea*), Aliso (*Alnus acuminata*), Eucalipto (*eucalyptus sp.*)
 - **Para desenrrollo:** Guayacán (*Tabebuia ochracea*), Pachaco (*Scyzolobium parahybum*), Sande (*Brosimuim utile*), Virola (*Virola sp.*).
 - **Para pulpa y aglomerados:** Eucalipto (*eucalyptus sp.*), Pino (especies: *radiata*, *patula* y *caribea*).
 - **Para protección y ecología:** Pumamaqui (*Oreopanax heterophyllum*), Aliso, Quishuar (*Buddleja incana*), Arrayan (*Eugenia halli*, *Myrciaria floribunda*), Acacias sp. Quinua (*Polylepis sp*), Nim (*Azadirachta sp*), Porotón (*Eritrina sp.*) Drago (*Croton sp.*), Aguacatillo (*Ocotea sp*), Cholán (*Tecomona stans*), Leucaena sp., Guabo (*Inga sp*), Casuarina *equisetifolia*, Pigue (*Pollalesta discolor*), Capulí (*Prunus capuli Cav.*), Guarango (*Tara spinosa*), Algarrobo (*Prosopis sp*).
- Las cortinas rompevientos**, son fajas de varias hileras de plantas que se disponen de forma tal que ofrezcan la

mayor protección posible a los cultivos y al suelo. Deben principalmente desviar o atenuar las velocidades del viento, por lo que, deben tener la altura y permeabilidad al aire, necesaria para atenuar la velocidad y no detener el paso del aire.

Información dasométrica de algunas especies comerciales.

Especie	Edad (años)	Altura (m)	D.a.p. (cm)	Vol./ha m ³	Rango alti. msnm
<i>E. globulus</i>	18	21	27	265	2000-3000
<i>P. radiata</i>	30	35	40	324	2800-3500
<i>P. patula</i>	28	34	40	336	2200-3400
<i>Acacia melanoxylon</i>	6	11.3	10.6		2400
<i>Juglans neotropica</i> (nogal)	27	17	40.5	295.6	1800-2600
<i>Alnus acuminata</i> (aliso)	20	25	24.0	158.3	1200-2600
<i>Cedrela odorata</i>	30	16	39.0	215.1	600-1200
<i>Ochroma lagopus</i> (balsa)	5	14.0	32	204.88	100-600
Pachaco: <i>Scyzolobium parahybum</i>	22	22.7	63.3	471.5	15- 500
<i>Casuarina</i> sp.	6	6.2	12.1		2000

Cordia alliodora (laurel)	25	27.3	40.6	311.8	200-600
Cupressus lusitánica	17	14.2	21.6		2260
Tectona grandis (teca)	26	26.9	48.3	199.1	60-250
Eucalyptus citriodora	21	25.0	46.0	411.3	60- 500
Eucalyptus grandis	12	34.2	31.1	223.2	1730
Araucaria angustifolia	25	24.7	52.0	395.8	1730
Jacaranda copaia	15	24	50	462.1	600

Fuente: *La Investigación Forestal en la República del Ecuador.*

Impacto de las plantaciones forestales

Al hacer germinar una semilla de un árbol y sembrarla en un sitio definitivo, seguro que se está proyectando a lograr un bien común para la humanidad y la naturaleza, ya que con los ecosistemas se consigue la conservación y mejoramiento del sistema suelo-planta-atmósfera, la protección de la vida y fauna silvestre; al mismo tiempo que se crea recursos económicos para el hombre.



Ambiente o medio ambiente según el diccionario *Pequeño Larousse* es el "compendio de valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y en un momento determinado que influye en la vida material y psicológica del hombre. *Impacto* es el efecto que se produce en alguien o en algo en acción. Luego, *impacto ambiental* viene a ser cualquier efecto positivo o negativo que se ocasione a la naturaleza.

Impactos positivos

Generalmente los bosques generan impactos positivos y se mencionan los siguientes:

- En suelos abandonados para la agricultura y ganadería, suelos degradados y poco productivos, se produce en un largo plazo, una recuperación progresiva de las condiciones de fertilidad del suelo y mejoramiento de la calidad medioambiental. Debido a que durante la formación del bosque secundario ocurre un restablecimiento de la

producción de restos vegetales y mediante su mineralización, el suelo finalmente alcanza alta fertilidad.

- El bosque es un abastecedor de leña y productos forestales para la industria del país y exterior.
- Mejoran los suelos, por la menor compactación y cambio de la estructura; mayor incremento de la materia orgánica. Regula el flujo de agua, escorrentía y disminuye la sedimentación.
- Protege el área contra el viento, erosión eólica, sirve de barreras rompevientos para cultivos agrícolas.
- Aseguran pendientes inestables, riberas de los ríos, costas, etc. Los bosques disminuyen la refracción (albedo).
- Absorbe CO₂ y purifica el aire por la eliminación de O₂. Alimenta a la fauna doméstica y silvestre.
- Los sistemas silvopastoriles proporcionan sombra, disminuye la velocidad del viento para los animales y plantas; y las especies empleadas en este sistema mejoran el suelo por su aporte de nitrógeno, a través de la conversión del N atmosférico en inorgánico; además de madera a futuro para el campesino.

-

Impactos negativos

El impacto ambiental negativo, ocurre cuando las actividades sectoriales destruyen u obstruyen algunos de los bienes y servicios del sistema; ó cuando un evento natural de alto riesgo inhibe las actividades de desarrollo.

- Las plantaciones forestales pueden causar impacto negativo, cuando han sido mal diseñadas o planificadas. Sin embargo, el impacto más negativo ocurre después de la tala

de los árboles, tanto en suelo, especies nativas, sotobosque, fauna silvestre y medio ambiente. Por ejemplo, si la cosecha se realiza a tala rasa, y adicionalmente los deshechos son quemados; la vegetación del sotobosque desaparece totalmente, quedando el suelo desprotegido y expuesto a la erosión, pues con la lluvia, el flujo de sedimentos y la pérdida de nutrientes aumentan, llevando al suelo a la infertilidad. Por lo que, se sugiere evitar cortar a tala rasa y la quema, dejando siempre el suelo con cubierta.

- En plantaciones que predomina una sola especie, éstas se transforman en monocultivos, los cuales pueden resultar más susceptibles a plagas y enfermedades agotamiento y degradación del suelo, facilitan los fuegos y están más amenazadas por los vientos. Sin embargo, estas afirmaciones son más aplicables en monocultivos extensos, y para contrarrestar esta negatividad, se recomienda realizar plantaciones mixtas, empleando máximo 2 ó 3 especies para facilitar los tratamientos silviculturales.
- Plantaciones realizadas con especies exóticas, que no se han adaptado a las condiciones ecológicas, causan impactos negativos, pues pueden ser susceptibles a enfermedades, agotar el suelo y generar producciones bajas, por lo que, se debe utilizar especies probadas.
- Los bosques de especies exóticas de rápido crecimiento tienen mucha influencia sobre la vegetación nativa. El ejemplo más directo es *Eucalyptus*, que es una especie *alelopática* que deja caer una hojarasca que contiene fenoles, los cuales pueden inhibir el crecimiento de otras especies, impidiendo el desarrollo del sotobosque bajo la copa del árbol.

- Bajo plantaciones de coníferas muchas veces tampoco puede crecer mucho sotobosque, razones para esto son la falta de luz. Las copas de los pinos no dejan pasar radiación solar al piso, y la gran producción de hojarasca que queda casi sin descomposición en el piso ahoga la vegetación del sotobosque. Esto, sin embargo depende mucho del estado y manejo del bosque.
- Las plantaciones de Eucalipto consumen más agua y nutrientes, y la biodiversidad existente no es muy alta, pero comparado con otras especies forestales y más que todo con otros cultivos agrícolas, el efecto negativo del Eucalipto no es tanto, si se compara con la disminución de la pérdida de sedimento y aparecimiento del sotobosque, dentro del bosque.

Asociaciones forestales

Las plantaciones puras no muy extensas son las más ventajosas, ya que no requirieren tanto cuidado como las plantaciones mezcladas. Sin embargo, por los impactos negativos anotados anteriormente se consideran inconvenientes en grandes extensiones, especialmente por el ataque de plagas y enfermedades. Las posibilidades de establecer plantaciones mezcladas, se deben a lo siguiente: Se puede aprovechar mejor el espacio productor (suelo-aire); el bosque resulta más protegido al ataque de plagas, enfermedades, fuego y vientos. Existe mejor protección del

suelo y son más convenientes desde el punto de vista hidrológico y de protección de la fauna. Sin embargo, hay que tener en cuenta que las plantaciones mezcladas, necesitan de una mejor planificación en cuanto a establecimiento, selección de especies, tratamientos silviculturales y aprovechamiento económico. Por lo tanto, para establecer plantaciones mezcladas, hay que considerar que las exigencias ecológicas, en cuanto a: suelo, agua y luz de las especies a plantar, sean más o menos similares.

Las formas de hacer las mezclas pueden ser mediante plantación: individual; en líneas (paralelas o diagonales), en grupos o lotes (en franjas en función de la pendiente o irregularidad del terreno).

Mezcla individual	Mezcla en líneas (paralela)	Mezcla en líneas (diagonal)	Mezcla en lotes		
X O X O X O	X X X X X	O X X O X X	O O O O	X X X X	O O O O
O X O X O X	O O O O O	X O X X O X	O O O O	X X X X	O O O O
X O X O X O	X X X X X	X X O X X O	O O O O	X X X X	O O O O
O X O X O X	O O O O O	O X X O X X	X X X X	O O O O	X X X X
			X X X X	O O O O	X X X X
			X X X X	O O O O	X X X X

Donde: X = especie 1; O = especie 2.

Es recomendable asociaciones que incluyen especies que sean parte del ecosistema, propias de la región, que las comunidades conozcan sus cualidades y tengan valor comercial, es decir, que superen los 20 m de alto y 40 cm de diámetro.

Por ejemplo, para las zonas tropicales: Cedro con Caoba; el Laurel (*Cordia sp*), Inchi (*Cariodendrum sp*), Sangre de Toro (*Virola sp*), Balsa (*Ochroma sp*), *Tabebuia donnellsmithii* (Guayacán blanco), *Centrolobium platinense* (Amarillo), *Albizia guachapele* (Guachapelí), *Triplaris americana* (Fernán sánchez), *Carapa guianensis* (Tangaré), *Virola dixonii* (Coco), *Cordia alliodora* (Laurel) y *Parkia multijuga* (Cutanga).

Algunas de las especies locales empleadas en la zona andina son: exóticas (pinus, eucaliptus, cipresses) y nativas (*Polylepis incana* por yemas), *Buddleja incana* (Quishuar), *Alnus acuminata* (Aliso), *Vallea stipularis* (Sacha capulí) y *Aegiphylia ferruginea* (Jiguerón). Las especies nativas contribuyen a mantener la biodiversidad del sitio, no afectan los cultivos y su madera puede ser aprovechada.

Las especies de Pinos, Casuarinas, Eucaliptos y Teca, es preferible no mezclarse con otras o si se mezclan éstas deben tener el mayor porcentaje de individuos en la plantación, ya que estas especies, por ejemplo, el pino consume demasiado agua, disminuyen el rendimiento hídrico y finalmente secan el suelo, razón por la cual hay mayor descomposición y pérdida de la fertilidad del suelo e impiden el desarrollo de otras plantas.

Esta acelerada descomposición del suelo no es compensada por la entrada de nueva materia orgánica, ya que la hojarasca de pino es muy uniforme y resistente a microorganismos; así que el suelo bajo plantación de pino será menos orgánico y más seco. Además se espera que las condiciones microclimáticas y edáficas alteradas, causado por la cobertura total por *Pinus*, hace que la vegetación natural del área sea casi nula.

Técnicas de talado de los arboles

Es muy importante usar técnicas correctas de talado, ya que los árboles deben ser talados de un modo seguro, cayendo en la dirección correcta, para que el trabajo siga de manera uniforme y para evitar dañar el tronco más de lo necesario. Muchos factores influyen en el trabajo de talado: tipo de madera, estado del viento, ángulo del árbol, tamaño del árbol, etc.

Aspectos fisiológicos de la tala

En el caso de las especies que tienen la capacidad de rebrote por ejemplo, en el eucalipto la tala no debe efectuarse en época de crecimiento, pues se debilitan las raíces y el tallo cortado (*tocón*) se puede incapacitar para el rebrote. Pero, si las condiciones ambientales son húmedas o en épocas de menor crecimiento vegetativo (*otoño*)- en que la planta tiene menos hojas- hay mayor cantidad de sustancias de reserva en las raíces y si ocurre la tala, no afectará mayormente en el rebrote.

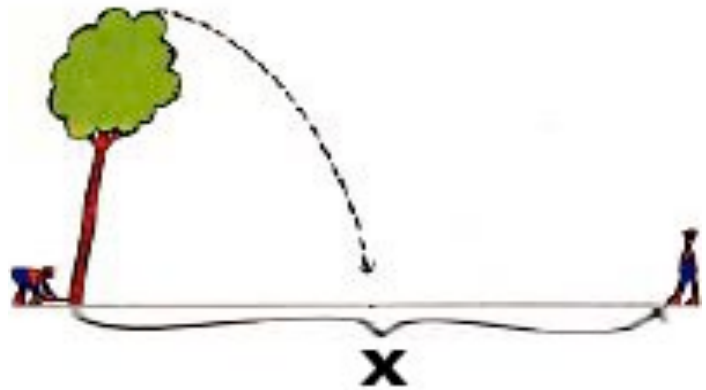
El debilitamiento de las raíces ocurre debido a que el tallo contiene mayor cantidad de savia que las raíces y si por ejemplo, durante el día hay mayor temperatura, la planta ejerce mayor transpiración y extrae del suelo más agua y nutrientes que pasan al tallo y al ocurrir la tala, se habrá perdido esos nutrientes, quedando en la raíz menor cantidad de reservas nutritivas, lo cual va a retardar e incluso a minimizar el rebrote. La mayoría de las especies brotan con mayor frecuencia en la parte del tocón próxima

al suelo, por eso se recomiendan tocones bajos, además los brotes próximos al suelo puede con el tiempo emitir raíces independientemente de las cepas, lo que disminuye el peligro de que la pudrición de la cepa entre en el brote. Tocones altos crecen brotes curvados, aunque en lugares inundados, conviene efectuar la corta más arriba de lo común, con el fin de evitar que quede la cepa largo tiempo bajo agua.

Distancia de seguridad y dirección de talado

Asegurarse de que nadie esté en la zona de peligro antes de empezar a talar, es una buena precaución. La zona de peligro es una distancia igual al doble de la altura del árbol que se está talando.

Para empezar se debe establecer la dirección de talado mientras se acerca al árbol. Tome nota del ángulo de inclinación de la copa que sobresale, observe si hay árboles en las inmediaciones, el terreno circundante y la dirección del viento.



Controle el estado del árbol y trate de ver si hay algunas ramas que pudiesen caer sobre Ud. después de que empiece a cortar. Escoja la dirección de talado teniendo en cuenta los otros trabajos que hay que hacer en ese árbol. El desramado es más fácil y seguro si puede llevarse a cabo a

la altura adecuada. Algunas veces es posible hacer caer un árbol en una dirección diferente a la de su inclinación, pero esto requiere de técnicas especiales y un mayor esfuerzo.

Desramado y vía de retirada

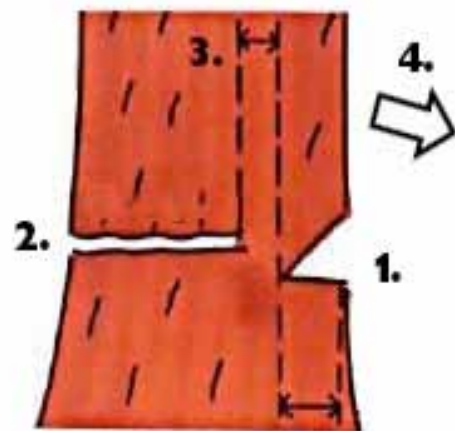
Corte todas las ramas bajas y limpie la maleza que pueda obstaculizar sus movimientos o que vayan a dificultar su trabajo. Haga el desramado de arriba a abajo y mantenga el tronco del árbol entre Ud. y la motosierra. No corte nunca más arriba del nivel del hombro. Controle y limpie una vía de retirada, lejos del árbol y en un punto opuesto a la dirección de talado.

Reglas básicas del talado direccional

Se puede determinar la dirección en la que caerá un árbol siguiendo un particular sistema de talado. El sistema básico consiste en hacer tres cortes, creando una bisagra de talado.

1. Realice una cuña de dirección con una abertura de al menos 45° y una profundidad aproximada de: $1/4$ a $1/3$ del diámetro del tronco.
2. Corte de talado.
3. Bisagra.
4. Dirección de talado

Los dos primeros cortes crean la cuña de dirección y están hechos sobre el lado de caída del árbol



Después de que la cuña de dirección ha sido cortada, el corte se hace sobre el lado opuesto a la caída proyectada y ligeramente por encima del pie de la cuña, sin embargo, no deben encontrarse. Según el tamaño y el grosor del árbol, se coloca una cuña en el corte No.2.

Esta es la bisagra sobre la que el árbol pivota cuando cae y es la clave para orientar el árbol en una dirección escogida.

Pasos para la tala de los árboles

- *Paso 1 – Corte superior*

La cuña de dirección consiste en dos cortes separados. El primero es el corte superior. Note la posición del pie en la ilustración. Si el diámetro del tronco del árbol es mayor que la longitud de la espada, será necesario completar el corte superior desde el otro lado.

- *Paso 2 – Corte inferior*

Haga el corte inferior de manera que se encuentre exactamente con el corte superior. Si no acierta, puede siempre ajustarlo a posteriori. El ángulo final debería ser de al menos 45°. El corte inferior debería tener una profundidad de aproximadamente el 25-30% del diámetro del tronco y debería ser aserrado diagonalmente en dirección hacia arriba para crear una cuña abierta.

- *Paso 3 – Talado final*

Una vez que la cuña direccional está completa, podrá realizar el corte de talado. ¡No olvide dejar una bisagra lo suficientemente gruesa! El método para hacer el corte de talado depende del grosor del tronco y de la longitud de su espada. Hay diversas herramientas, tales como palancas de talado, cuñas de talado, disponibles para asegurarse de que

la sierra no se presione por el corte de talado y para que el árbol se desprenda de modo más sencillo.

Asegúrese de que hay suficiente combustible en el depósito antes de empezar el corte de talado. Quedarse sin combustible a mitad del talado puede ser peligroso.

Después del corte de demarcación – ¡retírese! No se ponga directamente detrás del árbol.

Después de que haya completado el corte de talado, el árbol debería caer en la dirección que había escogido, aunque ello requiera a veces el uso de las herramientas de talado. En ese momento debe moverse hacia el lugar de seguridad unas decenas de metros en diagonal detrás del árbol, antes de que golpee el suelo. Para árboles muy grandes, la distancia de seguridad debería ser incluso superior. La razón es que el tronco podría caer ligeramente de lado, saltar hacia atrás o deslizarse.

Capítulo 5

Fisiología vegetal del árbol

El estudio de este capítulo permitirá comprender los procesos de la fisiología vegetal del árbol. La célula vegetal y los procesos físico-químicos en el flujo de iones en la célula. Conocer la fisiología y las utilidades de la corteza de los árboles. Crecimiento y desarrollo vegetal del árbol. Influencia de la luz en la fisiología del árbol.

El árbol, es una completa máquina bioquímica que se inicia desde una pequeña semilla hasta convertirse con el tiempo en un organismo masivo que puede pesar varias toneladas. Las plantas se originan de las semillas, después de que las flores hayan sido polinizadas, cada semilla contiene un pequeño embrión y alimento para el desarrollo inicial de la planta.

En términos académicos, árbol se define como una planta leñosa perenne, que generalmente posee un tallo o tronco principal, del cual a cierta distancia del suelo, nacen varios vástagos o ramas que sostienen una corona de hojas. Los árboles son de vital importancia en el equilibrio ecológico de la Tierra, pues afectan a la atmósfera y al tiempo climático, ya que liberan oxígeno y vapor de agua en el aire, lo cual influyen en la vida de los seres vivos, incluida la del hombre. Nuestro país, por su diversidad geográfica y climática cuenta con una gran variedad de árboles, que

proporcionan madera, frutos, hojas y corteza de gran valor económico.

De manera general, a los árboles se les agrupa en dos grandes grupos: árboles **caducifolios** o de hoja caduca y árboles perennifolios o de hoja perenne. Los primeros, son todos de hoja ancha o limbo aplanado, propios de los *planifolios*, cuyo follaje se muere y cae con el viento una vez al año, casi siempre cuando se acerca la estación más fría o más oscura. Los de hoja perenne, cuentan con hojas que en general no se renuevan anualmente, como los pinos, abetos y demás especies pertenecientes a las coníferas. Estos árboles sólo pierden un 10% de sus hojas cada año, por lo que se mantienen verdes durante todo el año; pierden sus hojas viejas y forman hojas nuevas continuamente. Hay dos tipos básicos de hoja perenne: 1) la *acicular* o aguja, tipificada por la hoja rígida, delgada o escamosa y resinosa de casi todas las coníferas y 2) la *hoja ancha de las angiospermas*, común sobre todo en regiones tropicales, pero con algunos representantes en zonas templadas.

Los **árboles** son las plantas leñosas de mayor tamaño y para considerar que una planta es un árbol ésta debe de tener al menos cinco metros, con un tronco y una copa bien diferenciable. Se diferencian de los arbustos en que éstos son plantas leñosas cuyas ramas se encuentran a nivel del suelo y pueden emitir más de un tallo, en cambio los árboles generalmente emiten un único tallo principal o tronco y sus ramas están a mayor altura del suelo, y de las hierbas en que el tallo está formado casi en su totalidad por tejido leñoso. Los árboles más pequeños forman a veces varios tallos, como los arbustos, pero casi todas las especies

grandes adoptan el biotipo de árbol. Los árboles más pequeños pueden medir en la madurez poco más de 5 m de altura y sólo 15 cm de perímetro del tronco; en cambio, las especies más grandes superan los 110 m de altura y los 3 m de diámetro en el tronco.

Hábito: Este se refiere a la apariencia general que presenta un árbol, usualmente como es visto desde una distancia, aunque esto no siempre es posible como por ejemplo en una selva. El tamaño, la apariencia, forma del tronco; forma de la copa, densidad y tamaño de la copa; el número, tamaño y dirección de crecimiento de las ramas, son factores útiles para distinguir árboles.

La copa y las ramas pueden variar mucho en la misma especie, dependiendo si el árbol está creciendo en un lugar abierto o en una parcela densa donde recibe la sombra de sus vecinos.

Funciones de las partes del árbol

El árbol consta de raíz, fuste (tronco) y copa; y cada una de sus partes cumple funciones específicas.

La raíz

Es la parte que sostiene la estructura de los árboles, absorbe y transporta: el agua y los minerales disueltos en ella. Sintetiza hormonas, acumula nutrientes y carbohidratos. La raíz se diferencia del **tallo** por su estructura, por el modo en que se forma y por la falta de apéndices, como yemas y hojas.

Después de la germinación de la semilla, el embrión recién formado desarrolla la primera raíz de la planta, llamada

radícula, que se dirige hacia abajo, en dirección contraria a la luz y constituye la raíz primaria. Las raíces, con el tiempo se vuelven leñosas, formando un sistema radical constituido por raíces gruesas y a veces de larga extensión, que pueden crecer en profundidad *en los tipos pivotantes* o en forma horizontal en los árboles de raíces extendidas.

Del mismo modo que en el tallo, de cada cierto espacio de las raíces principales, surgen raíces laterales o secundarias, que a su vez pueden dar origen a raíces terciarias, formando así varios tipos de raíces leñosas y perennes. Este sistema sostiene, a su vez, a la gran masa de raicillas y pelos radicales o absorbentes de corta vida, que cumplen la función de captar el agua y los nutrientes; asociándose en muchas especies con hongos *micorrizas*, los cuales son muy importantes en el crecimiento y alimentación de los árboles, ya que ayudan a incorporar fósforo y otros minerales, en tanto que la planta suministra carbohidratos y otras necesidades para el crecimiento del hongo. Toda raíz va recubierta de una epidermis que junto con los pelos radicales, es la encargada de absorber agua y minerales. Cuando la raíz envejece y aumenta de tamaño, se cubre de una corteza impermeable y resistente, lo mismo que el tallo.

El extremo por donde la raíz crece es el ápice vegetativo, cuyo extremo, por donde penetra en el suelo, está cubierto por una capa o *cofia* que tiene la forma de un dedal y que cumple la función de lubricar al ápice vegetativo y proteger la raíz del desgaste que supone avanzar creciendo a través del suelo.

La profundidad de penetración del sistema radicular de los árboles, está limitada por la profundidad del suelo, compactación, presencia de agua subterránea o por una aireación inadecuada. Por lo que, el suelo que es bastante profundo para una especie puede ser poco profundo para otra y esto causa daño al sistema radical natural.

El fuste

Constituye la vía para la conducción de agua y nutrientes minerales desde las raíces hasta las hojas, así como un medio de transporte de alimentos, hormonas y otros metabolitos de una región de la planta a otra. Sostiene las ramas laterales y la copa del árbol; necesitando por lo mismo de una fuerza predominante en el sentido del eje del tallo. En promedio la madera resiste una fuerza diez veces mayor longitudinalmente que transversalmente, por lo que, el tronco tiene la fuerza adecuada para soportar la copa y otras tensiones que accionen sobre él, provenientes del viento, hielo u otra carga del exterior.

El tallo se origina en el embrión y se va desarrollando a partir de meristemas, que originan nuevas células que luego se diferencian formando tejidos especializados que corresponden a los tejidos protectores, los fundamentales y los vasculares, que se disponen concéntricamente. En el interior contiene la *médula*, que está formada por parénquima y los sistemas vasculares formados por xilema y floema, donde el xilema: distribuye el material inorgánico para crear productos orgánicos (fotoasimilados) y el floema transporta los fotoasimilados a los sitios donde la planta necesita. El exterior del tallo contiene la corteza

y/o epidermis, y se observa una división, aunque es más clara en las plantas herbáceas que en las leñosas, de una serie de engrosamientos que corresponde a los nudos y entrenudos. Las flores y los frutos se producen sobre los tallos en posiciones que facilitan la polinización y la dispersión de las semillas. Los apéndices vegetativos, tanto los principales como los secundarios, carecen de una cubierta protectora similar a la que existe en las raíces.

Ramas: Ya sea por la forma o disposición las ramas aportan datos para la identificación de los árboles; es importante prestar atención en las ramas jóvenes, la presencia y color de lenticelas, pubescencia, etc. La corteza de las ramas gruesas puede aportar caracteres para la identificación de la especie.

Muchos árboles, especialmente las coníferas, se caracterizan por un fuste central definido; a este tipo de fuste y copa se le llama *excurrente*. Las latifoliadas, en cambio, presentan solo en su parte inferior hasta el comienzo de la copa un fuste definido, pero esta característica se pierde debido a la gran ramificación, generando una forma de copa *decurrente*.

Todos los árboles tienen una forma fustal típica, que varía de especie en especie, pero también depende del sitio y densidad del rodal.

La copa

Está formada por ramas, hojas, flores y frutos; con una orientación importante para facilitar el aprovechamiento de la luz y agua, además que crea una vistosidad paisajística, ornamental y recreacional.

Las formas de muchas copas de los árboles están relacionadas con la característica de la *dominancia apical*, que facilita el crecimiento de los renuevos que se encuentra a una altura superior del fuste e inhibe el crecimiento de los renuevos inferiores. Por ejemplo, muchas coníferas con fuerte dominancia apical (pinos), el tallo central con dominancia apical se alarga cada año más que las ramas que se hallan debajo del mismo. Además, la cantidad de alargamiento anual del renuevo en diferentes verticilos o yemas de las ramas tiende a disminuir desde la parte superior del árbol hacia abajo. También, las ramas sujetas al tallo principal (*ejes secundarios*) se alargan más que las ramas que nacen en las ramas secundarias (*ejes terciarios*).



Este patrón muy ordenado de inhibición del crecimiento de los renuevos produce una *forma cónica del árbol* que se le conoce como *excurrente*.

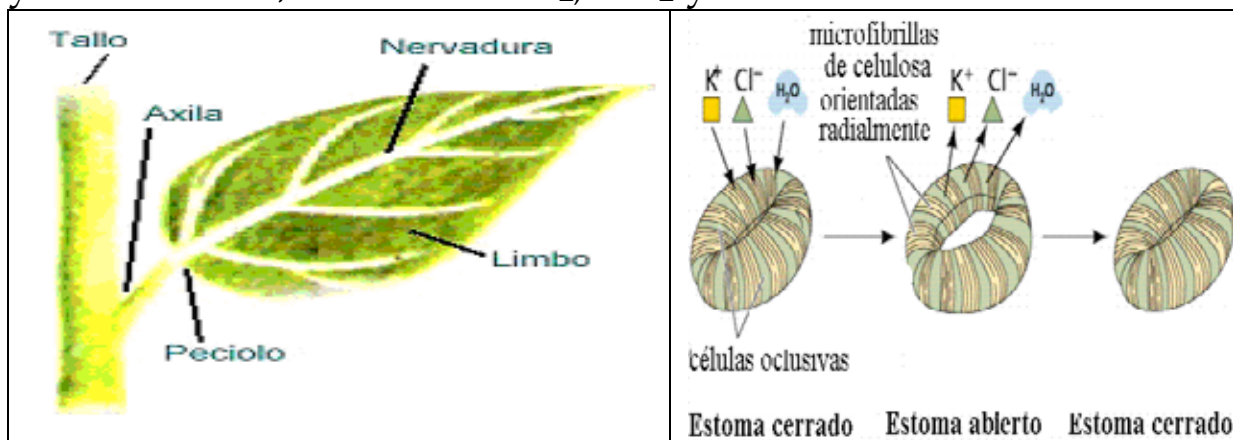
En cambio, muchos *árboles caducifolios* no manifiestan una variación ordenada en el crecimiento de los renuevos, en estos árboles la ramificación y crecimiento de las ramas *no obedece a un patrón de crecimiento*, ellos se ramifican y se vuelven a ramificar hasta que a veces resulta difícil

identificar el tallo principal, adoptando una forma *decurrente o deliquescente*, donde los renuevos pueden alargarse a casi al mismo ritmo. Generando las formas de la copa característica de la especie. Estas formas de copa son por ejemplo ovaladas o alargadas (encino), en forma de vaso o de sombrilla (olmo americano), copa ancha, globular (nogal), piramidal o columnar (aliso), abombada y espaciosa (álamo), irregular y ramificación laxa (eucalipto) que da escasa sombra, etc.

La *medición del diámetro de copa*, se determina generalmente por la proyección de puntos de su contorno sobre el terreno, ya que este parámetro plantea una problemática diferente de medida. Su utilización es con fines de obtener el espaciamiento adecuado y eliminar la competencia entre árboles.

Las hojas

Son órganos fotosintéticos primarios que están cubiertos de una cutícula para reducir la pérdida de agua, pero están provistos de aberturas diminutas, llamados **estomas** para facilitar el intercambio gaseoso producto de la respiración y fotosíntesis, como son: O_2 , CO_2 y minerales osmóticos.



En las coníferas y dicotiledóneas adoptadas a las condiciones de sequía, los estomas se hunden por debajo de la superficie de la hoja para evitar la deshidratación. Los estomas ocurren en hileras a la nervadura central de la hoja en las monocotiledóneas, en tanto que, en las dicotiledóneas los estomas están dispuestos en forma al azar.

La hoja consta prácticamente de los mismos tejidos que el tallo, es decir, los tejidos protectores, los fundamentales y los vasculares, aunque varían en su disposición y proporción. La parte de inserción de la hoja con el tallo, la axila, por lo general contiene un embrión que permite el crecimiento primario, pero en general las hojas vasculares no presentan crecimiento secundario. Las hojas cumplen tres funciones básicas: asimilación (fotosíntesis), transpiración e intercambio gaseoso.

Clases de hojas según la disposición. Sobre el tallo o ramas, las hojas se disponen de modos diversos, siendo una característica de cada especie, aunque al principio generalmente se disponen en forma alterna (cuando se insertan a distinta altura), opuestas (si nacen una enfrente de otra) y verticiladas (si hay más de las situadas a un mismo nivel o punto vegetativo). A las hojas próximas a las flores se les llama brácteas.

Según la *forma de la hoja* pueden ser: simples y compuestas, con limbo lanceolado, elíptico, ovalado, oblonga, acicular redondo, alargada como una aguja o acicular en las coníferas.



Por el *margen* de la hoja: aserrado - entero - dentado - sinuado - lobado - doble aserrado.

Por el *ápice* de la hoja: cuminado - redondeado - emarginado - obtuso - cordado - truncado.

Por la *base de la hoja*: obtusa - cuneada - redondeada - agudo - cordado - truncado. Las hojas pinnadas, pueden tener un número de folíolos impar y se llaman imparipinnadas, y si es par, paripinnadas.

La flor

Todos los árboles tienen flores aunque frecuentemente ya sea por la altura o el tamaño, no son fáciles de ver o alcanzar. Las flores son los órganos reproductivos por los cuales los individuos de una especie se multiplican.

Las características florales son el medio más preciso de identificar las especies vegetales, aunque en el campo son poco usadas debido a que el período de florecimiento suele ser corto.

La flor es la estructura reproductora de las plantas angiospermas. La flor se origina en las yemas florales y consta de hojas modificadas que normalmente presentan colores llamativos y diversos según las especies, y formas muy variadas.

Las flores pueden aparecer aisladas en el extremo del tallo o en las ramas laterales. También se presentan reunidas en racimos o agrupaciones llamadas *inflorescencias*.



La flor está formada por elementos florales ordenados alrededor de un eje y que corresponde: *al pedúnculo, cáliz (sépalos), corola (pétalos), estambres (androceo) y pistilo (gineceo)*. Si la flor es completa, posee todos estos elementos; cuando le falta alguno, es incompleta.

Hay flores unisexuales, con sólo gineceo (flores femeninas) o flores con androceo (flores masculinas), y flores hermafroditas con ambos elementos. Pueden aparecer ambos en flores distintas de la misma planta, a la cual se le llama *monoica*, por ejemplo pinos, maíz, etc; ó en pies de plantas distintas, *dioica*. Ej. *Phytolacca dioica* (Fitolacáceas) especie dioica.

Según la disposición de las flores en la planta, la flor e inflorescencias pueden ser: *terminal*: cuando el tallo o la rama terminan por una flor y, *axilar*: cuando nacen en las axilas de las hojas. Algunas inflorescencias más comunes

son: *la espiga, racimo, corimbo, panícula, cabezuela, umbela y amento.*

El fruto

Aunque varían mucho en tipo y apariencia, los frutos son muy útiles en la identificación de árboles. *Un fruto es el desarrollo del ovario de una flor luego de que sus óvulos han sido fecundados.* En el sentido botánico de la palabra, se entiende por fruto el ovario con semillas maduras.

En las *gimnospermas*, por tanto, no existe fruto porque carecen de ovario, lo que parece fruto es una *infrutescencia* que contiene las semillas. Después de la fecundación, la flor experimenta una serie de transformaciones importantes: marchitamiento y caída de algunas de sus partes estructurales (pétalos, sépalos, estambres). Posteriormente y mientras se está formando la semilla en el interior del óvulo, el *carpelo* (hojas modificadas que forman el ovario de la flor) también sufre una transformación y se convierte en un tejido llamado *pericarpio*, que rodea a la semilla.

El conjunto de la semilla y pericarpio, producto de la transformación del ovario maduro se llama **fruto**. Por lo tanto, los frutos al igual que las semillas se derivan del óvulo y dentro del fruto se encuentra una o varias semillas que son liberadas cuando los frutos maduros se abren.

Los frutos inmaduros contienen mayor cantidad de sustancias pécticas que mantienen adheridas a células adyacentes, ya que actúan como geles. Si las pectinas son fragmentadas por ciertas enzimas (climaterio respiratorio), ocurre la maduración de muchos frutos. Un durazno inmaduro, por ejemplo, es duro como una roca, pero a

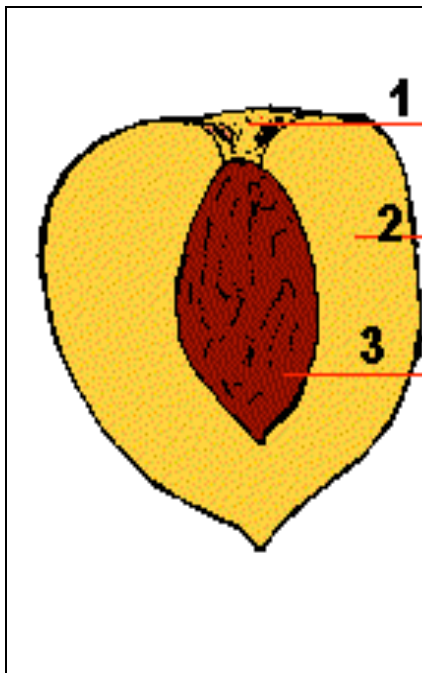
medida que madura sus tejidos se vuelven blandos o pulposos. Las flores producen el polen que transportado por el viento o los animales, hará posible la fecundación. Los frutos, por su parte, encierran las semillas que tras su diseminación y germinación darán lugar a nuevas plantas.

- **Estructura del fruto**

El fruto o pericarpio, envuelve a la semilla y proviene de la pared del ovario de la flor (hoja carpelar). Puede ser de consistencia carnosa como en la manzana, tomate o seca y esclerenquimática como en el eucalipto, roble, girasol.

El pericarpio, varía en color según el estado de madurez y especie vegetal. Es de aspecto liso como en las uvas, veloso como en el durazno; y de consistencia suave o dura.

El fruto (pericarpio o pericarpo) consta de tres partes que presentan una estructura y aspecto a menudo diferente. El epicarpio, mesocarpio y endocarpio.



1). *El epicarpio* o exocarpio, constituye la capa externa, en una manzana, por ejemplo, sería lo conocemos como la piel o cáscara.

2). *El mesocarpio* es la parte carnosa y muy rica en productos nutritivos. Cuando el fruto no está maduro contiene mayor proporción de sustancias ácidas que lo vuelve repelente a las aves e insectos, favoreciendo así que la semilla madure y no sea destruida. Pero cuando ya ha madurado su sabor es agradable para aves y hombre, favoreciendo directa o indirectamente la diseminación de las semillas.

	<p>3). <i>El endocarpio</i> es una cutícula más o menos gruesa y resistente, que está más próximo a las semillas y que las rodea, en una ciruela, por ejemplo, sería el "hueso".</p>
--	--

Clasificación de los frutos

Cuando las semillas y los frutos están maduros, la dispersión de las semillas ocurre de manera diferente según el tipo de fruto.

1. Frutos simples:

Son frutos que se derivan de un ovario simple, pueden ser secos a carnosos. Tienen un pericarpio que se vuelve grueso y jugoso, ya que estos frutos acumulan agua. Pera (pomo), tomate, limón, pepino, melocotón: drupa (durazno), uva, sandía.

1.1 Frutos carnosos: Son aquellos que tienen el pericarpio blando, carnoso y jugoso. Dicho de otra manera aquellos que tienen suficiente "carne" alrededor del hueso.

- **Drupa:** es un fruto de hueso por tener lignificado (leñoso) su parte interna o endocarpio, y en cuyo interior se encuentra la semilla. Este tipo de fruto se deriva de un carpelo simple y tiene casi siempre una sola semilla. Ej.: durazno, la ciruela, almendra, albaricoque, cerezas, que comprende a la familia de las rosáceas y otras como el nogal, olivo, damasco, palta, aceituna, coco. El hueso de una cereza,

se compone de la semilla más la capa interna del endocarpio lignificado.

- **Pomo:** es carnosos en su mayor parte y más o menos coriáceo en el corazón, que es de origen carpelar (ovario). Este tipo de fruto es característico de una subfamilia de las rosáceas a la que pertenece el manzano, la pera y membrillo.

- **Baya:** es un fruto que se deriva de un ovario compuesto, con mesocarpio y endocarpio carnosos y jugoso, por lo general hay muchas semillas enterradas en una carne que corresponde al mesocarpio y endocarpio, ejemplo: tomate, uva, plátano Hay tres sub clases:

Baya verdadera: endocarpio jugoso y carnosos, con muchas semillas dispuestas en varios lóculos del fruto. Ej. Tomate.

Hesperidio: es un fruto que tiene una corteza o cáscara gruesa y coriácea con numerosas glándulas oleíferas y una gruesa porción jugosa. El exocarpio y mesocarpio constituyen la cáscara, en tanto que, el endocarpio constituye la pulpa tabicada y muy jugosa. Ej. Los cítricos: naranja, limón, lima y toronja.

Pepónide: es un tipo de baya de gran tamaño con epicarpio y mesocarpio unidos formando una corteza gruesa. La carne del fruto es principalmente mesocarpio y endocarpio blando y jugoso. Pertenece a la familia de las cucurbitáceas, como: la sandía, calabaza, melón, pepino.

1.2 Frutos secos: presentan el endocarpio seco. Se subdividen en:

A. Dehiscentes. Son frutos que se abren cuando están secos o maduros.

- **Legumbre** o vaina: fruto característico de las leguminosas (papilionáceas), que está formado por un carpelo simple (único), contiene un número variable de semillas y la dehiscencia se verifica por ambas suturas. Ej. Arveja, haba, fréjol, etc. Sin embargo, hay numerosas leguminosas, como el algarrobo, la alfalfa y el trébol, que tienen vainas indehiscentes.
- **Folículo:** Al igual que la legumbre es monocarpelar, contiene numerosas semillas y generalmente se abre a lo largo de la sutura central. Ej. La magnolia.
- **Silicua:** parecida a una vaina, consta de dos carpelos abiertos y soldados por sus bordes, pero separados por una membrana interna. Ej. Miembros de la familia de las crucíferas: nabo, rábano, etc.
- **Cápsula o caja:** es un fruto seco, se derivan de ovarios compuestos, o sea, de ovarios que se componen de dos o más carpelos unidos, en general contienen numerosas semillas que se abren en la madurez: eucalipto, violeta, tabaco, amapola, tulipán. Las cápsulas tienen dehiscencia en varias formas.
- **Pixidio:** un tipo de cápsula que se abre a su través por la parte superior, como si se destapara una caja Ej. Verdolaga, llantén, etc.

B. Indehiscentes. Son frutos duros que no se abren en la madurez. El pericarpio se seca, se adelgaza y se vuelve leñoso. La semilla queda encerrada en el fruto y se diseminará con él.

- **Grano ó cariósipide:** el grano es un fruto seco y de una sola semilla. Es el fruto de la familia de las gramíneas, poseen un pericarpio delgado y fuertemente adherido a la semilla, que solo se puede separar con la molienda. Ej. El grano de cereales: trigo, arroz, maíz, avena, cebada, centeno, etc.
- **Aquenio:** parecido al cariósipide, pero el pericarpio no se adhiere o suelda fuertemente a la semilla. Como ejemplos de este tipo de frutos tenemos: la fresa, bellota y algunos miembros de la familia de las compuestas, como el girasol.
- **Sámara:** es un aquenio provisto de prolongaciones membranosas en forma de alas, gracias a las cuales pueden dispersarse con el viento y pueden tener una sola semilla o dos semillas. Ej. El fresno, olmo, arce, etc.
- **Nuez:** El término nuez se aplica comúnmente a frutos y semillas de cáscara dura. Son frutos secos y de una sola semilla con cubierta o cáscara dura (pericarpio). Ejemplos: la castaña, la nuez, la nuez americana, la bellota (fruto del roble, está encerrado parcialmente en un involucreo en forma de copa endurecida).
- **Esquizocarpo:** fruto seco que consta de dos carpelos y es característico de las umbelíferas, como la zanahoria, apio, perejil.

2. **Frutos compuestos:** Cuando proceden de varios carpelos que externamente están separados de forma que cada uno de ellos origina un nuevo fruto.










- **Poliaquenio:** compuesto por aquenios. Ej. Rosa












- **Conocarpo:** tálamo floral comestible; los frutos son aquenios. Ej. Frutilla o fresa, mora.
- **Polidrupa:** conjunto de pequeñas drupas que se unen formando una estructura globosa. Ej. Zarzamora, frambuesa, moras.

3. **Infrutescencias:** son frutos que no proceden de una sola flor, sino de una inflorescencia.

- **Sicono,** el fruto es un receptáculo carnosos y dulce; sus flores son muy pequeñas y están fijadas en el interior del receptáculo. Cada ovario se desarrolla para formar una nuececilla empotrada en la pared del receptáculo. Ej. El higo.
- **Sorosis,** conjunto de frutos fusionados con el eje carnosos como en la piña, mora.
- **Estróbilo,** es el cono o estróbilo leñoso de las gimnospermas, que conforman las coníferas, como los pinos, ciprés. Las semillas se forman en la superficie de las escamas que constituyen el cono y, aunque protegidas por las escamas, no están rodeadas por partes florales. Estas semillas carecen de paredes del ovario, por lo que se dice que están desnudas.
- **Gálbula,** fruto carnosos de algunos cipreses, se usan en medicina como astringentes.

TIPOS DE FRUTOS

		
<p>drupa durazno, nogal, ciruela</p>	<p>hesperidio limón, naranja</p>	<p>legumbre algarrobo, arveja, fréjol</p>
		
<p>cariópside cereales maíz, trigo</p>	<p>baya ají</p>	<p>cápsula amapola, eucalipto</p>
		
<p>pomo: manzana, pera</p>	<p>aya: Naranjilla B</p>	<p>Sicono (higo); Aquenio (fresa, girasol)</p>

 <p>silicua: nabo, rábano</p>	 <p>pepónide: calabaza, melón, pepino</p>	 <p>drupa: cereza</p>
 <p>Amento (dehiscente): Aliso</p>	 <p>Infrutescencia: estróbilo coníferas, gálbula (ciprés)</p>	 <p>Sámara Aceráceas(arce)</p>
 <p>Bellota (roble)</p>	 <p>aguac ate</p>  <p>Baya: banano</p>	 <p>racimo: uva</p>  <p>Pol idrupas: frambuesas, moras</p>

La *higuera* (*Ficus carica* L.) al parecer no florece nunca y, nacen ya formados los frutos en la axila de las hojas. Sin embargo, la fruta de este árbol, no es más que un receptáculo común de una inflorescencia, hueco en su interior donde se asientan las pequeñas florecitas y donde más tarde maduran los diminutos frutitos. Esta forma piriforme o globosa del receptáculo, con las flores internas, se denomina *sicono* y es propia de todos los *Ficus*; en su parte superior tiene una pequeña abertura y por debajo numerosas bracteíllas menuditas.

La semilla

La formación de las semillas es esencial para la supervivencia de la mayoría de las especies vegetales. En la reproducción sexual, la flor es el órgano que da origen a las semillas, de las cuales nacerán las nuevas plantas. La semilla es el óvulo maduro y constituye el conjunto formado por:

- Una cubierta de origen tegumentario llamado *testa*, con células de $2n$ cromosomas y derivados de los tegumentos del óvulo;
- El endospermo y,
- El embrión vegetal.

Inmediatamente después de la fecundación, el cigoto comienza a desarrollarse, se multiplica por división de sus células y da origen a una pequeña plantita que es el *embrión*. Cuando ha llegado a esta fase temprana, detiene su crecimiento y se seca, pero no muere, pudiendo permanecer así por varios años. Es entonces cuando decimos que se ha formado la semilla.

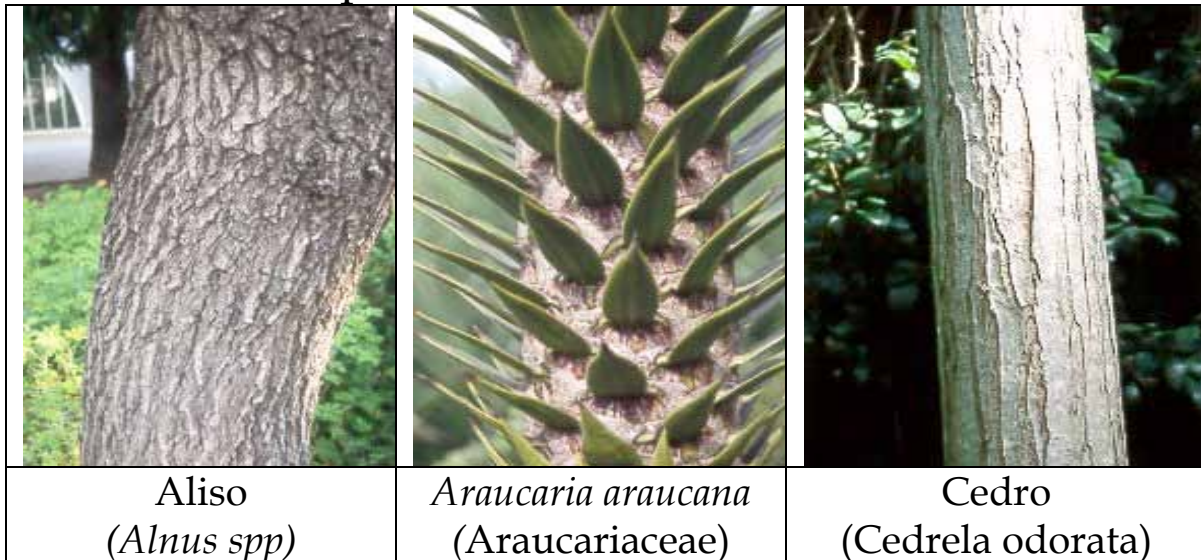
Si las condiciones de humedad varían, la semilla germina y el embrión se convierte en una nueva planta. El alimento acumulado en el endospermo, es usado en los primeros estadios de la germinación por el embrión, antes de ser capaz de producir su propio alimento por fotosíntesis. Al inicio de la germinación, el tegumento seminal sirve de protección y de mantenimiento de la actividad celular, posteriormente se abre y generalmente cae al suelo.

Existen semillas que pueden germinar en cualquier momento si las condiciones ambientales son favorables (H_2O , O_2 , temperatura y a veces luz); pero otras tienen periodos de *latencia* y no germinan aunque estén rodeados de condiciones ideales. Este fenómeno se puede deber a que los tegumentos seminales son impermeables al H_2O y O_2 o bien que sean tan duros que el embrión no puede romperlo. Este periodo se puede evitar por condiciones aplicadas de congelación y descongelación alternada o *escarificando*, es decir raspando la superficie exterior de las semillas, agitándolas junto con piedrecillas o poniéndolas en ácidos fuertes. La semilla *viable*, es aquella que contiene un embrión vivo y solo estas semillas pueden germinar.

La corteza

La corteza de los árboles es la capa más externa que rodea al tronco de las plantas leñosas, está compuesta por una capa externa de células muertas (súber o corcho) y una interna de floema. La actividad hacia el exterior del felógeno da lugar al súber, éste es un tejido muerto cuya finalidad es proteger las partes vivas internas.

Las capas de súber más externas mueren pronto y como no pueden crecer al aumentar el diámetro y altura del tronco, se quiebran y se fisuran, por la presión interna, formando arrugas, escamas, grietas, etc.; y por esta razón las cortezas pueden ser rugosas, lisas, estriadas, gruesas, resquebrajadas, etc. Todas las cortezas de los árboles presentan unos rasgos específicos o señas de identidad que los caracterizan y es un dato muy importante que ayudan a identificar las especies de los árboles.



El aspecto que presenta, ya sea en su diseño, textura y color, así como la presencia de otras particularidades, constituye una característica importante de la corteza. Aunque ésta es variable en aspecto de acuerdo a la edad y al ambiente en el que se desarrollan los árboles, la misma mantiene cualitativamente características que se pueden utilizar para la identificación de las especies.

Este hecho resulta de utilidad, por ejemplo, en una selva donde no siempre se suelen ver o alcanzar las hojas y flores de los árboles por el denso follaje o la altura, teniendo en cuenta que tradicionalmente las guías de identificación de

especies se basan en diferentes características de flores, frutos y hojas. La descripción de las cortezas se realizan en días que no haya lluvias, puesto que en un tronco mojado el color de la corteza varía mucho, tendiendo a aparecer más oscura sobre todo si tiene grietas. En los árboles que son muy leñosos, el aumento en grosor lleva a que los rasgos generales de las cortezas se pierdan.

Corteza escamosa, es cuando las capas de corteza se desprenden, como por ejemplo en los tallos jóvenes de *Pinus*, *Pyrus comunis* (peral) y otros.

Corteza en anillos, cuando la peridermis se forma como cilindros enteros por ej. *Clematis*, *Cupressus* (ciprés) y *Lonicera* (madreselva). Los *Eucalyptus* y *Platanus* son de tipo intermedio, ya que la corteza se desprende en grandes placas lisas.

En los *Eucalyptus* cada capa de corteza se desprende gracias a la formación de una capa de tejido parenquimático sin paredes engrosadas. En otras plantas, como en *Pinus* y *Quercus*, las capas se adhieren unas a otras y permanecen sobre el tallo por muchos años, de modo que la corteza es gruesa y muy agrietada.

Existen árboles de regiones áridas que pierden sus hojas durante la estación seca, de modo de evitar la pérdida de agua por transpiración; tales especies suelen poseer cortezas verdes, capaces de realizar fotosíntesis. Por ej.: *Eucalyptus naudiniana*, *Parkinsonia aculeata* conocido en Latinoamérica como palo verde.

Lenticelas

Son aberturas o zonas en la corteza externa con células dispuestas en forma floja, **suberizadas** o no. Del mismo

modo que los **estomas** permiten el pasaje de aire desde y hacia el interior del tallo. En arbolitos jóvenes usualmente se forman en el lugar donde estaban los estomas. Varían en forma y tamaño entre las especies, en algunas son microscópicas, mientras que en otras son visibles a ojo desnudo. El tejido producido por el felógeno en la lenticela tiene abundantes espacios intercelulares denominándose tejido de relleno.

Importancia económica de la corteza

La corteza de muchas especies de árboles ha tenido enorme importancia económica, pues de ellas se han obtenido corcho, fibras, taninos y otras sustancias químicas. La corteza no es un producto meramente de desecho de las plantas leñosas, que protege e impide el acceso al leño. Es una de las maravillas de la naturaleza que el hombre ha utilizado, dándole múltiples usos. Por ejemplo el corcho comercial, resinas.

- **Súber.** Este tejido se denomina comúnmente "corcho". Son células muertas que tienen la particularidad de que sus paredes primarias (principalmente celulósica) está cubierta hacia el interior de las células por una capa relativamente gruesa de **suberina**, formada por laminillas alternas de suberina y ceras.

La capa de suberina es impermeable al agua y a los gases y soporta la acción de los ácidos. El protoplasma desaparece y el lumen aparece lleno de aire o de sustancias pigmentadas.

- **Resinas.** Es otro conjunto de compuestos de defensa de las plantas, también ayuda al árbol a tapar rápidamente

sus heridas. Son comunes en las Coníferas. El incienso y la mirra mencionados en la Biblia provienen de las resinas de plantas de la familia *Burseraceae*. Actualmente, las resinas extraídas de coníferas se usan para la producción de lacas y barnices.

- **Taninos.** Son sustancias naturales (compuestos fenólicos vegetales) de peso molecular relativamente alto que actúan como antioxidantes naturales y son reactivos de todos los alcaloides, por lo que son de suma importancia en biología.

Los taninos tienen la capacidad para *provocar la coagulación de las proteínas* (albuminoideas) permitiendo que no se pudran, por lo que sirven de base para curtir las pieles. Dan coloración azul intensa o verde con cloruro férrico, reacción que intervienen en la preparación de la tinta.

Las aplicaciones de este compuesto se extienden más allá de la curtiembre de cueros, se aplica en medicina natural, en la fabricación de bebidas como vino, chocolate, té, como colorantes de tintas, etc. Muchos árboles proveen de taninos desde sus cortezas, por ejemplo: Aliso, *Tsuga canadensis*.

- **Látex.** Esta sustancia es una defensa mecánica y química de la plantas contra los insectos. Es un exudado lechoso con partículas en suspensión.

Existen unas 2000 especies productoras de gomas, de las cuales la más famosa es *Hevea brasiliensis* (familia *Euphorbiaceae*).



A pesar de la tecnología en la fabricación del caucho sintético, aún se requiere el caucho natural, por ejemplo las cubiertas radiales llevan por lo menos un 40% de gomas naturales.

Condimentos: Uno de los más conocidos es la canela, que se extrae del *Cinnamomum zeylanicum*. El alcanfor también se extrae de la corteza de *Cinnamomum camphora* (alcanforero).

Naturaleza y fisiología de las células

La atmósfera de la tierra ejerce una presión sobre este planeta, esta presión no es la misma en todos los lugares de la Tierra. El aire frío presiona con mayor fuerza que el caliente, así es que el aire frío origina zonas de alta presión en la atmósfera. El aire caliente forma zonas de baja presión, y habitualmente el aire se desplaza desde las zonas de alta presión hasta zonas de bajas presiones, originando las precipitaciones y variaciones climáticas, que

crean diferentes hábitats de crecimiento para los vegetales y animales.

Cada especie vegetal es el producto de su información genética y de las interacciones con el medio ambiente, y cada parte u órgano vegetal se modifica adicionalmente por su estado fisiológico.

El conocimiento de la fisiología vegetal es importante porque aunque se dedique especialmente al estudio de los principios que rigen el crecimiento y desarrollo de las plantas, no debemos perder de vista, que la utilidad de los principios residen en su aplicación a la agricultura, a la técnica forestal y a todas aquellas actividades en las que la producción de materia vegetal se relacionan con el bienestar humano.

La célula vegetal

La célula vegetal constituye la unidad básica y fundamental en la estructura y funcionamiento de la vida de los vegetales, capaz de auto reproducirse en un medio libre de otros sistemas vivos. Está limitada por la pared celular y una membrana permeable y diferencial, que rodea el protoplasma.

El citoplasma constituye la parte principal del protoplasto. Dentro de él, se encuentra una gran variedad de moléculas inorgánicas, como el agua que constituye más del 90 % del peso en fresco del protoplasma y que regula los procesos osmóticos, minerales inorgánicos que son esenciales para el crecimiento de las células, productos metabólicos como lípidos, almidón, etc.; organoides portadores de funciones especiales, como las mitocondrias, plastidios, vacuolas y

otros que conforman el protoplasma celular y rodeando al citoplasma se encuentran la membrana y paredes celulares. Además en la matriz citoplasmática se encuentra el núcleo celular portadora del material genético de la célula. El tamaño de las células varían de 1 μ (algunos bacterios), 20-200 μ (células no fibriformes) hasta 0.5 m (fibras de Boehmeria), en tanto que, la forma de las células está determinada por su función.

La pared celular

La pared celular es una estructura característica de las células vegetales, hongos y procariotas aunque en estos últimos difiere en su composición química.

Esta estructura es rígida, tiene un espesor de 1-3 μm y se forma por sustancias secretadas por el citoplasma, las cuales se van depositando como una serie de capas, durante la división celular. La primera capa que se deposita forma la *laminilla media* formada por *pectina* y *pectatos de Ca* (en frutos inmaduros se hallan en abundancia y se utilizan para hacer conservas y jaleas) que constituyen del 10 al 35 % de una pared primaria. Estas sustancias son de consistencia gelatinosa que actúa como cemento uniendo las paredes vegetales vecinas.

Cuando las células se redondean, sus esquinas y aristas se separan formando espacios llenos de aire, llamados *espacios intercelulares*. Posterior a la formación de la lámina media, el citoplasma continúa depositando el material el cual va a constituir la pared celular.

La composición de la pared celular, corresponde a una pared primaria de escaso grosor (0.1-1 μm), formada por polisacáridos que corresponde a:

Celulosa (9-25 %); hemicelulosa (25-50%) y 10 % glicoproteínas.

Estos polisacáridos están dispuestos en forma de microfibrillas unidas por puentes de hidrógeno que otorgan una resistencia cercana al hierro.

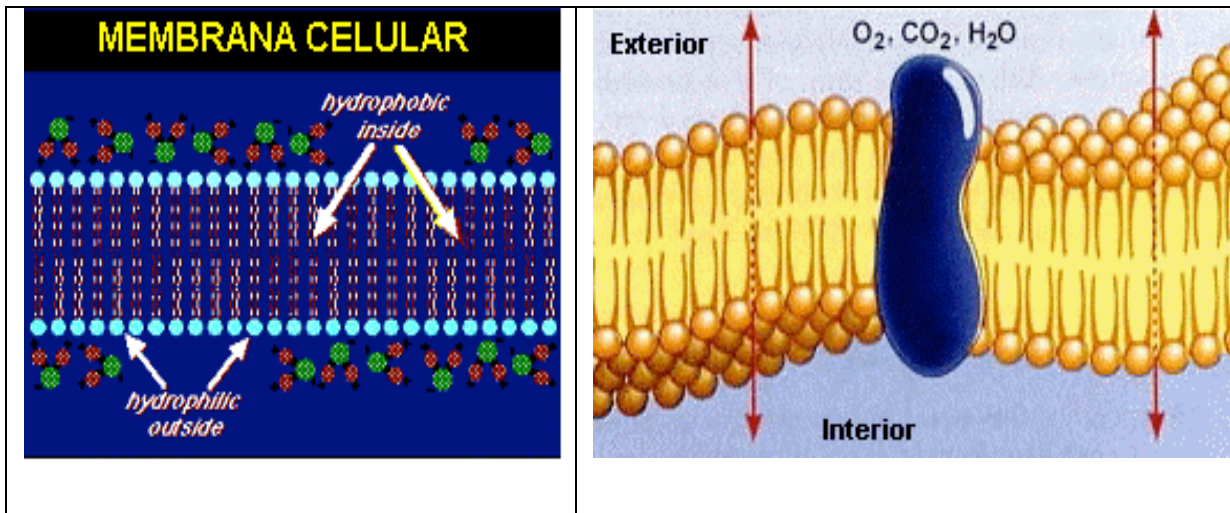
Entre los espacios dejados por el entre cruzamiento de microfibrillas celulósicas se aloja agua en concentraciones entre el 60-70%, hemicelulosa y proteínas. En la mayoría de las células vegetales una vez finalizado el crecimiento, se depositan nuevas capas de material de celulosa (41-45%), hemicelulosa (30%), lignina (22-28%), suberina y cutina, que forma la pared secundaria y que es más gruesa que la capa anterior.

La **lignina** es un material más duro que la celulosa y tiene que ver con la calidad de la madera. El patrón de fenilpropano es la unidad estructural principal de la lignina, una sustancia fenólica macromolecular muy difundida como constituyente principal de la pared celular en los vegetales. La lignina constituye alrededor del 25% de la mayoría de las maderas.

Las funciones de la pared celular, son: contrarrestar la presión de turgencia oponiéndose al aumento de volumen del protoplasma, controla el crecimiento celular, da protección a la membrana y protoplasma, resistencia y forma de la célula; también es una barrera contra la entrada de plagas y su grado de porosidad puede limitar el intercambio de metabolitos

Membrana plasmática

Es una barrera selectiva y diferencial de solutos y permeable con el agua. Separa al contenido celular con el medio exterior. Consta de una bicapa lipídica que posee proteínas insertadas (intrínsecas) y proteínas periféricas o extrínsecas (pegadas). Algunas de estas proteínas atraviesan enteramente la membrana creando poros a través de los cuales los nutrientes entran dentro de la célula.



Las proteínas intrínsecas se unen con fuerza en el interior de la membrana a través de puentes de H^+ , y solo se pueden separar mediante ciertas soluciones. La permeabilidad de la membrana depende de su fluidez: aumenta la permeabilidad al aumentar los ácidos grasos insaturados. La temperatura de transición es la que permite que pase del estado rígido a forma fluida.

En las células vegetales, la membrana está rodeada por la pared celular, la cual mantiene la forma celular y previene de la presión osmótica. La pared celular de las plantas, está compuesta de polisacáridos como la celulosa, lignina y pectina. Los *plasmodesmos* son las conexiones por medio de

los cuales se comunican las células recubiertas por paredes celulares.

Los bloques estructurales básicos de las proteínas se pueden representar mediante la siguiente fórmula general:



Donde, **R**, es el resto de la molécula que es diferente para cada amino ácido. El **-NH₂**, es el grupo amino y el **-COOH** es el grupo carboxilo. Estos grupos son comunes en todo amino ácido.

Los grupos **OH⁻**, **H⁺** y **NH₂**, pueden ser reemplazados por cationes y permiten el paso de éstos al interior de la célula, para cumplir varias funciones vitales. La unión **OH-H** forma los **enlaces péptidos** y permiten la unión entre aminoácidos y amidas en cadenas polipéptidos.

Flujo de iones a través de la membrana

Flujo por difusión

La difusión, es un proceso físico espontáneo que se da a favor de un gradiente de concentración, ocurre fuera o dentro de la célula. Las membranas son permeables a pequeñas moléculas no cargadas, como H₂O y O₂, que tienen elevada solubilidad en lípidos y, a sustancias apolares solubles en grasas. Por lo que, dichas sustancias pasan por difusión a través de la bicapa lipídica.

Por el contrario moléculas mayores no cargadas, como la sacarosa o moléculas cargadas como iones inorgánicos o ácidos orgánicos no pueden atravesar, y su paso solo es posible a través de canales o con la ayuda de transportadores.

Por lo descrito anteriormente y debido al carácter del proceso de difusión que ocurre en un desplazamiento de iones a distancias muy cortas dentro de una fase acuosa estacionaria que va de una región de mayor concentración para otra de concentración menor en la superficie de la raíz, este flujo de iones no basta para que un árbol adquiera suficientes nutrientes, pues para recorrer 1m, tardarían varios años. Por lo tanto, para que el proceso de difusión sea más efectivo y la planta adquiera suficientes cantidades nutricionales, es necesario que los elementos se encuentren cerca o cubran la mayor parte del sistema radicular.

El proceso de difusión obedece a la ley de Fick y según la 1ª ley de Fick, la densidad de flujo es:

$$F_j = - D_j (dc_j/dx)$$

Donde: D_j es el coeficiente o capacidad de difusión en un medio, en cm^2/s ; dc , concentración de especies, en moles/ cm^3 y, dx , es la distancia, en m

El flujo F , dependerá de la solubilidad de la especie o soluto (j): K^+ , Cl^- ..., y si ocurre un flujo espontáneo de una zona donde hay más concentración (más energía) a otra de menos energía, se produce una densidad de flujo de una cantidad de solutos " j " que atraviesan un área en un tiempo.

La segunda ley de Fick, nos permite calcular el tiempo de difusión mediante la fórmula:

$$t = x^2/4D_j$$

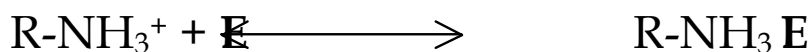
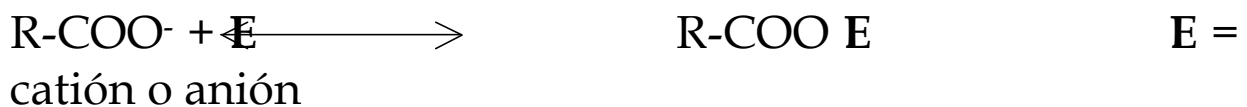
A continuación se anota algunos valores de D (cm^2/s) encontrados en el suelo:

$NO_3^- : -0.39 \times 10^{-5} ; NH_4^+ : -1.4 \times 10^{-6} ;$ $H_2PO_4^- : -10^{-7} - 10^{-14}$

Flujo por Osmosis

Es un proceso osmótico que facilita la difusión de una sustancia a través de una membrana semipermeable. Los iones ingresan o salen de la célula a través de la membrana celular, a favor del gradiente de concentración, sin que haya gasto de energía de la célula o en contra de un gradiente, en el cual hay consumo de energía dado por el cargador. Siendo, por lo tanto, el proceso osmótico: pasivo y/o activo, pero siempre a través de una membrana.

Lo polar o los elementos cargados atraviesan fácilmente la membrana, pero lo apolar, lo hace con dificultad. Lo polar, está en estado inestable y reacciona constantemente para lograr la neutralización o buscar la estabilidad. Esto es por ejemplo, a través de la formación de sales o unión con radicales orgánicos dentro o fuera de la célula.



La concentración del soluto "C_j" en la membrana depende de su diferente solubilidad en el medio acuoso y lipídico.

Por otra parte se sabe que el proceso osmótico depende del coeficiente de partición o separación (K_j), que indica la relación de las concentraciones de la especie "j" en dos medios distintos cuando están en equilibrio.

$$K_j = C_j^{\text{membrana}} / C_j^{\text{agua}}$$

El desequilibrio en la concentración de moléculas en las dos partes, provoca que el agua tienda a atravesar la membrana, con una fuerza determinada que depende de la concentración de la solución (solutos, azúcar): cuánto más

concentrada esté la solución, mayor será el desequilibrio y mayor la fuerza con que tienda a entrar el agua a dicha solución; en tanto que, el azúcar no puede atravesar.

El proceso osmótico es más activo que pasivo, ya que responde a las necesidades fisiológicas de la planta; así pues, mientras los procesos metabólicos son más activos por ejemplo durante la fase de crecimiento y desarrollo vegetativo, hay mayor necesidad de absorber nutrientes que incrementen la tasa de crecimiento vegetal.

Flujo de solutos

El flujo viene determinado por la energía del soluto. Si en el exterior tiene más energía (más solutos) que en el interior, ocurrirá el flujo de solutos hacia el interior de forma espontánea, como la energía potencial - los objetos caen hacia un estado de menor energía potencial, esto es de mayor concentración a menor concentración.

A medida que las raíces absorben agua (solución del suelo), se establece un gradiente de tensión de agua en el suelo y la solución se mueve para la superficie de la raíz. Los elementos disueltos son entonces llevados por el agua por flujo de masas.

La cantidad de elementos que pueden llegar a las raíces es proporcional al volumen de agua absorbido y a la concentración de los elementos en la solución del suelo.

Poros de la membrana

Los poros o canales lo forman las proteínas presentes en la membrana celular. Cada canal es un orificio entre las moléculas de proteínas, por donde se difunden los solutos

y atraviesan la membrana. Entre los iones que atraviesan están: iones, compuestos orgánicos como el K^+ , malato y otros. Este paso se debe a que los portadores proteicos, actúan combinándose primero con el soluto específico en un lado de la membrana para luego rotar y liberar el soluto al otro lado. El Ca^{2+} , por otro lado es un componente esencial de la membrana sin el cual la membrana pierde su capacidad de transporte y retención de solutos.

Las proteínas poseen una parte polar enfrentada a reaccionar con elementos de signo contrario. Normalmente, los poros no están abiertos, pero se abren por situaciones osmóticas para que pasen iones y moléculas, dependiendo del tamaño del poro. Este proceso por lo visto no es selectivo.

Transportadores o cargadores

Son proteínas intrínsecas (*permeasas*) que cogen iones de fuera y los transportan hacia dentro. Cada transportador es específico de un ión y la energía para realizar el transporte y para mantener los gradientes electroquímicos lo proporcionan los ATPasa- H^+ , según las siguientes reacciones:

- $ATP \rightarrow ADP^- + Pi + H^+$
- $ADP^- + H_2O \rightarrow ADP^+ + OH^-$

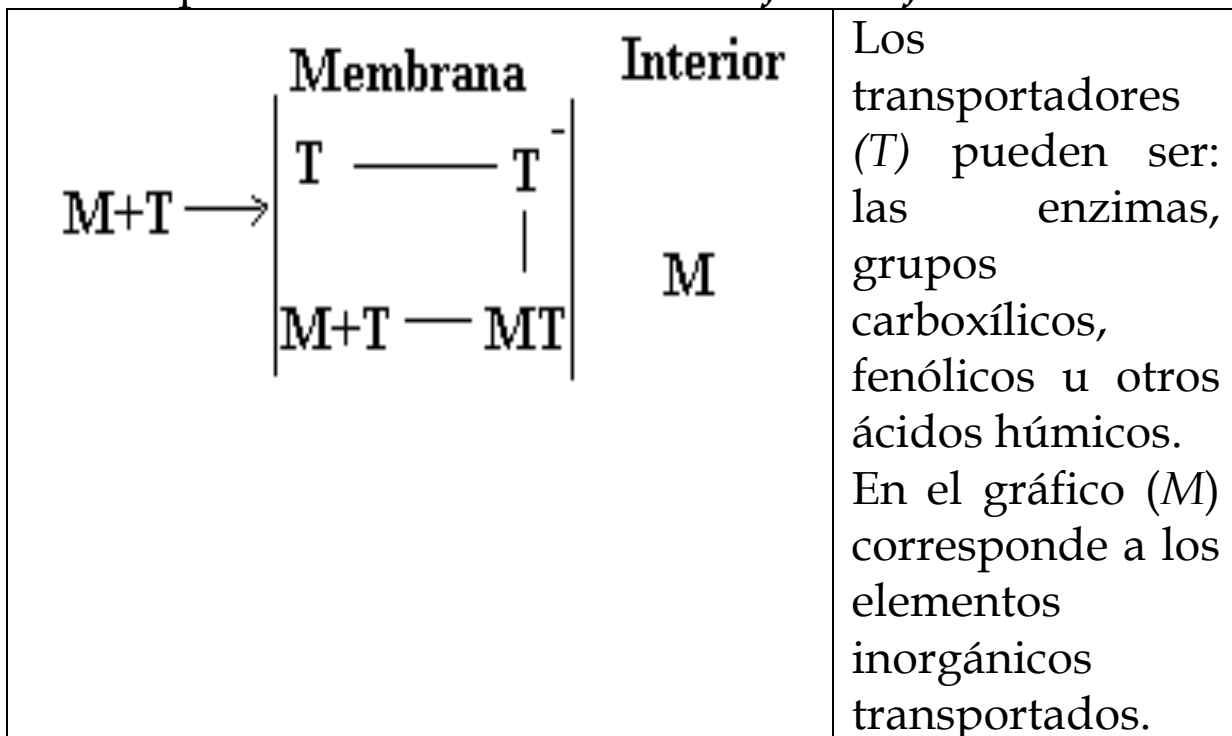
Estas reacciones permiten la despolarización de la membrana, cambios de pH en el citoplasma y que los H^+ y OH^- , sean intercambiados por cationes y aniones, respectivamente.

Los cationes y aniones son transportados por cargadores (C) más o menos selectivos de naturaleza lipoproteína, que están situados en la membrana y son activados por el ATP.



Por lo visto, el transporte por parte de las proteínas de la membrana celular es por lo general altamente selectivo en lo que se refiere a los elementos químicos que permiten pasar.

Algunas de esas proteínas pueden mover material a través de la membrana solo cuando acontece un fenómeno de gradiente de concentración, a este tipo de transporte asistido por "carriers" se denomina *difusión facilitada*.



Doble capa iónica: apoplasto

En la red continua formada por las células el flujo de iones se ve interrumpida, debido a la presencia de compuestos orgánicos con el carácter de ácidos con cargas negativas,

que retienen a los cationes. Estos compuestos contienen grupos carboxilos ($R-COO^-$), que retienen elementos de signo contrario, en tanto que, iones del mismo signo pasarán sin dificultad.

La teoría de sistemas de membranas desarrollada por *Donnan (1911)*, citado por *Reichardt (1982)*, ha sido aplicada extensivamente a sistemas coloidales de origen orgánico o inorgánico, como es el caso del suelo. Los compuestos orgánicos al igual que los coloides (arcilla y humus) y células, son superficies cargadas eléctricamente que están en contacto con una solución iónica.

En este sistema se forma una doble capa iónica, una negativa formada por ejemplo por una proteína, amino ácido de la laminilla media, que actúan como un aniones (A^-) no difusibles y atraen elementos de signo contrario, como cationes difusibles (M^+), estableciéndose entre A^- y C^+ , un equilibrio Donnan.

Los iones con cargas negativas que llegan desde el suelo a la célula, se sitúan en capas más alejadas a la zona de atracción y pueden pasar, ya que por su carga eléctrica no son retenidas, provocando un desequilibrio de cargas en el interior de la célula, lo que permite que ingrese cargas positivas, para balancear la carga eléctrica.

Potencial de membrana (E_m)

La membrana plasmática es una membrana polarizada y en ella actúa una proteína intrínseca, la ATPasa cuyo papel es de mucha importancia en las funciones del plasmalema. La ATPasa, actúa como una bomba electrogénica que bombea H^+ y OH^- al exterior de la célula. La salida de H^+ ,

permite el ingreso de cationes, en tanto que, la salida de OH^- permite el ingreso de aniones; y, de esta manera se estabilizan las cargas, en el interior de la célula.

Este un proceso importante para la nutrición de la planta, ya de esta forma pueden ingresar elementos útiles para la planta. Durante este proceso, el exterior del plasmalema queda cargado positivamente o negativamente por la salida de H^+ y de OH^- , respectivamente. Estos procesos determinan el potencial de membrana.

$E_m^{\text{ext-int}} = -$ Potencial de membrana

$E_m^{\text{int-ext}} = +$ Potencial de membrana

Los cationes tienden a pasar por la membrana, pues llegan a un campo más negativo que el exterior, en tanto que, los aniones nunca pasarían, sino por un simporte con los protones.

- *Actividad de la ATPasa*

Si la membrana se despolariza, se activa la ATPasa. Qué la membrana esté polarizada es vital para la célula, ya de esta forma los elementos pueden intercambiarse. Sin embargo, agentes respiratorios, pueden inhibir la acción de la ATPasa y que la membrana se despolarice. Esto ocurre, en condiciones de baja temperatura, que ocasionan la disminución de la respiración y concentración de ATP, que provoca la despolarización.

Si entran cargas positivas o salen cargas negativas a la célula, se tendería a la neutralización de cargas, pero la actividad de la ATPasa, lo impide. Hay fosfolípidos en la membrana al exterior que forman superficies Donnan, formando el potencial de superficie (muy pequeño y que no determinan ningún flujo). Si el pH citoplásmico

disminuye (ácido), el número de H^+ aumenta, y se activa la ATPasa.

Ionización del agua

La ionización del agua a $25^{\circ}C$, produce una concentración de iones H^+ igual a 1×10^{-7} moles/l, y una concentración de iones OH^- igual a 1×10^{-7} moles/l. Esto indica que se ioniza aproximadamente una molécula de agua entre cada mil millones. Este valor de ionización, siendo pequeño, es un factor importante en el comportamiento del agua en muchas reacciones químicas.

- ***Potencial hidrógeno (pH)***

La acidez de una solución acuosa depende de la concentración de iones H^+ y OH^- , y a la vez, son muy importantes en las reacciones químicas. La escala de acidez por pH, se creó para cubrir la necesidad de un modo numérico y sencillo que exprese la acidez de una solución. Los valores en la escala de pH, se obtiene mediante la conversión matemática de las concentraciones de iones H^+ , mediante la siguiente expresión:

$$pH = - \log [H^+] \text{ moles/l}$$

La escala se basa en la concentración de iones H^+ en agua a $25^{\circ}C$. A esta temperatura, el agua tiene una concentración de H^+ igual a 1×10^{-7} moles/l, y se calcula de modo que se obtenga un pH de 7. Por lo tanto, el pH del agua pura a $25^{\circ}C$ es 7, y se dice que es neutra. Las soluciones que tienen más iones H^+ que OH^- , son ácidas y en caso contrario son básicas.

Para la medición del pH, se usan compuestos cuyos colores cambian a determinados valores de pH, como indicadores

de las reacciones ácido-básicas; por ejemplo: la fenolftaleína, papel de medición y medidores electrónicos como el pHmetro.

En la nutrición de plantas, el pH tiene importancia en la disponibilidad y absorción de nutrientes de la solución de suelo por parte de la planta; se considera que el rango óptimo en general para la mayor parte de los cultivos está entre 5.5 y 6.8. Asimismo, el pH juega un papel importante en la capacidad de intercambio catiónico del suelo y en la tasa de descomposición de materia orgánica.

El rango de pH en el suelo para las condiciones agrícolas va de 4.5 a 9.0, y en las condiciones de costa entre 7.0 a 8.5; cuando los valores tiende en general a extremos, existe un problema de presencia de elementos que son tóxicos para la planta, por ejemplo aluminio en suelos ácidos y sodio en suelos alcalinos.

Absorción pasiva y activa

La absorción se da mediante procesos pasivos o activos, en el primer caso la absorción se produce a favor de gradientes de energía, y en el segundo caso se da en contra de gradientes de energía. Para poder averiguar si es un transporte activo o pasivo, basta con averiguar la energía del ión (concentración de solutos) a un lado y a otro de la membrana. Por ejemplo: en el caso que el K^+ tenga mayor energía dentro que fuera de la célula, hay que suministrar energía para que entre y, como consecuencia se produce una activación del transportador (potencial de membrana o energía exergónica de reacción red-ox).

El flujo de iones está influenciado por la diferencia de energía o diferencia del potencial electroquímico de los solutos a un lado o a otro de la membrana. *Si la concentración de solutos en el exterior es mayor que en el interior, habría difusión pasiva (siempre), si pasa lo contrario, hay consumo de ATP y el proceso es activo.* En condiciones de equilibrio no hay flujo pasivo y también es imposible que haya equilibrio de concentraciones en una membrana polarizada.

Situación especial de equilibrio. Si nos encontramos en una situación en la que un potencial electroquímico es igual al otro, y que esa situación es estable, nos encontramos en una situación de estado estable. Esta situación en las células es momentánea, ya que el metabolismo no es estable, pues la materia viva es dinámica y no muerta.

Comparación entre los métodos de absorción

<i>Pasivos</i>	<i>Activos</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Proceso físico o químico. • Puede ocurrir en sistemas vivos o no. • No se requiere que la célula gaste energía. • Es espontáneo, depende de la concentración. 	<ul style="list-style-type: none"> • Es un proceso metabólico. • Solamente puede ocurrir dentro de la célula. • Requiere de gasto de energía (ATP). • No es espontáneo, ocurre en contra de un gradiente de concentración.

<ul style="list-style-type: none"> • Puede ocurrir en un proceso aeróbico o anaeróbico. • Se da a cualquier temperatura. • Ejemplos: difusión de O₂ y CO₂, la ósmosis del agua y la difusión facilitada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Proceso aeróbico. • Temperaturas fisiológicas (óptima 25°C) • El elemento antes de llegar a la membrana se une a un cargador (enzima, ácidos húmicos: grupo carboxílico, fenólico) y lo transporta al citoplasma, consumiendo ATP. • Ejemplo: transporte de moléculas de gran tamaño (no solubles en lípidos) y la bomba sodio-potasio.
---	--

Crecimiento de los árboles

El crecimiento de los árboles se mide por el aumento en la masa de la planta y es producto de la actividad integral entre los procesos fisiológicos y metabólicos internos, influenciados por las características genéticas, factores ambientales y prácticas agrícolas.

El aumento de tamaño de los árboles puede ser considerado como el resultado final de la división y alargamiento de las células. Paralelamente al alargamiento y número de células es seguida por la diferenciación y cambios estructurales en los cuales se forman órganos especializados. Estas fases sucesivas de crecimiento son

reguladas por una serie de procesos fisiológicos y metabólicos coordinados. Necesitando para tales funciones un suministro adecuado de carbohidratos, agua, minerales y reguladores hormonales del crecimiento.

Función de los carbohidratos en el crecimiento

Los carbohidratos están conformando más de las dos terceras partes de los árboles, el incremento de éstos depende fundamentalmente de la actividad fotosintética, control de la síntesis de alimentación y su asimilación ordenada y eficiente por parte de los tejidos vegetativo y reproductivo, lo que supone que el control interno del crecimiento de estos tejidos están en estrecha interdependencia entre las raíces y la parte aérea formada por ramas y hojas, como fuentes de nutrientes y compuestos metabólicos que controlan el crecimiento.

Los carbohidratos en las plantas leñosas se sintetizan principalmente en las hojas y en pequeñas cantidades en las ramas, flores y frutos en desarrollo, incluso algunos árboles obtienen carbohidratos de los árboles vecinos a través de las raíces injertadas. En los árboles, los azúcares que predominan son la sacarosa, glucosa y fructosa, y se convierten en almidón siempre que se encuentren en niveles altos y los almidones se transforman en azúcares cuando las cantidades de azúcares son bajas y tienen temperaturas bajas.

Una gran proporción de carbohidratos se transloca a las puntas de las raíces y tallos, y a lo largo de la envoltura cambial se convierten en protoplasma nuevo y paredes celulares de los tejidos vegetativo y reproductivo, por lo

que, tanto los carbohidratos almacenados como los que se producen regularmente se utilizan en el crecimiento apical y cambial. El consumo de éstos, depende del ritmo de crecimiento de las diferentes partes de la planta y de la duración estacional del clima, siendo el crecimiento de las raíces mayor que el cambial y de la expansión de los renuevos, durante las estaciones de mayor temperatura.

La apertura de las yemas, crecimiento vegetativo (brotes), la producción de semillas y de frutos implican el consumo de grandes cantidades de carbohidratos. Sin embargo, en la fase de reproductiva los tejidos reproductivos son capaces de desviar los alimentos de los tejidos vegetativos, ocasionando una disminución considerable en el crecimiento de brotes, hojas y diámetro de fuste.

El almidón, es la principal forma de almacenamiento y se acumula en los troncos, en las células del parénquima axial y radial. En la corteza, el almidón se deposita en el parénquima y en las células albuminosas. La savia del xilema de algunas especies contiene apreciables cantidades de azúcar que varía entre 2 hasta 8 %. Los azúcares se acumulan como almidón en la planta generalmente fines de verano y se convierten en azúcares a principios de invierno y por lo general la concentración de carbohidratos es mayor en las raíces que en el fuste. Con frecuencia la concentración de azúcares es mayor en la corteza que en la madera, aunque en muchas especies es a la inversa.

En resumen, los carbohidratos son la clase de alimentos más importantes en el crecimiento de las plantas leñosas, ya que a partir de ellos se forman otros compuestos como

proteínas y las grasas, que intervienen en los procesos vegetativos y reproductivos.

Plantas gimnospermas y angiospermas

Las *gimnospermas* poseen gran importancia ecológica y económica por el hecho de ser plantas arbóreas que forman grandes bosques de coníferas, que permite el aprovechamiento de madera y celulosa. Se caracterizan porque las flores son poco vistosas y están constituidos por escamas, que forman *amentos* o *estróbilos*, que después se transforman en las infrutescencias vulgarmente conocidas como piñas o conos, que contienen las semillas, las cuales nacen desnudas o fuera del ovario. La mayoría de las especies tienen hojas aciculares (pino, abeto) o escamosas (ciprés).

Las *angiospermas* corresponden a las plantas cuya principal característica es la flor y las semillas se crecen en el interior del ovario e incluyen hierbas, arbustos, árboles, especies epifitas, parásitas y carnívoras. La mayoría son terrestres, pero las hay también acuáticas. Se dividen en dos grandes grupos por presentar uno o dos cotiledones: monocotiledóneas y dicotiledóneas.

Las *dicotiledóneas*, tienen dos cotiledones y la raíz primaria sigue siendo siempre, la principal y presentan crecimiento secundario en grosor.

Las *monocotiledóneas* tienen un único cotiledón, la raíz primaria es sustituida después por un haz de raicillas y, al carecer de cámbium, no presentan crecimiento secundario. Contienen flores, frutos y semillas, las cuales nacen al interior de un ovario maduro. Con pocas excepciones, los

tallos de las demás plantas terrestres (helechos, equisetos, lycopodios, angiospermas herbáceas y monocotiledóneas) no aumentan en espesor año tras año.

Muchas plantas anuales y bianuales entre las dicotiledóneas y monocotiledóneas, pasan todo su período vital con tejidos producidos solo a partir del crecimiento primario y producen flores, semillas y mueren.

La mayor parte de las 60.000 ó 70.000 especies de árboles son dicotiledóneas; sólo hay unos centenares de monocotiledóneas y menos de un millar de gimnospermas. Los cinco órdenes vivientes de gimnospermas engloban sobre todo especies arbóreas. Los más importantes son *Pináceas* (pinos, abetos, cedros del género *Cryptomeria*), *Taxales* secuoyas y Cupresáceas (cipreses), *Cefalotaxáceas* (árboles y arbustos de China y Japón), *Podocarpáceas* (especies arbóreas de las regiones cálidas del Pacífico), que constituyen las *coníferas*.

Entre las angiospermas son pocas las especies monocotiledóneas de porte arbóreo; la única familia de monocotiledóneas formada en buena parte por árboles es la de las *palmáceas*, cuyos géneros son originarios de las regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo. Las dicotiledóneas comprenden casi todos los árboles de hoja ancha, distribuidos por todo el globo.

Yemas

La estructura básica de las plantas vasculares es un eje con meristemas apicales “potencialmente inmortales”, en extremos opuestos del eje. Estos meristemas poseen

sistemas de protección especializada, para la raíz incluye un tejido protector denominado la *cofia radical*.

Los del tallo requieren de una mayor protección, sobre todo en tallos perennes que tienen que soportar las variaciones climáticas. En condiciones desfavorables (invierno), el meristemo entra en estado latente y en condiciones de desecación, se protege por medio de pequeñas hojas modificadas o *escamas*.

- **Tipos de yemas**

El crecimiento de las plantas leñosas se presenta en puntos activos o yemas, que de acuerdo a su función son:

Yemas foliares, que producen sólo tallos (ramas) y hojas;

Yemas florales, producen exclusivamente flores y

Yemas mixtas, producen tanto flores como hojas.

En algunas especies, en un mismo nudo existen yemas florales y foliares. Los manzanos y perales, forman yemas mixtas, en espolones cortos que crecen al año (2 a 3 cm), pero una poda severa inducirá el crecimiento de un retoño vegetativo largo, en lugar de un retoño corto con frutos. Los albaricoqueros tienen con frecuencia 3 yemas en un mismo nudo, la yema media es foliar y las dos accesorias son florales. En el nogal, hay tanto yemas foliares y florales. La gran yema floral de las liliáceas está flanqueada por dos pequeñas yemas foliares. La yema terminal del castaño de indias, al separarse las escamas queda un pequeño ápice floral y un primordio de yema foliar en una axila de una hoja rudimentaria. Esa yema es mixta.

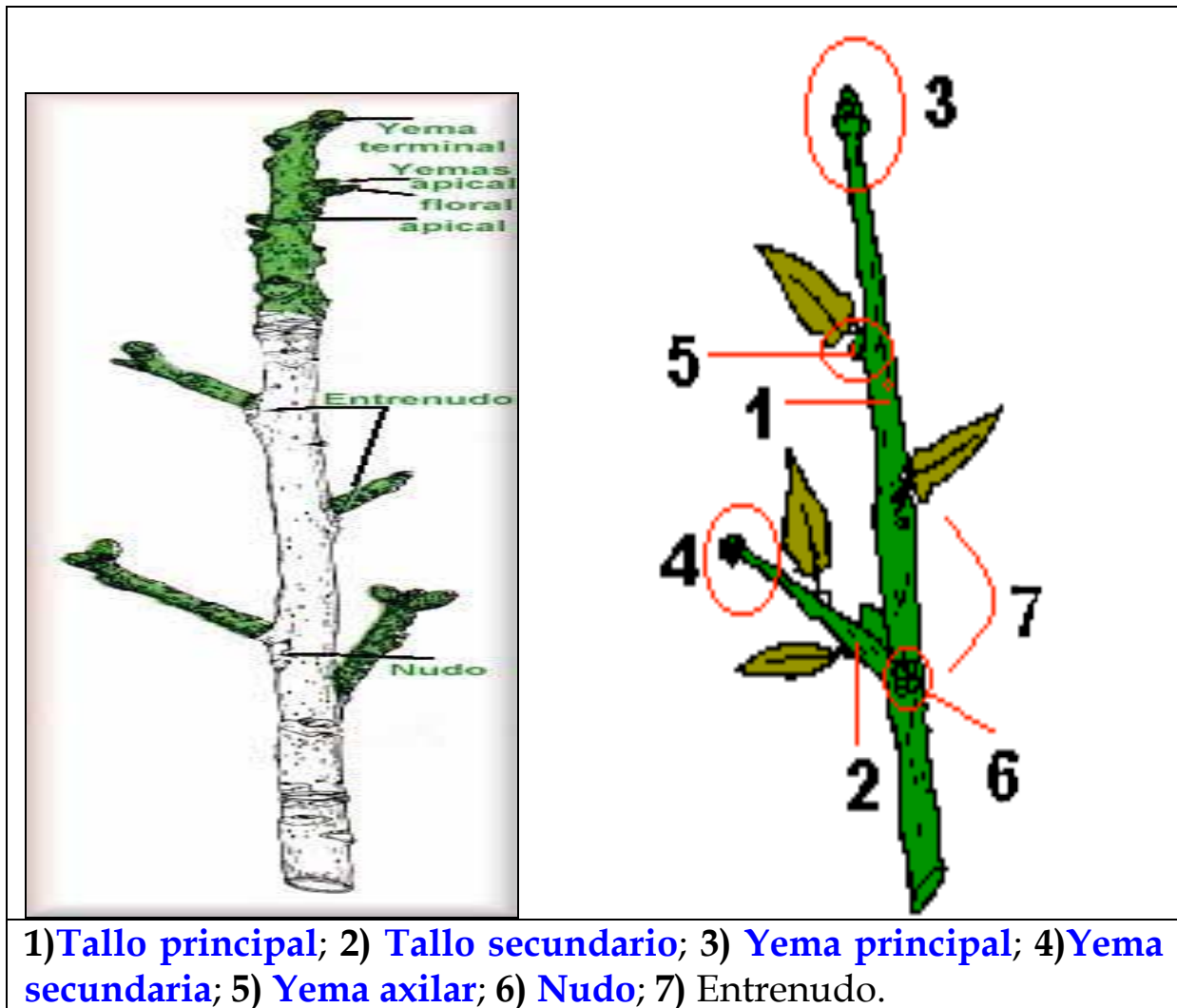
Qué determina que la punta de un retoño produzca sólo hojas, flores o bien hojas y flores al mismo tiempo? La respuesta no es del todo clara, pero se sabe, en algunos casos que la

inducción de un ápice floral tiene relación con el fotoperíodo, con una hormona y con las longitudes de onda de la luz roja, y cualquier estímulo se trasmite de las hojas al ápice del retoño.

- **Disposición de las yemas**

En una rama de nogal, se encuentra en la punta una gran yema foliar *terminal*, y a intervalos regulares, a lo largo del tallo, se localizan otras yemas denominadas *laterales*, que contienen meristemos latentes (cámbium vascular y de la corteza). Si producimos una cicatriz por debajo de la base de las yemas laterales, se observará cicatrices de haces vasculares que corresponden a filamentos de tejidos conductores de alimentos y agua que pasaban del tallo al pecíolo de la hoja.

Por lo común, las hojas y las yemas aparecen en la siguiente relación: se forman yemas en el ángulo formado por el tallo y el pecíolo de las hojas. Este ángulo se denomina *axila foliar* y por ende se puede decir que las yemas en cuestión son axilares. El paso de los tubos vasculares del tejido conductor al interior de las hojas y las yemas significa que la estructura interna del tallo está dispuesto de tal modo que resulta posible la unión continua de hojas y yemas con todas las demás partes del tallo. En esa forma, tenemos zonas especializadas en los tallos, a la que se unen los filamentos del tejido conductor del tallo y ramas (hojas).



Esta zona especializada, se conoce como *nudo* y la zona entre dos nudos adyacentes es el *entrenudo*. Como protección de las células jóvenes de la yema hay una serie de capas sobrepuestas, denominadas escamas de la yema, que se desprenden cuando la yema se desarrolla para constituir un nuevo retoño.

La parte de un tallo o rama que se encuentran entre las yemas terminales, se forma normalmente durante una temporada de crecimiento. Por ejemplo, el crecimiento de la rama en un año parte del crecimiento del año anterior,

del que se separa por medio de un anillo de cicatrices de escamas de yemas terminales, siendo esta longitud de crecimiento variable de un año a otro. Lo que se verifica por los diferentes espaciamientos entre las cicatrices de escamas de yemas terminales.

En resumen, las yemas se clasifican:

- Por su disposición en el tallo en: *alterna*, cuando tienen en un mismo nudo una hoja y una yema foliar (*nogal*); *opuesta*, cuando tienen dos hojas opuestas una a la otra en cada nudo; ejemplo en *fresno*, *liliáceas*, *arce* y otras. En *verticilo*, cuando hay en cada nudo 3 o más hojas y yemas.
- Por su posición en el tallo: terminal y lateral (axilar)
- Yemas accesorias. Algunas plantas tienen varias yemas en la axila foliar o cerca de ella. Por ejemplo el albaricoquero. La yema central, que se desarrolla para constituir una rama lateral y dos yemas laterales que son florales. Todas estas yemas excepto la central, se llaman accesorias. Los nogales también entran en este grupo.
- Adventicia. Aparecen frecuentemente en lugares distintos de las axilas foliares. Pueden presentarse en el tallo, raíces e incluso en hojas, dando origen a nuevos retoños. Su formación pueden verse estimuladas por las heridas, como ocurre en la poda.
- Por la naturaleza de los órganos: foliares, florales y mixtas.

Por regla general, la yema terminal de un tallo es la más activa y crece en forma más vigorosa que cualquiera de las laterales. Por lo común, las yemas laterales más bajas del crecimiento de un retoño durante un año, permanecen

latentes y no se desarrollan para constituir ramas. No obstante, si se retira la yema terminal, las yemas laterales que de otro modo permanecerían dormidas, pueden volverse activas.

Características del crecimiento de los árboles

Los árboles manifiestan varias características comunes de crecimiento, así pues, todos los tallos crecen longitudinalmente por adición de nuevos tejidos a las puntas de los retoños y en diámetro por la adición de nuevos tejidos a la circunferencia del tallo.

El primer paso del crecimiento es longitudinal, llamado *crecimiento primario* y luego en espesor o *secundario*. Este último a más de crear un soporte mecánico adicional, tanto en raíces como en tallos produce cada año nuevas células jóvenes y activas para la conducción. En general, el crecimiento secundario resulta más evidente en tallos y raíces de las plantas gimnospermas y angiospermas leñosas, como resultado de la actividad de los *meristemas laterales* (cámbium vascular y cámbium de la corteza). Estos meristemas se dan en forma de vainas cilíndricas desde las raíces hasta las puntas de los retoños en crecimiento y producen el crecimiento en el perímetro y desarrollo de las paredes celulares, que hacen posible el estiramiento y el crecimiento de la célula.

Las células nuevas tienen únicamente pared primaria, siendo capaces de dividirse y rediferenciarse, actuando muchas de ellas en la curación de las heridas y la regeneración. Las paredes primarias varían en espesor, dejando áreas vacías que facilitan el intercambio de los

materiales entre las células. Después que la célula ha dejado de crecer, algunas células depositan una pared secundaria, donde la celulosa es más abundante y da mayor rigidez.

Además, en las células maduras, la pared puede impregnarse de *lignina* una sustancia macromolecular que entiesa la pared celular. Esto es especialmente importante en las paredes celulares que realizan funciones tales como la conducción de líquidos o sostén. En estas células, el protoplasma a menudo muere en la madurez, facilitando la difusión de materiales.

El tiempo normal de vida de las células vegetales es de 1 a 3 años. El agua y las sales minerales en solución diluida entran a las células muertas para ser transportadas, pero ese movimiento depende de la actividad de las células vivas de las hojas y raíces, en tanto que, los tallos cumplen tres funciones principales: soporte, transporte y producción de nuevos tejidos.

La longevidad, de algunas plantas con solo crecimiento primario, se alcanza de dos modos distintos. En primer lugar, el tallo puede crecer indefinidamente en longitud, esto da como resultado un tallo horizontal, ya sea subterráneo o reptando sobre la superficie del suelo. Se forman raíces en los nudos de la base del tallo. Las porciones verticales, hojas y tallos, se producen sólo en las puntas en crecimiento (yemas), o bien, en zonas especiales (nudos).

Las porciones viejas de esos tallos horizontales mueren y se pudren, pero dejan plantas separadas, ejemplo es el rizoma del lirio. Un segundo método de crecimiento continuo con

sólo crecimiento primario, es la producción regular de nuevos tallos cortos, de los que crecen verticalmente tallos en floración, por ejemplo: bulbos de narcisos y tubérculos del gladiolo. Las monocotiledóneas de larga vida, tales como las palmas, las yucas, tienen otros mecanismos.

Crecimiento de los renuevos

El crecimiento de los renuevos es el resultado de la expansión de los brotes e implica la división celular, alargamiento, diferenciación y maduración.

En el ápice de todos los retoños, ya sean terminales o laterales, hay masas de células en forma de cúpulas que se conocen como meristemas apicales. Las células de esos meristemas tienen núcleos grandes, un citoplasma compacto y vacuolas pequeñas.

Mientras la yema permanece latente, esas células están relativamente inactivas; pero cuando las condiciones son favorables, se dividen con rapidez y las células hijas aumentan en tamaño, siendo en algunos casos son mayores de las que se originaron. Este incremento en número y tamaño da como resultado la elongación del retoño. Sin embargo a medida aumenta el tamaño de las células, se produce un diferenciación, o sea las nuevas células cambian morfológica y fisiológicamente. Así, a corta distancia a milímetros por debajo del meristema apical se ubican tres tejidos meristemáticos primarios que se derivan del meristema apical: la *protodermis*, *meristema fundamental* y *procambium*

La punta del retoño, se aplica a la parte más joven del retoño e incluye a células meristemáticas apicales asociadas a primordios foliares. La elongación rápida de los tallos es

el resultado de la formación de nuevas células en las puntas de los retoños.

Crecimiento reproductivo

El desarrollo de semillas y frutos involucra diversas etapas ordenadas, que incluye: la inducción floral, alargamiento de la inflorescencia, floración, polinización, fecundación, crecimiento y maduración de los frutos y semillas. Los bloqueos internos en cualquiera de estas fases repercutirán en la falta de producción de semillas y frutos.

El crecimiento reproductivo de algunos árboles es bastante regular, y en otros es muy irregular e impredecible. La producción bienal de los árboles frutales es un buen ejemplo del crecimiento reproductivo predecible. Algunas variedades dan buena cosecha de flores y frutos en un año, y en otro la producción es casi nula. Cuando ocurre una buena cosecha de frutos o de semillas, tanto el crecimiento de renuevos como el cambial se reducen durante el mismo año o el siguiente.

En especies forestales también se ha observado la inhibición del crecimiento de los renuevos de los árboles florecientes hasta la mitad en longitud con respecto a los renuevos de los árboles no florecientes. Los años de producción abundante de semillas tanto en coníferas como en las caducifolias se han correlacionado con un crecimiento reducido en el diámetro del fuste, disminuyendo a la mitad el crecimiento de los anillos. Estas observaciones ponen de relieve que la fase reproductiva del crecimiento monopoliza a las sustancias

que se requieren para el crecimiento vegetativo, por que una forma de favorecer el crecimiento vegetativo será dar una buena fertilización para aumentar la nutrición de la planta.

Desarrollo del tallo

Crecimiento primario

El proceso de desarrollo del tallo es gradual. Las células más jóvenes son las del meristema apical y son morfológicamente similares; no obstante, en el proceso de diferenciación, se forman diferentes tejidos y tipos de células: protodermis de 2 a 3 *cm*, meristema fundamental y procambium. Estos tres tejidos meristemáticos primarios se diferencian para constituir tejidos primarios.

- *La protodermis*

Es la capa más exterior de células que se desarrollan para formar la epidermis, la cual protege a todos los tejidos primarios subadyacentes e impide las pérdidas excesivas de agua, y permite el intercambio de gases útil para la respiración y fotosíntesis.

- *Meristema fundamental*

Comprende la porción principal de tejido meristemático de la punta del retoño. Estas células son bastante grandes, de paredes delgadas e isodiamétricas. A partir de este tejido se desarrollan los siguientes tejidos primarios:

a) *médula*, en el centro del mismo tallo, b) *corteza*, en un cilindro inmediatamente por debajo de la epidermis y rodeando a los tejidos vasculares; y c) *rayos medulares*, a

veces la médula y la corteza se conectan por medio de estos rayos medulares.

- ***Procambium***

El procambium aparece primeramente como filamentos entre células meristemáticas fundamentales y luego en grupos aislados de células dispuestas en círculo que a veces dan lugar a la formación de un cilindro procámbico continuo. Estas células son más pequeñas que las del meristema fundamental. El procambium da origen a tejidos vasculares primarios, el *floema* y *xilema* y, entre estos dos en muchos tallos queda una zona meristemática que da origen al *cambium vascular*.

El tallo se alarga en una secuencia ordenada de nudos e internudos, y se desarrollan nuevas hojas a partir de los bordes del meristema apical. Los embriones se forman en el eje de las hojas y son capaces de seguir una secuencia de crecimiento similar al ápice del vástago.

Crecimiento secundario o cambial

A continuación de la formación de los tejidos primarios, sigue el crecimiento secundario o cambial producto de la división de nuevas células del cambium vascular. El cambium vascular, constituye un delgado meristema envolvente ubicado entre el xilema (madera) y el floema (corteza) del tallo, de las ramas y raíces. Las células cambiales se dividen tangencialmente para producir células del xilema hacia el interior y células del floema hacia el exterior.

Las células cambiales, posteriormente sufren diferenciación, que consiste en alargamiento de la célula, la

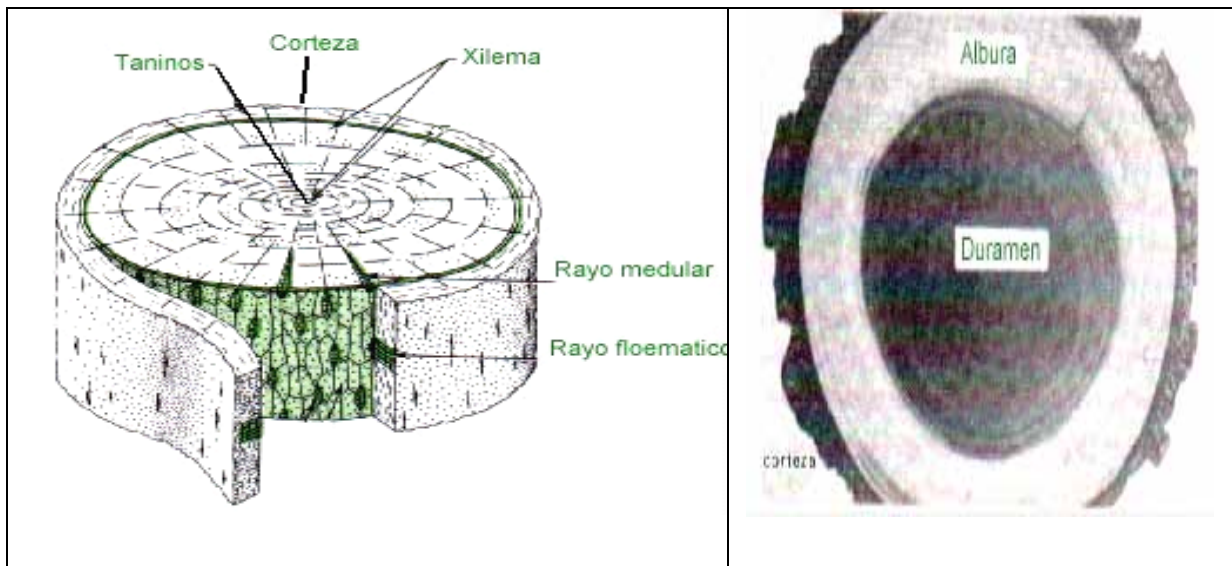
formación de paredes secundarias y la pérdida de protoplastos. Como consecuencia del crecimiento cambial cada año se insertan nuevas capas de madera y de corteza sobre la capa vascular del año anterior, produciendo un aumento en el diámetro del tronco. Cada año se deposita más madera (xilema) que corteza; finalmente, las células de la corteza se caen y mueren, y la corteza vieja y externa se desprende del árbol.

El cámbium de la corteza forma fibras fuera del anillo del floema. Produce principalmente corcho o corteza externa, las cuales protegen al árbol de la pérdida de agua y de los parásitos, forman una capa de suberina grasosa haciendo que el tejido sea altamente impermeable al agua y gases. El intercambio lateral de gases, en tallos y raíces se lleva a cabo por las *lenticelas*, que son partes corchosas de la peridermis con grandes espacios intercelulares.

Anillos anuales de madera

Se aprecian en un corte transversal del tallo y *son el resultado de las variaciones en la tasa de crecimiento y en el tipo de madera producida durante la temporada de crecimiento*. Los anillos anuales se distinguen en las secciones o cortes transversales debido a las diferencias en densidad de la madera temprana de un año, que es adyacente a las células de madera tardía formada anteriormente. La madera temprana (primavera), es la que se ha formado primero y tiene células con paredes delgadas y es menos densa que la madera que se forma posteriormente (madera tardía o de verano).

En la zona templada generalmente se produce un anillo de madera cada año. Sin embargo, durante algunos años pueden formarse más de un anillo. Por tanto se pueden reconocer anillos falsos o múltiples. También cuando ocurre latencia cambial a un lado del árbol (viejo o roto), se forman anillos discontinuos que no completan la circunferencia del tronco.



Algunas veces las heladas después del crecimiento anual comienzan a dañar al cambium y hacen que se formen los anillos de helada, éstos a menudo se confunden con anillos anuales, pero si se ve con la ayuda del microscopio, presentan anomalías en sus células. Esta variación en la formación de anillos, indican que no siempre la cantidad de anillos refleja la verdadera edad del árbol.

Todo tipo de madera posee tejidos de conducción, por ejemplo: en la madera blanda existe gran cantidad de traqueidas, que son las encargadas de la dirección de nutrientes. Si en la madera se observa poros entre los anillos, entonces se dice que es una madera porosa. Dichos poros están en relación con la dureza de la madera.

- No tiene poros la madera: *madera Blanda*
- Tienen poros la madera: *madera Dura*

Vasos + fibra: se encargan del transporte en policotiledóneas Las fibras poseen diferentes tamaños, en las policotiledóneas ellas son tan grandes que se pueden ver a simple vista (5-7mm), en las dicotiledóneas son un poco más pequeñas (2.5 a 4 mm); en las monocotiledóneas, estas fibras poseen tamaños que oscilan entre los 0.5 y los 1.8 mm El duramen en los troncos posee un color más oscuro, que es dado por los taninos. Estos dan además sabor, dureza y color. Estos son en si las sustancias de deshecho del árbol almacenadas en la parte media del tronco.

Las fisuras en las cortezas de los árboles, ocurre por el crecimiento lateral de los mismos. La corteza es en sí tejido muerto y da protección mecánica a los tejidos interiores. En un corte transversal de un tronco se observan además unos rayos medulares cuya función es la de almacenamiento de sustancias de reserva (almidones sobre todo). En las policotiledóneas estos rayos suelen ser uniseriados. Los rayos medulares son líneas de células de pocos mm a varios cm de grosor. Dichos rayos medulares están formados por tejido parenquimático.

Las sequías inhiben el crecimiento de los brotes como el diámetro del fuste y ramas durante el año en que ocurren, aunque el efecto a menudo se prolonga en años posteriores. En presencia de lluvias, se reanuda el crecimiento cambial, pero si aparece seguidamente una nueva sequía en la misma fase de crecimiento, llegan a depositarse anillos falsos o múltiples durante un año. Además

de influir en la extensión del anillo anual, lo que repercute en la calidad de la madera; la sequía provoca lesiones en los órganos vegetativos, tallo y raíz, que conduce a una disecación en la forma de una “quemada”, por lo cual se caen las hojas, hay muerte de brotes, agrietamiento del fuste y muerte de los árboles.

La luz en la fisiología de los árboles

La luz es importante para todas las plantas verdes porque es la fuente primaria de energía necesaria para los procesos de asimilación. El crecimiento de la planta está dirigido hacia la eficiencia de la fotosíntesis. Cuando la luz es insuficiente, se reduce la fotosíntesis y las raíces sufren la mayor restricción del crecimiento lo que compromete el normal desenvolvimiento de los árboles.

La luz tiene marcada influencia en la síntesis de la clorofila y sustancias químicas; número y posición de los cloroplastos; transpiración; ella es el estímulo que motiva las respuestas trópicas, como los giros de los tallos y hojas. Determina el crecimiento y diferenciación de las células y órganos especializados: parénquima en empalizada, órganos de almacenamiento y desarrollo radicular. Una de las primeras respuestas de la planta a la luz es la formación de clorofila. Salvo raras excepciones, las plantas con plastidios sólo producen clorofila a la luz; casi siempre dicho pigmento desaparece bajo la oscuridad continua. En los raros casos en que puede formarse clorofila en la oscuridad, la planta es incapaz de realizar la síntesis de carbohidratos sin luz.

La intensidad de luz necesaria varía con las especies. En los climas templados, es necesario por lo menos, de 1 % de intensidad luminosa para que las especies más tolerantes a la sombra sintetizen lo suficiente para crecer. Se ha comprobado que la concentración de la clorofila por unidad de superficie de la hoja o por unidad de peso, aumenta al disminuir la intensidad luminosa.

Los cloroplastos son más abundantes y se ubican, en la parte superior de la hoja en la mayoría de las especies que reciben luz solar, ordenándose paralelamente a la dirección de la luz. Se ha comprobado que la primera capa de cloroplastos absorbe 30 % de la luz que cae sobre ella; en la segunda capa de cloroplastos se reduce a 21 %; en la tercera, a 15% y en la cuarta al 10% y continúa reduciéndose en las inferiores. En la sombra, los plastidios que son más escasos se colocan en dirección perpendicular a los rayos luminosos, para aumentar así la superficie de absorción.

La luz influye en la estructura de la hoja. Las hojas externas de la copa (expuestas a la luz), son más gruesas que aquellas que se desarrollan en el interior de la copa, que suelen ser más finas. La sombra da por resultado hojas finas, generalmente con una capa de células empalizadas con una colénquima poco apretada. El espesor de la hoja aumenta con la intensidad luminosa. Cuando la luz es difusa o las plantas crecen a la sombra, predomina el parénquima lagunoso, cuyas células se alargan paralelamente a la superficie, de manera que aumenta la superficie de absorción de luz.

El agua y la intensidad de luz influyen en la cantidad de tejido en empalizada que se desarrolla en el haz de las hojas, a igual intensidad de luz, en suelos secos dicho tejido se desarrolla más que en suelos húmedos.

Las hojas del árbol expuestas directamente al sol tienen mayor proporción de parénquima en empalizada en el haz de la hoja que las hojas ubicadas en el interior de la copa, que se encuentran a la sombra.

La forma de la hoja también varía con la intensidad de luz. El tejido lagunoso, cuyas células se alargan perpendicularmente a la dirección de la luz, tiene a determinar la extensión de la hoja normalmente a la luz incidente. En cambio el tejido en empalizada tiende a extender la hoja paralelamente a la dirección de la luz. Por eso, que contienen un exceso de tejido lagunoso son relativamente anchas (lobuladas o hendidas), mientras las otras, son gruesas.

Los tallos de las plantas desarrolladas bajo sombra suelen ser más largos y más ramificados.

Calidad de la luz

Las copas de los árboles también alteran la calidad de la luz que los atraviesa. *Sus hojas absorben luz de las porciones violeta-azul y naranja-rojo del espectro, dejando mayor cantidad de rayos verdes-amarillos en lo que resta del espectro.* Este tipo de sombra, conocida como "*sombra verde*" puede tener grandes deficiencias en las ondas utilizadas para el proceso de fotosíntesis. Las ondas azules son las más importantes para el crecimiento y el desarrollo del césped. Se ha observado que ciertas variedades de

césped, como la bermuda, pueden crecer a la sombra siempre y cuando reciban ondas azules.

Los árboles absorben totalmente los rayos de cierta longitud. Así como las especies difieren en cuanto a la intensidad de la luz que dejan pasar o que retienen, también difieren en cuanto a la calidad de la luz en su sombra. *La sombra debajo de las coníferas contiene más luz azul que la sombra debajo de aquellos árboles de grandes hojas, ya que las agujas de las coníferas son más opacas y sirven como filtros neutros, reduciendo todas las ondas de igual manera.* Las especies de hojas grandes que toleran la sombra absorben una porción más grande de luz roja que las especies que no toleran la sombra. Es difícil separar las diferentes influencias de la intensidad y calidad de la luz sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas. En general se refiere al conjunto como sombra.

El césped que crece debajo de la sombra es erguido con hojas más largas y angostas. El crecimiento de las raíces y de los rizomas se reduce más que proporcionalmente al crecimiento de los brotes. Muchas variedades de césped que crecen en zonas frías -por ejemplo las festucas y los ryegrasses- se saturan de luz (llegan a un nivel por encima del cual no pueden fotosintetizar más) con aproximadamente un tercio de la luz solar total.

Necesidad de luz en especies maderables

Se conoce que no todas las plantas necesitan la misma cantidad de luz y de acuerdo con sus características biológicas los árboles requieren de mayor o menor intensidad de luz para efectuar sus procesos vitales. Esto es

importante para el silvicultor en los planes y manejo de las especies maderables.

Un bosque que necesita más luz, está más abierto para dejar penetrar más luz, a los brotes interiores, a las ramas más bajas e individuos dominados que perecen en mayor número que los que resisten a la sombra.

La sombra influye mucho en la forma en que se desarrollan los bosques, constituyendo un fenómeno que ha sido investigado durante muchos años por los ingenieros forestales. Las hojas de los arces son muy eficientes cuando la densidad de la luz es baja. Las hojas interiores pueden llevar a cabo el proceso de fotosíntesis utilizando tan solo un sexto de la luz solar total.

Esta adaptación a las intensidades de luz reducidas permite que se forme una *copa frondosa*. Por otro lado el abedul es una especie que no tolera la sombra y generalmente es de crecimiento rápido, corta vida y poco tolerantes a la sombra. Las hojas de las especies del abedul y el álamo necesitan pleno sol para maximizar la fotosíntesis. Si las ramas y las hojas que están por encima de ellas proyectan mucha sombra, las hojas de estos árboles no podrán fotosintetizar y generar suficientes nutrientes como para autoabastecerse, se tornarán amarillas y caerán. Las plantas de acuerdo con su exigencia de luz, se pueden clasificar en heliófilas y esciófilas.

Plantas heliófilas

Son aquellas que viven expuestas a la luz directa y generalmente no son tolerantes a la sombra, ejemplo: *Pinus*

sp; *Tectona grandis*, *Casuarina sp.* *Quercus aleoides* var. *Sagreana* (encino); *Eucalyptus sp*; abedul; álamo.

Plantas esciófilas

Son aquellas que pueden vivir bajo el dosel del bosque o a la sombra y generalmente no se desarrollan bien si están expuestas a la luz directa. Ejemplo: *Juglans insularis*, Nogal; *Carapa guianensis* (najesí); *Oxandra lanceolata* (yaya); arces.

Plantas *semitolerantes*, son aquellas con características intermedias para sobrevivir, crecer y desarrollarse a la sombra. Ejemplo: *Cedrela odorata* (cedro); *Swietenia macrophylla* (caoba de Honduras); *Grevillea robusta* (roble de Australia).

En las especies intolerantes (heliófilas), la copa es casi hueca y el desarrollo foliar es periférico, mientras que en las tolerantes (esciófilas) la copa es densa y el interior de ellas está bien provista de hojas de sombra. Las hojas y ramas inferiores de los árboles intolerantes (heliófilas), van muriendo y cayendo al suelo. Cuanto más intolerante son las especies, más rápido es el desprendimiento de las ramas.

Por esta razón en los bosques de especies intolerantes los árboles crecen delgados y derechos, con mucha altura en relación con el diámetro. En cambio, las especies tolerantes retienen sus ramas, y el diámetro es proporcional a la altura.

Por último, el estudio del crecimiento de los árboles jóvenes bajo los árboles adultos, permite apreciar su capacidad de resistencia a la sombra. También debe tomarse en cuenta que la luz no es el único factor que

influye en el desarrollo de los árboles. La humedad, la competencia, la temperatura y fertilidad del suelo, son factores que influyen también en el crecimiento de los árboles.

Propiedades de las plantas desarrolladas a pleno sol

Morfológicas	Fisiológicas
Tallos más gruesos con xilema y tejidos de sostén bien desarrollados. Entrenudos más cortos y ramificación más prolífica.	Generalmente tienen menor contenido de clorofila siendo, por lo tanto, de color verde amarillento.
Células más pequeñas (con excepciones) en general, espacios menores entre las nervaduras y pubescentes. Cutícula y paredes celulares más gruesas. Menos cloroplastos, pero más grandes y con mayor contenido de clorofila.	Respiración muy activa. Menor porcentaje de agua en relación con la materia seca. Transpiración más activa.
Parénquima en empalizada mejor desarrollado y a veces en ambos lados. Tejido esponjoso del mesófilo menos desarrollado. Menos espacios entre las células.	Mayores niveles de fertilidad, con mayor contenido de sales y presión osmótica.
Mayor superficie externa e interna de las hojas. La copa de un árbol que necesita luz es más pequeña y tiene menor follaje que la que vive a la sombra. Limbos de las hojas orientados en dirección distinta de la incidencia a los rayos solares.	Disminución del pH del jugo celular. Alta relación C/N.

Sistema radicular con mayor área, debido a que sus raíces son más largas y numerosas. Mayor peso en verde y seco de las raíces y parte aérea.	Mayor vigor de floración y fructificación. Floración precoz.
Paredes laterales de las células epidérmicas menos onduladas.	Mayor resistencia a los daños por la temperatura, la sequía y los parásitos.

Capítulo 6

Agua - Suelo - Plantas

El estudio de este capítulo, permitirá explicar y analizar el potencial del agua y como éste se relaciona con el movimiento del agua en las células de los vegetales. Estudio del agua en el sistema suelo-planta. Clases de agua y contenido de humedad en el suelo.

El agua es el compuesto inorgánico fundamental que controla el crecimiento y supervivencia de los árboles. En los árboles es el constituyente primario del protoplasma, que comprende del 80 al 90% de su peso fresco en los tejidos de crecimiento. El agua es un reactivo en el proceso de la fotosíntesis y sustentador de la turgidez de las hojas y brotes. Los árboles están contruidos de tal manera que pierden grandes cantidades de agua, a través de sus estomas, mediante el proceso de transpiración. Pero para compensar las altas tasas de pérdida de agua, los árboles poseen una extensa área de hojas y un volumen extenso de raíces, que de alguna manera reemplaza el agua perdida.

La superficie absorbente del agua en los árboles aumenta con el desarrollo de pelos absorbentes alrededor de las raíces principales y secundarias. Después que el agua del suelo es absorbida por las raíces pasa a los elementos vasculares para su transporte y redistribución.

Potencial químico del agua, Ψ

El movimiento del agua está en función de algunos componentes del denominado potencial hídrico. El potencial del agua (Ψ), describe el estado de energía del agua y puede ser definido como: *la diferencia de potencial químico del agua, que existe entre una muestra de agua con el agua pura, a la misma temperatura y unidad de volumen.*

$$\Psi = (\mu - \mu^{\circ}) / \nu$$

Donde: μ , potencial químico del agua en la muestra; μ° , potencial químico de referencia del agua pura, siendo por definición igual a cero; y, ν unidad de volumen molar del agua.

El potencial hídrico del agua pura es igual a cero; en tanto que, cuando el agua está mezclada con un soluto (por ejemplo, una sal) el potencial hídrico es menor que cero y además las moléculas de agua en la solución tienen una menor cantidad de energía libre.

El potencial hídrico en un sistema particular es la suma algebraica de los componentes debidos a fuerzas de presión Ψ_p (presión atmosférica o potencial de presión), potencial osmótico Ψ_s , potencial matricial, ψ_m , y gravitacional ψ_g (en árboles).

$$\psi = \psi_p + \psi_s + \psi_m + \psi_g$$

Potencial de presión, Ψ_p

Representa la diferencia en presión hidrostática con la referencia y puede ser positivo o negativo. Cuando entra en la célula, aumenta el volumen vacuolar y se ejerce una presión, denominada presión de turgencia, sobre las

paredes celulares. Al mismo tiempo, se desarrolla en dirección opuesta una presión igual a la presión de turgencia, es decir desde las paredes al interior celular. Esta última denominada *presión de pared*, actúa como una presión hidrostática, aumentando el estado energético del agua en la célula, y representa el potencial de presión Ψ_p . Naturalmente adquiere valores positivos siempre que la vacuola ejerza una presión sobre las paredes circundantes. A medida que se pierda agua de las células, la vacuola se contrae progresivamente, decayendo la turgencia celular y Ψ_p . El Ψ_p se hace cero en una etapa denominada *plasmólisis* (los protoplastos empiezan a separarse de la pared), en la cual la vacuola cesa de presionar sobre las paredes. Ocasionalmente, el Ψ_p es negativo, cuando surgen de un tirón hacia el interior de las paredes, como consecuencia de la contracción vacuolar.

- **Componente osmótico, Ψ_s**

Está determinado por la concentración de solutos disueltos en la vacuola y es idéntico a la presión osmótica de la savia vacuolar. El componente osmótico disminuye la energía libre del agua y en las células vegetales es siempre negativo, que varían con l volumen celular, siendo más próximo al cero en células totalmente hidratadas que en las deshidratadas.

El Ψ_s varía en forma lineal con el volumen celular y en la savia celular alcanza un valor aproximado a, -1MPa.

$$\Psi_s = -RTa_j;$$

Donde: **R** constante molar de los gases (8.3144 J mol⁻¹; J = m².kg s⁻²), **T** temperatura absoluta, y **a_j** concentración de

solutos ($a_j = N_j \cdot C_j$), siendo N_j el coeficiente de actividad (si es diluido es 1); y C_j la concentración de solutos.

Las membranas celulares nunca son verdaderamente semipermeables, sino más bien *diferencialmente permeables*, por lo que los solutos se pueden difundir a su través, pudiendo alcanzar valores el Ψ_s entre 0 y 1.

Para una membrana que es igualmente permeable al agua y solutos o si no se encuentra presente ninguna membrana el $\Psi_s = 0$, sale agua con solutos y se alcanza el equilibrio cuando: $\Psi^{\text{ext}} = \Psi^{\text{Int}}$. En condiciones de agua pura, el potencial total es uno y el potencial osmótico es cero ($\Psi = 1$ y el $\Psi_s = 0$).

- **Potencial mátrico Ψ_m**

El potencial matricial es similar al potencial osmótico, excepto que la reducción de la energía del agua es consecuencia de fuerzas en las superficies de los sólidos, es decir es el agua retenida por coloides y capilares. Sin coloides ni capilares $\Psi_m = 0$. Con coloides o capilares $\Psi_m = -$. El potencial mátrico surge como consecuencia de fuerzas que retienen moléculas de agua por capilaridad, adsorción e hidratación, principalmente en la pared celular y citoplasma. En el primer caso la celulosa conformada por microfibrillas entrelazadas crean microcanales en los que el agua es retenida, por tensión superficial. En el citoplasma, el agua es absorbida por varias macromoléculas y coloides (proteínas, almidón, arcilla, madera).

- **Potencial gravitacional**

El componente gravitacional $\Psi_g = \delta a \cdot g \cdot h$ (δa = densidad del agua, generalmente es 1 g/cc, g es la constante de gravedad 9,8 m/s² y h es la altura en m), es consecuencia de diferencias de energía potencial debidas a diferencia de altura con el nivel de referencia, siendo positivo si es superior al de referencia, y negativo cuando es inferior. Representa también el trabajo requerido para trasladar una masa de agua m_w /mol a una altura h . (si asciende +, si desciende -). Aunque frecuentemente ignorado en sistemas vegetales, el Ψ_g aumenta 0,01 MPa m⁻¹ por encima del nivel del suelo, por lo que es sólo significativo a grandes alturas como en el caso de los árboles. De célula a célula la h es casi 0.

Potencial de Nernst (E_N)

Es la diferencia de potencial eléctrico en ambos lados de la membrana que necesita una especie cargada para estar en equilibrio, siendo sus concentraciones en ambos sistemas distintos.

Esto significa que una especie cargada puede alcanzar el equilibrio entre dos medios a distintas concentraciones en cada uno, siempre que la diferencia de potencial de la membrana que los separa tenga un determinado valor de potencial de Nerst (E_n).

Si relacionamos el potencial de Nernst con el de membrana podríamos saber si hay flujo y en que sentido iría. Para ello, desarrollamos la igualdad $m_j^{int} - m_j^{ext} = m_j^{ext-int}$ (Si es + es difusión pasiva, si es 0, están en equilibrio y si es -

entra por transporte activo). Donde: m_j , es la energía libre por mol de una especie "j" en un sistema.

- Si $m_j = +$; $m_j^{\text{ext}} > m_j^{\text{int}}$ Difusión pasiva
- Si $m_j = -$; $m_j^{\text{ext}} < m_j^{\text{int}}$ Transporte activo
-

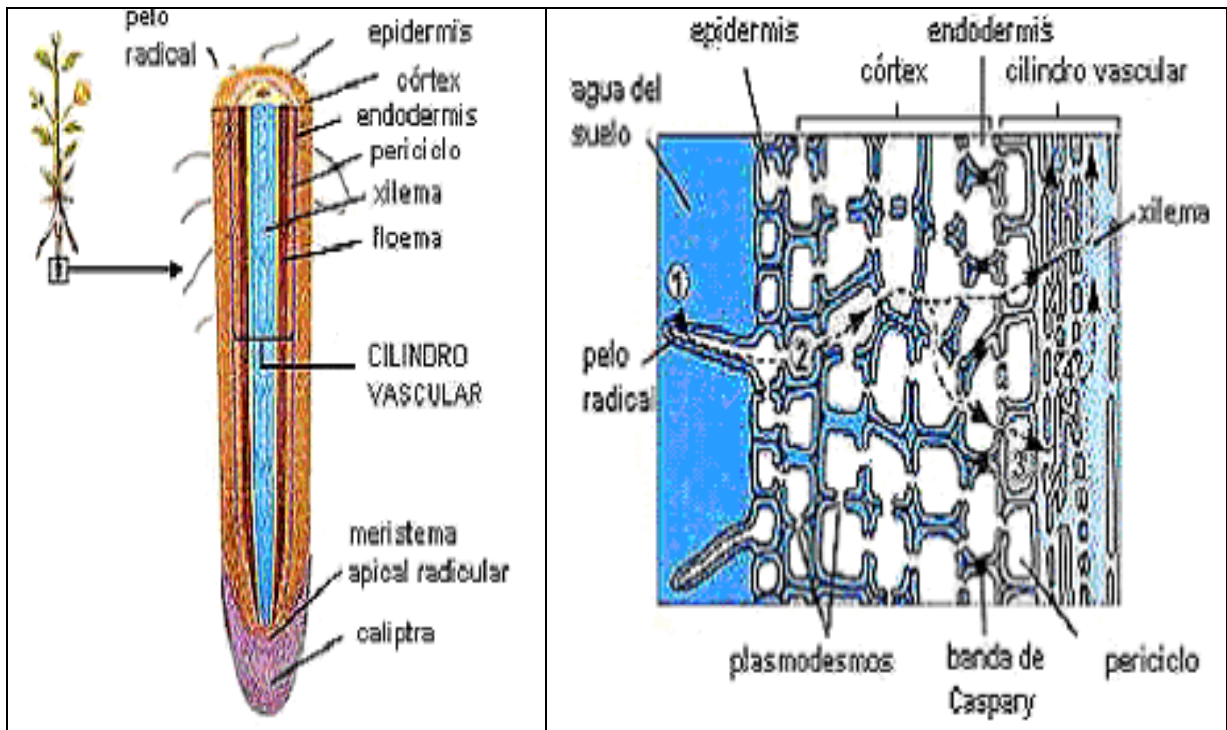
Importancia del potencial hídrico

El aspecto más importante del uso del potencial de agua se refleja en las fuerzas de transferencia de agua. El movimiento del agua en las células tejidos y planta total, tiene lugar desde un mayor potencial a menor potencial. Por lo tanto, el movimiento del agua entre dos puntos depende de la diferencia de potencial y de la resistencia al flujo de agua. Tales resistencias en la planta son: la pared celular, membrana, cutículas, concentración de solutos, etc. De ésta forma el flujo de agua es:

$$F = (\psi_1 - \psi_2) / R$$

Donde: Ψ_1 y Ψ_2 = diferencia de potencial entre dos puntos; F = tasa de flujo de agua y R = resistencia de la pared celular, membrana, cutícula.

Las membranas celulares presentan una característica especial, esta es su selectividad o permeabilidad diferencial. Esto es, que las moléculas de agua pueden pasar la membrana, mientras que las sustancias disueltas en agua no logran penetrar o si lo hacen es en mínima proporción y en un tiempo demasiado lento.



Unidades de presión:

<p>1bar = 0,1Mpa $\text{Pa} = \text{N}/\text{m}^2 = \text{J} \cdot \text{m}^{-3}$; Mpa = 10 bares</p>	<p>1 atm = una columna de agua a 1.033 cm 1 atm = 760 mm de altura en la columna de Hg.</p>	<p>1 atm \approx 1 bar. $0.98 (1 \text{ atm}) = 10^5 \text{Pa}$ $10^6 \text{Pa} = 4,8 \text{ atm}$ $10^6 \text{ J}/\text{m}^3$</p>
--	--	---

Bajo condiciones biológicas normales, el movimiento del agua se produce de una región de potencial alto a la de bajo potencial. El proceso es espontáneo y durante el movimiento se libera energía hacia los alrededores y la energía liberada tiene la capacidad de realizar trabajo, como causar el ascenso osmótico del agua en los tallos, en el fenómeno conocido como *presión radical*.

Plasmólisis-solución hipertónica

La plasmólisis es un proceso de salida de agua de la célula y se produce cuando el potencial del agua (Ψ_{H_2O}) fuera de la célula es menor que dentro del tejido, dejándole a la célula plasmolisada. Este proceso ocasiona una retracción de la membrana celular.

En condiciones naturales, el límite de expulsión de H_2O es cuando la presión se hace cero. En condiciones normales, no existen presiones menores que cero. La plasmólisis no necesariamente daña en forma permanente a la célula y puede ser reversible, si ésta se coloca de nuevo en un medio *hipotónico*. En estas condiciones la célula recupera rápidamente el agua perdida y su turgencia inicial, mediante la ósmosis.

Las soluciones hipertónicas se caracterizan porque la solución externa es más concentrada que la del jugo celular, su potencial osmótico y potencial del agua es menor que la del jugo celular, por lo tanto, el agua sale de la célula al medio exterior. Este fenómeno ocurre en suelos con un valor de conductividad eléctrica alta, por exceso de fertilización y mal manejo de agua en el suelo. En estos suelos, a pesar que el suelo esté húmedo las plantas tienen dificultad de absorber agua.

- **Turgencia**

La presión que ha surgido dentro de una célula como resultado de la entrada de agua en su interior se denomina *turgencia*. Al contrario de la plasmólisis, el agua ingresa a la célula cuando $\Psi^{ext.} > \Psi^{int}$ (jugo celular) y las células en esta situación se vuelven túrgidas. El agua que ingresa

aumenta la presión hasta que la pared se lo permite. La turgencia es importante en la vida de las plantas (células, tejido), de ella depende la forma y rigidez, en plantas no leñosas, por ejemplo, ciertos tejidos de las hojas. Cuando se pierde la turgencia se produce el marchitamiento.

La forma y rigidez de los tejidos, se deben al agua y solutos disueltos en ella, que ejercen presión en el interior de la vacuola. La presión es generada por ósmosis, es decir por la difusión de agua al interior de la célula. Para sobrevivir la planta debe absorber cantidades relativamente elevadas de agua, elementos minerales, CO_2 y luz solar.

El almacén mayoritario de agua está en la *vacuola*, lo que contribuye a *mantener la turgencia y volumen de la célula*. Cuando la célula es joven, las vacuolas son numerosas y diminutas como resultado de su activa división, pero conforme la célula se desarrolla y madura, las vacuolas pequeñas se fusionan y expanden hasta que la gran vacuola central ocupa del 80 al 90 % del volumen celular total, desplazando al citoplasma hacia la periferia de célula, donde es más fácil el intercambio de gases.

Por esta razón, en la vacuola es donde más se nota el flujo de agua y menos en el citoplasma. En una célula totalmente turgente, el Ψ_{total} es igual a cero ($\Psi_{\text{H}_2\text{O}} = 0$) de tal modo que el $\Psi_s = -\Psi_p$; y en este punto el volumen relativo de la célula a plena turgencia es 100 %.

A medida que se pierda agua la presión de turgencia disminuye progresivamente, hasta el punto de turgencia cero ($\Psi_p = 0$), y esto conduce a que disminuya el volumen celular y el potencial osmótico Ψ_s , ya que éste se halla inversamente relacionado con el volumen celular.

Cuando el $\Psi_{ext} = \Psi_{int}$, se habrá alcanzado el equilibrio. En el caso de turgencia celular, la concentración de solutos o especie: $C_j = C_j \cdot V_j$.

$$a_j = n_j \cdot c_j$$

a_j concentración efectiva ($a_j = n_j * c_j$ siendo n_j el coeficiente de actividad, si es diluido es 1, y c_j la concentración real. A mayor concentración, mayor desplazamiento de energía.

Los solutos que no afectan al flujo son parecidos al agua. Si los solutos fluyen igual que el agua ($s = 0$), no podemos decir $s = 0$, y $P = 0$; ya que los solutos siguen ingresando. Si la presión es igual en el citoplasma y en la vacuola. Los fenómenos osmóticos son distintos. $\Psi_{celular} > \Psi_{medio}$

Movimiento del agua a través de membrana

El movimiento de agua ocurre básicamente por *difusión* (pequeñas distancias) o *flujo de masas*. Este último, es mayoritario y permite el movimiento masivo a largas distancias. No es un movimiento espontáneo pero si debido a alguna diferencia de presión establecida en el sistema, como por ejemplo, la gravedad o una fuerza mecánica ejercida en alguna parte superior o en todo el sistema.

Hay moléculas osmóticas y no osmóticas. Algunos solutos, por ejemplo los solutos permeables (menos osmóticos) hacen que no exista flujo de agua porque son ellos los que se mueven de la misma manera que lo haría el agua. Si los solutos no pueden pasar de un sitio a otro, será cuando se muevan las moléculas de agua, para igualar el potencial hídrico en el medio interior y exterior de la célula, siendo el

potencial osmótico igual a cero. Ψ_s (osmótico) = 0; cuando:
 $\Psi P_{\text{int}} = \Psi P_{\text{ext}}$

Relacion agua-suelo

El agua es una de las sustancias más importantes de la corteza terrestre. En las formas líquida y sólida cubre más de las 2/3 partes de nuestro planeta y en la forma gaseosa es constituyente de la atmósfera. El agua es el factor fundamental para la vida y crecimiento de la planta, por lo que es necesario preocuparse por la forma en que el agua se mueve en el terreno, por la cantidad de agua que puede captar el subsuelo, la cantidad de agua que puede aprovechar la planta y la forma en que debe reabastecerse el suministro. Su exceso y deficiencia afecta el desenvolvimiento de la planta.

Cualquier cultivo durante su ciclo de vida, consume gran volumen de agua: parte de la cual pasa por la planta y se pierde a la atmósfera por transpiración. El reservorio del agua, es el suelo, que temporalmente almacena agua, pudiendo suministrar a las plantas a medida de sus necesidades. Como recarga natural del agua es la lluvia, la misma que es discontinua, generando variaciones en la disponibilidad de agua, por lo que hay la necesidad de suministrar agua en forma de riego. Cuando las lluvias son excesivas su capacidad de almacenamiento es superada y grandes pérdidas pueden ocurrir por escurrimiento superficial, provocando aún la erosión del suelo o por

percolación profunda, la cual no es aprovechada por la planta.

Distribución del agua

El agua en el suelo al atravesar la superficie del terreno se distribuye por él, quedando sometida a varias fuerzas de cuya intensidad depende el mayor o menor grado de fijación (retención) al material sólido. La cantidad total de agua que puede extraerse de una muestra en el laboratorio es el contenido de *humedad del suelo* y será igual a la suma de los pesos o volúmenes de agua obtenidos de la muestra por procedimientos progresivamente energéticos, lo que indica que existen varias formas (clases) de agua en el suelo.

Clases de agua en el suelo

La porosidad, o sea, los espacios entre las partículas, forma una red de cavidades conectadas entre sí, de una variedad infinita de formas y dimensiones. Al suministrar agua al suelo, ésta se distribuye alrededor de las partículas y se retienen por *fuerzas matriciales de adhesión y cohesión*. La adhesión representa el grado de atracción de la partícula del suelo por el agua y la cohesión constituye la atracción entre las moléculas de agua.

La **tensión superficial** es un fenómeno típico de una interfase líquido-gas. El líquido se comporta como si estuviese cubierto por una membrana elástica, bajo tensión, con tendencia permanente de contraerse, por las fuerzas cohesivas que actúan sobre cada molécula de agua. Las moléculas en el interior del líquido son atraídas en todas las direcciones por fuerzas iguales de cohesión, en cuanto

moléculas de la superficie son atraídas para la fase líquida, más densa, con fuerzas mayores de las fuerzas con que son atraídas para la fase gaseosa, menos densa.

La tensión superficial, es por lo tanto, una medida de resistencia a la deformación de la membrana elástica que se forma en una interfase líquido-gas. Ella depende de la temperatura: generalmente decrece con su aumento, acompañada por un aumento de presión de vapor. Los electrolitos disueltos aumentan la tensión superficial y como resultado el soluto tiende a penetrar en el solvente.

Las moléculas de agua están unidas unas a otras por puentes de hidrógeno y tienen un carácter dipolar reaccionando con las cargas de las superficies de los sólidos, con lo cual, el agua desplaza el aire y llena los poros del suelo. Cuando todos los poros grandes y pequeños quedan llenos, se dice que el suelo está *saturado* y en su máxima capacidad de retención.



Según el grado de retención por fuerzas no capilares o de atracción eléctrica, se distinguen las siguientes clases de agua.

- **Agua gravitacional**

El agua que se deposita en los poros grandes y que se filtra fácilmente por gravedad se conoce como *agua de gravitación* o *agua libre*. Esta agua no es aprovechable por las plantas y favorece la lixiviación de nutrientes.

- **Agua capilar**

Cuando se suspende el suministro en la superficie, el agua continúa colocándose por entre dichos poros durante varios días. Los poros grandes vuelven a llenarse de aire y el agua contenida en los poros pequeños sigue moviéndose por capilaridad en función del potencial o va penetrando más lentamente que el agua libre. Esta agua que rodea como finas películas a los poros, es el *agua capilar*, y representa la única forma de agua del suelo que aprovechan las plantas por lo que es de interés agronómico. El agua capilar está influenciada por fuerzas capilares y de tensión superficial.

- **Agua higroscópica.**

La evaporación y la absorción de agua de las plantas en crecimiento reducen la cantidad de agua en el suelo. El agua queda retenida herméticamente en forma de capas muy diminutas alrededor de las partículas del suelo, que la planta no puede aprovechar y ésta comienza a marchitarse. Finalmente, el suelo queda tan seco que causa la muerte de la planta si se demora el suministro de agua. Esta agua, se conoce como *Agua higroscópica* y es definida como el agua que queda retenida en el suelo, en forma tal que pierde su estado líquido y se desplaza como vapor. Desde el punto de vista agronómico esta agua no es útil y se presentan cuando el suelo está en marchitez permanente, que dependiendo del suelo está entre 10-15 atmósferas. *El punto de marchitez*

permanente en plantas mesófilas es de: -1,5 Mpa; y en xerófitas menor de: -1,5 Mpa.

El *agua utilizable* = $C_c - P_{mp}$

En las plantas, *las tráqueas y traqueidas*, forman parte de las fuerzas matriciales que actúan en la retención del agua y cationes. Las traqueidas, contienen un poro alveolado, que bloquea el transporte de agua y savia. Las tráqueas en cambio, son columnas de transferencia con pared, que conectan el xilema con el floema. Al tener pared, tienen superficies Donnan, y por lo tanto, los cationes que fluyen en el líquido celular lo hacen con más dificultad.

Contenido de humedad en el suelo

- **Capacidad de campo, C_c**

La capacidad de campo puede definirse como la cantidad máxima de agua que un suelo puede retener o almacenar, después que ha ocurrido el libre drenaje, previo a la saturación del suelo. Este concepto es de gran importancia en la agricultura pues en la zona de las raíces representa el agua que, transcurrido un tiempo -generalmente 2-3 días- después de un riego o lluvia queda en el terreno, parte de la cual podrá ser aprovechada por las plantas.

En el campo, los suelos alcanzan esta condición sólo momentáneamente, debido a que mientras el exceso de agua está aún drenando lentamente en las capas más profundas del suelo, parte del agua disponible de las capas superficiales esta siendo evaporada desde el suelo o transpirada por las plantas. Determinar cuando el perfil

tiene una "capacidad de campo promedio" es difícil de precisar, y aun más en suelos arcillosos.

- **Punto de marchitez permanente, P_m**

El punto de marchitez, se define como el límite inferior de humedad aprovechable para las plantas. Por debajo de este umbral, las fuerzas de succión de las células de las raíces son insuficientes para extraer el agua retenida por el suelo.

En un día seco y soleado, una planta por ejemplo el maíz, puede transpirar excesivamente y marchitarse temporalmente, aun cuando la humedad del suelo es de 1 ó 2 bares (donde el agua está realmente disponible para la planta), pero la planta se recuperará fácilmente durante la noche cuando las pérdidas por transpiración son mucho menores. En contraste con esta marchitez temporal, el punto de marchitez indica la baja disponibilidad de humedad y en tales condiciones las plantas marchitas no se recuperan, a menos que se agregue agua al suelo.

Tradicionalmente la determinación del punto de marchitez en el laboratorio, se ha realizado sometiendo a las muestras a una succión de 15 bares. Sin embargo, este valor así obtenido es solamente un indicador general del límite inferior de humedad del suelo en el que la planta aún puede extraer agua.

- **Disponibilidad del agua en el suelo**

El contenido de humedad del suelo en base al peso (gravimétrico) puede ser transformado a la forma volumétrica, multiplicándose por el valor de su densidad aparente, con lo que resulta de mayor utilidad agrícola. El

volumen de agua es usado para determinar la cantidad que contiene o almacena un suelo, la lámina de agua a aplicarse como riego hasta una profundidad determinada y, hasta que profundidad una lluvia o irrigación humedece el suelo.

El volumen de agua es la altura de agua que tiene un suelo a una profundidad determinada.

$$\theta_v = \theta_g * (D_a / D_w)$$

Donde:

θ_v = humedad volumétrica (%); θ_g = humedad gravimétrica (%)

D_a = densidad aparente del suelo (g/cm^3)

D_w = densidad del agua ($1 \text{ g}/\text{cm}^3$)

Conociendo el contenido volumétrico de agua en el suelo a capacidad de campo y en el punto de marchitez, se calcula para una profundidad dada, la reserva total de agua disponible para las plantas, que se puede almacenar en esa capa de suelo.

$$A_d = (C_c - P_m / 100) * P_f$$

A_d = agua disponible (mm); C_c = humedad volumétrica a capacidad de campo (%)

P_m = humedad volumétrica en punto de marchitez (%)

P_f = profundidad de la capa del suelo (mm)

Así mismo, el almacenamiento de agua del suelo (A) disponible para las plantas, a una profundidad determinada y en un momento dado, se calcula por la siguiente expresión:

$$A = (C_c - H_v / 100) * P_f$$

A_d = agua disponible en un momento dado (mm)

C_c = humedad volumétrica a capacidad de campo (%)

H_v = humedad volumétrica actual del suelo (%)

P_f = profundidad de la capa de suelo (mm)

La cantidad de agua contenida en el volumen del suelo y el estado de energía del agua (potencial) en el suelo son factores importantes que afectan el crecimiento y producción de las plantas, pudiendo estas variables ser determinadas mediante su relación y representadas gráficamente por la llamada *curva característica de humedad del suelo*.

- **Método gravimétrico**

Consiste en tomar muestras a diferentes profundidades (generalmente intervalos de 10 cm) y sitios en el campo, obteniéndose luego un promedio de la humedad del suelo. El método es simple, no requiere equipo complicado y puede ser usado en todos los suelos agrícolas. Sin embargo, es lento y requiere de muchas repeticiones para reducir los errores debido a la variación del suelo.

Las muestras tomadas en el campo con el barreno se depositan inmediatamente en una lata y se cierran herméticamente. Luego de pesarlas en húmedo (PH), se secan hasta peso constante en una estufa a 105-110°C, y se

pesan nuevamente en seco (PS). La diferencia de peso es debido a la pérdida de agua y se calcula así:

$$\%humedad(peso) = \frac{(PH - PS)}{PS} * 100$$

- **Método de dispersión de neutrones**

En los últimos años, este método ha venido ganado aceptación mundial como una técnica eficiente y confiable de medir la humedad del suelo en el campo. Sus principales ventajas sobre el método gravimétrico son que: es menos laborioso, más rápido, no destructivo, mayor resolución espacial, las mediciones se pueden repetir periódicamente en los mismos sitios y profundidades, el método es prácticamente independiente de la temperatura y la presión. Sus principales desventajas son el alto costo del instrumento, bajo grado de resolución espacial, dificultad de mediciones en la parte superficial del suelo, la operación y mantenimiento requiere de personal preparado, debido principalmente a los peligros asociados con la exposición a neutrones y radiación gamma.

El instrumento consiste de dos componentes principales:

a). *Una sonda*, la cual contiene una fuente de neutrones rápidos y un detector de neutrones lentos; la sonda se desciende dentro de un tubo de acceso de aluminio o de PVC que va insertado verticalmente dentro del suelo.

b). *Un medidor*, generalmente portátil y de baterías, que mide el flujo de neutrones lentos dispersados por el suelo. La fuente de neutrones rápidos generalmente es obtenida por mezcla de un emisor radioactivo de partículas alfa con

berilio ($^{241}\text{Am-Be}$; Ra-Be). Tanto el radio como el americio emiten radiación gamma, pero la del americio es menos energética (0.08 MeV) y por lo tanto menos peligrosa.

El método se basa en que la velocidad de neutrones rápidos (2 MeV), emitidos por la sonda ubicada a determinada profundidad del suelo, disminuye al chocar con los núcleos de hidrógeno (pierden energía cinética, llegando a 0.025 eV). Dado que el agua es la mayor fuente de hidrógeno en el suelo y el núcleo de hidrógeno es el moderador más efectivo de neutrones rápidos, el número de neutrones lentos interceptados por el detector, es una medida confiable del contenido volumétrico de agua en el suelo.

Para una mayor eficiencia del método es necesario calibrar la sonda para cada tipo de suelo. La curva de calibración generalmente es una recta, de la forma: $y = a + bX$.

- **El tensiómetro**

Las medidas del potencial del agua en el suelo pueden ser realizadas por el método del tensiómetro y de resistencia eléctrica, principalmente. Los tensiómetros son ampliamente usados para medir la tensión del agua en el campo y laboratorio.

Un tensiómetro consiste de una cápsula porosa de cerámica, en contacto con un manómetro de mercurio o vacuo metro, completamente llena de agua. Los tensiómetros de Hg son más sensibles y precisos que los de vacío.

Cuando está colocado en el suelo, el agua del tensiómetro entra en contacto con el agua del suelo a través de los poros de la cápsula y el equilibrio tiende a establecerse. Inicialmente, esto es, antes de colocar el instrumento en

contacto con el suelo, su agua está a la presión atmosférica. El agua del suelo, que generalmente está bajo presiones sub-atmosféricas, ejerce una succión sobre el instrumento y de este retira cierta cantidad de agua, causando una caída en la presión hidrostática dentro del instrumento.

Establecido el equilibrio, el potencial del agua dentro del tensiómetro es igual al potencial del agua en el suelo y el flujo de agua cesa. La diferencia de presión es indicada por un manómetro. El tensiómetro permanece en el suelo por largo tiempo y como la cápsula porosa es permeable al agua y sales, el agua dentro del tensiómetro queda con la misma composición y concentración de agua del suelo. La diferencia de presión, no indica por lo tanto, el potencial osmótico.

Cuando el suelo se seca, succiona agua de la cápsula porosa (gradiente hidráulico). En consecuencia, dentro del sistema se crea una tensión que aumenta gradualmente conforme el suelo se va secando. Cuando el suelo es humedecido por el riego o la lluvia, se invierte el sentido de la succión y el agua fluye de nuevo al interior de la cápsula; al mismo tiempo disminuye la lectura del tensiómetro.

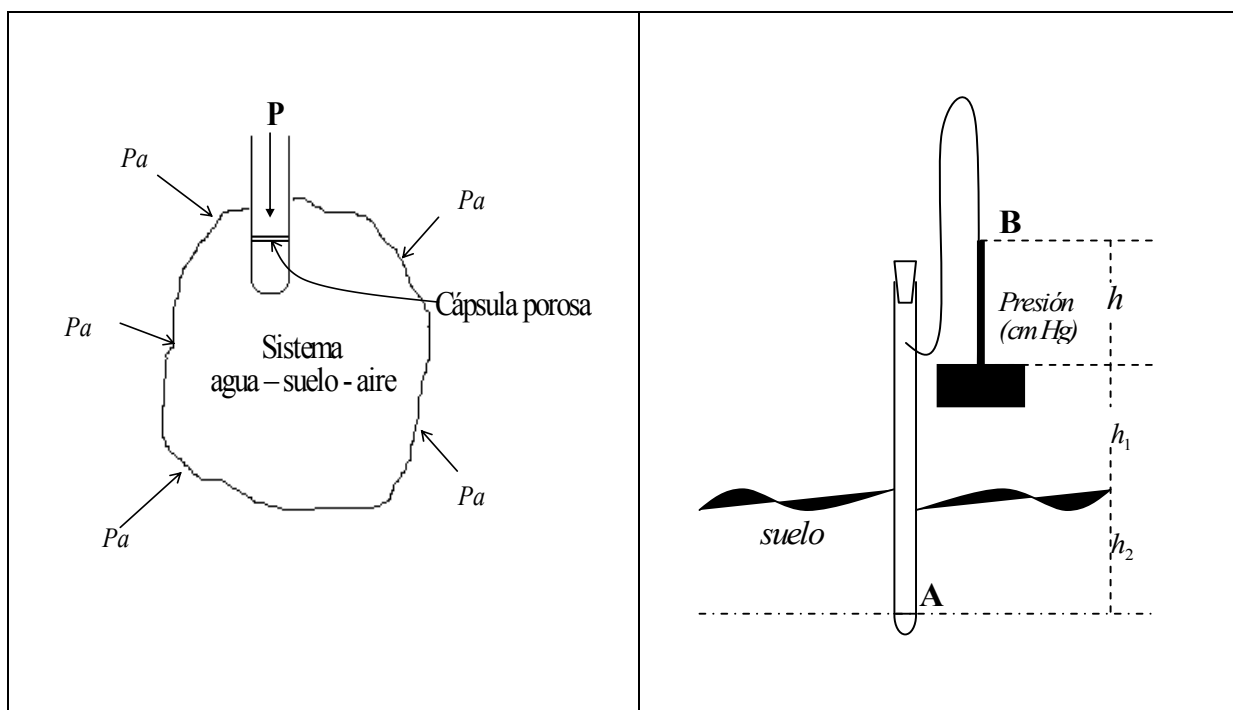
- **El tensiómetro y el potencial matricial**

Los tensiómetros son usados para medir el potencial capilar, llamado también potencial de humedad, potencial matricial o potencial de succión o presión negativa del agua del suelo.

Este potencial es el resultado de fuerzas capilares, eléctricas y de adsorción que surgen debido a la interacción entre el agua y partículas sólidas de la matriz del suelo. Estas

fuerzas atraen y fijan el agua en el suelo, disminuyendo su energía potencial con relación al agua libre.

Para superficies planas de líquido, no existe diferencia de presión entre puntos inmediatamente superiores e inferiores a la interfase líquido-gas. Para superficies curvilíneas, ya existe una diferencia de presión, responsable de una serie de fenómenos capilares.



La presión P (Ψ_t) es la presión del agua en un tensiómetro en equilibrio con el agua del sistema agua-suelo-aire (no hay flujo).

P_a es la presión del aire (Ψ_s , atmosférica) que penetra a dicho sistema durante la salida de agua desde el tensiómetro hacia el suelo; v absorción del volumen de agua a temperatura constante.

El potencial de presión representa la cantidad de trabajo que tiene que hacer una unidad de cantidad de agua (masa, volumen, expresada en términos de agua pura), para que pueda entrar al suelo, desde una superficie plana bajo de la presión atmosférica y con una elevación dada. Pudiéndose representar por la siguiente ecuación:

$$\Psi_p = \frac{P - Pa}{\delta_{\text{agua}}}$$

El agua pura del tensiómetro, cuando sale al suelo tiende a aumentar la energía del sistema agua-suelo, debiéndose notar que cuando un sistema trabaja, su energía disminuye y cuando algo trabaja sobre un sistema, la energía aumenta.

De experimentos en suelos saturados o no saturados con una succión, se encuentra que $P < Pa$ y por tanto, $\Psi_m < 0$. El suelo en este estado absorberá espontáneamente una cantidad infinitesimal de agua (v).

En un sistema en equilibrio, el trabajo realizado durante un desplazamiento virtual es cero, es decir:

$$\Psi_s(Pa, \text{suelo}) = \Psi_t(P, \text{tensiómetro})$$

$$\text{Por lo tanto, } d\Psi_s = d\Psi_t$$

Luego el potencial de succión o matricial es:

$$\Psi_m = vP - vPa$$

Como la Pa es constante, $dPa = 0$

$$d\Psi_m = v dP$$

que, integrando de 0 a una presión genérica la presión del tensiómetro (P), y considerando que el volumen del agua v como una constante unitaria, la lectura del manómetro Ψ_t es directamente una medida del potencial matricial (Ψ_m):

$\Psi_m = \Psi_t$; en unidades de energía/volumen = presión

- **Lectura de los tensiómetros**

En los tensiómetros de manómetro de Hg, la succión del suelo se expresa en términos de altura de agua (h_1 , carga de presión o hidráulica) que es igual a la carga de presión h y carga de gravedad h_2 .

$$h_1 = h + h_2$$

Esta ecuación expresa las energías potenciales en términos de altura y es conveniente porque permite medir directamente en términos de altura en un experimento.

La siguiente ecuación permite calcular el potencial matricial o de presión en los tensiómetros:

$$\Psi_m = -12.6h + h_1 + h_2$$

Ψ_m , potencial matricial, h altura en cm de la columna del Hg, h_1 altura en cm de la succión del tensiómetro expresada en cm de agua y h_2 profundidad del tensiómetro en cm

En el caso de los *tensiómetros con medidor de vacío*, la presión del agua en la línea hidrostática se mide con el reloj. Generalmente el reloj mide entre 0 y 100 centibares de succión. Como la succión se puede expresar en términos de

la altura del agua, la equivalencia sería entre 0 y 1.017 cm de agua.

Los tensiómetros sólo se pueden usar para succiones hasta de 0.8 bares, porque con valores más altos se forman burbujas en la línea del aire disuelto en el agua. Sin embargo, a esas tensiones son útiles, debido a que el 75% o más del agua disponible en suelos de textura gruesa y cerca del 25 al 50 % en suelos de textura fina están en ese rango.

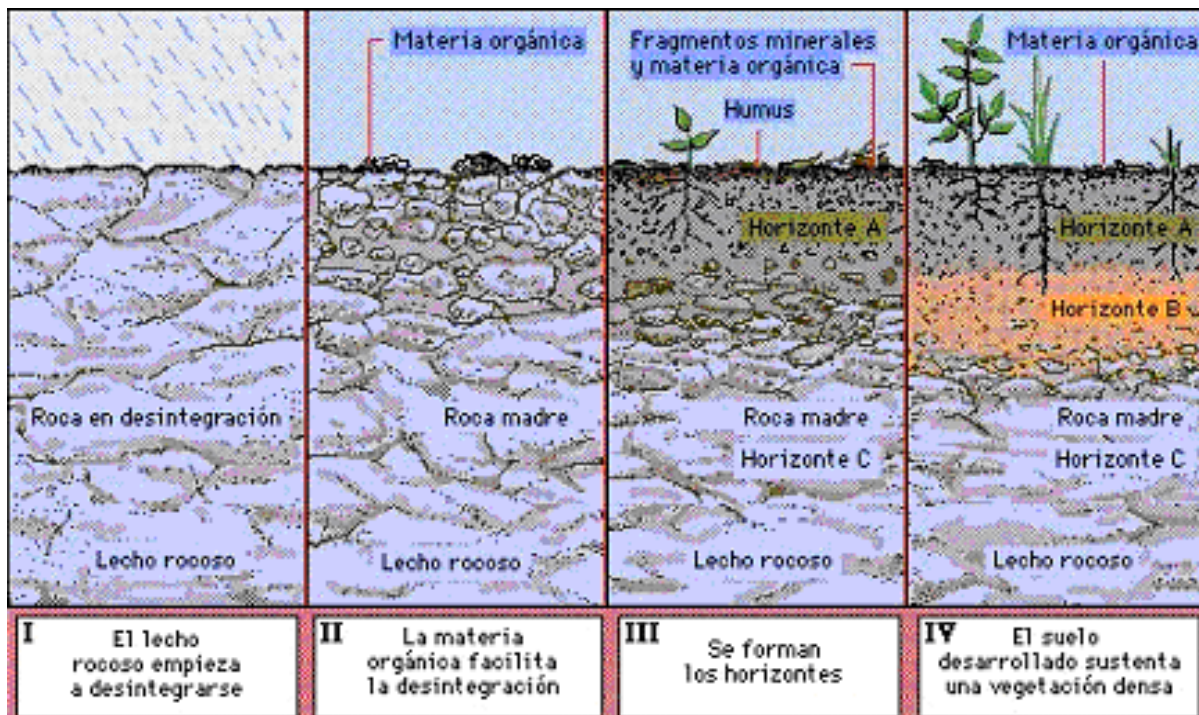
Por lo que los tensiómetros son una herramienta de gran utilidad en el manejo de riego, pero necesitan calibrarse para mayor utilidad, la cual se realiza en el campo mediante mediciones simultáneas de humedad volumétrica y la tensión dada por la lectura del tensiómetro, y con estas lecturas se realiza una curva de calibración de la forma $y = a + bx$ ó logarítmica.

Capítulo 7

El suelo: nutrición mineral

En este capítulo se estudia al suelo desde el punto de vista de la nutrición mineral. Aporte mineral y orgánico del suelo para la planta. Procesos relacionados con la disponibilidad de nutrientes para los vegetales.

El suelo consiste de sólidos, líquidos y de una mezcla de gases. El volumen ocupado por las tres fases en un suelo considerado ideal es aproximadamente: 50% por la fase sólida (45% mineral + 5% materia orgánica); 25% por la solución y 25% por los gases.



La participación de cada fase en el volumen total varía en el espacio y en el tiempo; por adición o disminución del agua (riego o lluvia) desplaza o aumenta el aire; en los suelos orgánicos la fracción mineral es menor.

La composición química y la estructura física del suelo en un lugar dado, están determinadas por el tipo de material geológico del que se origina, por la cubierta vegetal, por la cantidad de tiempo en que ha actuado la meteorización, por la topografía y por los cambios artificiales resultantes de las actividades humanas

El componente líquido de los suelos, denominado solución del suelo, es sobre todo agua con varias sustancias minerales en disolución, cantidades grandes de oxígeno y dióxido de carbono disueltos. La solución del suelo es muy compleja y tiene importancia primordial al ser el medio por el que los nutrientes son absorbidos por las raíces de las plantas. Cuando la solución del suelo carece de los elementos requeridos para el crecimiento de las plantas, el suelo es estéril.

Elementos minerales

Los elementos minerales útiles para la planta, resultan de la degradación física, química y biológica del suelo. Cualitativamente, separamos a la fracción sólida del suelo en cuatro sub-fracciones: materia primaria, óxidos y sales, materia orgánica, y gases y agua.

- **Compuestos inorgánicos primarios**

Corresponden a silicatos o alumino-silicatos, que se caracterizan porque son minerales primarios, que

contienen en su estructura: SiO_4 , óxidos de Ti, Ca, Mg, Fe, Al, Na, K, Zn, Mn y P_2O_5 .

El Ca, Mg, K, y Fe son los nutrientes más abundantes en los materiales primarios. El fósforo es menos frecuente y es notable la ausencia de los macronutrientes N y S y de los micronutrientes Cu, Zn, Co, Mo y B.

Estos minerales no disueltos, durante los procesos de meteorización o transformación física-química, son liberados al suelo para ser utilizados por las plantas.

- ***Los óxidos, carbonatos y sulfatos***

Pueden contener elementos nutritivos, tales como Ca, Mg, S, y Fe. La importancia de los carbonatos, aparte de proporcionar Ca y Mg; funcionan como tampones del pH. Los óxidos de Fe son importantes agentes de cementación (formación de agregados) entre partículas. Los óxidos de Fe y Al existen en muchos suelos tropicales, tanto en forma cristalina como también en forma amorfa, que dependiendo del pH externo y de la concentración salina de la solución del suelo, ellos disocian grupos H^+ u OH^- .

Los nutrientes solubles, se encuentran en la solución del suelo, la cual contiene una serie de cationes, aniones y moléculas inorgánicas, orgánicas y órgano metálicas que varían de acuerdo con las condiciones del ambiente. Estos electrolitos de la solución del suelo se originan y están en equilibrio con los componentes del suelo que son: sales solubles, sales absorbidas y iones cambiables.

- ***Material orgánico***

La materia orgánica viva o muerta, es fuente de N, S y P para las plantas. Su contenido, en la mayoría de los suelos, varía entre 1 al 10 %. La materia orgánica posee una

superficie reactiva debido a la disociación de grupos COOH, OH y NH₂, produciendo aún más complejos de Fe, Mn, Ca, Mg, y otros. (*Este tema se ampliará en el Capítulo 9*).

- ***Gases y agua***

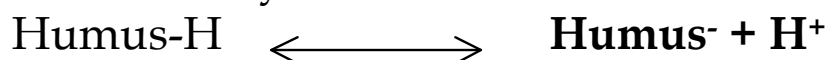
La composición química de la fase gaseosa del suelo, está formada por los mismos componentes del aire en la atmósfera: nitrógeno, oxígeno, CO₂, vapor de agua y los gases inertes. La diferencia entre uno y otro se presenta en que debido a la respiración de los componentes biológicos del suelo, en el suelo aumenta la concentración del CO₂ y se reduce el O₂.

Elementos orgánicos

Los elementos orgánicos en el suelo, resultan por los siguientes procesos:

- Degradación lenta del humus (coloides)
- Degradación rápida mediante los procesos de mineralización de materia orgánica: NH₄⁺, NO₃⁻, PO₄⁻³, SO₄⁻².

El humus. Es un ácido débil, es decir está menos ionizado inicialmente y se ioniza gradualmente facilitando el intercambio y adsorción de cationes.



Los compuestos húmicos contienen grupos funcionales ácidos, que intervienen en las reacciones de intercambio, aumentando la capacidad de intercambio catiónico de un suelo o sustrato. Si aumenta el pH, aumenta la forma **Humus⁻**, que retiene más cationes, ya que actúa como un anión. Los H⁺ y otros cationes son retenidos por aniones, impidiendo su lixiviación.

Las sustancias húmicas interaccionan con las arcillas del suelo y estabilizan los agregados del suelo, previniendo la erosión. Las sustancias húmicas, además, tienen un papel importante en la disponibilidad de micro elementos para las plantas, puesto que forman complejos con los metales de Fe, Mn, Zn y Cu, principalmente; contribuyendo además con la absorción por parte de la planta de otros elementos, como el N, P, K, Ca y Mg.

Por lo citado, aplicaciones de materia orgánica y humus a suelos pobres, producen efectos benéficos en el crecimiento vegetal, atribuyéndose principalmente a su capacidad de mejorar la absorción de los distintos nutrientes.

La capacidad de intercambio catiónico de la materia orgánica se debe a los grupos que se encuentran en las superficies de las moléculas de los ácidos húmicos que entran en la descomposición de ella, como los grupos:

- carboxílicos, $-\text{COOH}$
- fenólicos, $-\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$
- alcohólicos, $-\text{OH}$
- metoxílicos, $-\text{OCH}_3$

La capacidad de intercambio catiónico de la materia orgánica de los ácidos húmicos es alta y varía entre 220 - 400 meq/100g.

Textura: Retención de agua

La textura es la relación porcentual de partículas menores de 2mm (arena, limo y arcilla) presentes en el suelo. La textura juega un papel importante en la capacidad de retención y disponibilidad de agua y consecuentemente en

la programación del riego. En general, es muy conocido por el agricultor que suelos arenosos requieren riegos frecuentes y ligeros, y los arcillosos todo lo contrario. Es conveniente conocer la textura de la capa superficial (0 a 30 cm) y de la capa sub-superficial (> 30cm) para determinar a la vez la capacidad de drenaje del suelo.

Las partículas del suelo se clasifican como arena, limo y arcilla. Las partículas de arena tienen diámetros entre 2 y 0,05 mm, las de limo entre 0,05 y 0,002 mm, y las de arcilla son menores de 0,002 mm. En general, las partículas de arena pueden verse con facilidad y son rugosas al tacto. Las partículas de limo apenas se ven sin la ayuda de un microscopio y parecen harina cuando se tocan. Las arenas y limos se caracterizan por tener poca agua, predominan en los desiertos y lugares fríos.

Las partículas de arcilla son muy finas (invisibles) forman una masa viscosa cuando se mojan. Las arcillas corresponden a suelos solubles y están formados por CO_3^{2-} , SiO_4^- y micelas de polihidratos de Fe y Al.

Características hídricas del suelo

Clases de agua	Diámetro del poro (mm)	Diámetro de partículas del poro (mm)
Higroscópica	No rellena los poros
Capilar	<0.008	<0.05 (limo y arcillas)
Gravitacional (de evacuación lenta)	>0.008	>0.05 (arena fina)
Gravitacional (de evacuación rápida)	>0.05	>0.02 (arena media)

- Suelos de textura fina, grumosa, arcillas ($\Phi < 2$ micras): Alta retención de agua y ricos en humus (suelos estables). Textura gruesa, arenas ($\Phi 0.05-50$ mm) y limos ($\Phi 0,05$ y $0,002$ mm): Poca retención de agua. Bajos en humus.
- Agua estructural: Esta contenida en los minerales del suelo como son los óxidos hidratados y solamente es liberada en procesos edáficos.
- Agua higroscópica: Es agua inmóvil, es removida solamente por calentamiento o sequía prolongada.
- Agua capilar: Es agua retenida en los microporos por fuerza de capilaridad, el agua de los capilares mayores se percola en el interior del perfil.
- Agua gravitacional: Es agua retenida en los macro poros y puede drenar fuera del perfil

Estructura del suelo

La estructura es utilizada para describir al suelo en lo que se refiere al arreglo, orientación y organización de las partículas minerales y orgánicas del suelo en una fracción estructural definida. La estructura define también la geometría de los espacios porosos. La unión de las partículas del suelo da origen a la *formación de agregados*. Estos son clasificados en cuanto a la forma en: prismática, laminar, columnar y en bloques; y en cuanto al tamaño de los agregados de acuerdo con su diámetro: muy gruesa (>10 mm), gruesa ($5-10$ mm), mediana ($2-5$ mm), fina ($1-2$ mm) y muy fina (<1 mm).

La permeabilidad del suelo al agua, aire, penetración de las raíces y disponibilidad de los elementos nutritivos

depende de la estructura. Un suelo bien agregado o estructurado presenta una buena cantidad de poros de tamaño relativamente grande. Decimos así, que posee alta macroporosidad, cualidad que favorece la penetración de las raíces, circulación de aire e infiltración de agua. *A diferencia de la textura la estructura puede ser cambiada, por ejemplo, mediante la rotación de cultivos e incorporación del material vegetal al suelo.*

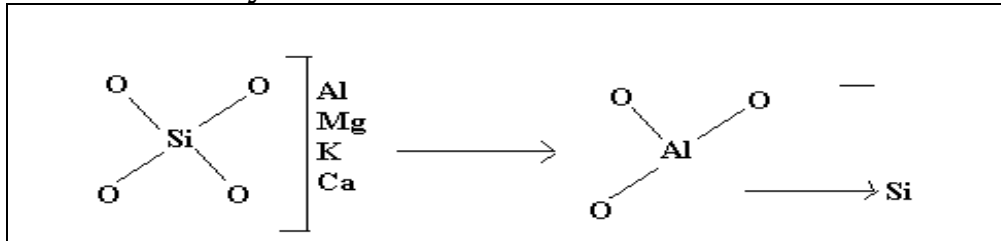
Según la estructura del suelo, se tiene: a). Suelo estable: que se caracteriza por ser suelos neutros, grumosos y con alto contenido de humus y CaCO_3 . b). Suelo inestable, corresponden a los suelos ácidos, bajos en humus, arcillosos y pobres en cationes, por su mayor lixiviación.

- ***Las arcillas: sustitución iónica***

Las arcillas en el sistema suelo-agua, pueden comportarse como un ácido débil, es decir que están parcialmente ionizados en la solución del suelo, pero esta ionización se incrementa gradualmente a medida que haya mayor dilución de los electrolitos, con lo cual se facilita la retención e intercambio catiónico de los elementos.

Las arcillas, son láminas formadas por la unión de tetraedros de sílice, que en su disposición dejan espacios hexagonales en los que caben iones OH^- . Comprende un grande grupo de minerales, algunos de los cuales son amorfos, aunque la mayor parte de ellas es constituida de microcristales de tamaño coloidal y estructura definida. Entre estos cristales, se encuentran los alumino-silicatos. Básicamente, estas se constituyen de dos unidades estructurales: un tetraedro de átomos de Si^{+4} y un octaedro de átomos de oxígeno (o grupo hidroxílico OH^-)

envolviendo un átomo de Al^{+3} . Los tetraedros y octaedros están unidos por sus vértices por medio de átomos de oxígeno que son compartidos. Según la relación de las láminas o capas de tetraedros y octaedros, los minerales de arcilla son: caolinita 1:1; minerales 2:1 como la montmorillonita y minerales 2:2.



Estas estructuras, también denominadas micelas son ideales y eléctricamente neutras. En la naturaleza y durante su formación, ocurren *sustituciones isomorfitas* de átomos que producen un desbalance de cargas en la superficie y aumentando el grado de ionización. Así, es común la sustitución de Si^{+4} por Al^{+3} en los tetraedros y la sustitución de Al^{+3} por Mg^{+2} y/o Fe^{+2} en los octaedros.

Esto acontece, porque el tamaño de estos átomos puede perfectamente sustituir unos a los otros en la red cristalina y como resultado, cargas negativas del oxígeno permanecen no balanceadas, volviendo a las micelas en superficies eléctricamente cargadas. Estas cargas son neutralizadas externamente por iones cambiables (Ca^{2+} , H^{1+} , Mg^{2+} , H_2PO_4^- , NO_3^- , PO_4^{3-} ...) de la solución del suelo y con los mismos dipolos del agua. Estos iones también penetran entre las micelas, a fin de neutralizar las cargas originadas por la sustitución isomorfitas. Un caso típico es el K^+ , que al penetrar entre las láminas de algunas arcillas, se torna indisponible para las plantas.

Si aumenta el pH (alcalino), aumenta la forma Arc^- , que retiene más cationes. Los H^+ son retenidos por aniones.



- ***Micelas amorfas***

Son bases débiles que retienen aniones



Las bases fuertes corresponden: a las bases de valencia > 2 : Ca(OH)_2 . Los compuestos orgánicos son ácidos fuertes y ácidos débiles los ácidos inorgánicos: HCl .

Las cargas positivas atraen los aniones cuando el pH disminuye. Los OH^- son retenidos por los cationes.

El suelo es prácticamente *anfótero* o fácilmente cambia de polaridad. Los iones se unen con diferente atracción al suelo. Esto depende de la concentración de iones y de esta afinidad. Los protones son de unión débil.

- ***Acción cementante de la arcilla y humus***

Dispersión: Cuando existe exceso de Na^+ y Ca^{++} , en la solución del suelo, estos pueden ser adsorbidos por la superficie de las arcillas y en cuyo caso disminuyen el intercambio iónico e ingreso de agua, por lo que actúan como cementantes en el suelo.



- ***Influencia de la raíz en el ingreso de minerales***

La raíz constituye el sumidero de nutrientes, pero al mismo tiempo es una barrera para el ingreso de agua y nutrientes, ya que contiene la Banda de Caspary, que actúa como una pared secundaria, regulando el ingreso y salida de

nutrientes. Posee selectividad de absorción, marcada por el genotipo de la planta. Como sumideros en la planta, actúan los órganos correspondientes a las raíces, hojas y frutos, principalmente.

La tierra que rodea a la raíz, establece una zona muy activa, que permite un contacto íntimo, entre los iones del suelo con la raíz. Este contacto facilita las interacciones entre elementos y hace que éstos permanezcan dentro de un campo de atracción (imanado), por más tiempo evitando la lixiviación de los elementos a otras capas, fuera de la actividad radicular.

De esta forma, los elementos minerales que están interrelacionados en esta capa y dependiendo del gradiente de concentración pueden ingresar a la raíz. Pero al mismo tiempo, si la raíz segrega algo, la más afectada será esta capa.

Disponibilidad de los nutrientes

El sistema suelo-planta es un sistema abierto en que los elementos son constantemente removidos de un lado al otro, esto es de la fase sólida a la solución del suelo y de ésta a la planta, y viceversa.

El término disponibilidad, se refiere a una serie de reacciones que ocurren en el sistema suelo-planta, para colocar a los elementos en la solución del suelo de tal manera que los elementos estén disponibles (formas asimilables: iones) para que ingrese a la raíz de la planta.

Se puede decir que la mayor disponibilidad ocurre cuando hay mayor concentración de elementos en la solución del suelo y por lo tanto mayor absorción.

La solución del suelo, puede ser definida como una nube heterogénea de iones, que contiene elementos: esenciales, benéficos y tóxicos para la planta. De ahí que, la velocidad de absorción de un elemento puede ser más rápida que otro, disminuida o no ser influenciada por la presencia de otro elemento.

Formas en las que se encuentran los nutrientes

- Sales solubles totalmente asimilables: formas iónicas
- Poco combinables y poco asimilables (Fe^{3+} , FePO_4 , NaCl , etc.).
- No accesibles, no asimilables, corresponden a los elementos que se encuentran retenidos en las superficies de intercambio de los coloides del suelo.
- No accesibles, no asimilables, corresponden a los elementos que se encuentran retenidos en las superficies de intercambio de los coloides del suelo. El Potencial Red-Ox: Afectan a la carga del ión. $\text{Fe}^{2+} < \text{Fe}^{3+}$; $\text{Fe}(\text{OH})_3$, no es soluble.

Factores que influyen en la disponibilidad

- **Materia orgánica y cantidad de agua en el suelo**
No se puede hablar de disponibilidad de los elementos bajo condiciones de un suelo seco. El agua es el agente meteorizante más activo del suelo, que libera y disuelve las

sales. El incremento de sales o solutos en la solución del suelo, aumenta el potencial osmótico del suelo, aumenta la absorción y activa el flujo de agua y iones

La materia orgánica incrementa las cargas negativas para la retención de nutrientes; la presencia de agua en el suelo permite para que los elementos contenidos en la materia orgánica (N, S, B, P), pasen a la solución del suelo a través de la mineralización. Por otro lado la materia orgánica ayuda a mantener las formas de: H_2PO_4^- , K, Ca y Mg, disponibles para la planta.

Aireación: los microorganismos que transforman la materia orgánica y oxidan el NH_4^+ a NO_3^- , y S a SO_4^{2-} , formas absorbidas por las plantas, necesitan de aireación (O_2).

- **pH del suelo**

El pH, indica la actividad del grado de acidez y alcalinidad del suelo. El pH del suelo está influenciado por el desplazamiento de las superficies de intercambio, estado de protonación, y flujo de H^+ del plasmalema.

La mayoría de los tipos de suelo son ácidos, otros son neutros o básicos (salinos). Las variaciones en la acidez o alcalinidad esta asociada con la mayor o menor disponibilidad de los elementos o nutrientes para ser absorbidos por la planta. Aumentando la acidez puede ocurrir: disminución en la disponibilidad de los elementos para ser absorbidos y aumento de algunos elementos (Al, Fe, Cu, Mn, Zn), que causan toxicidez en la planta.

En condiciones de pH muy ácido, los iones K^+ no entran, porque los H^+ ocupan los lugares del potasio. Ocurre lo contrario si hay mayor pH.

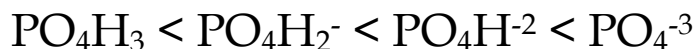
Pero, por otra parte, en un medio ácido, la bomba de H^+ tiene gran actividad y bombea H^+ al exterior de la membrana, lo que lleva a un aumento del pH (alcalino) en el interior de la célula (citoplasma), pues disminuyen los H^+ , y en el exterior el pH aumenta (ácido). El pH interior se restablece por acción enzimática que reducen el CO_2 y sintetizan un ácido orgánico (dicarboxílico).

Las formas del P como: $AlPO_4$ en la solución del suelo, no es bueno, ya que el fósforo en esta forma no es absorbido por la planta. La actividad del Al^{3+} se presenta en suelos ácidos ($pH < 5.5$) y es responsable de la acidez potencial de los suelos, ya que acidifica el suelo 3 veces más:



La mayor disponibilidad, para la mayor parte de los elementos se encuentra bajo un pH entre 6.0 - 6,5. El fósforo que es el elemento de más baja disponibilidad en la mayoría de los suelos, su mayor rango de absorción acontece cuando el pH está alrededor de 6.5 y los valores más bajos (pH ácido) favorecen la formación de fosfatos de Fe o Al de baja disponibilidad.

La elevación del pH (alcalino), a su vez conduce a la precipitación del P (solución) como fosfatos de Ca de menor disponibilidad y a la fijación de iones fosfato en el suelo:



La carga y el tamaño de los iones influyen en el paso a través de los poros y varían con el pH. También por transportadores, pueden ser reconocidos o no, dependiendo de la carga.

- **Secreción radicular**

La planta emite exudados que dependen de la especie, medio de crecimiento de bacterias y forma de acumular nutrientes. Aminoácidos, ácidos orgánicos y componentes fenólicos. Polisacáridos y ácido galacturónico. Aparte, también emite: H^+ (bomba electrogénica) y CO_2 de la respiración convertido en HCO_3^- .

Los elementos si están distantes de la raíz, sólo pueden llegar por flujo másico, esto es por el movimiento de agua que arrastra consigo a los nutrientes acercándolos a los pelos absorbentes (cuando llueve o se incorpora agua por riego, la planta tira el agua de su alrededor y el ión se va acercando).

- **Ataques químicos**

La raíz segrega ácidos orgánicos que atacan al suelo y liberan elementos, por ejemplo: Mn, el cual forma un quelato: ácido orgánico con un ión inorgánico. Este elemento ingresa a la planta como quelato o libera Mn libre y puede ser captado así. No todas las especies tienen esta capacidad.

Lixiviación: Los nutrientes no se disuelven con el agua de lluvia, ellos se desplazan en el suelo y Apoplasto, siendo arrastrados por el agua o en función del coeficiente de concentración. Durante, la lixiviación se lavan los elementos en las capas superiores, disminuyendo la cantidad de cationes y aniones en el área de la actividad radicular. Sin embargo, no todos los elementos se escurren, porque no están libres, sino que parte de ellos están asociados o adheridos a las superficies Donnan. Al lavar en

KCl, se desprenden los cationes de las superficies negativas, y queda detectada una cantidad que es la correspondiente al simplasto. Estos iones, por difusión pasiva y/o transporte activo, pasarán al xilema de la planta.

- **Antagonismo, sinergismo e inhibición**

En el primer caso, la presencia de un elemento impide la absorción de otro; en tanto que, la presencia de un elemento ayuda a la absorción de otro (*sinergismo*). El Ca^{2+} favorece la absorción tanto de aniones como de cationes. Es posible que el Ca^{2+} dé estabilidad a la membrana favoreciendo la adsorción selectiva.

La *inhibición*, se trata de la disminución de la cantidad de un elemento absorbido debido a la presencia de otro. Es competitiva, cuando los dos elementos se combinan con el mismo cargador o en el mismo sitio del cargador (transportador).

- **Competitividad**

Muchos elementos para ingresar a la planta, compiten entre ellos por el mismo cargador y por el mismo *radio iónico* (poro): a menor diámetro mayor absorción. En cuanto a carga, pasan primero las neutras.

Neutras > C^+ A^- > C^{2+} A^{2-} > C^{3+} A^{3-}

Competitividad por transportadores: Se establece competencia entre moléculas con un tamaño parecido. El K^+ entra en competencia con Rb^+ , Cs^+ e H^+ .

- **Velocidad de los elementos**

Los elementos del suelo son absorbidos por la planta con velocidades diferentes, en general obedeciendo al siguiente orden decreciente:

- Cation: $\text{NH}_4^+ > \text{K}^+ > \text{Na} > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{++} > \text{Al}^{3+}$
- Anión: $\text{NO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^- > \text{PO}_4^{3-}$

EFFECTO DE LAS INTERACCIONES ENTRE IONES

<i>Ión</i>	Segundo ión presente	Efecto
Cu^{+2}	Ca^{+2}	Antagonismo
Mg^{+2}	K^+	Inhibición competitiva
K^+ -alta concentración	$\text{Ca}^{+2}, \text{Mg}^{+2}$	Inhibición competitiva
SO_4^{-2}	SeO_4^{-2}	Inhibición competitiva
MoO_4^{-2}	SO_4^{-2}	Inhibición competitiva
Zn^{+2}	Mg^{+2}	Inhibición competitiva
Zn^{+2}	H_2PO_4^-	Inhibición no-competitiva
Zn^{+2}	Cu^{+2}	Inhibición competitiva
Fe^{+2}	Mn^{+2}	Inhibición competitiva
H_2PO_4^-	Mg^{+2}	Sinergismo
K^+	Ca^{++} (baja concentración)	Sinergismo
B	P	Sinergismo
MoO_4^{-2}	H_2PO_4^-	Sinergismo

Capítulo 8

Nutrición vegetal

Los propósitos del capítulo son dar a conocer aspectos sobre la nutrición mineral de las plantas. Esencialidad y función de los elementos nutricionales. Efecto de las micorrizas en la fertilidad del suelo. Procesos de absorción, transporte y redistribución de agua y minerales en las plantas.

La *nutrición* es la actividad vital, para favorecer el crecimiento, mantenimiento y reproducción de los árboles. Durante estas actividades los vegetales requieren continuos aportes de energía para reponer las pérdidas y, para que todo el sistema pueda funcionar. No todas las células de los vegetales superiores están en contacto con los nutrientes, ni los procesos de difusión son tan rápidos para acercarlos a todas las células. De este modo se presenta una división de trabajo entre sus células, las cuales se especializan en las distintas funciones.

Mediante la fotosíntesis que usa la luz solar como fuente de energía, producen azúcares. Además las plantas deben absorber, para su uso, minerales y agua, a través del sistema radicular. Algo de los azúcares producidos por la fotosíntesis, generalmente en las hojas, es usado directamente por el metabolismo de la planta; una parte

para sintetizar todas las macromoléculas orgánicas que necesitan como proteínas y lípidos y, otra parte se almacena como almidón. Otras partes de la planta que, como las raíces no son fotosintéticas, también necesitan energía, el alimento, por lo tanto debe transportarse a esa parte, acción que es realizada por los tejidos del floema.

Las plantas necesitan sustancias minerales para producir: carbohidratos y proteínas; macromoléculas utilizadas en el metabolismo, como el Mg^{2+} en la clorofila y el fósforo en el ATP; activar enzimas, como el K^+ , que activa posiblemente cincuenta enzimas y mantiene el balance osmótico.

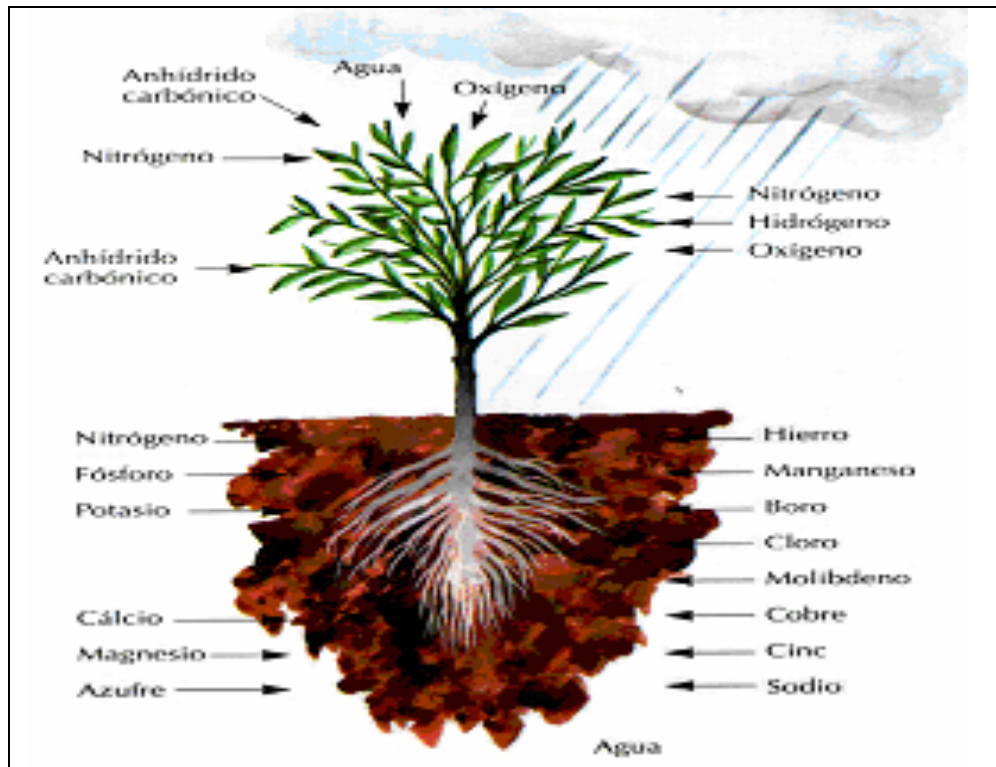
Necesidad nutricional de las plantas

Las plantas necesitan de agua, luz, calor, CO_2 y 17 nutrientes minerales esenciales. El C, H y O provienen del aire y del agua, y los demás son preferentemente absorbidos por las raíces.

La determinación del estado nutricional de la planta se determina mediante el análisis visual y análisis foliar de la planta. El análisis foliar se realiza como una referencia indispensable para determinar tanto las necesidades de abonamiento de las plantaciones como la determinación de las deficiencias, especialmente de micronutrientes. Esto se debe a que el análisis foliar da un índice preciso de la absorción de los nutrientes por la planta ya que las hojas son muy susceptibles a los cambios del medio nutritivo.

- **Elementos esenciales**

Todos los elementos son esenciales para la planta y la falta de apenas de uno de estos nutrientes, la planta no crece o no completa su ciclo de vida o no podría tener un equilibrio en su fisiología.



De todos ellos los podemos clasificar en dos grupos, no por orden de importancia sino por la cantidad que necesita la planta, y son:

Los **macronutrientes** constituidos por los elementos primarios como el N, P, K y los secundarios como el Ca, Mg y S. Los tres grandes nitrógeno, fósforo y potasio representan juntos más del 75% de los nutrientes minerales que se encuentran en la planta.

Los **micronutrientes** son: el Fe, Mn, Cu, Zn, Bo, Na, Mo, Co, (Ni). Los macronutrientes se los mide en %, g/planta y

Kg/Ha; mientras que los micronutrientes en ppm, miligramos/planta ó gramos/Ha.

El exceso o deficiencia de nutrientes, pueden ser evitados usando fertilizantes completos o fórmulas balanceadas, que son aplicados en las épocas y dosis recomendadas.

La cantidad de nutrientes disponibles para las plantas es afectada por:

- la calidad del sustrato
- la calidad del agua
- el tipo de planta.
- pH, salinidad

Salinidad (C.E.)

Es la medida de las sales solubles del suelo, expresada como mmhos/cm ($m\Omega/cm$) o dS/m (deciSiems/m para el SI de unidades). La salinidad afecta al desarrollo del cultivo, directamente, debido a que incrementa la presión osmótica (disminuyendo la absorción de agua) y de otra, por el efecto tóxico de algunos elementos (especialmente sodio, cloro y boro).

Los cítricos son cultivos sensibles a la salinidad, en general el cultivo muestra una marcada respuesta negativa en el rendimiento con el aumento de la salinidad siendo el nivel crítico 1.8 mmhos/cm disminuyendo 10% en el rendimiento por cada 0.6 mmhos/cm de incremento.

El agua pura no conduce electricidad; sin embargo sí lo hace cuando contiene sales disueltas. Cuantas más sales disueltas contenga más electricidad conduce, es decir mayor es su electroconductividad (CE).

Los análisis del agua son importantes desde el punto de vista de su calidad, especialmente su composición total de sales, el pH y la presencia de iones tóxicos (cloro, sodio, boro). De un lado las sales sirven para poder determinar el límite crítico del cultivo (tolerancia); el pH para el equilibrio iónico en el suelo y la absorción de nutrientes y, los elementos tóxicos para tomar algunas correcciones de antemano.

Los nutrientes son absorbidos por los finos pelos de las raíces y no por las raíces grandes. Aun los árboles muy grandes tienen pequeños pelos en las raíces para absorber los nutrientes y el agua que necesitan. Las raíces más grandes sirven para sostener el árbol y para almacenar el agua y otros alimentos de la planta.

Los pelos de las raíces también pueden excretar líquidos que afectan la acidez del suelo. Cuando se modifica el pH, también puede cambiar la cantidad de nutrientes disponibles. El contenido de sales totales y la CE, están relacionadas con la siguiente fórmula:

$$0.64 \times CE, \text{ m}\Omega/\text{cm} = \text{Total de sales (g/l)}$$

$$640 \times CE, \text{ m}\Omega/\text{cm} = \text{Total de sales (ppm)}$$

$$CE \times 10 = \text{meq/l}$$

$$1 \text{ mS} = 640 \text{ ppm}$$

Función de los elementos en la planta

Los elementos cumplen funciones muy importantes en las plantas, pues están formando parte estructural de las células, de los compuestos orgánicos (proteínas, enzimas,

hormonas,..) o actúan como elementos solos ayudando los procesos de transporte. De tal forma que, todos los elementos cumplen con una o más funciones específicas en la planta y la deficiencia de los elementos se presenta de acuerdo a la movilidad. Si un ión pasa masivamente a la planta, puede hacer que otro elemento lo haga también (sinergismo), pero también puede impedir el paso de otro elemento (competitivo).

A continuación se citan las funciones y efectos más relevantes de los siguientes elementos en la planta.

Nitrógeno

Es el elemento integrante de proteínas, clorofila, aminoácidos, albúminas vegetales y fermentos, las deficiencias provocan tallos endebles, hojas pequeñas con color verde amarillento uniforme, muerte de las hojas inferiores, maduración temprana.

Por la falta de N, no hay formación de clorofila y se da el amarillamiento (clorosis) uniforme de toda la hoja que se inicia en las hojas de la base de la rama y se va extendiendo hacia la punta. Las hojas viejas de la rama caen y las hojas de la punta conservan algo del color verde. Los frutos se vuelven amarillos, crecen poco y caen con facilidad.

La nutrición nitrogenada adecuada, no habiendo otros factores limitantes, es evidente en el desarrollo rápido, en el aumento de la ramificación de ramas fructíferas y en la formación de hojas verdes y brillantes. Existe una relación directa entre la provisión de N y el número de hojas en el florecimiento y número de yemas florales. De ahí la necesidad de cuidarse del crecimiento del área foliar

mediante abonamiento nitrogenado suficiente (sin que falten los demás elementos), lo que dará mayor producción de almidón y de otros carbohidratos indispensables para la formación y el crecimiento de los frutos.

Fósforo

Participa decididamente en los fenómenos metabólicos y energéticos de la planta. Constituyente y necesario para formar ácidos nucleicos, proteínas, fosfolípidos y coenzimas de NAD, NADP y ATP. Constituyente de algunos aminoácidos y cromosomas. Necesario para la división celular. Estimula el desarrollo radicular. Necesario para el crecimiento meristemático y el desarrollo de semillas y frutos; estimula la floración.

Las exigencias de P son pequeñas comparadas con las de N y de K, sin embargo, debido a la baja eficiencia en el proceso de absorción, es recomendable aplicar cantidades acordes a los análisis de suelos, ya que el P en el suelo frecuentemente reacciona con Al y Fe en suelos ácidos y con Ca en suelos alcalinos, pasando a una forma no disponible para la planta, por lo que se debe también realizar prácticas de corrección del suelo.

Los síntomas de carencia reflejan un aspecto general atrofiado, la planta crece lentamente y las hojas, especialmente las más pequeñas no desarrollan. Las hojas maduras desarrollan un color pálido en los filos y en las puntas, mientras que las hojas jóvenes se tornan más pálidas que las venas. Más tarde se quemán los filos de las hojas y presentan una coloración característica oscura a verde azul; y el desarrollo radicular es limitado. En

deficiencias agudas, a veces se purpurean las hojas y tallos; se produce una caída total de las hojas de las ramas que tienen frutos en maduración. Retraso de la madurez y falta o escasez de desarrollo de semillas y frutos.

Potasio

Es el que origina la geminación de las semillas; interviene en la síntesis de azúcares, almidones y es importante en el traslado de éstos desde las hojas a las raíces, además favorece la síntesis de albúminas, también le influye firmeza al tejido celular, de ahí que las plantas deficientes de K no pueden conservarse bien y sean atacadas más intensamente por microorganismos y patógenos. Interviene en el metabolismo de la planta, para la formación de carbohidratos, mejorando la calidad de los frutos.

Cuando existe deficiencia de este elemento, la planta produce menos masa seca por la falta de almidones y proteínas, y tiene deficiente división celular. Muchas veces la falta de K se confunde con falta de agua. El K⁺ es el elemento del stress. **Los síntomas de deficiencias son** pequeñas manchas blancas, amarillas o café rojizos, quemaduras en los bordes y puntas de la hoja.

Las exigencias de K aumentan mucho con la edad, siendo particularmente intensa cuando la planta alcanza la madurez, debido a las cantidades adicionales existentes en los frutos. Los frutos en desarrollo aparentemente retiran K de las hojas adyacentes. El K tiene efecto positivo en la formación de almidón en las hojas y en su traslocación, bajando el nivel de K disminuye la producción de almidón; como consecuencia, el desarrollo de la planta, la aparición

de nuevas ramas y nuevas hojas disminuyen y las cosechas caen.

Magnesio

Forma parte estructural de la cabeza hidrófila de la molécula de clorofila, la que a su vez incide directamente en el proceso fotosintético. Las deficiencias se caracterizan por pérdida de coloración de las hojas inferiores, pero con las venas verdes. En ocasiones las hojas pueden voltearse hacia arriba.

Los síntomas foliares de la falta de Mg verificados en las condiciones de campo están generalmente en buena concordancia con los obtenidos en solución nutritiva. Aparece clorosis en el área entre la nervadura principal y las secundarias; existe generalmente una estrecha banda verde alrededor de la región amarillenta; las manchas cloróticas gradualmente se expanden en la dirección del margen de las hojas. Tales hojas muestran 0,15% de Mg. La sequía acentúa la deficiencia de Mg pues la falta de humedad trae menor transporte por la raíz y hay una caída acentuada de las hojas.

En la planta el magnesio se transloca con facilidad y cuando la reserva y el aprovisionamiento son deficitarios, el Mg^{++} se mueve de las hojas viejas a las nuevas y el fruto en desarrollo. Eso explica el motivo por el cual los síntomas de carencia de Mg son más agudos en las hojas adyacentes a los frutos.

Hay dos causas principales para la carencia de Mg en las plantas: a) Falta del elemento en el suelo; una situación

encontrada generalmente cuando el pH es bajo; b) Antagonismo por el potasio.

Por regla general, cuando la absorción de K aumenta, la del Mg disminuye; en casos de aplicaciones pesadas de sales potásicas, la deficiencia de Mg inducida por el exceso de K puede aparecer; obviamente cuando el tenor de Mg en el suelo ya es bajo, esa anomalía ocurre más fácilmente. Por ese motivo, la relación K/Mg en las hojas presenta un significado especial.

Azufre

Interviene en la formación de aminoácidos y en la síntesis de clorofila. **El azufre actúa como puente de unión con la CoA.** Tiene poca movilidad en la planta por lo que al igual que el Calcio su deficiencia se inicia en el tejido nuevo tomando una coloración verde claro y las nervaduras de color más claro. Los síntomas de carencia de azufre son principalmente que las hojas nuevas muestran un color verde amarillento. La clorosis se presenta como una banda larga que comprende la nervadura principal y se extiende hasta la mitad de la lámina.

El amarillamiento refleja la falta de clorofila en los cloroplastos que tienden a coalescer formando masas irregulares, la cual es una distinción importante con respecto al amarillamiento uniforme que ocurre cuando hay falta de nitrógeno. La superficie inferior de la hoja es de coloración más clara que la superior expuesta al sol.

La deficiencia de S se presenta con más frecuencia en suelos bajos en materia orgánica. Por esta razón la

aplicación de materiales orgánicos descompuestos ayudan a prevenir la deficiencia.

Calcio

Forma parte de la membrana celular la cual regula el metabolismo del jugo celular y es el tercer elemento más concentrado en la planta, pero es un elemento poco móvil, razón por la cual los síntomas de deficiencias se reflejan en las hojas nuevas, que son encarrujadas y los bordes toman una coloración amarillo o café y puntos de crecimiento débiles. El Ca interviene en el intercambio iónico ya que se encuentra en la laminilla media.

El encurvamiento de la hoja ocurre como consecuencia del desarrollo desigual de las nervaduras y del limbo; el tejido se desgarrar y se forma material suberoso; las nervaduras asumen un color oscuro debido a la necrosis del floema. En casos de carencia muy severa, particularmente cuando se trata de plantas jóvenes, hay muerte de la yema terminal.

Boro

Es un microelemento que interviene en el transporte de carbohidratos y síntesis de proteínas. Actúa en la FBN, floración, germinación del polen y crecimiento de los frutos.

Debido a la alta exigencia de boro por parte de las regiones en crecimiento intenso, un síntoma marcante de la deficiencia, es la muerte de las yemas terminales (en la punta de las ramas y en el ápice de la planta) que permanecen adheridas aún por algún tiempo. Más tarde,

hay **formación de brotes laterales** y las ramas se desarrollan abajo del botón terminal, dando a la vegetación un aspecto de roseta. Las hojas deficientes en boro son generalmente menores, estrechas y retorcidas, con bordes irregulares; no muestran, sin embargo, clorosis muy pronunciada, excepto en la base. Alguno de los síntomas, como el acortamiento de los entrenudos, característico de la deficiencia de Zn puede ocurrir también cuando hay falta de Bo; los síntomas de carencia de Zn pueden enmascarar los de falta de Bo cuando los dos elementos están en cantidades insatisfactorias.

La falta de boro, se puede deber a la falta de materia orgánica, fuente mayor del elemento; condiciones de sequía, que dificulta la mineralización de la materia orgánica y, por tanto, la liberación del Bo para las raíces; exceso de lluvia que causa lixiviación, y falta de calcio lo que disminuye la absorción. Encalado excesivo, lo que disminuye la disponibilidad, y exceso de N en la fertilización.

Hierro

Es importante por su capacidad de pasar de un estado oxidado a uno reducido y formar complejos quelatados y ser un componente esencial en numerosas enzimas, interviene en el transporte de electrones y la síntesis de clorofila. El hierro se encuentra en la ferredoxina y flavo proteína. Por ser un elemento poco móvil los síntomas se manifiestan en las hojas superiores, con una coloración pálido amarillenta.

La toxicidad de hierro es causada fundamentalmente por la elevada absorción de Fe, desde la solución del suelo, cuando este metal se encuentra en altas concentraciones. La excesiva absorción de Fe incrementa la actividad de la polifenol oxidasa, lo que conduce a la producción de fenoles oxidados, proceso que causa el bronceamiento de las hojas. Una cantidad alta de Fe en las plantas puede incrementar la formación de radicales de oxígeno, los cuales son fitotóxicos y además responsables de la degradación de las proteínas y la peroxidación de los lípidos de la membrana celular. La toxicidad de Fe se caracteriza por la siguiente sintomatología: presencia de pequeñas manchas de color pardo que aparecen primero en las puntas de las hojas viejas. Hojas enteras de color amarillo - anaranjado a pardo. Superficie de las raíces cubiertas por una capa de color negro.

Manganeso

Su función principal se liga con el potencial rédox, con papel activador de enzimas y que participa en la ruptura de la molécula de agua en la fotosíntesis. Ayuda a las semillas para formar carbohidratos en la germinación. Los síntomas se presentan en las hojas superiores con manchas amarillas entre las venas verdes.

La deficiencia de manganeso en las plantas parece deberse principalmente a un pH alcalino (como acontece en los suelos volcánicos) o a un contenido muy alto de materia orgánica, la cual parece acomplejar la pequeña fracción de manganeso reducido (bivalente) disminuyendo más la cantidad disponible a la planta. Ese efecto desfavorable de

la materia orgánica en la absorción del manganeso puede, a veces, ser ventajoso para la planta, cuando hay mucho manganeso soluble en el suelo que puede ser inducida a una carencia de hierro.

El exceso de manganeso puede, por otro lado, disminuir el crecimiento y bajar la producción por su efecto antagónico en la absorción del zinc. Hay además, algunas interacciones entre el manganeso y otros nutrientes además del Fe y Zn. La carencia de Mn conduce a un aumento de los contenidos de N y K de las hojas, también el tenor de P en las hojas es más alto cuando hay carencia de Mn.

Cobre

Tiene una función catalítica y de transporte de electrones, se encuentra en los cloroplastos que son el centro de numerosas enzimas. Las deficiencias provocan hojas cloróticas, marchitamiento de las hojas superiores y muerte de las puntas. En plantas nuevas, las hojas pueden encurvase hacia abajo, y en casos más graves hay defoliación y aparece corcho en los tallos.

La toxicidad se manifiesta con la caída de hojas, generalmente comenzando por las más viejas, ennegrecimiento de la punta del tallo y muerte de la yema apical; muerte de las raíces, aparecimiento de grandes manchas pardo oscuras (casi negras) en las hojas, generalmente después de caer, con considerable desecamiento.

Zinc

Importante para la regulación del crecimiento mediante el control de la síntesis del triptófano, el cual es precursor del ácido Indol β acético (auxina). El Zn^{2+} permite la producción de ácido indolacético, y cuando hace falta no se da el alargamiento de las células. Los síntomas de deficiencia se caracterizan por el famoso crecimiento de rosetas y hojas pequeñas y cloróticas. Es común esta deficiencia cuando se adiciona mucho fósforo o mucha cal.

Molibdeno

Constituyente de las enzimas nitrato reductasa y nitrogenasa, interviene en los procesos de reducción del nitrato y fijación biológica del nitrógeno. Actúa como defensa interna de la planta, contra el ataque por bacterias, reduce la acumulación de toxinas y nitratos dentro de la planta.

Cloro.

Constituyente o activador de enzimas (acutamina) que actúa en la fotólisis de agua. Interviene en el balance osmótico y en la fotosíntesis. Su falta genera tallos quebradizos y hojas marchitas.

Cobalto

Componente estructural de la vitamina B_{12} y derivados. Interviene en la fijación biológica de N, regulación hormonal en los procesos de abscisión y senescencia. La deficiencia repercute en la asimilación del N y Ca.

El sodio (Na^+), es necesario para los cactus. En la mayoría de las plantas, cuando hay índices de K^+ en el suelo, éste ayuda a mantener las flores, pero si la concentración del ión es alta, tiene un efecto tóxico ocasionando que se eleve el componente osmótico, en tanto que, el potencial hídrico tiende a bajar.

Efecto de las micorrizas en la absorción del P

Las micorrizas son hifas fúngicas que se encuentran asociadas con las raíces en su mayoría árboles y forman una asociación de larga vida en la que el hongo vive dentro (*endocelulares*) o sobre las células de la raíz (*ectocelulares*), contribuyendo a una mejor exploración, absorción y transporte de nutrientes para las plantas, aportando indirectamente en la fertilidad del suelo y en la nutrición de la planta.

Las micorrizas facilitan la acumulación del fósforo que requiere la planta, que por si sola absorbe rápidamente el P que se encuentra en un área pequeña alrededor de las raíces. Cuando el fósforo se agota en esta zona, la planta no puede tomarlo de otra parte y entonces solo tiene dos alternativas; esperar a que los fosfatos vuelvan a llegar al área cercana a las raíces, o producir raíces adicionales que penetren hasta las zonas inexploradas.

Pero sucede que la difusión de los fosfatos en el suelo es un proceso particularmente lento, y la producción de raíces suplementarias representa para la planta un desgaste de energía demasiado elevado. En cambio los *hongos micorrizas tienen la propiedad de producir una red de micelios, constituidos por filamentos muy delgados y muy largos, que se*

encargan de explorar extensiones considerables de suelo, produciéndose una biomasa mínima y con un costo energético muy favorable para la planta, además aumentan la superficie radicular, con lo cual hay mayor superficie específica para que se adhieran los nutrientes, actuando esencialmente a manera de esponja y reemplazando los pelos radiculares que no crecen, o no pueden hacerlo.

En unión con otras materias orgánicas del suelo, los hongos diluyen el fosfato de roca y lo transfieren a la planta hospedera. La planta, a cambio de esto, le suministra al hongo los nutrientes que no pueden producir por si mismos (el hongo absorbe azúcar del huésped, y otros productos tales como la vitamina B, α -cetoácidos y aminoácidos).

La presencia de micorrizas es esencial para el crecimiento normal de muchos árboles. La utilidad de las micorrizas no limita a lograr una mayor absorción del fósforo, aunque sin este aspecto sería más que suficiente para justificar su utilización amplia.

Los hongos micorrizas ayudan también a la absorción y transferencia de otros elementos minerales, como el Cu y Zn. Pero su función más importante es ayudar en los procesos de absorción y fijación del nitrógeno sobre todo en el caso de las ectomicorrizas. Por lo que es necesario tener presente que el fenómeno de simbiosis no se limita a un solo organismo simbiótico: puede haber colaboración, por ejemplo, con bacterias del tipo *Rhizobium sp*, fijadoras del nitrógeno de la atmósfera, y hongos micorrizas. Se ha demostrado también que los hongos micorrizos pueden desarrollar una función protectora

contra las enfermedades causadas por hongos y en condiciones de sequía, también las micorrizas aumentan la resistencia a la tensión hídrica.

La presencia o la inoculación previa de las plántulas por ejemplo en café (Mundo Novo) con el hongo micorrícico *Gigaspora margarita* aumenta considerablemente la utilización de P colocado en el hoyo, el crecimiento y la producción en el primer año.

Estudios en la cuantificación de la fijación biológica de N por el método isotópico del ^{15}N y evaluación del efecto de la micorriza en leguminosas, dieron como resultado que las leguminosas inoculadas con micorriza aumentaron positivamente la producción de masa seca (13.84% M.S.), hubo mayor acumulación de N en la planta (14.85% N) y la fijación biológica de N en 16.06% N fijado.

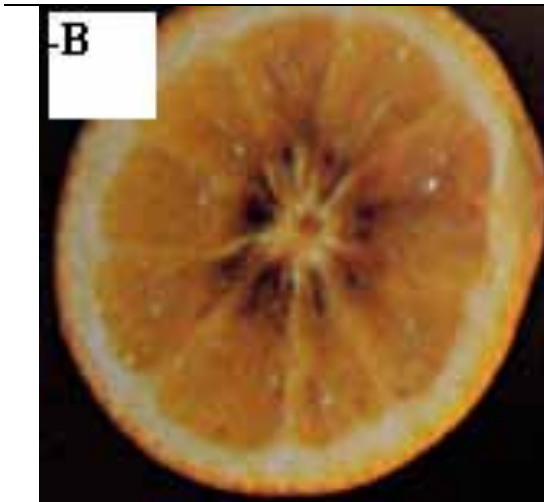
Este aumento se debe a la capacidad que tienen las micorrizas de tomar los nutrientes del suelo y transportarlos a las raíces para que las plantas puedan absorber. Esta cualidad es muy importante, especialmente para los nutrientes inmóviles en el suelo, tales como: P, Zn y Cu, que junto al S, Mg, Ca, Mo, Mn y Fe, intervienen como fuente de energía y catalizadores en los procesos de asimilación de N y síntesis de N orgánico en la planta. (*Basantes, et al. 1993*).



Evolución de los síntomas de N



Deficiencia de P

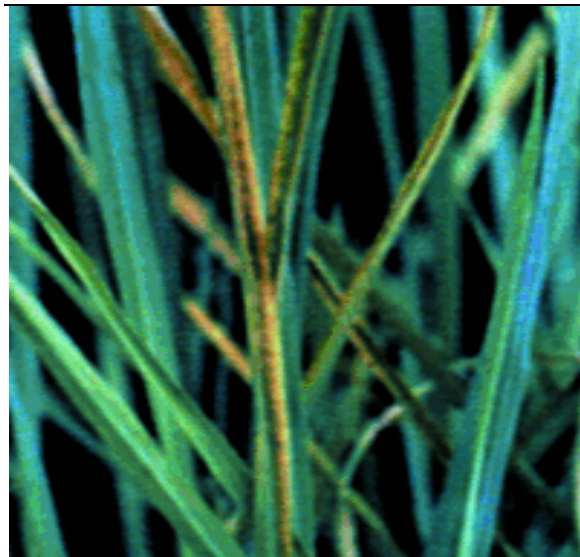




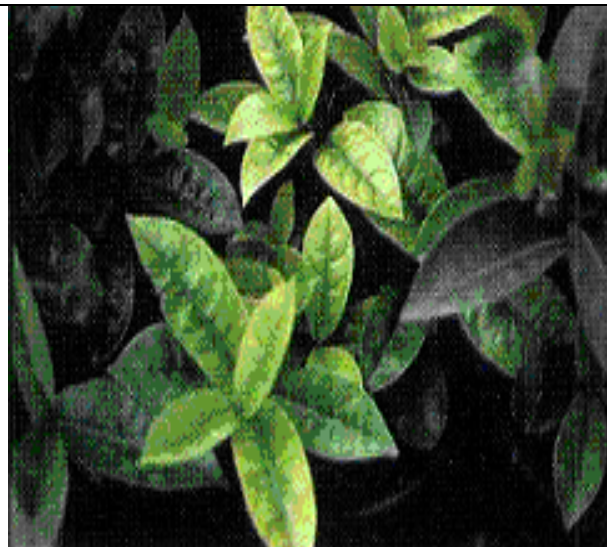
Deficiencia de Ca



Deficiencia de Ca y Mg



Toxicidad por Fe



Deficiencia de Fe



Deficiencia de Cu



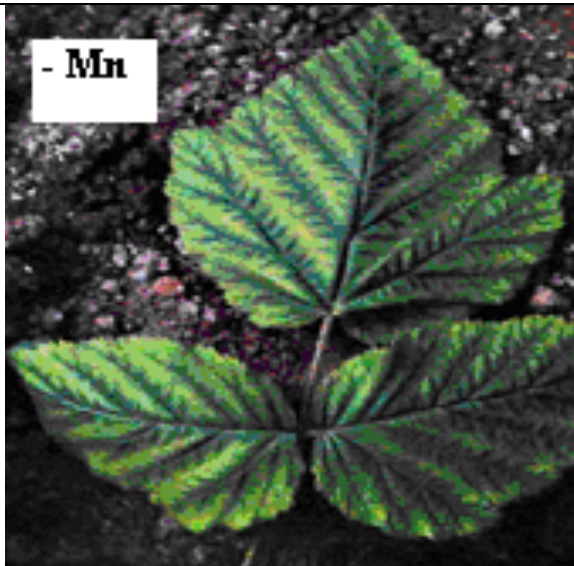
Deficiencia de Mo



Deficiencia de Zn



Deficiencia de Zn



- Mn



- B y Ca



Deficiencia de N



Deficiencia de Cu



Deficiencia de Fe y virosis en manzana



Deficiencia de Mg



Deficiencia de Mn

Síntomas de deficiencia de los nutrientes en las plantas

N	En las hojas basales, amarillamiento completo o en forma de "V"; la deficiencia se presenta primero en las hojas inferiores; disminución del crecimiento; tallos delgados; flores son más pequeñas.
P	Planta pequeña. Coloración violeta (amarillo) en los bordes de la hoja; en el periodo avanzado, las hojas de la parte inferior de la planta se secan, mueren y caen gradualmente. Desarrollo incompleto. Pocas raíces.
K	Secamiento del ápice de la hoja hacia los bordes, luego de color castaño, o la muerte de esas zonas amarillas, haciendo parecer a la planta chamuscada; plantas susceptibles a los insectos y enfermedades; la deficiencia aparece en las hijas inferiores; formación de chinchones en la cáscara del fruto. En leguminosas vainas vacías.
S	Amarillamiento claro en hojas nuevas a intermedias. La clorosis, se diferencia porque los nervios toman un color amarillento, mientras que el resto de la hoja permanece verde. Plantas de menor altura. En la base de las hojas aparecen manchas púrpuras de tejido muerto.
Mg	Amarillamiento o necrosis entre las nervaduras en hojas más viejas. Clorosis: los nervios permanecen verdes. Las hojas se arrugan, presentan pecíolos cortos. Retraso de la floración y falta de color.
Mn	Hojas nuevas pequeñas y amarillamiento más acentuado entre las nervaduras y el resto permanece verde. La deficiencia aparece en hojas intermedias a nuevas.
B	Fácil caída de hojas todavía verdes y muerte de la yema apical. Arrugamiento pronunciado de las hojas intermedias a nuevas; muerte de las hojas desde su base. Endurecimiento del interior del fruto. En leguminosas vainas retorcidas
Ca	Hojas nuevas pequeñas con puntos amarillados o necrosis de la yema apical. Muerte de extremo radicular y extremo de las hojas superiores. Deformación menos pronunciada de las

	hojas intermedias a nuevas. Raíces quebradizas y mueren casi todas las raíces alimenticias.
Zn	Entrenudos cortos formando roseta. Hojas nuevas pequeñas. Debilitamiento en general de la planta.
Fe	Hojas nuevas de color amarillo claro o amarillamiento completo de la hoja, con nervaduras verdes. Retraso en el crecimiento.
Cu	Las plantas se marchitan fácilmente. Hojas nuevas verde oscuro y pequeñas.
Mo	Hojas viejas con toda la superficie amarillada. Su deficiencia dificulta la formación de semillas.
Cl	Su falta genera tallos quebradizos y hojas marchitas.

Absorción de agua y minerales

El agua y los minerales son incorporados a las raíces, por flujo de masas, difusión y ósmosis. El extremo de cada raíz, es una zona de actividad y desarrollo de los pelos absorbentes.

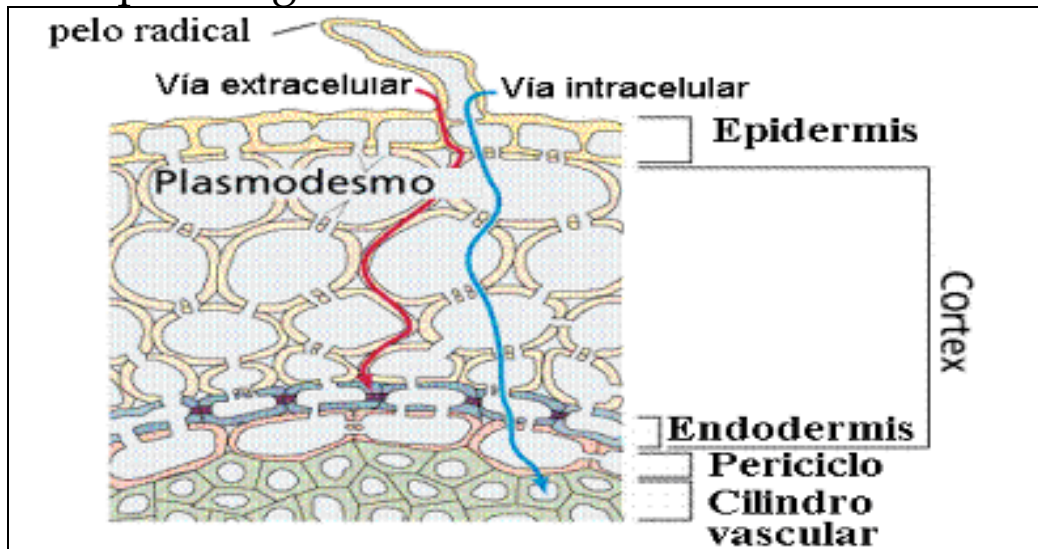
Los pelos de las raíces son extensiones unicelulares de las células epidérmicas que poseen una pared muy fina y tienen vida efímera (1-3 días). Esto aumenta el área de la superficie y permite una absorción más eficiente del agua y los minerales.

Vías de ingreso de agua y nutrientes

El agua y los nutrientes minerales disueltos entran en la planta por dos rutas en la raíz.

- ***Ruta extracelular o Apoplasto***

La primera vía es a través de los *plasmodesmos* de las paredes celulares y espacios intercelulares, hasta que encuentran la *endodermis*, una capa de células que deben atravesar para llegar al xilema.



En este caso, el agua se mueve debido a la diferencia de potencial y los solutos son arrastrados por flujo de masas o por difusión. En este proceso no interviene energía proveniente del metabolismo vegetal y por ese motivo es denominado un proceso pasivo.

La *endodermis* contiene una capa impermeable de suberina, conocida como la banda de Caspari, cuya función es la de regular la entrada y salida de agua y iones; de las células endodérmicas con el xilema. Solo cuando la concentración de agua dentro de las células endodérmicas caen debajo de los valores de los de las células parenquimatosas de la corteza, el agua fluye a la endodermis y luego al xilema.

- ***Ruta intracelular o simplasto***

La segunda vía es a través de las membranas celulares que forman la epidermis de los pelos de la raíz.

En este caso, el agua se mueve principalmente debido a la diferencia de potencial osmótico y los solutos se mueven por transporte activo.

Xilema: transpiración celular

El xilema se extiende de las raíces hasta las hojas, a través del tallo. Cuando el eje vascular del xilema penetra en las hojas éste se subdivide en una serie de ramales constituyendo las nervaduras de la hoja. Estas nervaduras están en contacto con las células del parénquima lagunoso o tejido esponjoso con gran cantidad de espacios intercelulares, donde el agua se evapora, por diferencia de temperatura, entre la hoja y medio exterior.

El vapor de agua sale de las hojas por la cutícula y estomas. La cutícula es una capa suberizada que cubre las células de la epidermis. Una planta madura de maíz puede transpirar 16 litros de agua por semana. Los valores pueden ser mayores en zonas áridas.

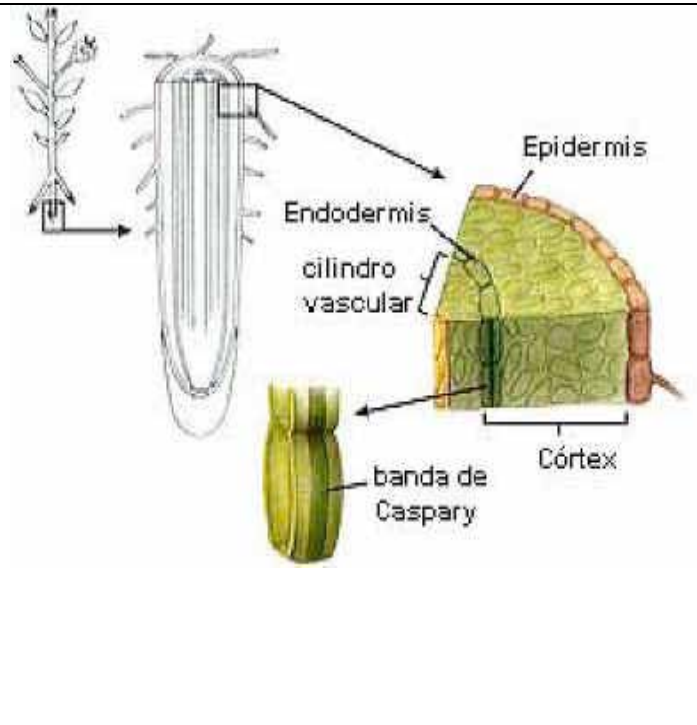
Hay dos tipos de materiales a transportar y a cada uno de ellos corresponde un tejido encargado de transportarlo:

- Xilema: transporte ascendente de iones y agua desde la raíz.
- Floema: transporta compuestos orgánicos de las partes verdes a los distintos órganos.

El xilema al llegar a su madurez funcional está constituido por células muertas y alargadas que, al no tener contenido citoplasmático, facilitan el transporte. Este tejido está

formado por células conductoras, las *traqueidas* cuyo largo es del orden de los milímetros y los *vasos*, cuyo largo es de centímetros y a veces de metros.

El diámetro funcional de los vasos es mayor que el de las traqueidas y además carecen de paredes terminales por lo que son funcionalmente más eficientes. El agua que se pierde por evaporación en la superficie de las hojas, produce la difusión de moléculas de agua adicionales provenientes de las nervaduras de las hojas, creando un arrastre de moléculas de agua a lo largo del xilema.



Este "arrastre" permite que el agua pueda llegar desde las raíces a las hojas. La pérdida de agua del xilema de la raíz produce el paso de agua desde la endodermis al xilema de la raíz.

- ***Fuerzas de adhesión y cohesión***

La cohesión es la capacidad que tienen ciertas las moléculas de la misma clase de permanecer juntas. Las moléculas de agua son polares, poseen polos, uno ligeramente positivo y el otro ligeramente negativo, lo que causa su cohesión. En el interior del xilema, las moléculas de agua se comportan

como una larga cadena que se extiende desde las raíces hasta las hojas.

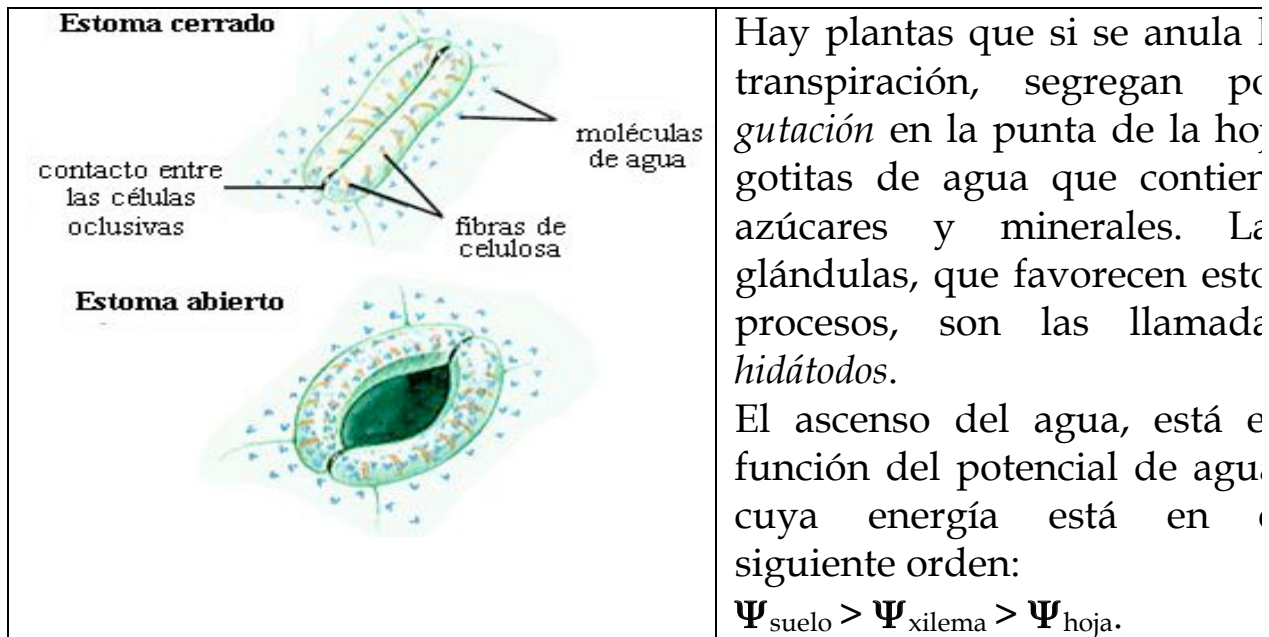
La adhesión es la tendencia que tienen ciertas moléculas de diferentes clases de permanecer juntas. El agua se adhiere a las moléculas de celulosa de las paredes del xilema disminuyendo de esta manera la fuerza de la gravedad y ayudando, por lo tanto al ascenso del agua por el xilema.

La transpiración "tira" la columna de agua que se encuentra dentro del xilema, y el agua que se pierde es reemplazada por el agua de las nervaduras de las hojas, causando un arrastre de agua en el xilema. La adhesión del agua a las paredes celulares del xilema facilita el movimiento hacia arriba dentro del mismo. Esta combinación de fuerzas adhesivas y cohesivas explica la forma en que se mueve el agua.

Los estomas en la transpiración

En la mayor parte de los ambientes, la concentración de agua en el exterior de las hojas es inferior a la que acontece en su interior, esto causa una pérdida de agua a través de aperturas en las hojas llamados *estomas*.

Los **estomas** constan de dos células oclusivas con forma de medialuna, que engloban un orificio, llamado *ostíolo*, y que aparecen rodeadas de células acompañantes o anexas. El agua en el estoma, se evapora y arrastra a la siguiente molécula de agua, creando una tensión (como sucede dentro de un sorbete). Este mecanismo se llama tensión-cohesión.



Apertura o cierre de estomas

La pared interna de la célula oclusiva es más gruesa que el resto de la pared. Cuando una célula oclusiva permite el paso de iones K^+ , el agua se mueve hacia el interior de la célula poniéndola turgente y abultada, produciendo la apertura del estoma. Cuando el K^+ abandona las células oclusivas, también lo hace el agua, causando la *plasmólisis* de la célula y el cierre del estoma. Los estomas ocupan el 1% de la superficie celular, pero son responsables del 90% de la pérdida de agua en la transpiración.

La luz: En el día los estomas se abren. Si los niveles de CO_2 son altos, se cierra el estoma. Si aumenta el pH (ácido), se produce la apertura.

Temperatura y agua: Cuando el Ψ de la planta baja mucho, hay una hormona (el ácido giberélico) que impide que la planta se deshidrate porque impide el funcionamiento de la bomba de H^+ y se cierra el estoma.

Transporte de nutrientes

El *floema* está constituido por *células cribosas* (en las Gimnospermas) y *tubos cribosos* (en Angiospermas); *células acompañantes* (tejidos, fibras floemáticas) y *parénquima vascular*. Los elementos cribosos son células tubulares con terminaciones en forma de placas. La mayoría pierden el núcleo pero permanecen vivas con una membrana celular activa. Las células acompañantes descargan azúcar en los elementos cribosos. Los fluidos pueden moverse hacia arriba o abajo dentro del floema, y son transportados de un sitio a otro.

El alimento se mueve a través del floema por un mecanismo de presión. El azúcar se mueve o *redistribuye desde una fuente* (las hojas) *a un sumidero* (raíces) por una diferencia de concentración (presión osmótica).

La traslocación del azúcar dentro del elemento criboso produce la acumulación de solutos en el interior del tubo criboso, provocando el descenso del potencial hídrico y la entrada pasiva de agua a la célula, que dilata las paredes generándose de este modo una presión que impulsa la solución (mezcla agua / azúcar o savia elaborada).

La presión causa que la savia fluya por diferencia de concentración a zonas de menor presión (raíz, vacuola, etc), donde serán almacenados y generalmente convertidos en almidón.

Mecanismos de transporte de nutrientes

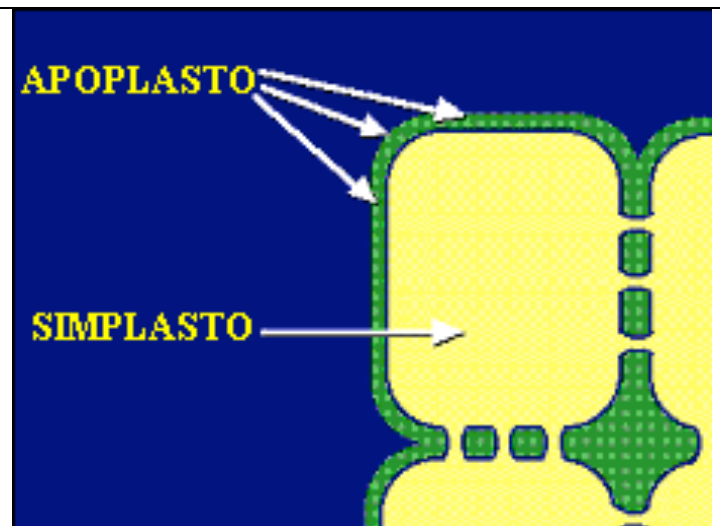
Los elementos una vez absorbidos por la raíz, son transportados dentro de la propia raíz: por los espacios intercelulares y a través de las células, por métodos pasivos y activos, respectivamente; hasta llegar al sistema conductor del tallo y una vez en el tallo los elementos serán transportados a la parte aérea.

Los siguientes mecanismos explican el recorrido de los elementos:

- *A corta distancia*

Este tipo de transporte se da en la raíz y comprende los mecanismos de transporte de elementos desde la solución del suelo hasta el sistema vascular (xilema y floema).

Los elementos se transportan mediante un proceso activo y atraviesan las células por vía *simplástica*; o se transportan por un proceso pasivo a través de los plasmodesmos y espacios intercelulares por *vía apoplástica*, que se da a favor de un gradiente de concentración y no hay gasto de energía.



- *A larga distancia*

Este transporte se inicia desde que los elementos han logrado ingresar al sistema vascular, para ser transportados a la parte aérea de la planta.

Por ejemplo, si se tiene N en la solución del suelo en las formas de NH_4^+ y NO_3^- , la planta prefiere al NO_3^- por la diferencia de carga. El camino que recorre el NO_3^- es el siguiente: en la raíz se reduce por acción enzimática de la nitrato y nitrito reductasa, y genera NH_3 , éste puede ser incorporado a los amino ácidos en la propia raíz o subir a la parte aérea, para lo cual necesita de iones acompañantes como el K^+ y Ca^{2+} . Si esta reacción no se produce el NO_3^- , puede salir a la solución del suelo. En la parte aérea el NH_3 va a ser almacenado en la vacuola formando compuestos que la planta necesita (malatos, aminoácidos, etc.).

La planta para facilitar la absorción de otros nutrientes necesarios para los procesos metabólicos, necesita de energía metabólica, para lo cual procede a la oxidación de compuestos orgánicos almacenados, y durante estas reacciones se libera energía y iones HCO_3^- , ATP e H^+ , que permiten el intercambio iónico y al mismo tiempo balancean la carga electrogénica de la célula. Por ejemplo, el HCO_3^- , baja a la raíz y sale a la solución del suelo, permitiendo el ingreso de otro ión. La salida de un ión negativo permite la entrada de otro anión, en tanto que la salida de un ión positivo permitirá la entrada de un catión.

El NH_3 en la planta no se volatiliza, se incorpora a los compuestos orgánicos existentes o carbohidratos producidos por la planta.

Redistribución de nutrientes

Es un proceso que se realiza principalmente por el floema y consiste en el paso de un elemento de un lugar donde está acumulado a donde hace falta. Por ejemplo: de una hoja vieja a una nueva.

La redistribución depende de la movilidad de los elementos dentro de la planta, así tenemos que los macronutrientes (N, P, K, Mg) y micronutrientes (Cl, Mo) son *altamente móviles*.

Los micronutrientes (Fe, Cu, Zn, Mn) e inclusive el Mg (*macronutriente*) son *medianamente móviles*.

Los inmóviles son: calcio, boro (Ca, B) y en algunos casos S, por lo que en casos de deficiencia marcada, se debe administrar vía foliar.

El fósforo en el suelo es inmóvil, pero en la planta tiene un comportamiento altamente móvil, como el N ó el K, y está continuamente circulando dentro de la planta: un átomo de P puede completar varios circuitos enteros en 24 horas, esto significa que el fósforo está siendo constantemente incorporándose y liberándose en las distintas partes de la planta en las que ejerce sus varias funciones.

La circulación del azufre es probablemente muy lenta, pues siendo retenido en las regiones de la planta donde hay mucha síntesis proteica, su liberación solamente podría ocurrir con el desdoblamiento hidrolítico y enzimático de las proteínas. Sin embargo aplicado en las hojas presenta movilidad comparada a la del fósforo o magnesio.

La movilidad de los elementos en el floema tiene gran relevancia práctica en la nutrición de las plantas. Así cuando ocurre disminución en el abastecimiento de fertilizantes o nutrientes en el suelo, los síntomas de deficiencia de los elementos en la planta se presenta:

- Por los elementos móviles en las hojas viejas
- Por los elementos poco móviles hojas viejas e intermedias
- Por los elementos inmóviles en las hojas y órganos más jóvenes.

Los cultivos exigen de adiciones continuas de los elementos poco móviles e inmóviles, pues habiendo interrupción o disminución en el abastecimiento de estos elementos, no habrá movilización suficiente del nutriente para cubrir las necesidades de los órganos más jóvenes o nuevos.

Transporte de iones y agua en el sistema suelo-planta

- El ingreso del agua y minerales ocurre a través de los pelos absorbentes y epidermis de la raíz.
- El agua y los iones se dirigen por las células y espacios intercelulares de la corteza de la raíz.

- La banda de Caspary en la endodermis, funciona como una barrera impermeable que permite a la endodermis absorber selectivamente los iones necesarios (K^+ , Ca^{2+} , PO_4^{3-} , NO_3^- , Cl^- , y otros) y bloquear los indeseables (Na^+ , Al^{3+}).
- El agua y las sales absorbidas difunden a los canales de células conductoras (traqueidas y/o vasos) del xilema de la raíz.
- El agua y los iones se mueven hacia arriba por los tubos vasculares (xilema: canales conectadas unos a otros) hasta llegar a todos los órganos de la parte aérea de las plantas.
- El agua y los iones se mueven desde el xilema al mesófilo de las hojas.
- En esencia el agua se mueve por el mismo mecanismo que usamos para tomar una gaseosa con sorbete.
- La evaporación de moléculas de agua en la superficie de las hojas a nivel de los estomas genera la fuerza ascendente que lleva a las moléculas de agua hacia las hojas.
- Como perteneciente a una larga cadena que se extiende hasta las raíces, cada molécula de agua tira de la molécula que está debajo y así toda la columna de agua se mueve hacia arriba.
- El agua que no se necesita para el metabolismo o el crecimiento se evapora por los estomas (*transpiración*).
- Lo impresionante de este mecanismo es que no necesita ningún tipo de energía biológica. El agua, hasta en los mayores árboles asciende simplemente usando la

energía solar necesaria para evaporar moléculas de agua en la superficie de los estomas.

- La velocidad de movimiento del agua depende, por lo tanto, de la velocidad de evaporación (*transpiración*) en los estomas.
- La planta regula la transpiración abriendo y cerrando sus estomas.

Capítulo 9

Bosques y materia orgánica

El capítulo analiza la importancia de los bosques en los ecosistemas naturales. Estudia la utilidad de la materia orgánica, influencia del bosque en el humus formado y la correlación de la lluvia con el bosque.

Los recursos naturales constituyen la fuente principal de riqueza de todos los países en el mundo, su clasificación general los considera como renovables y no renovables.

Los **recursos naturales renovables** son aquellos que tienen la facultad de reproducirse sea natural ó artificialmente como *los bosques*, formaciones vegetales, la fauna, el agua y los suelos agrícolas. Los *recursos naturales no renovables* son el petróleo, las minas, carbón, etc.



Nuestro país presenta un gran potencial de los *recursos naturales renovables*, de la superficie que tiene, el 52 % tienen una vocación forestal que equivale a 13'561.000 de Has.; el 42.38 % se conserva cubierto con bosques naturales que corresponde a 11'473.000 de Has., de las cuales el 80 % se encuentra en la amazonía, el 13.00 % en el litoral y el 7 % en la sierra; perteneciendo el 17.15% a los Sistemas Nacionales de áreas protegidas, el 8.83 % a áreas de Bosques y Vegetación Protectores, el 7.02 % como Patrimonio Forestal del Estado, y el 9.28 % a otros Bosques Naturales Privados. Solamente 165.000 hectáreas pertenecen a plantaciones con bosques cultivados que se encuentran relacionadas directamente con la industria y economía forestal del país, que equivale al 0.01 % del territorio nacional. *FUENTE: MAG/Ecuador Forestal.htm*

Factores tales como la ubicación geográfica del país, la presencia de la Cordillera de los Andes y la influencia de las corrientes marítimas determinan que el Ecuador disponga de climas y formaciones vegetales muy variadas, situándose entre los países de mayor biodiversidad del mundo. Parte de esta riqueza constituyen sus bosques, en los cuales crecen alrededor de 5.000 especies arbóreas.

Un **ecosistema**, como el bosque, se conforma de un ambiente físico (sistema abiótico) y un conjunto de seres vivos (sistema biótico) que se relacionan estrechamente en la producción de materia orgánica. La materia orgánica producida es fundamental para generar la cadena alimenticia dentro del bosque, en la que intervienen:

Organismos **autótrofos** que conforman los árboles y otras especies vegetales, que son los que producen la materia orgánica del ecosistema.

Organismos **heterótrofos**, que son los consumidores del material orgánico (hojas, madera, corteza, frutos y raíces) y corresponden a los animales herbívoros y carnívoros, incluyendo el hombre.

- En el tercer nivel, pero no menos importante, se encuentran los organismos desintegradores que se alimentan de la materia orgánica en descomposición.

Las relaciones que establecen los organismos en los tres niveles citados son muy complejas, puesto que entre ellos se produce el flujo de energía del ecosistema, a través de la materia orgánica producida en el mismo.

Los estratos del bosque

El bosque es un gran ecosistema generador de vida, tanto vegetal como animal, además de los árboles, que se destacan en todo el vuelo forestal por alcanzar la mayor altura y ser los componentes principales, existen una serie de plantas que conforman los demás estratos del bosque integrado por: arbustos leñosos, matorrales y el **sotobosque**, compuesto por plantas herbáceas de escasa altura, helechos arborescentes que parecen palmeras, pequeñas plantas rastreras y al ras del suelo y ocupando zonas de gran follaje los musgos, líquenes y hongos.

Estas últimas necesitan mucha humedad y poca luz. La sombra producida por los árboles les permite vivir allí cómodamente. Hay plantas que no pueden mantenerse erguidas por sí solas. Necesitan de otras a las que utilizan

como soporte para engancharse. Otras, además, penetran en los tejidos de la planta que las sustenta para extraerle sustancias nutritivas. En este caso, se llaman parásitas. Un bosque tiene entonces, por lo menos, cuatro o cinco estratos.



El piso del bosque, conformando por las capas de suelo orgánico, el mantillo y la hojarasca, contiene comunidades de hongos, líquenes y numerosos microorganismos. Un gran aporte de biomasa a este nivel queda constituido por la descomposición de los troncos caídos. Este proceso, si bien es bastante lento, produce un suministro continuo de materia orgánica para el ecosistema, dado fundamentalmente por el nitrógeno y el fósforo. Estos elementos ingresan al ciclo de nutrientes del bosque y quedan a disposición de las plantas para su reutilización.

El microambiente así generado es además el sustento de una variada comunidad de **animales e insectos**, concentrados sobre todo en la capa del mantillo. Las **aves insectívoras** encuentran en este estrato un sitio de forrajeo ideal, que les suministra los requerimientos energéticos y las más variadas alternativas alimenticias, provenientes de

los frutos, semillas o insectos indispensables para la vida. Del aporte nutritivo que proporcionan los insectos también dependen fuertemente los pequeños mamíferos y predadores que habitan el bosque.



Otros habitantes de este ambiente que desarrollan gran parte de su vida en el estrato arbustivo o en las ramas y troncos de los árboles, pueden observarse algunos **pájaros**, posados en las ramas y que abandonan la seguridad que estas les brindan para lanzarse de repente hacia el suelo. Luego, los veremos regresar rápidamente al mismo lugar con un insecto capturado en el pico.

Los troncos caídos son muy importantes para el desarrollo de **larvas xilófagas** (comedoras de madera) y de una amplia gama de **insectos**, sirviendo además como refugio de roedores. Los pájaros carpinteros especializados en la captura de larvas e insectos, aprovechan la vida que bulle en estos troncos en pudrición para complementar su sustento diario.



En las zonas donde el dosel se abre permitiendo el ingreso de la luz se genera un estrato arbustivo, hábitat seleccionando por una interesante diversidad de aves. El dosel por su parte, es un lugar para el asentamiento de los nidos de algunas especies de aves nativas del bosque. Diferentes rapaces usan las ramas más fuertes y altas de los árboles como sitios de apostadero, lugar privilegiado para vigilar su territorio de caza.



(*Campephilus magellanicus*)

Huemul (*Hippocamelus bisulcus*)

El pájaro **carpintero** tampoco pasa desapercibido. El típico ruido que genera al golpetear su pico contra el tronco de

los árboles alerta al visitante sobre su proximidad. El cuerpo negro, la cabeza roja y la blanca mancha de su dorso, permiten identificar al macho de esta especie, en tanto que el capuchón negro y el copete enrollado caracterizan a la hembra. Los fustes viejos constituyen el hábitat preferido de estas aves, por lo cual son frecuentes en los bosques maduros.

Importancia forestal de la materia orgánica

La materia orgánica es un componente básico del suelo que influye en las propiedades físicas y químicas de los suelos ya que está formado por un conjunto de residuos vegetales y animales, más o menos descompuestos por la acción de los microorganismos del suelo. El contenido porcentual total de la materia orgánica en los primeros centímetros del suelo es alto y va decreciendo a medida que aumenta la profundidad, lo cual puede definirse como una disminución regular del contenido del C orgánico.

Algunas experiencias han llegado a caracterizar el contenido de materia orgánica, que varía en un promedio de 2 al 5% y del 6 al 7% en suelos asociados con cenizas volcánicas. La determinación de la materia orgánica total está basada en la determinación de C mediante procedimientos por combustión seca del C, en la cual se determina el CO_2 desprendido, o por combustión húmeda del C, basada en la reducción del $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ y determinación del dicromato no reducido, por titulación.

Los valores de carbono se expresan en porcentajes del total del suelo y también de la materia orgánica; este último se obtiene al multiplicar el porcentaje de C por el factor convencional de Van Bemmelen: 1,724. El uso de este factor se ha generalizado con la consideración de que la materia orgánica del suelo contiene en promedio 58 % de C.

El humus

Es el componente más importante del suelo forestal y su formación es indispensable para la vida de los árboles. El humus es una mezcla de varios compuestos orgánicos procedentes de la descomposición de la materia orgánica, de restos vegetales y animales. Bajo las condiciones naturales, las partes aéreas y las raíces de los árboles, arbustos, hierbas y otras plantas naturales, proveen anualmente al suelo de grandes cantidades de residuos orgánicos, que serán oxidados en el suelo.

El contenido medio de elementos químicos del humus es: 52 % de C, 33 % de oxígeno, 5% de H, 5 % de N y 5% cenizas (minerales). Por lo que la materia orgánica humificada presenta una relación C/N en torno de 10/1, aunque puede variar con la naturaleza del humus formado en turbas, fondo de ríos, mares y material orgánico.

Entre los importantes aspectos del comportamiento del humus en el suelo está la interacción con los minerales de arcilla, dando origen al llamado complejo coloidal arcilla-humus.

La presencia de materia orgánica en los suelos agrícolas, en general puede darse por la adición al suelo de residuos

vegetales (tallos, ramas, hojas caídas, raíces, etc.); aportaciones de estiércol u otros abonos orgánicos y de los abonados en verde, y del aporte de las bacterias, hongos, algas, etc. La evolución de la materia orgánica en el suelo depende del clima, del tipo de suelo, del pH, de la clase de residuos y de la actividad de los microorganismos.

Fases de evolución de la materia orgánica

- **Mineralización**

Los residuos orgánicos se descomponen rápidamente y se convierten en compuestos minerales: N, P, S y microelementos disponibles para las plantas. En la mineralización existen dos etapas: la amonificación y la nitrificación.

A través de la **amonificación**, las macromoléculas, como las proteínas, los ácidos nucleicos y otros se despolimerizan, por acción de las proteasas a peptonas y polipéptidos, y luego a aminoácidos. Este proceso es favorecido por acción de bacterias aeróbicas (*bacillus, sp.*; *pseudomonas sp.*) y anaeróbicas (*clostridium sp.*) Entre los hongos participan: *trichoderma, aspergillus, penicillium*

Los aminoácidos resultantes pueden ser metabolizados por microorganismos (inmovilización), adsorbidos por arcillas, incorporados en la fracción de humus o mineralizados hasta transformarse en NH_4^+ . De los procesos de amonificación también resultan compuestos simples como: CO_2 , H_2 , CH_4 , H_2S .

La **nitrificación**, consiste en la oxidación del NH_4^+ resultante de de la mineralización del N orgánico, a

nitratos, pasando previamente por la forma de nitritos. Las primeras reacciones de transformación en nitritos son realizadas por bacterias de los grupos: *nitrosomas*, *nitrosococcus*, *nitrospira*, *nitrosoglea*.

El segundo paso de la transformación a nitratos es realizado por bacterias pertenecientes a *nitrobacter* y *nitrocystis*, conforme a las siguientes reacciones químicas:



Ambas reacciones tienen lugar al mismo tiempo con una velocidad similar, pues no se reportado una acumulación de nitritos en los suelos en condiciones normales. Por el contrario, una acumulación de NH_4^+ es posible en condiciones con inundación y mala aireación.

El amonio formado durante la amonificación, puede ser convertido a nitratos o permanecer en el suelo en forma intercambiable o ser adsorbido por las cargas negativas de las arcillas (coloides), en tanto que, el NO_3^- por tener carga negativa es repelido por la superficie de los coloides y permanece en la solución del suelo, siendo así móvil y sujeto a lixiviación.

- ***Humificación***



Proceso de descomposición de la materia orgánica a humus

Los residuos orgánicos son transformados en nuevos complejos orgánicos más o menos descompuestos, primeramente pasan a humus "joven" y después pasan a humus "estable". Mediante la humificación (*síntesis y resíntesis de los productos de mineralización- polimerización*), se forman en el suelo productos estables, de color oscuro, denominados *ácidos húmicos*, y *ácidos fúlvicos*.

Se trata de compuestos altamente polimerizados, cuyo peso molecular varía entre 10000 y 50000 unidades; su estructura aromática es complicada y variable. Siendo importantes porque en la periferia tienen uno o varios grupos radicales, que corresponden a grupos *fenólicos*, *carboxílicos* (-OH, COOH), grupos *amínicos* (-NH₂) que son los más abundantes -hasta un 70%- y ocasionalmente *metoxílicos* (-OCH₃), azúcares (*sacáridos*) y aminoácidos como grupos accesorios en los ácidos húmicos.

De estos grupos resultan las propiedades de acidez de los ácidos húmicos y la posibilidad de formar sales (*humatos*). Aparte de los radicales fenólicos, carboxílicos, hay grupos OH ácidos, alcohólicos, quininas (C=O) y quetonas (C=O).

Beneficios de la materia orgánica

De forma esquemática se pueden enumerar las siguientes ventajas:

- Mejora la estructura de los suelos, dándole la forma granular al producir los agregados, que dan buenas condiciones de aireación, humedad, mayor capacidad de intercambio catiónico y disminuye la plasticidad del suelo.
- Ayuda al desarrollo de la microflora y la microfauna, que forma parte del complejo húmico-coloidal, y produce al final un conjunto de propiedades físicas favorables para los vegetales.
- Aumenta la capacidad de retención de agua, mejora el drenaje de suelos de textura fina y aumenta la distribución del agua en el perfil. A través de los coloides orgánicos ayuda a retener el agua en suelos arenosos.
- Al mejorar el drenaje y estructura del suelo intensifica la aireación y favorece el crecimiento radicular
- Aumenta la capacidad de intercambio catiónico, especialmente para los suelos arenosos y suelos altamente meteorizados, con arcillas 1:1.
- Aumenta la superficie específica, elevando la superficie de exposición a los suelos. El humus tiene 700 m²/g, en tanto que la caolinita tiene de 5 a 10 m²/g de superficie específica.

- La materia orgánica interviene por su poder amortiguador en la estabilización de la acidez del suelo.
- Es fuente de nutrientes: N, P, S y oligoelementos, disponibles para las plantas.
- Facilita la asimilación del fósforo.
- Atenúa la retrogradación del potasio.
- Es fuente de gas carbónico.
- Aumenta la actividad biológica del suelo

Efectos físicos de la materia orgánica

La unión de las partículas de arena, limo y arcilla conformando agregados estables (*peds*), ayuda a mantener una buena labranza (condiciones físicas del suelo para el crecimiento de las plantas). Los polisacáridos producidos durante la descomposición de residuos orgánicos más la actividad de la hifa fungal estimulan el desarrollo de estos agregados estables del suelo.

Un suelo que tiene gran cantidad de materia orgánica tendrá una mejor agregación y tenderá a ser menos denso, permitiendo un mejor desarrollo y penetración de las raíces, que ante una situación de disminución de materia orgánica. Además, el suelo tendrá tasas superiores de infiltración debido a una estructura superficial más estable, siendo capaz de resistir la fuerza dispersiva del impacto de las gotas de lluvia.

Las actividades de organismos más grandes que viven en el suelo, tales como lombrices y hormigas, también ayudarán a mejorar la infiltración de agua. El suelo estará menos propenso a la erosión si existe una mayor infiltración de agua en vez de un escurrimiento superficial.

Los suelos arenosos con niveles más altos de materia orgánica tienen una mayor cantidad de pequeños poros para almacenar el agua disponible para las plantas y son menos propensos a la sequía. Por otro lado, los suelos más arcillosos tienen un mejor drenaje interno, cuando existan grandes cantidades de materia orgánica que cuando las cantidades son menores.

La cantidad y calidad de la materia orgánica puede cambiar las propiedades del suelo, la estructura y disponibilidad de los nutrientes mejora, y existe más diversidad biológica en suelos con un buen manejo de la materia orgánica que modifica los efectos de ciertas propiedades del suelo. Por lo que, los diversos efectos de la materia orgánica pueden agruparse bajo las influencias ejercidas en las propiedades físicas, químicas, nutricionales y biológicas del suelo.

Influencia del bosque sobre el humus formado

La materia orgánica del suelo de los bosques procede principalmente de las hojas caídas y, por tanto, habrá una acumulación inmediata en la superficie. Una buena cantidad de plantas, se extraen comúnmente de los bosques, pero parte de sus tallos, hojas y todas las raíces quedan abandonadas en el suelo, siendo estos materiales con el tiempo descompuestos por los organismos del suelo y acción del clima. La cantidad de humus generado en los bosques varía con las especies, edad y clima, llegándose a formar capas de algunos centímetros (5 a 20 *cm* o más).

El humus formado en el suelo forestal es indispensable para la vida de los árboles. Bajo las condiciones naturales,

las partes aéreas y las raíces de los árboles, arbustos y otros vegetales que conforman el bosque y sotobosque, proveen anualmente al suelo de grandes cantidades de residuos orgánicos. Los árboles toman del suelo menos materia mineral que las plantas cultivadas, y se hace la cosecha a intervalos mucho más largos. Esta particularidad, crea en el suelo forestal que a veces es pobre en las etapas iniciales de formación del bosque y menos para el desarrollo de cultivos agrícolas, se puede considerar bueno para las especies maderables ya que con el tiempo estos suelos van ganando o regenerando altos valores de fertilidad por la incorporación y oxidación continua de restos orgánicos de los árboles y vegetación de los diferentes estratos del bosque.

El sistema radicular de las especies forestales se encuentra más concentrado en el suelo superficial pero también posee una distribución profunda, que interviene en la destrucción del material de origen del suelo (*roca madre*), ayudando en la distribución horizontal y mezcla de sustancias en el suelo, con el aporte de su propio material a la materia orgánica en el suelo, lo que influye en el desarrollo de la microflora del suelo. Ejemplo de esto se tiene en los pinares, con sus agujas y los hongos que forman la micorriza.

La descomposición de la materia orgánica en el bosque depende de la especie y condiciones climáticas, así el material orgánico proveniente de latifoliadas es más rápida que la de coníferas, y en las zonas tropicales es más efectiva cuando esos residuos se humedecen y se secan repetidamente, de modo que se lave el suelo que restringe

la actividad microbiana. Sin embargo, muchos residuos orgánicos primarios, por ejemplo las agujas de los pinos, parecen ser más resistentes a la descomposición que las hojas anchas. Ante esta situación, merece más investigación sobre la descomposición de los diferentes residuos de los árboles y del sotobosque.

Los bosques, por otra parte, ejercen gran influencia sobre el suelo en que radican. Las coníferas absorben pocas bases permitiendo que el Ca y Mg sean lixiviados, y las hojas caídas de estas plantas producen acumulación de residuos ácidos. Además, como consecuencia de que las plantas de este grupo absorben muy poca cantidad de bases, el suelo se empobrece en calcio y magnesio, por efecto de la lixiviación. Los árboles *latifoliados*, poseen mayores necesidades de bases que las coníferas, pero en conjunto los árboles absorben menos bases que las plantas herbáceas de las gramíneas. La cantidad de las bases que se encuentran en las hojas caídas, indican los hábitos de alimentación de los árboles, así como la cantidad de bases asimilables que posee el suelo.

La materia orgánica de los bosques es más ácida, y en parte más soluble, que la producida por las gramíneas. La influencia de bacterias y actinomicetos en el suelo de gramíneas no permite la transformación de las condiciones del suelo a un pH ácido. En el suelo de los bosques los hongos son los organismos que producen la descomposición. Así, pues, la fertilidad de un suelo desarrollado en un bosque o bajo en gramíneas es diferente.

En el suelo de los bosques las condiciones son desfavorables para los organismos que fijan N, ya que necesitan de calcio principalmente para sus reacciones. Las bacterias que fijan N, abundan en un suelo rico en bases, esto significa que un suelo ácido requiere un tratamiento con cal, con el fin de aumentar la fijación de N.

El humus, que es principal compuesto de la materia orgánica, es una mezcla resistente de sustancias negruzcas, amorfas y coloidales que se han modificado a partir de los tejidos originarios o han sido sintetizados por los diversos organismos del suelo. Este humus puede dividirse en *ectohumus* y *endohumus*, según sea de la capa superior o interior del suelo, respectivamente.

Así, a escala mundial se plantea que en los climas fríos y húmedos se acumula mucho más el ectohumus en el suelo que en las zonas cálidas, donde hay mayor intensidad de los factores climáticos, lo que provoca una descomposición más rápida de los residuos orgánicos ayudando a que éstos no se acumulen.

En las zonas tropicales se ha observado una falta de la capa de humus superficial, debido a que la descomposición orgánica es tan rápida que sobrepasa la producción de humus superficial.

Efecto de los organismos del suelo

Las transformaciones más importantes en los procesos de la mineralización y la humificación son de naturaleza bioquímica. Después de la destrucción mecánica y física de los restos vegetales y animales se produce el ataque de microorganismos, los que por medio de sus jugos

digestivos y enzimas, destruyen los compuestos orgánicos y dan lugar a la liberación de minerales.

Los siguientes grupos de microorganismos participan en los procesos de oxidación de la materia orgánica.

- **Microflora:** bacterias aeróbicas (*bacillus, sp.*; *pseudomonas sp.*) y anaeróbicas (*clostridium sp.*). Actinomicetos (*streptomicetes; nocardia sp.*). Hongos: ascomicetos (*aspergillus sp, penicillium sp.*); hifomicetes (*dematiacem sp., fusarium sp., cladosporium sp., hormodendrum sp.*); bacidiomicetes.

- **Microfauna protozoaria:** Rizópodos, flagelados, ciliados.

- **Microfauna de animales superiores:** Nemátodos, lombrices, hormigas, termitas, colembolas.

Por lo general, a medida que aumenta el tamaño de los organismos, disminuye la densidad de la población. Por ejemplo, existen alrededor de 1.014 bacterias, 109 hongos, 107 nemátodos y 102 lombrices por m² (Smil 1991), citado por m

En el suelo gran cantidad de grupos de organismos se alimentan de los organismos del suelo y no causan problemas a las plantas, y sus actividades ayudan a reciclar los nutrientes, a mantener baja las poblaciones de plagas, a producir sustancias que ayudan a la formación de agregados del suelo y a producir sustancias húmicas, por lo que una gran mayoría de estos organismos son importantes para el suelo.

Los productos finales de la descomposición en cada uno de estos grupos son esencialmente los mismos: CO₂, H₂O, y compuestos inorgánicos simples, aunque en los procesos

intermedios se encuentra una gran cantidad de subproductos orgánicos, que varían según las condiciones del suelo y la clase de organismos que han dado lugar a este proceso.

Las lombrices *Pheretina hawaiana* R., constituyen un importante grupo de los anélidos que en muchos suelos integran la mayor parte de la biomasa animal y cumplen un papel importante en la formación de la tierra negra o humus de valor extraordinario para las especies vegetales. Se ha dicho que la tierra que llamamos *vegetal* o *humífera*, debiera llamarse *animal*, en homenaje a la lombriz.



En las tierras donde ella abunda la fertilidad es notable y se ha calculado que en una hectárea suelen vivir hasta 150.000 lombrices. Actualmente en varios países se ha desarrollado la industria de su cría y su venta a los agricultores, que la distribuyen en sus campos para mejorar la producción. En resumen, los microorganismos en el suelo intervienen en la descomposición de material orgánico muerto; producción de humus; mineralización, reciclaje,

movilización e inmovilización de nutrientes y de energía; fijación de N; participación en muchos procesos químicos; formación de agregados; aireación del suelo; mezcla de diferentes componentes y capas del suelo; reserva de nutrientes de fácil de movilización.

Los hongos resisten mejor a las condiciones ácidas que las bacterias y actinomicetos, estos últimos son importantes en suelos ricos en calcio. Las bacterias que están en relación directa con la transformación de N, igualmente, ven favorecidas sus reacciones en suelos con elevado contenido de cal, por lo que, será favorable para la acumulación orgánica un suelo situado en una zona fría y templada.

Los residuos de los bosques, son mayormente ácidos, por lo que su descomposición es más favorecida por los hongos.

Efectos biológicos en las plantas

Los materiales húmicos en la materia orgánica estimulan el crecimiento vegetal de las plantas. Un suelo con alto contenido de materia orgánica, originada en distintas fuentes y en el que se han practicado buenas rotaciones tenderá a tener una comunidad más diversa de organismos y de este modo, brindará un medio ambiente biológico más adecuado para el crecimiento de las plantas que un suelo con menor cantidad de materia orgánica.

En general, la biomasa total de los organismos del suelo también será mayor en un suelo rico en materia orgánica que en un suelo que contenga menos. Debido a los efectos físicos, nutricionales y químicos, las plantas que crecen en suelos ricos en materia orgánica tenderán a ser más sanas y

menos susceptibles al daño de las plagas que aquellas que crecen en suelos con disminución parcial de materia orgánica.

Además, la presencia de diversas poblaciones de organismos cuando la materia orgánica del suelo es abundante ayuda a asegurar un ambiente de plagas menos hostil para las plantas de cultivo. Las numerosas influencias físicas, químicas, nutricionales y biológicas se combinan para dar a la materia orgánica una influencia positiva sobre la calidad del suelo.

Flujo de nutrientes

No todos los nutrientes de los cultivos del suelo están disponibles para las plantas. Para que los elementos puedan ser absorbidos es necesario que ellos se encuentren en sus *formas disponibles en la solución del suelo* y no formando parte estructural de una molécula orgánica o mineral. Los nutrientes son tomados por las plantas desde la solución del suelo generalmente en la forma de iones simples como: NH_4^+ , NO_3^- , fosfatos: H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , K^+ , Mg^{+2} , etc.

Los nutrientes están disponibles para las plantas al ser solubilizados o intercambiados a partir de los minerales por la capacidad de intercambio catiónico de las arcillas y del material orgánico bien descompuesto a la solución del suelo. Aún más, los organismos del suelo convierten muchos elementos de moléculas orgánicas a moléculas inorgánicas.

Durante este proceso de mineralización, los elementos se transforman en formas disponibles que las plantas pueden

usar. De esta manera, la materia orgánica del suelo, desempeña un papel clave en el ciclaje de nutrientes, tanto como una fuente de capacidad de intercambio de cationes como de depósito de nutrientes que se convertirán lentamente en formas disponibles mediante la actividad biológica, de la mayoría de los organismos del suelo que participan en el proceso de descomposición, ayudando a dirigir el reciclaje de nutrientes.

Uno de los problemas de la producción agrícola convencional es la contaminación de aguas superficiales y subterráneas con nutrientes. Además, la cantidad relativamente alta de nutrientes disponibles en la producción agrícola convencional puede causar mayor susceptibilidad para la infestación de insectos, como también una disminución en valor nutricional de los alimentos producidos.

Durante las épocas lluviosas pueden presentarse cantidades importantes de lixiviación y/o escurrimiento. Si en ese momento se encuentra presente una gran cantidad de nitrato, se produce una contaminación sustancial de las aguas subterráneas.

Cuando se utilizan grandes cantidades de fertilizantes comerciales o abonos que contienen nutrientes disponibles para ser usados, es posible que se acumulen altos niveles de nitrato en el suelo.

Reciclaje de los residuos orgánicos para mejorar el suelo

La mejor manera para desarrollar un suelo de alta calidad es manejar el suelo y cultivos, que mejoren la estructura y

niveles de materia orgánica, mediante el manejo de una cantidad activa de materia orgánica.

La cantidad de materia orgánica en un suelo en particular es el reflejo de variadas intervenciones en el tiempo, ya sean de origen natural y/o humano.

El contenido de materia orgánica del suelo, después de transcurrido un año, es la diferencia entre lo que se ha agregado y lo que se ha perdido. Esto se puede expresar mediante esta simple ecuación:

$$\boxed{\text{materia orgánica del suelo} = \text{adiciones} - \text{pérdidas}}$$

Cuando lo agregado excede a lo perdido, la materia orgánica del suelo aumenta. En sentido contrario, si las pérdidas son mayores a lo agregado, disminuye el contenido de materia orgánica en el suelo. Cuando un sistema de cultivo ha operado durante largo tiempo, se logra un equilibrio: cuando lo agregado y lo perdido se igualan. Bajo estas condiciones no habrá cambios en los niveles de materia orgánica.

Queda claro que sólo hay dos caminos principales para estructurar y mantener cantidades aceptables de materia orgánica a los suelos:

- Aumentar la tasa de incorporación de materia orgánica a los suelos, y
- Disminuir la tasa de pérdida de materia orgánica.

Utilización de los cultivos y residuos orgánicos

En muchas partes del mundo, los residuos de los cultivos se ven como un estorbo debido a que pueden albergar a plagas de insectos y a veces interferir con la preparación

del suelo para el siguiente cultivo. De esta forma la quema, en el predio, de los residuos es una práctica común. Esto, no obstante, priva al suelo de materia orgánica potencialmente beneficiosa. La quema de residuos reduce el material energético disponible para los organismos del suelo y dará como resultado una disminución de la biomasa microbiana.

La formación de compost a partir de desechos domésticos y residuos de cultivos, como también la de otros residuos orgánicos disponibles localmente, pueden proporcionar una mejora valiosa del suelo. La formación de compost ayuda a disminuir la masa de materia, al matar las semillas de malezas y las enfermedades que causan los organismos, disminuye las emanaciones putrefactas posiblemente nocivas y estabiliza los nutrientes. La práctica de formar compost a partir de los materiales orgánicos disponibles le permite así al agricultor una mayor flexibilidad en el uso de diversas fuentes de residuos.

Además, en los países en desarrollo los residuos de cultivos y abonos se sacan a veces desde el campo, para usarlos como combustible para cocinar, calentar o como materiales de construcción. Estas prácticas, aunque ciertamente más comprensibles que la quema de residuos en el campo, también son dañinas para la formación de materia orgánica del suelo. No sólo no se devuelven los residuos en cantidades suficientes, sino que los suelos desnudos quedan expuestos a la erosión que remueve el mantillo enriquecido con materia orgánica. De este modo, la mejor utilización de los residuos, como mulch o para su incorporación al suelo, mejorará las adiciones de materia

orgánica a los suelos y disminuirá la cantidad perdida por la erosión.

La turba

Es una sustancia fósil órgano-mineral de consistencia blanda cuando mojada, dura cuando seca, de color variable entre ceniza y negro. Se constituye de fragmentos de restos vegetales leñosos y semileñosos desintegrados en el suelo que están impregnados con agua y que forman masas de color amarillo claro hasta café o negro. La turba se caracteriza por la presencia de celulosa libre y por un contenido de agua mayor al 60%. Las turbas son económicamente interesantes cuando el contenido de materia orgánica es mayor al 40%.

Los fragmentos vegetales no son completamente descompuestos por las bacterias, hongos y otros organismos, prevaleciendo una oxidación incompleta de la materia orgánica (debido a la ausencia de suficiente O₂ de la atmósfera), con gran cantidad de H⁺ por efecto de la respiración anaeróbica.

Efecto de la tala y quema en la fisiología de las plantas

Cualquier intento de explotación de los bosques empieza con la tala y quema de los mismos. Esto produce en primera instancia, una interrupción en el ciclo natural de nutrientes, en especial en el de la materia orgánica, debido a que cesa la producción de residuos vegetales y disminuye la degradación y mineralización de los mismos.

Además, el suelo queda desprotegido y expuesto a los fenómenos climáticos que van a causar varios problemas, como la erosión, hídrica y eólica. Entre los efectos de la quema, se menciona el calentamiento superficial del suelo, lo que acarrea la destrucción parcial del mantillo, alteración de las propiedades físico-químicas y edáficas del suelo y en el aspecto biológico alteraciones de las características de la población microbiana.

Las temperaturas que se genera por la quema dependen de factores tales como la cantidad de fitomasa, los tipos de restos vegetales, el grado de humedad, la precipitación en el momento de la quema y los vientos en el momento del fuego.

La inflamabilidad de la materia orgánica presente en los bosques, difiere según las condiciones, al igual que la combustibilidad. Así, por ejemplo, algunas especies de *quercus* y *eucaliptos*, son malos combustibles, mientras que la madera de los *pinus* es de fácil combustibilidad, a causa de la presencia de resinas. También lo son las especies xerofíticas.

Las temperaturas desarrolladas son variables y sobrepasan los límites biológicos que conducen a la esterilización parcial del suelo, reduciendo la actividad microbiana, y en los diversos vegetales las altas temperaturas causan graves efectos fisiológicos. Temperaturas de alrededor de 50, 60 °C o superiores son críticos o perjudiciales para las plantas, pues producen la desnaturalización de las proteínas y la deshidratación irreversible de las células.

Con temperaturas entre 80 y 100 °C se acelera la oxidación de la materia orgánica, con la respectiva producción de

CO₂ que pasa a la atmósfera. Los incendios producen temperaturas hasta 10 veces superiores a las temperaturas críticas. La temperatura de la hojarasca al quemarse alcanza de 300 a 360 °C, y con estas temperaturas o mayores, el N asociado con la materia orgánica se desprende en forma de óxidos y se pierden ciertas cantidades de S. En casos extremos o cuando la intensidad de fuego es fuerte se producen temperaturas hasta 800 °C.

Con la profundidad disminuye la temperatura de la siguiente forma: en 0.5 *cm* alcanza de 50 a 70 % de la temperatura de la superficie, y en 1 *cm* de 30 al 50 %, o sea, que a pocos centímetros de profundidad no se tiene temperaturas dañinas, o se presentan por muy poco tiempo (1 a 3 minutos), de modo que los órganos subterráneos no están expuestos a las temperaturas mortales durante los incendios, de ahí que se observa al cabo de un tiempo y dependiendo de la resistencia de la especie, de la etapa ontogénica del individuo, órgano en consideración y si la humedad del suelo es apropiada, el rebrote de la masa vegetativa herbácea y arbustiva leñosa.

Sin embargo al quemarse la materia orgánica se producen cambios químicos en los cuales una parte del producto escapa a la atmósfera y otra se queda en el suelo. Esto afecta la química, física y vida edáfica de los suelos. Por ejemplo, si la quema no es muy intensiva no afecta negativamente al contenido de N, cuyo contenido total incluso dentro de un tiempo corto, aumenta.

Este mismo efecto ocurre con el P y especialmente con los contenidos de K, Ca y Mg, que se acumulan en las cenizas que se depositan en el suelo, donde posteriormente

reaccionarán con el agua, pasando a las formas iónicas. Sin embargo este aumento queda limitado a las capas superficiales, que puede perderse por lixiviación, erosión o transformación en sales insolubles, ya que por la falta de vegetación aumenta la escorrentía del agua. A causa de la presencia de cenizas ricas en Ca, la acidez del suelo disminuye.

Hacer un balance exacto de las pérdidas de los elementos nutritivos que genera la quema es difícil, ya que las temperaturas varían a los factores expuestos. Aunque la quema, mejore ciertas propiedades físicas (porosidad, permeabilidad, por el mejoramiento en cuanto a número, tamaño y estabilidad de los agregados de la estructura del suelo), al final no resulta favorable, ya que aumenta el peligro de erosión. Por eso hay que evitarla o emplearla racionalmente en condiciones apropiadas o mediante quemas dirigidas.

Se conoce, por otra parte, que aquellos suelos que son explotados después de la tala y quema de los bosques, disminuye la producción de una segunda cosecha hasta en un 20 %.

El grado de reducción de la fertilidad depende de las características del suelo, contenido de N, humus y otros elementos nutritivos, textura y estructura de los suelos, pH, actividad microbiana, prácticas de cultivo, de la secuencia de rotación de cultivos, los monocultivos por ejemplo, llevan a una degradación acelerada.

La lluvia y el bosque

Las plantas de un bosque por medio de sus raíces absorben cierta cantidad de agua de lluvia, acumulada en el suelo. Esta agua sube hasta el follaje y aquí, a través de sus hojas, parte de ella se transforma en vapor al recibir el calor del sol. De esta forma las plantas devuelven a la atmósfera, en forma de vapor gran cantidad del agua que toman del suelo. Este proceso se llama *evapotranspiración vegetal*.

Los bosques tropicales por evapo transpiración proporcionan a la atmósfera un 50 % del agua que cae en forma de lluvia.

El agua de lluvia es un factor importante en la formación del suelo, además que con las lluvias se devuelve al suelo considerables tasas de elementos químicos (5 a 10 Kg/Ha bosque/año) correspondientes a N, P, S, Cl, Na, Ca, y Mg, los cuales forman parte de la alimentación de las plantas. Por ejemplo, en función de las descargas eléctricas y tormentas en la atmósfera se produce energía (hasta 10 000 voltios), con la cual el N molecular (N_2) se oxida en las nubes hasta producir ácido nítrico (NO_3^-), que cae con las lluvias al suelo.

El agua de lluvia de los ecosistemas forestales han presentado valores de pH comprendidos entre 3.8 a 6.21, con un promedio de 4.55 (*Fassbender, 1994*). La mediana acidez del agua de la lluvia, es probable que se deba a formación y disociación del HCl y H_2SO_4 en las nubes.

Con la tala de los árboles y en general en un suelo sin plantas y dependiendo de la pendiente del suelo, el agua de lluvia no absorbida va a correr por la superficie en

grandes cantidades después de un aguacero y se va llevando poco a poco el suelo. Si el terreno es inclinado, como en las montañas y cerros, el lavado del suelo ocurre con mayor rapidez. Esta agua lodosa, generalmente, es arrasada hacia los ríos; por eso, después de una lluvia fuerte, los ríos llevan mucho agua turbia o de color oscuro. El manto vegetal evita la *erosión*, es decir, la pérdida de la capa superficial del suelo. Para explicar lo anterior, comparemos este manto con un paraguas que cubre el suelo de los continuos golpes de las gotas de lluvia. Si desaparece la vegetación, como al talar los árboles del bosque, cada gota golpea con fuerza y velocidad el suelo. Este golpe desprende millones de partículas de suelo que son arrastradas por el agua hacia arroyos y ríos.

El viento también produce un efecto parecido; por eso un suelo expuesto a la acción del viento se erosiona rápidamente.

La lixiviación del nitrógeno en los bosques es posiblemente la pérdida más notable, frente a la absorción del mismo por las plantas. Esta lixiviación ocurre en forma de NO_3^- y NH_4^+ , pudiendo variar entre 5 a 20 Kg/ha/año, aunque estas pérdidas generalmente aumentan, con la irrigación y la aplicación de fertilizantes, que son más frecuentes en el caso de cultivos agrícolas, llegando estas pérdidas hasta 80 kg/ha/año.

La humedad atmosférica, en los bosques es mayor que al descubierto, sobre todo por la noche. Esto es debido a que el vapor de agua producido por la evapotranspiración se propaga en la atmósfera por difusión y acción del viento. Las hojas, troncos y ramas de los árboles interrumpen en

gran medida el paso del viento, disminuyendo su velocidad y dificultando, por tanto, los fenómenos de difusión y concentrándose así la humedad.

Otros aspectos, como el tipo de las hojas (latifoliadas versus coníferas), también son importantes. Existen varios estudios que indican que la intercepción de agua por las coníferas generalmente es mayor que la de latifoliadas, por la forma de las agujas y el alto índice del área foliar.

Generalmente se espera que la descomposición de hojarasca de *Pinus spp.* sea lenta, debido a la pobre calidad del material (*relación C/N alta, altos contenidos de polifenoles*). Son, sin embargo, características que también están reportadas para especies de bosques nativos de la alta montaña.

Hay muy pocos estudios comparativos de descomposición de plantaciones respecto a vegetación natural a gran altura. Pero si existe una preocupación relacionado a las características típicas de los suelos del páramo en buen estado de conservación.

En los *Andisoles* existen complejos entre partículas minerales y orgánicas, que retienen el agua y que protegen el humus a la descomposición, por eso estos suelos tienen un alto contenido de materia orgánica y retienen cantidades apreciables de agua. Sin embargo, ya que las plantaciones de *Pinus* tienen un mayor uso de agua, el suelo tiende a secarse.

Las *alofanas*, no corresponden a minerales arcillosos, son aluminosilicatos amorfos, que no tienen una red cristalina, están formados por tetraedros o octaedros que se disponen sin ninguna secuencia. Resultan por la intemperización de

la roca volcánica y ocurre sobre suelos desarrollados sobre cenizas volcánicas.

Estos suelos poseen una región de lámina central oscura y pueden asociarse al humus por el color oscuro. Químicamente, son una mezcla de óxidos de SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 más agua. De estructura muy porosa, por lo que son muy lixiviados. Poseen una capacidad de intercambio catiónico generalmente menor a 100 meq/100 g suelo y alta capacidad de fijación de fósforo.

El bosque como protector de las cuencas hidrográficas

Las cuencas de los ríos son zonas muy frágiles que deben protegerse; sólo así conservarán sus suelos en buen estado y los ríos con agua limpia y abundante.

En nuestro país las cuencas de muchos ríos han sufrido serios daños. La causa es clara, son el resultado de acciones realizadas por el hombre en forma equivocada.



Probablemente has observado terrenos muy inclinados que están cultivados o dedicados a la ganadería. Algunas de esas laderas forman parte de la cuenca de un río; en ellas el bosque original que protegía el suelo fue cortado completamente. En su lugar se sembró algún cultivo o pasto para criar ganado, pero, en un terreno inclinado estas acciones tienen poco éxito. Además causan un grave deterioro de la cuenca.

Al llover los efectos negativos de la tala del bosque son severos y no se hacen esperar; la lluvia lava el suelo, lo erosiona y el agua lodosa va a dar a los ríos.

En una cuenca deforestada los terrenos se vuelven inestables; con frecuencia ocurren grandes lavados de suelo y derrumbes. Estos derrumbes han sepultado viviendas, han taponado los ríos desviándolos de su cauce y han rellenado embalses.

Algunos estudios comparativos que analizan el efecto de tratamientos silviculturales sobre la hidrología comparando cuencas aledañas con cobertura vegetal distinta revelaron que plantaciones forestales (*Pinus* y *Eucalyptus*) muestran una evapotranspiración mayor y una escorrentía reducida en comparación con vegetación baja (*pasturas naturales*); esta reducción en escorrentía es en gran parte el resultado de la intercepción de los árboles. En áreas relativamente secas hay también el efecto de una transpiración aumentada, por el sistema radical más profundo de los árboles, respecto a los pastos.

Capítulo 10

Descripcion de especies forestales

El capítulo hace una descripción de algunas especies forestales de importancia industrial, ornamental y de protección del suelo, independientemente de su ubicación geográfica. Incluye exposiciones y usos de la madera, hábitat de crecimiento ecológico y descripción botánica.

Los bosques son sitios de esparcimiento, de caza, proveedores de oxígeno, madera, frutos, hongos; y realzan el esplendor paisajístico del campo y las ciudades. Crea un mundo viviente extraordinariamente dinámico, cuyos componentes están en equilibrio biológico con el medio en el que se desarrollan, por lo que el valor conservacionista de los bosques sobrepasa o está por encima del factor económico que pueda generar el mismo.

De los árboles se aprovechan los frutos, semillas, hojas, corteza, raíces y materias primas, como la madera, *corcho*, que se emplea como aislante; *caucho*, utilizado en fabricación de goma y neumáticos.

Las flores de muchas plantas, se utilizan para fabricar perfumes. Casi la tercera parte de las medicinas se obtienen de plantas, otras se obtienen en laboratorios farmacéuticos, empleando sustancias provenientes de las plantas.

Nuestro país posee excelentes espacios tropicales, subtropicales, valles, cuencas hidrográficas, cordilleras y montañas que nos brinda un extenso y variado número de especies maderables de excelente calidad para la industria nacional e internacional.

De las más principales podemos citar las siguientes: guayacán, teca, laurel, amarillo, eucalipto, roble, caucho, balsa, matapalo, nogal, cedro, pino, ciprés, aliso, arrayán, motilón, etc. Utilizados en la fabricación de mobiliarios finos, ebanistería, encofrado, en la construcción, adornos, productos y derivados para la industria como celulosa, fenol, taninos, alcohol industrial para pinturas, acetona, celuloide.



En los paisajes de la ciudad así como en la naturaleza, los árboles son elementos vivos que agradan la vista y levantan el espíritu, por lo que, debemos protegerlos y propagarlos, para mantener el equilibrio ecológico.

Los árboles, tanto aislados como plantados en grupo en las aceras de las calles, parques o espacios verdes producen sus numerosos efectos beneficiosos, como la producción de oxígeno, fijación del CO₂, productos maderables, ecoturismo, protección, sin los cuales la vida de los seres vivos, incluida la del hombre, resultaría muy difícil.

Guayacán

Familia: **Bignoniaceae**

Especies:

Tabebuia ochracea (Cham) Standl.

Tabebuia rosea (Bertol.)DC

Tabebuia guayacan (Sekemann) Hemsley

Tabebuia chrysantha (Jaquin) Nicholson

Tabebuia impetiginosa (Martius ex De Candolle) Stadl.

Tabebuia ochracea (Cham) Standl.

Especie que existe naturalmente en la mayoría de América Latina tropical, desde Honduras hasta Brasil. Crece en los bosques secos y en las partes más secas de los bosques húmedos (Bosques de transición seco-húmedo), entre 0 a 1000 m de altura.

Es un árbol muy apreciado como ornamental en América Central por su espectacular floración sincronizada durante la estación seca. Un despliegue de la floración dura 4-5

días. Cada flor tiene aproximadamente 8 *cm* de largo y es parte de una inflorescencia terminal de las ramas. Las flores son perfectas y zigomorfas, lo cual quiere decir que ambos sexos se encuentran en la misma flor y una flor es simétrica en un plano. Una flor dura abierta solamente un día, y una inflorescencia dura solamente 4-5 días.



Es una *especie heliófila* y la luz es muy importante para favorecer el crecimiento. Los árboles jóvenes buscan la luz que viene directamente de arriba, y por esta razón crecen de forma recta. En bosques densos se tiene troncos torcidos ya que los árboles jóvenes buscan los sitios por donde está entrando la luz.

Hojas palmadas compuestas por 5 hojuelas que surgen de un punto central en el extremo del pecíolo. La posición de las hojas es opuesta, con dos hojas que surgen del mismo nudo a cada lado de un tallo. Las hojas de los árboles maduros se caracterizan por la presencia de una pubescencia densa (blanca) en el envés, característica que a su vez sirve *para distinguir al árbol de las otras especies del género Tabebuia*.



Hay diferencias entre las hojas de árboles maduros y las hojas de árboles jóvenes. Las hojas de los árboles jóvenes son más grandes (35-55 *cm*) y mucho menos pubescentes en el envés de sus hojuelas, que las hojas de árboles maduros (25-35 *cm* de largo).

Las hojas de árboles jóvenes pueden tener bordes aserrados, pero los árboles maduros siempre tienen el margen entero. Las hojas de las plántulas y plantas jóvenes menor de 50 *cm* en altura, frecuentemente tienen hojas simples u hojas palmadamente compuestas con sólo 3 hojuelas.

Los **frutos** de *T. ochracea* son *vainas* que miden 20-40 *cm* de largo y se desarrollan y maduran aproximadamente en tres semanas después de la floración. Las dos paredes de la vaina tienen pelos blancos-morados densos en la parte externa. Cuando la fruta está madura y seca, las dos paredes se separan para soltar muchas semillas blancas y aladas (15-25 *mm* de largo).

Los frutos maduran en menos de tres semanas después de que la flor es fertilizada. Las **semillas** se dispersan en las últimas semanas de la época seca y las primeras semanas de la época lluviosa.

La **corteza** de *T. ochracea* tiene placas anchas, fisuradas verticalmente y es de color gris claro (café con

puntuaciones rojizas). El tejido debajo de la corteza vieja de las ramas de árboles es de color amarillo. Este color probablemente dio origen a su nombre común del árbol, "corteza amarilla".

La madera de los guayacanes es famosa por su gran peso y durabilidad. Son posiblemente las maderas más pesadas, duros, y durables de los árboles tropicales. El duramen es muy resistente al ataque de hongos y termitas. Los usos más comunes incluyen muebles, construcción pesada, puños para herramientas, y pisos industriales. Es una madera muy útil y solo puede ser remplazada por la teca, **Tectona grandis** (Verbenaceae).

Tabebuia rosea

Es una especie originaria del norte de Sudamérica y está distribuido desde Venezuela hasta el Perú, en nuestro país se encuentra en el litoral ecuatoriano y se lo utiliza para incrementar los bosques como especie nativa promisoria. El árbol alcanza alturas superiores a 30 *m* y su diámetro va desde 40 a 100 *cm* es de fuste recto y se bifurca a baja altura.

La madera es de buena calidad y muy apreciada en carpintería. Se emplea para la industria del mueble, tiene buen acabado, para puertas, revestimientos de paredes, tumbados, pisos, vigas, pilares, durmientes y de chapas.

Para un buen crecimiento, requiere de suelos franco-arcilloso profundos, que mantengan buenos drenajes, produciendo con mas rapidez en suelos con mejor textura, pH entre 5.5. y 6.5. Puede cultivarse hasta los 1.900 *ms.n.m* con una precipitación máxima de 2.500 *mm* y una

temperatura promedio de 22 ° C. La madera es muy solicitada para carpintería en general.

Siembra

Para la implementación de un bosque cultivado debe tomarse en cuenta las siguientes distancias de siembra: 3 m x 3 m con una densidad de 1.110 árboles por hectárea.

La plantación debe ralearse, hasta obtener en la plantación una densidad de 250 a 400 árboles por hectárea para cosecharlo a partir del veinteavo año. Rinde entre 10 y 20 M³/Ha/año. La producción comercial aprovechable por hectárea puede ser de 350 M³/Ha.

Teca

Nombre científico: *Tectona grandis* L.F.

Familia de las **Verbenáceas**.

Características botánicas

Es un árbol grande de fuste recto, alcanza alturas de hasta 50 m y un diámetro de 2.5 m Sus raíces son profundas. La **corteza** es áspera y delgada de 2 cm de espesor, fisurada de color café claro. Su copa es amplia y redonda; sus **hojas** son grandes y ovales; de color verde oscuro y ásperas en el haz; simples y opuestas con pecíolo corto.

El **fruto** es una drupa seca y relativamente dura, que contiene de 1 a 4 semillas, de las cuales 1 a 2, son fértiles. Los frutos (semillas) se recogen bajo los árboles, generalmente caen solos, pero en caso necesario se tumban las inflorescencias y se recogen las semillas en el suelo. La capacidad germinativa de las semillas frescas o recién

recolectadas es generalmente entre 50-70 %. La germinación se inicia entre los 10-15 días; es errática y epigea.

Tratamientos pregerminativos

Las semillas requieren tratamientos pregerminativos antes de colocarlas en los almácigos. Un tratamiento recomendable consiste en mantener las semillas sumergidas en agua durante 7-8 días por la noche, y por el día se ponen al sol; transcurrido ese tiempo se colocan en las almácigas.



También se recomienda colocar las semillas o frutos en una capa al sol sobre arena gruesa y taparlos con una ligera capa de suelo, humedeciéndolas durante la tarde, y conforme van germinando se lleva a las almácigas.

Los semilleros de teca se hacen con el objetivo de producir suficiente material vegetativo para plantar. En el semillero deben permanecer aproximadamente un año. Para la plantación de esta especie se utilizan tocones de 20 *cm* de largo, que se colocan verticalmente en hoyos de 25 *cm* de profundidad, dejando 2-3 *cm* sobre el nivel del suelo.

Condiciones ecológicas y siembra

La teca, se adapta a climas con una estación seca definida de 3 a 5 meses, entre 22 y 28 °C, una media anual de 1.250 *mm* a 2.500 *mm* y una altitud hasta de 1.000 ms.n.m, con suelos bien drenados, franco-arcillosos con pH neutro ó ligeramente ácido. La falta de calcio produce un raquitismo en la planta. Requiere de una buena luminosidad.

En el Ecuador tiene su ingreso aproximadamente a partir de 1.950 específicamente en la Provincia de Los Ríos, se considera que se hizo con material genético de Trinidad, demostrando una excelente adaptación, posteriormente se expande a otros lugares, alcanzando alturas en su desarrollo que sobrepasan los 30 metros y producciones de 375 M³/Ha. en 25 años de cultivo.

La **distancia de siembra** para una plantación puede variar desde 1.50 *m* a 4.50 *m* en cuadro, siempre y cuando se realicen los raleos. Pero, si se usan las distancias de 4.0 *m* x 4.0 *m* (625 plantas/Ha.) ó 3.50 *m* x 3.50 *m* (816 plantas/Ha.), pueden evitarse los raleos, excepto de los árboles mal formados. Las podas deben realizarse anualmente hasta los 6 *m* de altura. Luego su manejo es normal como las deshierbas, aclareos, fertilizantes, control de plagas, de enfermedades y riego si es necesario.

Con las densidades descritas, el crecimiento anual que se reporta en una bosque de teca es de 10 a 25 M³/Ha./año. Pero, se puede estimar para nuestro medio un crecimiento de 15 M³/Ha./año. En base a ésta información, un bosque de teca en nuestro medio de 20 años se alcanzaría: 300 M³ de madera; de 25 años: 375 M³ de madera; de 30 años: 450 M³ de madera y de 35 años: 525 M³ de madera.



Después del raleo quedan 250 árboles para ser cosechados finalmente con una altura promedio de 15 *m* y un diámetro promedio (D.A.P.) de 0.38 *m*. Determinar la edad de corte, es fundamental para el establecimiento del orden como se va a procesar la plantación. Puede contemplarse **turnos de cortes** desde los 20, 25, 30 a 40 años dependiendo esto de la rotación de aprovechamiento, de la parte técnica y financiera.

Características de la madera

La madera es de color blanco mezclado con café claro-oscuro; fina, anticorrosiva, resistente a hongos y a la intemperie, por lo que, su durabilidad natural es buena y con cualidades muy apreciadas para los trabajos de ebanistería fina, pisos, artesanía, puertas, ventanas y construcciones en general, su mayor valor está en el duramen, la madera de albura no es comercializada en exportaciones. Produce un aceite natural antiséptico que la

protege de diferentes organismos y alto contenido de silicato, lo cual la hace extremadamente resistente.

Cuando se corta su duramen es verde oliva y cambia a color amarillo o marrón dorado cuando se seca. La albura es de color blanquecino. Se distinguen los anillos de crecimientos y son de ocurrencia anual. Su olor es desagradable. La madera se estabiliza bien con el secado al aire pero esto ocurre lentamente.

Su secado al horno es bueno sin tendencias a rajaduras o dobleces. Se considera muy difícil de tratar con inmunizantes y aún con vacío-presión tiene penetración incompleta.

Aliso



Familia: **Betulaceae.**

Especies:

Alnus jorullensis, *acuminata*, *Alnus glutinosa*, *Alnus cordata* (aliso de Italia), *Alnus oregona*, *Alnus serrulata*, *Alnus rubra*, *Alnus*, *Alnus incana*.

Generalidades

Los alisos son fáciles de reconocer tanto cuando presentan hojas como cuando no, a causa de sus características de sus amentos fructificados semejantes a conos o estróbilos, que

permanecen en el árbol durante todo el año y que incluso mucho tiempo después de la difusión de las semillas no se desprenden. El Aliso es nativo del Callejón Interandino, con la especie *A. ferroginea*, muy similar al *A. jorullensis*.

Descripción botánica

El aliso es un árbol caducifolio, monoico, de crecimiento rápido, de fuste recto y alto, y **copa** piramidal o columnar, aunque no muy redondeada o abombada, sino más bien algo apuntada. Llega a medir hasta cerca de 25 m de altura y tiene la propiedad de retoñar fácilmente. Su *corteza* es de color gris oscura a verdosa, interrumpida en campos alargados o ligeramente cuadrangulares.

Ramas principales amplias y laxamente dispuestas, ramificación verticilada o bien algo irregular, en el ámbito inferior de la copa se enderezan, mientras que en la parte superior están más bien dispuestas horizontalmente. Brotes verdes con llamativos lenticelas de coloración rojo anaranjado.

Las *hojas* son simples, ovaladas y alternas; pecioladas, claramente dentadas; el haz es de color verde intenso, y el envés más claro; la longitud del foliolo oscila entre 4 y 12 *cm* y el ancho entre 5 y 10 *cm* Su corteza es alimento de animales silvestres. La madera tras la tala se colorea intensamente de amarillo anaranjado.

Posee dos tipos de **flores** pistiladas y estaminadas. *Amentos masculinos* colgantes terminales, color amarillo, de 5 a 12 *cm* de largo que "caen enteros después de la floración". La inflorescencia femenina, formada por *amentos pistilados leñosos* de 1-1.5 *cm* de largo, dispuestos en pequeños grupos

de 2 a 8, situados en las axilas de las hojas, sin perianto, de color verde cuando jóvenes.



El *fruto* es un amento fructificado de hasta 3 *cm* de longitud, semejante a pequeños conos alargados y globulares o a una piña leñosa dehíscence, de color marrón oscura, que contiene **semillas** muy pequeñas y livianas que poseen apéndices semejantes a alas, que facilitan su dispersión por el viento.

Esta especie puede propagarse por esquejes o estacas y también se pueden hacer semilleros con las semillas. Aunque, parece ser que la luz, es un factor limitante para su germinación, pues estudios experimentales demuestran que semillas sembradas en sombra, dan mejores resultados. El número de semillas por kilogramo oscila entre 1.400.000 y 4.400.000.

Hábitat: El aliso se desarrolla entre los 1000 y 3500 ms.n.m, de las cordilleras Occidental y Oriental y valles interandinos. Prefiere suelos húmedos, drenados y profundos, pero se desarrolla bien en suelos temporalmente inundados, ligeros o pedregosos, de

abundante humus y pH ácido. En la cordillera andina, se lo observa entre la vegetación de ríos y riachuelos, así como también en pastizales y zonas de cultivo.

En las raíces de los alisos viven en estrecha relación determinadas bacterias del suelo, caso parecido a lo que encontramos en las leguminosas. Estos microorganismos corresponden a bacterias del género *Francia sp*, posee una relación mutualística con las raíces de *Alnus acuminata*, dándole la cualidad de especie fijadora de nitrógeno (N_2) y hacen disponibles los compuestos nitrogenados al horizonte radicular. Por este motivo, los alisos contribuyen a enriquecer los suelos pobres y con ello a una mejora del suelo, por lo cual, son muy valiosos y apreciados como árboles pioneros, en el mejoramiento del suelo.

Usos y principios activos

Esta especie se presta para la protección de cuencas hidrográficas, afianzar canales de riego, linderos y para afirmar taludes.

Su madera es liviana, se usa en mueblería y para fabricar utensilios domésticos. Se conserva bastante bien y no entra la polilla.

Contiene abundantes taninos (20%), ácidos grasos (palmítico, esteárico), glucósidos flavónicos, emodina (colorante), flobafenos, taraxerol, taraxerona, lupeol y fitoesteroles: beta-sitosterol. Los taninos contenidos en la corteza poseen propiedades astringentes (antidiarréico, hemostático local) y además produce un efecto colerético.

Las hojas se usan como analgésico local, indicado para diarrea, disquinesia hepatobiliar. En uso externo: estomatitis, faringitis, vulvovaginitis, heridas, ulceraciones cutáneas, inflamaciones osteoarticulares y contracturas musculares. Contraindicado con obstrucción de las vías biliares, gastritis, úlceras gastroduodenales; tratamientos con alcaloides o sales de hierro, que son neutralizados por los taninos. *Los taninos pueden causar irritación de la mucosa gástrica.*

Otros usos: Tornería, tiene la propiedad de resistir muchos años sumergido en agua. Preparación de tintas tipográficas. Da al cuero un característico color rojo oscuro.

Los eucaliptos

Orden: Angiospermas - **Familia:** Mirtáceas - **Subgénero:** Dicotiledónea

Los eucaliptos son de gran tamaño y vienen del área de Australia y Nueva Guinea. Alcanzan más de 30 m de altura en Europa y hasta 150 m en Australia. Allá crecen en diversas condiciones, desde el desierto hasta el bosque húmedo, y de los trópicos bajos hasta las montañas en las áreas templadas. Los Eucaliptos han sido llevados a muchas partes del mundo y plantados, entre ellas: Asia, África y América del Sur.

Mucha gente sólo habla de "Eucalipto" sin darse cuenta que hay más de 400 diferentes especies. Cada una de estas es distinta. Aquí, se describe algunas especies de eucalipto:

Eucalyptus globulus

Eucalyptus camaldulensis

Eucalyptus citriodora-(que huele a limón, aromático)

Eucalyptus grandis, urograndis; Eucalyptus tereticornis

Eucalyptus globulus

Arbol planifolio de hoja perenne, de copa bastante laxa, abierta, caída, que puede estar dividida en varios sectores (debido a lo cual proporciona escasa sombra), en ocasiones es muy erguida y de forma estrechamente piramidal. Tronco recto, por lo general bifurcado por primera vez a gran distancia del suelo, en ocasiones muy robusto y de gran altura. Por estas características, es una especie considerada para repoblaciones forestales masivas, en nuestro país, existen por lo menos 45.000 hectáreas sembradas.

En el país se encuentra en toda la Sierra, concentrando su producción en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha y Azuay. Requiere de suelos franco-arcillosos, no compactados, profundos, que mantengan buenos drenajes. Puede cultivarse hasta los 3.100 ms.n.m pudiendo ser óptimo los 2.400 ms.n.m, con una precipitación máxima de 1.200 mm y una temperatura desde los 5 °C. Es algo sensible a las sequías prolongadas.

Prefiere suelos ligeramente ácidos y frescos. No crece naturalmente en suelos fuertemente calcáreos o alcalinos. Sus mayores desarrollos económicos los alcanza en suelos limosos o algo pesados, moderadamente fértiles y con buen drenaje, pero con adecuado contenido de humedad. Esta especie tiene un crecimiento inicial extraordinario en altura

en sitios favorables; por ejemplo: 15 *m* en 5 años y casi 30 *m* en 10 años en la India.

Características de la especie

Son árboles siempre verdes que alcanzan alturas de más de 50 *m* y diámetro 1.50 *m* Con *ramas* caídas o ascendentes en árboles jóvenes y, por lo general, muy erectas en ejemplares mayores. Brotes delgados y como en todas las especies de *Eucalyptus*, presenta *dos formas diferentes de hojas*: hojas jóvenes opuestas, en ocasiones abrazando al tallo, blanquecinas en ambas caras, de contorno ovalado. *Hojas adultas* alternas y péndulas, cortamente pecioladas, estrechas y dobladas de forma ligeramente falciforme, acuminadas, ambas caras de coloración verde oscura.

Flores solitarias en las axilas de las hojas adultas. *Fenología*: El período de floración y fructificación es muy variable, generalmente ocurre entre octubre a diciembre de cada año. El **fruto** es una *cápsula* campaniforme de 1 a 2.5 *cm* de diámetro, globular, anguloso, con 4 costillas, cubierto de un polvo blanquecino, siendo de color blanco cuando esta tierno y gris oscuro negruzco cuando está maduro.

Es una especie que se multiplica por semillas, las cuales son de color negro mate de 2 a 3 *cm* de diámetro, existen aproximadamente entre 180.000 a 220.000 semillas/Kg. Presenta una **corteza** blanquecina que se desprende fácilmente en tiras en los ejemplares adultos.



La **madera** de coloración café y ligeramente amarillenta, es pesada y dura; de textura mediana y fibras casi rectas con ligeras ondas. El peso específico de la madera secado al aire corresponde a: 0,58 – 0,77 (36 a 48 lb./ pulgada cúbica). Posee buen poder calorífico (4.800 Kcal / kg).

No posee ningún olor o sabor característico. Es fuerte pero no muy durable a la acción del medio ambiente; la savia es permeable y la pulpa extremadamente resistente a la impregnación. Se puede obtener un buen acabado y brillo, ya que absorbe satisfactoriamente los pegantes.

Utilidades

- Es una especie altamente maderable y útil en la construcción para estructuras, pisos, parquet, durmientes de ferrocarriles, escaleras; como combustible, carrocerías para vehículos, mangos de herramientas, chapas y últimamente tiene una gran demanda para la producción de pulpa y papel.
- Las hojas tienen alto contenido de aceite (*cineol*) que se utiliza en la industria farmacéutica. En general, se

emplea para curar afecciones pulmonares y enfermedades afines, como *los catarros y los ataques de asma*. La sustancia que se encuentra especialmente en esta planta es el *eucaliptol*, que tiene propiedades expectorantes y desinflamatorias. También contiene taninos, resinas y ácidos grasos. Sus flores producen néctar y polen para miel de buena calidad.

- La densidad de plantación del eucalipto más utilizada es 1.111 árbol/ha, lo que implica plantar a 3 m x 3 m. Para la producción de pulpa se aconseja una distancia de siembra de 3 m x 2 m, y si la producción se va a destinar a la obtención de costaneras la siembra deberá ser: 2.50 m x 2.0 m con una densidad de 2.000 árboles por hectárea.

Eucalipto tropical.

El Eucalyptus grandis, es considerado al igual que el *Eucalyptus globulus* para el uso en repoblaciones masivas forestales. Los beneficios son los siguientes: pulpa (celulosa), postes, costaneras, chapas, madera aserrada y leña. Las astillas de eucaliptos tropicales tienen menos densidad (0.56 g/cc) que los *eucalyptus globulus* (0.66 g/cc). En el país se encuentra sembrado en el sector de Esmeraldas.

Requiere de suelo franco-arcilloso, no compactados, profundos, que mantengan buenos drenajes, en suelos con mejor textura tiene buenos resultados económicos. Puede cultivarse en el litoral ecuatoriano con una precipitación mínima de 800 mm y máxima de 1.200 mm; y una temperatura promedio de 24 ° C.

Para la implementación de un bosque cultivado de eucalipto para la producción de pulpa se aconseja la siguiente distancia de siembra: $3\text{ m} \times 2\text{ m}$ con una densidad de 1.666 árboles por hectárea, pudiendo aumentar la misma. El turno de *corte y producción* es en el sexto año, rebrotando la planta posteriormente sin que haya necesidad de plantarlo de nuevo. El bosque tiene un crecimiento anual entre 40 m^3 a 50 m^3 / Ha. La producción comercial promedio aprovechable para pulpa por hectárea es de 250 m^3 /Ha. con una altura promedio del árbol de 20 m y un diámetro promedio de 25 cm

Eucalyptus citriodora

Es el eucalipto aromático, se le reconoce por sus hojas que huelen a limón y sus semillas grandes. Puede llegar hasta 40 m de altura y 1.20 m de diámetro. Tiene buena forma, con troncos rectos y cilíndricos y copas abiertas y ligeras. La corteza es lisa, de color gris blanquecina y a veces color rosa claro.

En su rango natural, Citriodora necesita entre 650 y 1300 mm de lluvia/año; soporta estaciones secas severas de hasta 6 o 7 meses; se encuentra entre 80 y 800 ms.n.m, y soporta suelos muy pobres, rocosos y a veces lateríticos (que sean bien drenados); no tolera suelos inundados, compactados ni salinos.

Eucalyptus tereticornis

Tiende a crecer hasta $35\text{-}45\text{ m}$ de altura y $1\text{-}2\text{ m}$ de diámetro, aunque su tronco es corto relativo al resto del árbol. Su corteza es ligeramente blanquecina, y se

desprende en láminas delgadas dejando una superficie gris blanquecina o un parche azulado. Las hojas son punteadas, angostas y de color verde mate en ambos lados. Crece en áreas que tienen entre 500 y 1500 mm de lluvia por año, con una estación seca hasta de 7 meses. Se encuentra entre 30 y 100 ms.n.m

Eucalyptus camaldulensis

Esta especie no tiende a crecer tan grande como *Tereticornis*, pero puede alcanzar alturas entre 25 y 40 m y 60-100 cm de diámetro. La corteza es lisa, con una cáscara gris clara. Las hojas son lisas, verde-opaco por arriba y verde-gris por debajo.

Puede crecer en un gran rango de sitios, aunque crecerá mejor cuando tiene:

- Entre 1000 y 2000 mm de lluvia por año
- Una estación seca definida menor que 8 meses
- Una altitud menor de 650 metros sobre el nivel del mar
- Suelos no compactos

El eucalipto y las abejas

El alimento natural para las abejas consiste en néctar y polen, siendo el primero la fuente de azúcar energético (*glucosa*), y el segundo la de proteínas. Además, las abejas hacen miel con el néctar y la almacenan como alimento. La abeja se acerca a la corola abierta de la flor y se posa en el “labio inferior” de ésta, comenzando la recolección del

néctar. Movida por la actividad del insecto, la antera de la flor, cargada de polen, se extiende hacia delante y se retrae, dejando el polen que la recubre sobre el cuerpo de la abeja, que lo llevará a la próxima flor que visite. De esta forma se produce el traslado del polen y favorece la *polinización* en las plantas.

En la sierra ecuatoriana, el eucalipto provee de cantidades importantes de néctar a la abeja melífera (*Apis mellifera scutellata*), la cual elabora y almacena excedentes de miel en sus panales, siendo los eucaliptos la especie vegetal que más permite a los apicultores obtener este producto en cantidades comerciales. Esto puede deberse a la gran cantidad de flores que emite la planta y a una prolongada floración (4 a 6 meses), con relación a otras especies vegetales. Esta estructura floral facilita a las abejas el aprovechamiento del néctar en buena cantidad y calidad (*sacarosa*). En realidad en la flor se forma una laguna de néctar en determinados momentos de la temporada de floración, la cual depende de las características genéticas de la planta, efectos climáticos, clase de suelo y manejo del bosque. Una buena producción de néctar favorece el incremento de la colonia de abejas, ya que las larvas son alimentadas en parte, con una mezcla de néctar o miel y polen, y, por otra parte proveniente de la secreción de diversas glándulas del cuerpo de las jóvenes obreras, llamada "*jalea real*".

El canelo

Dentro de la clasificación científica los canelos pertenecen a la familia de las **Lauráceas**, con las especies *Cinnamomum zeylanicum*, *Nectandra spp*, *Ocotea infrafoveolata* v.d Werff ; y familia **Winteraceae** con la especie *Drymis winteri* J.R. et G. Forster.

Características de las especies de canelo

Nectandra spp

En nuestro país, están comúnmente distribuidos en los bosques húmedos tropicales, y también en bosques montañosos con una elevación de 2000 a 2500 metros de altura. El árbol alcanza alturas de 20 m y un crecimiento de 30 a 40 *cm* de diámetro.

La madera presenta un color amarillo pálido, con un brillo satinado, de color oliva claro u oliva más oscuro. Presenta un olor y un sabor aromático. Es una especie resinosa con densidad y peso medio, la fibra es recta y presenta ligeras curvaturas que le dan la apariencia de franjas en el radio de la superficie. Textura fina pero de resistencia mediana a fuerte. El peso específico de la madera secada al aire varía entre 0.51 a 0.74 (32 a 46 lbs/pié cúbico).

Usos: se emplea para muebles, construcción de botes: cubiertas, estructuras, mástiles para veleros pequeños; en la construcción en general, pisos, herramientas manuales.

Cinnamomum zeylanicum

De la corteza seca se prepara una especie que se conoce con el nombre de canela. El árbol, que suele crecer hasta 12 *m*

de altura, se poda de modo que emita cuatro o cinco tallos. Cuando la corteza empieza a adquirir una tonalidad castaño oscuro, se cosechan los tallos, que pueden haber alcanzado 2,5 m de altura y 5 cm de diámetro en la base, y se conforman otros nuevos para que sigan creciendo en su lugar. Después de eliminar del árbol las hojas y ramillas, se desprenden las cortezas externa e interna. A medida que se seca, la corteza forma rollos que se encajan unos dentro de otros; cuando están totalmente secos, se atan en haces y quedan así listos para el transporte.

La canela es de color pardo amarillento y tiene un aroma fragante característico y un sabor dulce y algo picante, que se ha venido utilizando para el consumo humano en diversos preparados desde tiempos muy antiguos, y también sirve para preparar ciertos medicamentos. El aroma se debe a la acción de una esencia volátil que puede extraerse de la corteza por destilación; el color de esta esencia oscila entre amarillo y rojo cereza; la variante amarilla se usa para aromatizar jabones y dulces.

Ocotea infrafoveolata

Es un árbol de tronco recto y cilíndrico que llega a medir hasta 30 m de altura; de corteza gris, gruesa y blanda. Las hojas son largas de 7 a 9 cm de largo por 3 a 4 cm de ancho, elípticas, dispuestas en forma alterna. Son de color verde claro.

El canelo pertenece a una de las familias más primitivas de las angiospermas debido a que no poseen vasos en su madera, y sólo cuentan con traqueidas como las coníferas. Las flores son completas, agrupadas en inflorescencias

racimosas verde amarillentas en el extremo de las ramillas, hermafroditas.



El *fruto* es una bellota negruzca de forma elíptica alargada, que puede presentarse solitaria o en grupos de hasta 8. Las *semillas* son arqueadas, de color negro brillante de 3 a 5 *mm* de largo.

Datos ecológicos

Especie típica de los bosques húmedos nublados andinos, que se halla ocupando las partes altas del sector del bosque de Mazán, ubicado al sur del Ecuador. Se distribuye entre los 2000 y 3500 *msnm*, con una precipitación 2000 *mm*. En el bosque primario, se observan grandes manchones de color café oscuro, formados por el llamativo follaje de las copas del Canelo. Al parecer no es una especie muy abundante, pero su cobertura espacial, le convierte en una de las especies dominantes del bosque original. Pueden alcanzar 18 *m* de altura, 87 *cm* de D.A.P. y un área basal de 0,59 *m*². La floración generalmente está entre noviembre a febrero.

Madera

La madera del canelo es una de las más preciosas, de color rojizo muy claro, está arañada de finas y cortas líneas más oscuras que corresponden a los radios celulares. De peso liviano, dureza intermedia y poco durable a la intemperie. Se emplea para revestimientos interiores, chapas de madera, ebanistería y en la construcción de instrumentos musicales. Posee vitamina C en su corteza. La gran cantidad de sustancias que acumula su corteza permite que se use para contrarrestar el escorbuto, curar heridas, el reumatismo, afecciones estomacales, dolores de garganta y tiña.

Drymis winteri

Nombre común: *Canelo, foique, boigue*. Es una especie perennifolia originaria de Chile y Argentina.

Arbusto o arbolito de 4-6 m de altura, con las ramillas nuevas rojizas. Hojas de forma oblonga a lanceolada y 12-20 cm de largo, aromático, con pequeñas glándulas, correosas. Flores largamente pediceladas, de forma estrellada, de color blanco y olor a jazmín. Miden 2-4 cm de diámetro y están dispuestas en cimas umbeliformes. Poseen 5-12 pétalos y de 30 a 40 estambres.

Fruto múltiple (más de uno por flor), carnosos, compuesto por 6-10 bayas violáceas de 1 cm diámetro de color negro brillante. Es una planta que soporta mejor el frío que el calor excesivo, resistente a las heladas. Se reproduce por semillas y estacas en invernadero. Su corteza tiene propiedades tónicas y antiescorbúticas.

Uso Ornamental: Se cultiva tanto en Chile como en Europa. Requiere exposición de semisombra a sombra. Necesita riego abundante.

Uso Medicinal: Planta antiescorbútica, antirreumática y antiséptica.

La guayusa

Nombre Científico: *Hedyosmum cumbalense* Karst.

Familia: CHLORANTACEAE.

Nombres comunes: "Guayusa hembra", "Chavarquero", "Olloco".

Descripción Botánica

Arbol dioico, que llega a medir hasta 15 m de altura de copa angosta, triangular; de corteza gris y lisa; la madera es blanca, suave, y se torna a un tono naranja, cuando se expone al aire. Hojas simples, elípticas (2-7 cm de largo por 1-4 cm de ancho), borde aserrado o dentado, base truncada y de consistencia crasa. El haz es de color verde claro con márgenes negro, púrpura o blanco; el envés es más pálido y también glabro. La inserción en el tallo es opuesta, mediante pecíolos cortos púrpuras.



Las inflorescencias masculinas son *amentos* terminales, verdes de tiernas y blanquecinas de maduras. Estas contienen de 90 a 160 estambres de anteras verde amarillentas. Las inflorescencias femeninas, pueden ser axilares o terminales, compuestas de una címula solitaria con 2 a 8 flores agrupadas. Las címulas femeninas fertilizadas se transforman en frutos globosos de color púrpura o negro, que poseen en su interior semillas lisas.

Datos Ecológicos: *La guayusa*, se distribuye desde Colombia a Perú, en bosques nublados y subpáramos entre los 2500 y 3400 msnm Se establece en suelos muy húmedos y con abundante materia orgánica. En estudios preliminares del bosque primario, se han registrado árboles de hasta 12 m de altura y un D.A.P. promedio de 7,9 cm Se ha calculado también una abundancia de 650 árboles/ha, con un área basal promedio de 0,01 m² por individuo. La fructificación de la "Guayusa" ocurre entre octubre y diciembre.

El cedro

Nombre Científico: *Cedrela sp*, *Cedrela odorata* L. Familia: **Meliaceae.**

Características del árbol. Es una especie de hoja caduca y exigente a la luz (*heliófila*), que en condiciones adecuadas puede alcanzar 50 m de altura. Tronco recto, raíces tablares, cilíndrico, grueso y copa cónica, formada por ramas gruesas no verticiladas, casi horizontales.

Hojas grandes alternas, lanceoladas, paripinadas de color verde lustroso el haz y el envés mate claro, con flores pequeñas, blanquecino amarillentas aromáticas y se agrupan formando grandes panículas terminales.

El fruto es una cápsula elíptica de color café de 2 cm de diámetro y 4 cm de largo, seco y dehiscente, que contiene de 25 a 40 semillas oleaginosas provistas de membranas o alas adecuadas para la diseminación por el viento.



La corteza es de color gris. La parte interna de la corteza es marrón y desprende olor a cebolla. Crece en los bosques tropicales secos y húmedos, generalmente asociado a las especies de Ceiba y Guayabo.

Es una planta potencialmente industrializable por los compuestos químicos que contiene en la corteza como: alcaloides, saponinas, taninos, triterpenoides y glicósidos cardiotónicos.

Características de la madera

La madera es de color rojizo claro, variable con la edad: desde el rosado-amarillo-marrón hasta el marrón rojizo. Por otra parte, la madera es de color más claro que el caoba, olor agradable, aromática, sabor amargo, compacta y de gran duración. Es fuerte y resistente, y su peso varía desde muy ligero hasta medianamente pesado. Se seca rápidamente sin rajarse ni contraerse, además puede cepillarse y cortarse fácilmente con herramientas manuales y de maquinado.

Es resistente a hongos, insectos y medianamente resistente a las termitas. Ofrece buen acabado y pulimento, siendo fácil también su lacado y encolado, por lo que se utiliza mucho con fines industriales, en ebanistería para la fabricación de muebles finos, instrumentos musicales, chapas decorativas, cajas para empaque, pisos, paneles, puertas y ventanas. Por estas características es una de las especies de más valor entre las latifoliadas y los carpinteros la prefieren a veces más que a la caoba.

Ecología y regeneración natural

Es un árbol frecuente en todas partes, aunque no muy abundante. Requiere de suelos profundos arcillosos, húmedos, buen contenido de materia orgánica y calcio moderado. No crece bien en suelos pantanosos, arenosos y estériles. Necesita condiciones especiales de luz y humedad para establecerse, protección contra los vientos fuertes y requiere sombra parcial durante los primeros años, para que mantenga el suelo húmedo y no produzca ramas bajas. Es una especie heliófila algo tolerante cuando joven.

El cedro se reproduce naturalmente por semillas que son dispersadas por el viento, por que si se tiene árboles cargados de frutos, se puede limpiar y preparar el suelo en un radio de 12-15 *m* alrededor de cada árbol y de este modo cuando ocurra la dispersión de las semillas, se puede lograr nuevas plantas de cedros en grupos que se ralean más tarde.

Plantación y crecimiento

El cedro que es de hoja caduca y heliófila, no puede establecerse en plantaciones puras. Se recomienda plantar cedros mezclados con otra vegetación y no plantar más de 100 árboles/Ha, o sea, a 10 *m* x 10 *m*. Los cedros naturales no se encuentran en formaciones puras sino esporádicamente en mezcla con el resto de la vegetación natural.

Las plantaciones puras, además, resultan muy atacadas por el talador de los renuevos (*Hypsipyla grandella*), que mata el brote terminal de la planta, dando lugar a un tallo torcido, a consecuencia del desarrollo de los brotes laterales, lo que disminuye la parte maderable.

Con frecuencia se plantan cedros bajo la protección de platanales. Esto conduce a una plantación pura (indeseable), pero se puede plantar experimentalmente una mezcla de varias especies en el platanal, incluyendo de 5 % a 20 % de cedros. El crecimiento está en función de factores externos, como calidad del suelo y la vegetación competente, sin embargo se considera que es una especie

de rápido crecimiento que puede alcanzar 13 m de altura y 50 cm de diámetro en un período de 13 años.

Normas técnicas

La madera, debe secarse a temperaturas bajas para evitar el colapso. Los nudos tienen la tendencia a rajarse fuertemente. Tiempo para corte: maderas de más de 25 años de plantadas. Color rosado que cambia a café con el sol (oxidación). Densidad de 580/650 kls/m³ No debe tener más de 1 nudo por metro lineal por cara. Secado comercial del 18-22% de humedad interna. Secado Industrial del 8-12% de humedad interna.

Caoba

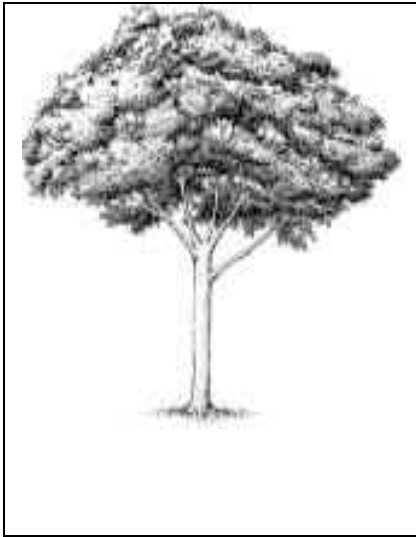
En este grupo se tiene las especies:

Swietenia magagoni L. Jacq. (caoba antillana);

Swietenia macrophylla King. (caoba de Honduras);

Familia: Meliaceae.

Es característica de la caoba, la tendencia a ramificar desde muy joven, de modo que, a los 2 años ya se observa la formación de la copa. La corteza es de color marrón oscuro bastante fisurado. La parte interna es de color blanco crema con apariencia fibrosa. Crece en los bosques húmedos.



La caoba es propia de América. El árbol alcanza alturas de 30-40 m, tronco alto, recto y grueso. Hojas alternas, compuestas, aovadas y caedizas (se deshojan por corto tiempo al final del período seco), flores pequeñas y blancas, y fruto capsular leñoso, dehiscente que contiene 45-60 semillas provistas de alas o membranas adecuadas a la dispersión del viento, por lo que se facilita la regeneración natural. Sus raíces son profundas.

Condiciones ecológicas

Son especies exigentes a la luz (heliófila), por lo que no crecen en zonas muy boscosas, donde su regeneración natural es poca o nula. Crece mayormente en zonas despejadas, donde la competencia es mínima, aunque tolera cierta sombra, lo cual es conveniente para su desarrollo. Prefiere suelos fértiles y drenados, pero en cuanto a suelos tiene amplitud ecológica.

Bajo condiciones ordinarias, la reproducción natural de la caoba no es abundante, por lo que se aconseja, donde existen árboles padres aislados, limpiar los alrededores y romper la superficie del suelo, antes de la dispersión de las semillas, para obtener un repoblado natural que posteriormente se ralea.

Las repoblaciones puras no son muy recomendables, debido a que los árboles nuevos adquieren poca altura, protegen poco el suelo, elaboran poco humus y son atacados por *Hypsipyla grandella*, que es talador de los

renuevos o brote terminal de la planta, dando lugar a tallos torcidos, a consecuencia del desarrollo de los brotes laterales, lo que disminuye la parte aprovechable de madera.

Para evitar estos inconvenientes se necesita buscar especies que garantice un repoblado mixto y ayuden a desarrollar la caoba, que por otra parte es de crecimiento lento e intolerante al monte. La regeneración del monte heterogéneo introduciendo la debida proporción de caobas puede realizarse por siembra directa o por plantación. Mediante la siembra directa se colocan de 5 a 10 semillas en hoyos poco profundos, preparados oportunamente al comenzar las lluvias. Los hoyos pueden estar distanciados a $2\text{ m} \times 2\text{ m}$ y hasta que las caobas se establezcan requieren de limpieas frecuentes.

En vez de semillas se puede emplear plántulas de un año con el mismo espaciamiento y la plantación puede ser aclarada a los 5 años. La forestación se realiza en terrenos no cubiertos de monte, como potreros. Las plantaciones pueden iniciarse en platanales ya establecidos, o preparando el suelo y sembrando plátanos a $4\text{ m} \times 4\text{ m}$ y caobas a $4\text{ m} \times 4\text{ m}$ intercaladas. El plátano proporciona una sombra parcial protectora del suelo. Las protecciones naturales estimulan el crecimiento en altura.

La Caoba del Pacífico, también conocida como “Cáugano”, “Caobilla” “Combilla” y “Cóbano”, pertenece a la misma familia del Cedro Real. Posee una copa redondeada que casi siempre se ve verde pero cambia de hojas una vez por año cuando el fruto está maduro.

Las *flores* son blancas, pequeñas y están agrupadas en racimos.

Los *frutos* erectos por encima del follaje hacen que el árbol sea fácilmente reconocible desde lejos.

El fruto tiene forma parecida a una pelota alargada llamada *cápsula* que mide aproximadamente 10 *cm* de ancho por 15 *cm* de largo. Cada fruto tiene entre 40 y 55 semillas.



Características de la madera

Es de color marrón claro rosáceo o rojizo; y a menudo con líneas oscuras que acentúan el veteado. Es fácil de trabajar aunque el contenido de oxalatos de calcio produce desgaste en los filos de las cuchillas y sierras, pero ofrece un buen cepillado. Se seca rápidamente al aire libre alcanzando un contenido de humedad del 29% en menos de 120 días.

Presenta poca tendencia a torceduras y rajaduras. Anillos de crecimiento cerrados y semicerrados. Densidad de 600 a 700 kl/m^3 y su tiempo para corte comprende: maderas entre 15 y 30 años de plantadas.

El laurel

Dentro de la clasificación científica el laurel pertenece a las familias **Lauraceae**, con su representante *Laurus nobilis*, y a la familia **Boraginaceae**: *Cordia alliodora*.

Laurus nobilis

Es un árbol de porte pequeño que pertenece a la familia de las Lauráceas. Originalmente se encuentra distribuido por toda el área mediterránea, donde puede aparecer cultivado o silvestre. Es un árbol de fácil adaptación en el trópico, encontrándose en la actualidad en toda América, cuya altura depende de las condiciones climáticas y suelos.



Las *hojas* son duras con forma lanceolada y color verde oscuro, miden entre 7 y 12 *cm* de largo.

Es una planta dioica, es decir, las *flores* masculinas y las femeninas aparecen en distintos pies. Ambos tipos de flores son muy parecidos.

El laurel se utiliza con frecuencia como condimento.

Se aprecia también por sus propiedades digestivas y antirreumáticas. Los emperadores romanos lo consideraban un símbolo de victoria

Cordia alliodora (Ruíz y Pav.) Oken

Es una especie nativa de las zonas bajas tropicales de Centro y Sudamérica. En nuestro país se encuentra en todo el litoral ecuatoriano. La madera es de buena calidad y abastece al mercado interno. Se emplea para la industria del mueble, tiene buen acabado, para puertas, revestimientos de paredes, tumbados, pisos, vigas, pilares, durmientes y de chapas.

Descripción botánica

Arbol de copa pequeña, rala y abierta, alcanza diámetros de 60 *cm* y alturas mayores a 30 *m* Es de *fuste* recto, de color blanco o gris, cilíndrico y limpio de ramas, con ramificación por pisos, con poda natural. *Corteza* lisa o ligeramente rugosa de color gris. Las *hojas* son simples, alternas y largas. Las *flores* son blancas, fragantes y están agrupadas en **ramilletes**, se pueden observar de lejos en época de floración. Las flores se abren durante la noche, pero si hay bastante lluvia se pueden dañar. Los granos de polen son transportados por abejas, avispa, polillas y mariposas, muchos de estos insectos son pequeños y vuelan a cortas distancias (menores de 500 *m*).

Los *frutos*, primero son de color verde y cambian a café cuando maduran, generalmente se los lleva el viento ya que tienen varias alas (pétalos secos de la flor) en la punta; adentro casi siempre tienen una sola *semilla*, la cual cuando

está madura es alargada, parecida a un grano de arroz. Por lo que, se ha expandido fácilmente mediante regeneración natural.

Al laurel, se le conoce como: Laurel blanco y Laurel negro en América Central, Ecuador y Colombia; debido al color de su madera.



Prefiere suelos franco-arcilloso profundos, con poca piedra, poco ácidos, alta fertilidad y que mantengan buenos drenajes. Se puede cultivar hasta los 1.300 ms.n.m con una precipitación máxima de 3.000 *mm* y una temperatura promedio de 25 °C. En el caso de las zonas secas raramente puede alcanzar más de 20 *m* de altura y diámetro de 30 *cm*

Distancia de siembra y turno de corte

Se siembran a densidades de: 3 *m* x 3 *m* con una densidad de 1.110 árboles por hectárea ó 3.5 *m* x 3.5 *m* con una

densidad de 816 árboles por hectárea. La plantación debe ralearse desde los 4 ó 5 años, y debiendo terminar la plantación con 250 a 350 árboles por hectárea que serán cosechados a partir de los 15 años. Rinde entre 20 y 25 M³/Ha./año. La producción comercial aprovechable por hectárea es de 250 M³/Ha con una altura promedio del árbol de 15 metros y un diámetro promedio (*D.A.P.*) de 35 *cm*

Usos

La madera de laurel es excelente para hacer muebles, acabados de interiores, puertas, marcos y ventanas. Se seca con rapidez y raramente se tuerce o se raja y no se producen defectos importantes. Es fácil para trabajar (cepillado, moldeado y lijado) con apariencia muy brillante, estable, fuerte, de alta durabilidad y se marca fácilmente, además cuando está seca es resistente al ataque de hongos, comején o polillas. Por ser una madera muy densa es buena para leña y carbón.

Sombra el Laurel se encuentra en potreros, ya que su copa rala, escasa y alta permite el crecimiento del pasto y a la vez aprovechar la madera en el futuro. Se usa como sombra para café y cacao. **Miel** Las flores blancas y perfumadas atraen abejas que producen miel, por lo que se considera que el Laurel Blanco podría ser una alternativa para esta práctica. **Medicina** El té de hojas es un excelente tónico y estimulante de los pulmones, y se usa principalmente para la gripe. La semilla en polvo es buena para tratar problemas de barros y espinillas (acné) en la piel.

Selección de árboles para recolectar semilla

Es necesario que se escojan los árboles de mejor forma, ya que las características del árbol madre pasan a los hijos. Lo que se tiene que observar del árbol es que tenga:

- Tronco recto y largo, pocas ramas delgadas
- Si se recolecta semillas de árboles de mala forma, las plantas producidas probablemente también serán de mala forma.
- Para revisar la madurez, se presiona la semilla para sacar el embrión y si éste está duro como un grano de arroz entonces es el momento de recolectar. El árbol por lo general es liso y los frutos están muy arriba, por eso hay que protegerse y revisar el equipo antes de empezar a subir.

Después de recolectar el fruto, se guarda en sacos o bolsas y se llevan al sitio donde se hará el procesamiento. Para procesar las semillas de Laurel Blanco se deben seguir los pasos siguientes:

- Poner a secar los frutos en la sombra durante cuatro o seis días.
- Limpiar los frutos y eliminar las semillas dañadas.
- Las semillas están listas para sembrar, *siendo necesario recordar que la semilla se siembra con todo y pulpa.*

Nota: La semilla se debe usar lo más pronto posible, porque podría perder su viabilidad (se muere rápido).

Siembra con otros cultivos. Si va a combinar Laurel con otros cultivos es mejor sembrarlos después de establecer la plantación de Laurel Blanco para que sus cultivos no

sufran daños. Para evitar problemas de competencia, y así garantizar que los árboles crezcan bien, es mejor dejar por lo menos 70 *cm* entre cada árbol y los cultivos.

Los cuidados que debemos tener al establecer un intercultivo son:

- Usar variedades de cultivos de porte bajo para que no den mucha sombra a los árboles.
- Cuidar la distancia entre los cultivos y los árboles pequeños.
- Fertilizar los cultivos y también los árboles.
- Recolectar las ramas secas que caen sobre los cultivos.

¿Cuándo se puede aprovechar la plantación?

Generalmente, se pueden aprovechar las plantaciones de Laurel Blanco a las siguientes edades, aunque la calidad del suelo, la cantidad de lluvia y el mantenimiento de la plantación influyen en su crecimiento.

- Para producir leña: 3 - 4 años
- Para producir postes: 6 - 7 años
- Para producir madera: 16 - 18 años en adelante

Pino

Orden: Coniferales - **Familia:** Pinaceae - **Género:** *Pinus radiata* D.; *Pinus patula*

Características del árbol

Los pinos son especies forestales ampliamente conocidas, ya que, pese a tener una distribución natural muy reducida, se encuentra plantada en diversos países del mundo. El árbol es generalmente de tronco recto, cónico hasta su ápice y revestido por ramas a lo largo del fuste. Alcanza alturas de 30 a 40 *m* y diámetros de 1.2 *m*. Hoja perenne, resistentes, generalmente verdes todo el año, de consistencia dura, escamosa y en forma de aguja o aciculares. En nuestro país está distribuido en la sierra ecuatoriana, es la especie que más se ha reforestado en la serranía y es de rápido crecimiento, pudiendo alcanzar en condiciones favorables un crecimiento medio anual de 90 *cm*



Pinus radiata



piñas o estróbilos

El tallo y las hojas segregan resinas y por ello se les conoce como árboles resinosos. Los órganos reproductores están constituidos por pseudo flores, que son elementos escamosos reunidos en conjuntos a modo de espigas coloreadas.

Los *frutos*, llamados cono o estróbilo, son aproximadamente de 10 *cm* de largo, de color café y están formados por escamas que contienen las semillas provistas de aletas. Las semillas son ovaladas y tienen un tamaño de más o menos 0.5 *mm*

En su hábitat original florece a finales del invierno o principios de primavera, madurando los conos (piñas) en el segundo otoño. Se insertan en el segundo verticilo de las guías principales o laterales. El éxito de esta especie se debe a la rapidez de crecimiento en diferentes tipos de suelos y a la diversidad de usos de la madera. Es una especie de gran adaptabilidad que se ha utilizado con éxito en la forestación.

El aprovechamiento comercial de la madera de pino se obtiene cuando el árbol tiene diámetros mayores a 20 *cm*, lo cual se consigue en plantaciones mayores de 15 años, con un rendimiento maderable de 400 a 500 M³ de madera/Ha. El aprovechamiento final es la madera rolliza libre de nudos, rollizos para aserrío, pulpa (celulosa), tableros y leña. Se estima que hay 30.000 Has. de *Pinus radiata* y 6.000 Has. de *Pinus pátula* en el Ecuador.

El *pinus radiata* y el *pinus pátula*, se han adaptado con éxito a nuestras condiciones ambientales y se *diferencian entre ellos* por la disposición de sus limbos y número de foliolos, por ejemplo el pino *radiata* tiene limbos pequeños

(menores a 15 cm de largo), dispuestos en forma de radio que contienen de 3 a 4 folíolos, de color verde oscuro, en tanto que, el pinus pátula presenta hojas formadas por 5 folíolos aciculares de 20 a 30 *cm* de largo, su disposición es triangular y de color verde amarillento.

La madera

La madera es homogénea y constituida por células que se agrupan en bandas concéntricas claras o leño de primavera y oscuras o leño de verano, las cuales conforman anillos de crecimiento.

Otra característica de la madera de pino es su fibra larga, lo cual la hace atractiva en el rubro de la celulosa, donde se le utiliza para la fabricación de cartones, cartulinas y papeles de resistencia. Textura homogénea y fina, densidad 450 kg/m³

Se utiliza en la construcción de casas, tableros y muebles en los hogares y oficinas. La industria forestal produce pulpa, papel, madera aserrada, tableros diversos, muebles, embalajes y otros productos.

Suelos y densidad de siembra

Requiere de suelo franco y franco-arenosos, profundos, que mantengan buenos drenajes, tolera los suelos pobres, puede cultivarse desde los 2.000 ms.n.m hasta los 3.500 ms.n.m, con una precipitación máxima de 2.000 *mm* y una temperatura promedio de 12 °C, resistiendo temperaturas bajas, aunque es susceptible a las heladas. Presentan las mejores condiciones climatológicas las provincias de Carchi, Imbabura, Cotopaxi y Pichincha. Los períodos

secos prolongados, los suelos demasiado arcillosos y la presencia de nieve limitan la distribución de la especie.

Para la implementación de un bosque cultivado de pino debe tomarse en cuenta las siguientes distancias de siembra: para la obtención de pulpa y tableros: $2.50\text{ m} \times 2.50\text{ m}$ con una densidad de 1.600 árboles por hectárea número de plantas, ya que para este objetivo se emplean árboles jóvenes (menores de 10 años), que tienen la fibra menos lignificada. Con fines maderables se emplean densidades de $3\text{ m} \times 3\text{ m}$ con una densidad de 1.110 árboles por hectárea ó $3\text{ m} \times 4\text{ m}$, dependiendo de las condiciones climáticas y suelo.

Turno de corte y producción

En la plantación debe practicarse los raleos a partir del segundo o tercer año, debiendo terminar la plantación con un promedio de 500 a 600 árboles por hectárea, para cosecharlos a partir de los 20 a 25 años. La producción comercial aprovechable del *pinus radiata* por hectárea es de 400 a 500 M^3/Ha . con una altura promedio del árbol de 25 m y un diámetro promedio a la altura de pecho de 30 cm. La producción comercial aprovechable del *pinus pátula* por hectárea es de 400 M^3/Ha . con una altura promedio del árbol de 21 m y un diámetro promedio a la altura de pecho de 30 cm.

El pino se comercializa localmente. Existen dos clases de pino, los duros y los blandos. La madera de los pinos duros es oscura, de color amarillo naranja o pardo, pesada, dura y cargada de resina. Los pinos blandos, tienen una madera clara, utilizada en carpintería para la elaboración de

puertas, anaqueles y muebles. Su madera despide un delicioso aroma. No soporta mucho a la intemperie, siendo necesario algún tipo de tratamiento preservador.

De *otras especies de pino existentes en el mundo*, solo detallaremos las más utilizadas como madera en Sudamérica a continuación:

Pino Elliottii: Es un árbol de tronco muy recto y cilíndrico, que puede alcanzar los 35 m de altura, con hojas flexibles color verde oscuro. Originario del sudeste de Estados Unidos, y adaptable a todo tipo de suelos y climas. Soporta muy bien las heladas y los calores fuertes.

Es una madera blanda y liviana, con un peso específico de 0.46. De color amarillo castaño, con vetas pronunciadas y frecuente presencia de nudos más oscuros. Tiene múltiples aplicaciones: revestimientos, construcciones de hormigón, aglomerados, celulosa, etc. No soporta mucho a la intemperie, siendo necesario algún tipo de tratamiento preservador.

Pino Paraná: Es un árbol que puede llegar hasta los 40 metros de altura, con un tronco de hasta 1.5 m de diámetro y puede vivir hasta 300 años. De copa grande aparasolada, con hojas alternas espiraladas, punzantes y tronco largo, recto y cilíndrico.

Es nativo de Brasil y noreste Argentino. Proporciona madera blanda y liviana, de buena calidad, con un peso específico de 0.5. De color blanco - amarillento, con vetas parejas y visibles. A esta madera también se la suele llamar Pino Brasil, y tiene múltiples aplicaciones.

Pino Taeda: Es un gran árbol, de copa en forma de cono y hojas largas flexibles color verde claro Su tronco es largo, recto, y cilíndrico. Es originario del sudeste de Estados Unidos.

Se destaca por su rápido crecimiento, y crece en condiciones similares al Pino Elliottii. Proporciona madera blanda y liviana, con peso específico de 0.46, De aspecto y características similares al Pino Elliottii. No soporta mucho a la intemperie, siendo necesario algún tipo de tratamiento preservador.

Chanul

Humiriastrum procerum, Little

Familia: Humiriaceae

Características generales

Es una especie nativa de los *bosques húmedos tropicales* del Nor-Occidente y zona del Oriental del Ecuador, aunque su disponibilidad es limitada, encontrándose en el bosque primario una densidad de 250 árboles/ha, pero en plantaciones comerciales se puede recomendar una densidad de 5 x 6 m ó 5 x 8 m

Es un especie de limitada propagación, debido a que sus semillas son pequeñas y se encuentran en las partes terminales del árbol. Además las semillas requieren de tratamientos pregerminativos, para lograr conservar una

viabilidad mayor al 30%, por lo que, la propagación por meristemas en cultivo in vitro, es viable, utilizando yemas terminales de las ramas de primer año. por lo que es necesario se adopte o realice estudios para la propagación de la especie, a fin de contrarrestar su extinción, ya que es una especie de gran valor económico.

El árbol puede alcanzar 20-30 m de altura y 70 cm en diámetro, es de crecimiento lento y exigente en luz. La copa es bien definida ubicada en el un tercio terminal del fuste, ramas alternas, con hojas de color verde intenso, de 5-8 cm largo de ápice ligeramente redondeado. Flores, en cada yema agrupa hasta 5 flores pequeñas con pétalos blancos, hermafroditas. Frutos son cápsulas pequeñas, tetraloculares, que contienen semillas sésiles pequeñas.

Durabilidad y calidad de trabajo

La madera es fina de gran valor comercial, textura media con porosidad difusa, tiene un buen acabado, es fuerte pero muy delicada. La pulpa de color caoba natural y rojiza por los suelos ferrojinosos, compacta de alta densidad.

La madera del chanul posee una gran durabilidad natural, fácil absorción para los humectantes, pero con irregularidad y dificultad en el tratamiento a presión con pentaclorophenol.

La madera se emplea para pisos, parquet, vigas, puentes de madera y molduras.

Quishuar

Familia: Loganiaceae

Especies: *Buddleja incana*, R&P. *Buddleja ibarrensis*, *Buddleja jamesonii* Benth (endémica), *Buddleja multiceps* Kränzl, *Buddleja davidii* Franch.

Características generales

Es una especie característica del bosque alto andino y ceja andina húmeda de cordillera occidental y oriental. Se distingue entre la vegetación por su follaje verde plateado. Crece entre los 3000 y 3700 ms.n.m, estableciéndose en todo tipo de suelos, sean éstos arenosos, arcillosos e inclusive rocosos.

Arbol de tamaño mediano de 5 a 12 m y aspecto erguido. Es un árbol de mediano crecimiento, que posee gran capacidad de rebrote de cepa. Fuste irregular, copa ondulada y ramificación opuesta. Corteza pardusca, fisurada y ramas jóvenes tomentosas.

Las hojas son coriáceas, simples, pecioladas, verde oscuras en el haz y blancas o amarillentas afelpadas en el envés.



Limbo lanceolado de 7 a 21 *cm* de longitud y de 1 a 5 *cm* de ancho, con pecíolos cortos, el ápice es acuminado, la base aguda y el borde ligeramente aserrado.

Inflorescencias en panícula compuesta, y las flores persistentes, las mismas que se agrupan en cabezas de 15 a 40 flores, heteroclamídeas, de corola anaranjada, campanulada, tetrámera, gamopétala y tetrandra. Los estambres son subsésiles. El ovario es súpero, bilocular, ovoide; y el estigma es globoso.

El *fruto es una cápsula* tomentosa de color verde cuando está tierna y café de madura. Las semillas son aladas, característica importante para favorecer la regeneración natural. En el Ecuador se han registrado 13 especies del género *Buddleja*.



Se propaga principalmente por semillas, pero también por retoños y estacas.

La madera es apropiada para ebanistería, artesanía y construcciones en general y es un buen combustible. Es una madera de color blanco, con fibra densa y alta dureza. Es una planta que se presta para ornamentación por su

aspecto frondoso y coposo, que contribuye al embellecimiento del paisaje, sobre todo en el tiempo de floración.

Polylepis spp.

(*Polylepis incana* y *Polylepis racemosa*)

Familia: **Rosaceae**

Otros nombres: árbol de papel, quenua, quinquar, yagual

Los polylepis son un conjunto de árboles y arbustos que crecen en suelos y climas, correspondientes al tipo forestal del montano alto y húmedo nublado, y en alturas mayores a los 3000 *m* propios de los páramos andinos. Su hábitat, se caracteriza por la predominancia de climas y lugares muy fríos, con heladas. Es una especie autóctona de la región interandina.

Desde el punto de vista de su aprovechamiento, estos árboles no tienen valor maderable, pero si un gran valor ambientalista, de conservación de suelos y protección de las cuencas hidrográficas.

En los lugares que habita, ha constituido la única fuente de madera y leña, para los habitantes de esa región, como su madera es muy dura y resistente, es excelente para construcciones que duran muchos años, lo que se aprecia singularmente en chozas campesinas. Se observa grandes masas forestales de *Polylepis* cubriendo los páramos de Pifo, a los bordes del camino a Papallacta, con destino a Baeza.

Características de árbol

Alcanza alturas de 4 a 10 m, tronco irregular de color rojizo, corteza formada por láminas que se desprenden en forma de escamas, como papel, por lo que comúnmente se les llama con el nombre de “árboles de papel”. Es propio de los lugares de más de los 3000 m, correspondiente a los subpáramos y páramos andinos 4300 m

Se propagan por semilla, estacas (*P. racemosa*) y sobre todo por regeneración natural, que acredita su existencia. Del tocón salen varios rebrotes y varias especies ramifican desde abajo, especialmente las del género *P. incana*, en tanto que, la *P. racemosa* tiene un fuste más alto y recto.

La madera es dura, resiste a la humedad del suelo, con alta densidad de 0.52 g/cc y poder calórico de 7.5 cal/g. Se le puede encontrar en dos tipos de madera: una de tono colorado, sumamente dura y resistente, y otra de color blanco, con una madera más blanda.

El uso principal es para leña, carbón, postes cerca, herramientas de labrado. Sin embargo, los campesinos también le han dado un valor medicinal e industrial, por sus descubrimientos en las propiedades de las hojas y ramas, que al ser trituradas y hervidas dan un colorante marrón claro que sirve para tinturar la lana. Usan como medicina, la corteza interna en infusión para controlar la amigdalitis, resfríos e inflamaciones.

Pumamaqui

Oreopanax heterophyllum (ecuadorensis)

Familia: **Araliaceae**

Otros nombres: mano de oso, mano de puma

Características:

Es un árbol nativo del Ecuador de gran valor ornamental, tamaño de 5 a 12 m de altura, tallo erecto cilíndrico. Crece a una altitud comprendida entre 2000-2900 ms.n.m, correspondiente a la faja montano bajo de los Andes, su madera es blanca flexible.

Hojas grandes palmeada con pecíolos largos, tiene la forma de una mano de puma (3 a 5 lóbulos) que se agrupan al final de las ramas. Los frutos son bayas de color negro. Inflorescencia con flores de color verde amarillento. Propagación natural y por semillas.



Producto principal es la madera blanca flexible, de mediana densidad, buena trabajabilidad para artesanías, cucharas, bateas, juguetes de madera, carbón, chapas, torneado, pulpa para papel.

La planta sirve para cercos vivos, protección de cuencas hidrográficas y árbol de sombra, útil para ornamentación y para los sistemas silvopastoriles.

Ciprés

Clasificación científica

Ciprés es el nombre común de varios árboles y arbustos del grupo de las coníferas; forman parte de la familia de la **Cupresaceae**.

Su principal área de dispersión se encuentra en los faldeos andinos ente los 900 a 3500 ms.n.m El ciprés común es *Cupressus sempervirens* L.; el ciprés de Monterey es la especie *Cupressus macrocarpa* es un árbol que puede alcanzar hasta 46 m de altura y 95 cm de diámetro.

El ciprés es una especie muy apreciada en los parques, jardines con fines ornamentales, por ser un árbol alto, siempre verde con ramas muy simétricas, de gran longevidad, forma piramidal u otras formas deseadas mediante las podas.



Se utiliza también para la construcción de setos protectores y cortinas rompevientos; y es un árbol muy común en los parques. En su primera edad, este árbol posee ramas hasta la misma base del tronco, las que no deben eliminarse para obtener un desarrollo armónico del follaje. Si se mantiene la copa iluminada en forma permanente por la luz solar, las ramas inferiores no se secarán; por esta razón se recomienda plantarlo asociado especialmente con árboles de hojas caducas.

Descripción botánica

El ciprés común, es una conífera de hoja perenne, con follaje denso y compacto formando una copa piramidal (forma de paraguas cerrado), generalmente muy estrecha y esbelta, terminado en un marcado ápice muy apuntado y raramente con ramas amplias y extendidas. *Tronco* característicamente cónico, con la corteza rugosa de color

pardo en los árboles adultos y gris en los jóvenes. Es un *árbol de lento crecimiento*, que alcanza una altura de 15 a 30 m

Hojas perennes de color verde oscuro, aciculares escuamiformes opuestas (en forma de espina foliar), cerca de 1 *mm* de anchura y largas, imbricadas, planas, con notorias bandas estomáticas en el envés.

Las **flores** masculinas que producen el polen son amentos, de color castaño, ubicadas en el extremo de las ramitas.

El **fruto** es un cono o estróbilo. Los estróbilos masculinos hasta 8 *mm* de longitud, amarillentos solitarios y terminales. Estróbilos femeninos globulares u ovoides, de 5-8 *mm* de largo y 2-3 *cm* de ancho, formados por 4-7 pares de escamas a modo de placas, donde crecen las semillas sin envoltura.

Al madurar, las escamas se abren y dejan salir las semillas que son ovoides o pequeños granos, de color amarillento, de 5 *mm* de largo, con un ala membranosa lateral.

Hábitat: es un árbol muy rústico y resistente, por lo que puede plantarse en suelos pobres y secos, moderadamente superficiales y pedregosos; sin embargo; es muy recomendable plantarlo bajo otros árboles. Se distribuye en los distintos niveles altitudinales, teniendo buen desarrollo aún hasta los 4000 *ms.n.m*, aunque resulta muy sensible a las heladas. Las semillas presentan un poder germinativo *muy bajo*, por lo que para acelerar el proceso de germinación es aconsejable poner en remojo las semillas por un tiempo de 24-48 horas, antes de la siembra.

Medicinal: en cuanto a los usos medicinales del ciprés podemos decir que la mayoría se derivan de la importante cantidad de *taninos* que contienen sus frutos, sobre todo antes de alcanzar su completa madurez. Dichos taninos le confiere una poderosa acción astringente y vasoconstrictora. Esta propiedad se utiliza, tanto por vía interna como externa, para tratar con eficacia problemas como las hemorroides, las varices, las hemorragias uterinas, la diarrea, la hemoptisis (tos que arrastra sangre de los pulmones), la incontinencia urinaria (nocturna) de los niños. También, y por su contenido en **esencias** y otros principios, se utiliza como diurético, suavemente febrífugo, sedativo de la tos, calmante bronquial (incluso contra el asma) y expectorante.

La madera es amarilla o rojiza, de vena apretada y tan resinosa que resiste la putrefacción incluso después de una inmersión prolongada en agua. Su madera, dura, incorruptible, desprende un suavísimo y agradable olor.

Otras especies

El llamado cedro de Portugal se clasifica como *Cupressus lusitanica* es en realidad un verdadero ciprés, muy cultivado por el efecto decorativo de sus ramas abiertas; el ciprés de Arizona es *Cupressus glabra* y posee una corteza que se desprende en escamas, por sus diversas formas es usado en jardines como ornamento. Otra especie es el ciprés de California (*Cupressus macrocarpa*), de copas más bien redondeadas y aplanadas con abundante ramaje. Las hojas al ser frotadas despiden un aroma a limón y es muy cultivado en regiones cálidas.

Falsos cipreses como el cedro de Oregón o ciprés de Lawson es *Chamaecyparis lawsoniana*, muy empleado en jardinería; el ciprés de los pantanos corresponde a *Taxodium distichum*, de la familia de las *Taxodiaceae* es una especie de México y el sur de los Estados Unidos muy apreciada por su madera; es caducifolio, con un enorme tronco de hasta 52 m de altura; crece junto a pantanos y corrientes de agua y emite unas raíces aéreas o neumatóforos que asoman por encima de la superficie y suelen aprovecharse para construir cuadernas para embarcaciones de madera.

Austrocedrus chilensis

Es un árbol de forma piramidal (Ciprés de la cordillera de Chile), que alcanza 20 a 25 m de altura y 1,5 a 2 m de diámetro en su tronco; a menudo éste se bifurca desde la base. La corteza es arrugada, con fisuras longitudinales, de superficie escamosa. Presenta ramillas aplanadas y opuestas siempre en un plano.

Usos: La madera blanco-amarillenta es resistente y durable, liviana, aromática, algo nudosa, apta para carpintería y mueblería. Se utiliza en fabricación de postes, rodrigones de viñas y para pilares de muelles, pues es muy resistente a la humedad. El ciprés de la cordillera podría emplearse con buenos resultados en programas de forestación de los cerros erosionados de la Cordillera de los Andes.

Roble

Clasificación científica: los robles pertenecen al género **Quercus**, de la familia **Fagaceae**.

El roble es el nombre común de un extenso género de árboles de la familia de las **fagáceas** (450 especies).

El roble americano es *Quercus alba* y *Quercus rubra*, el roble blanco es *Quercus virginiana*. La encina es la especie *Quercus ilex*; la coscoja, *Quercus coccifera*; el alcornoque, *Quercus suber*; el quejigo, *Quercus faginea*; el rebollo valenciano, *Quercus valentina*; el melojo, *Quercus pyrenaica*; el duraznillo es *Quercus duraznillo*, el cascalote es *Quercus sipuraca* y el manzano es *Quercus sacame*.

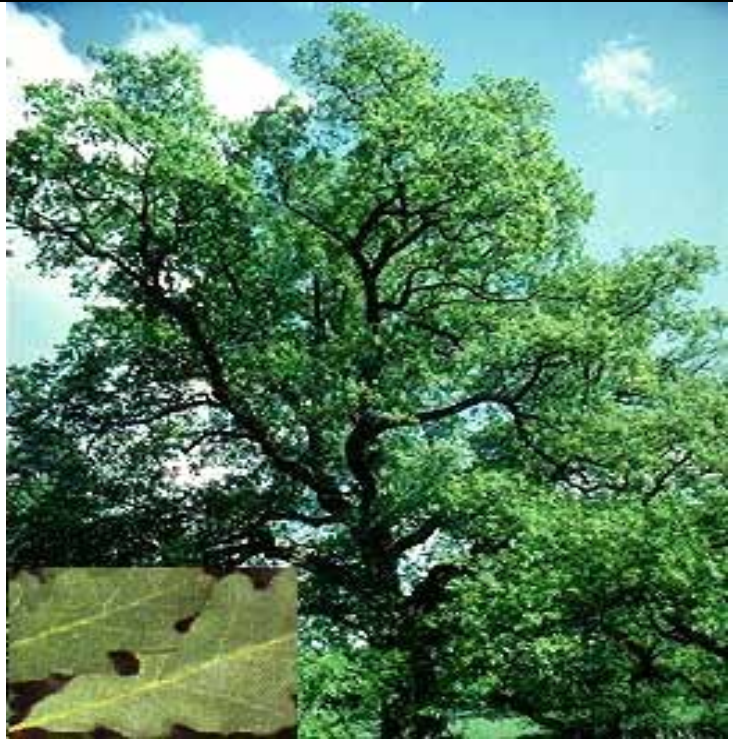
Características generales

Los robles son de madera dura, de gran tamaño, caducifolios y perennes, y que se encuentran ampliamente distribuidos tanto en Europa, como en América.

Florecen en primavera, antes de que aparezcan las hojas nuevas (en las especies caducifolias) y dispersan grandes cantidades de polen que arrastra el viento. Las especies propias de terrenos áridos (*coscoja, encina y alcornoque*) son de hoja perenne, mientras que los robles, quejigos y melojos, propios de zonas más húmedas, son caducifolios que conservan la hoja todo el invierno y la pierden al principio de la primavera.

Los robles se diferencian de la decena de otras especies de la familia de las Fagáceas; por diversas características botánicas de las flores, que son diminutas y agrupadas en inflorescencias, pero se identifican con facilidad por el fruto, llamado bellota y por sus *hojas*, ovaladas con el contorno lobulado.

Crecen en ambientes muy variados, desde laderas montañosas altas hasta terrenos bajos y húmedos o mesetas resacas.



Ciertas especies tienen aplicación ornamental, pero *en general los robles son árboles de crecimiento lento*, más plantados en parques públicos que en jardines privados. En Estados Unidos y Canadá hay unas 60 especies a las que se añaden unas 150 especies mexicanas, algunas de las cuales son sólo arbustos. La especie más abundante en México es *el encino* que se localiza tanto en los cerros pedregosos como en los bosques semihúmedos, dando lugar a una vegetación de transición de bosques mixtos (convive con los pinos) a matorral, propio de climas secos. El *duraznillo o colorado*, *el cascalote* y *el encino manzano* son algunas variedades muy extendidas en el norte del país.

Características botánicas

El roble americano y blanco, es un árbol grande, caducifolio, de 20 ó 30 m de altura, de copa amplia y tupida, formada por ramas rectas y hojas simples color verde amarillento. El tronco es irregular y corto. La corteza es de color café oscuro y textura lisa.



Las **flores** son de color rosado tendiendo a morado en forma de campana y agrupadas en panículas al final de las ramas. Su **fruto** es una *bellota* ovalada o de forma irregular que presenta una estructura con forma de boina denominada cascabillo, con escamas triangulares, casi planas y que contienen las semillas que son aladas y blancas. La parte interna de la *corteza* es amarilla. De la corteza del alcornoque, muy gruesa y esponjosa, se obtiene el *corcho*. Diversas especies producen *taninos*, utilizados por la industria del curtido de pieles, y de la corteza de otras se

extraen *tintes*. En general, la corteza, madera y fruto se usan para el curtido de pieles.

En nuestro país, crece en bosques secos o húmedos tropicales, soportando bien los suelos ácidos y arcillosos, y también en climas templados, soportando bien el frío y los vientos.

Madera

Los robles son de gran importancia económica, la madera presenta buenas características de elasticidad, resistente a la humedad y muy durable en interiores. Es muy vistosa, estable y de buena calidad, con un peso específico de 0.61, de color castaño, con vetas más oscuras bien demarcadas. Sin olor ni sabor. Su textura es de mediana a gruesa. Tiene un veteado muy acentuado. El corte longitudinal presenta una apariencia plumosa muy agradable. Es fácil de secar al aire libre pero lento. Se la utiliza en construcciones navales (al igual que la Teca), para puentes, mueblería, carpintería, puertas, mangos de herramientas, revestimientos interiores, enchapados, molduras, decorativas, etc. Se puede trabajar en todas las operaciones de maquinado con excelentes resultados en acabados buenos y atractivos.

También el roble americano es muy apreciado por su madera, ya que con ella se fabrican las mejores barricas para la crianza de vinos en Europa y América. Por su parte, el roble blanco, nativo de América del Sur, también se aprovecha para fabricar barriles y toneles donde reposan vinos espirituosos, además de que su madera es pesada y

duradera, lo que lo convierte en un recurso forestal importante.

El Roble de Eslovenia, que es un árbol más delicado, pero proporciona madera algo más dura, pesada y más resistente a la intemperie.

Normas técnicas

Tiempo para corte: maderas entre 10 y 30 años de plantadas; color amarillo pálido con vetas ligeramente oscuras en forma de catedral; anillo de crecimiento semiabierto; Densidad de 600 a 700 kls/mt³; secado al horno al 16%.

Balsa

Los árboles de madera de balsa, corresponden a las especies: *Ochroma pyramidale*, (Cav.) Urban y *Ochroma lagopus* Sw de la familia de las **Bombacáceas**.

Características generales

El árbol necesita de un clima cálido y húmedo con suelos de buen drenaje, propio del *bosque seco húmedo tropical*. El Ecuador tiene la geografía y climas ideales para estos árboles, pudiendo incluso crecer naturalmente en las zonas selváticas húmedas, debido a la dispersión natural de las semillas. Está distribuida en América Central y América del Sur; en nuestro país se le conoce como “Boya” en referencia a sus excelentes cualidades de flotación y se

encuentra en todo el litoral ecuatoriano, parte occidental de la cordillera de los Andes y Oriente.

Los árboles de madera de balsa han sido ampliamente usados en fines bélicos, construcción de salvavidas, flotadores, aislantes térmicos en buques tanqueros, en construcción naviera y, en exportaciones como láminas, listones y molduras, para modelismo y aeromodelismo.

Propagación natural

Se reproduce mediante cientos de semillas que están en una vaina, que a su tiempo se abre y con la ayuda del viento se desparrama sobre una gran área de la selva, donde luego son cubiertas por el limo. Ellas permanecen allí hasta cuando la incidencia de la luz que llegue hasta el piso permita el crecimiento, y solamente aquellas plantas más fuertes predominarán, dando como resultado muy pocos árboles maduros por hectárea.

Los árboles requieren de suelo franco y franco-arcilloso, profundos, que mantengan buenos drenajes, como es de un rápido crecimiento, en suelos con mejor textura tiene buenos resultados económicos, puede cultivarse hasta los 1.500 ms.n.m y óptimo a 400 ms.n.m, con una precipitación máxima de 1.500 *mm* y temperatura promedio de 24°C.

Establecimiento de una plantación

La implementación de un bosque de Balsa se hace bajo una distancia de siembra: 3 *m* x 3 *m* La plantación debe ralearse a partir del segundo año hasta dejar en la plantación un promedio de 500 o lo real de 800 árboles por hectárea, para cosecharlo a partir del quinto año. La producción comercial

aprovechable comienza cuando el árbol alcanza alturas superiores a los 10 m y un diámetro promedio de 35 cm obteniéndose rendimientos de 400 a 500 M³/Ha.

El árbol de madera de balsa es de *rápido crecimiento*, por ejemplo, cuando el tronco tiene un diámetro de 4 cm puede alcanzar una altura de 3 a 4 m El árbol está listo para ser cortado entre los 6 y 10 años, edad a la cual puede alcanzar una altura de 20 a 30 m y un diámetro de 30 a 120 cm Si se le deja continuar creciendo la calidad de su madera comienza a deteriorarse y ser de una calidad inutilizable. La madera se comercializa principalmente con EEUU, Europa y Lejano Oriente. Es biodegradable, teniendo una buena aceptación en el mercado internacional del cual somos el principal exportador en el mundo.

Características de la madera

El secreto de la liviandad de la madera balsa puede ser visto solamente a través de un microscopio. Las celdas o lenticelas son grandes con paredes muy delgadas, solamente el 40% del volumen de una pieza de madera balsa es sustancia sólida. Para darle al árbol la resistencia necesaria para mantenerse erguido en la jungla, la naturaleza llena cada celda de agua. La madera balsa verde tiene 5 veces más cantidad de agua que otras maderas más duras, por eso lleva un cuidadoso proceso de secado antes de ser utilizada. La madera balsa tal como la que se usa en aeromodelismo, varía ampliamente en su peso, que puede tener desde 4 libras por pie cúbico hasta 24 libras o más por pie cúbico, sin embargo, la que se comercializa normalmente pesa de 6 a 18 libras por pie cúbico, aunque la de 8 a 12 libras es la más usada.

La balsa es muy fácil de trabajar y no necesita de herramientas especiales que se usan normalmente para las maderas duras. Cuando se selecciona la madera para la confección de un modelo es importante considerar el sentido de las vetas, así como también el peso. La dirección de la veta determina la rigidez o flexibilidad de la tabla.

Hay tres tipos de vetas: *Fibras largas*: ésta es muy flexible en el sentido transversal de la tabla y toma las curvas fácilmente. *Fibras Intermedias*: es la más usada para propósitos generales, adecuada para los laterales de fuselajes planos, bordes de ataque, costillas, cuadernas, enchapado de bordes de fuga, etc. *Fibra corta*: Tiene una apariencia moteada, es rígida y se quiebra con cierta facilidad.

Nogal

Familia: **Juglandaceae**

Especies cultivadas: *Juglans geotrópica* (Diles)-Tocte; *Juglans regia* L.; Nuez (nogal europeo), *Juglans cinerea* (nogal ceniciento), *Juglans nigra* (nogal negro), *Juglans californica* (nogal de California)

Descripción Botánica

Arbol conocido por su madera fina, frutos y valor medicinal. Vigoroso de 24 a 27 m de alto y cuyo tronco puede alcanzar 1 m de diámetro. Copa ramosa, extendida, de forma esférica comprimida. Tronco recto cubierto con

una corteza cenicienta y gruesa; en las ramas jóvenes lisa, de color rojo oscuro, y en las viejas agrietada y parda.

Hojas: grandes, imparipinada, de color verde opaco, de olor agudo y desagradable, bastante *ricas en taninos*, como todas las demás partes de la planta. Las hojuelas, de cinco a nueve, son ovales, en general enteras, con los nervios inferiormente salientes, de pecíolo corto, opuestas o casi opuestas, de 6 -12 *cm* de largo y de 3-6 *cm* de ancho.



Flores: monoicas (unisexuales) por aborto. Flores masculinas dispuestas en *amentos* largos, de 6-8 *cm*, casi siempre solitarios, de color verde parduzco e insertas en la parte superior de las ramillas nacidas el año anterior, que en la floración están desprovistas de hojas. Las flores femeninas son solitarias o agrupadas en un número de 1-5, en *espigas terminales* encima de los ramillos del año corriente y son llevadas por un pedúnculo corto y grueso. Ovario ínfero adherente, con un óvulo, terminado por dos estilos muy cortos.

Fruto: nuez grande, drupácea bicarpelar con mesocarpio carnoso y endocarpio duro, arrugado en dos valvas, y el

interior dividido incompletamente en dos o cuatro celdas; semilla con dos o cuatro lóbulos y muchos hoyos.

Sistema radicular: sistema radicular muy desarrollado y extendido en el suelo tanto en sentido horizontal como vertical. Consta de una raíz principal pivotante y un sistema secundario de raíces someras y robustas.

Madera de textura media fina, permite un lijado y fácil acabado. Se emplea para fabricar muebles finos, trípex, chapas, ebanistería, guitarras, tallado artesanal. Color chocolate o “nogal” de la madera, no se apolilla, peso específico 0.6 g/cc.



Clima y agua

Deben evitarse sembrar en lugares cuyas temperaturas desciendan a menos de 2 °C, ya que pueden ocasionar daños por heladas en las inflorescencias masculinas, brotes nuevos y pequeños frutos. Si se dan temperaturas superiores a los 38 °C acompañadas de baja humedad es posible que se produzcan quemaduras por el sol en las nueces más expuestas. Si esto sucede al comienzo de la estación, las nueces resultarán vacías, pero si es más tarde las semillas pueden arrugarse, oscurecerse o adherirse al interior de la cáscara.

Necesita de lugares con precipitaciones mínimas de 700 a 1.200 *mm*, y en explotaciones intensivas, corregir las necesidades hídricas mediante el riego. El tamaño de la nuez dependerá de las disponibilidades de agua durante las seis semanas que siguen a la floración. El árbol no debe sufrir escasez de agua durante la formación del fruto ni durante el engrosamiento del mismo. El aporte de agua en la formación del fruto será de 40 - 50 m³/ha/día. Cuando lignifique la cáscara las necesidades serán de unos 30 a 35 m³/h/día.

Suelo y plantación

Se adapta muy bien a la mayoría de los suelos, aunque prefiere suelos profundos, permeables, sueltos, de buena fertilidad y contenido de materia orgánica mayor al 2 % y un 18 -25 % de arcilla. El nogal se desarrolla en suelos con pH casi neutro (6,2 - 7,5).

El grado de intensificación del cultivo dependerá del tipo de producto (madera o fruto) a conseguir: En *plantaciones extensivas*, destinadas a un aprovechamiento mixto de fruto y madera, requieren una densidad de 70 a 90 árboles/ ha, a un marco que puede variar de 10 *m* x 12 *m* ó 12 *m* x 12 *m*. Las plantaciones *intensivas* requieren una densidad de 100 a 140 árboles por hectárea a un marco que varía entre los 9 x 8 *m* ó 10 x 10 *m*. Estos marcos permiten un buen desarrollo y producción de los árboles. En plantaciones *muy intensivas*, destinadas a la producción de frutos en un tiempo muy corto, requieren una fuerte densidad de árboles (150-200 árboles/ha), a un marco de 7 x 7 *m* u 8 x 8 *m*.

Fertilización

Necesita de una fertilización y corrección inicial del suelo antes de la plantación en función del análisis de suelo, ya que el nogal es muy exigente en N y moderado en cuanto a P y K. Una dosis recomendable de fertilizante/año es: 6 Kg de N/árbol; 5 Kg de P₂O₅/árbol y 4.50 Kg de K₂O/árbol. Materia orgánica en el orden de 30-40 toneladas/Ha.

Plagas y enfermedades

Las principales plagas que se debe controlar es: **Carpocapsa o gusano de la nuez.** Las orugas colonizan los frutos donde se desarrollan y provocan daños que devalúan el producto comercialmente. **Zeuzera.** Las orugas de este lepidóptero nocturno realizan galerías en la madera de los árboles jóvenes. Los primeros ataques se centran en las hojas y en la madera de las ramas jóvenes. Pueden provocar la muerte del árbol y la rotura de las ramas afectadas. **Pulgones.** Destacan *Callaphis juglandis* y *Chromaphis juglandicola*. El primero pica el haz de la hoja y el segundo se encuentra en el envés de la misma.

Enfermedades del sistema radicular

Provocada por el hongo *Phytophthora cinnamoni*; *Armillaria mellea*. Ocasiona muerte de los tejidos de las raíces, apareciendo bajo su corteza un micelio blanco. Los síntomas de esta enfermedad son un amarillamiento de las hojas, baja producción de fruto y de pequeño calibre y secado de las ramas. La debilidad en el vigor de los árboles, el secado de la punta de las ramas y la caída prematura de hojas, son síntomas indicadores de que el árbol está atacado.

Enfermedades de las hojas y frutos

Bacteriosis El nogal es una especie sensible a la bacteriosis, que es provocada por las bacterias del género *Xanthomonas* (*X. juglandis*), la cual se manifiesta en condiciones de altas precipitaciones y temperaturas variables. La enfermedad afecta a hojas, yemas y frutos, pudiendo reducir la cosecha a la mitad, especialmente si el ataque ocurre en la floración y la fecundación.

Los frutos afectados presentan unas manchas oscuras que pueden alcanzar algunos centímetros cuadrados de superficie y que tienen un centro agrietado. Los brotes atacados presentan unos chancros agrietados, en donde hibernan las bacterias, pudiendo rodear y secar la rama. Estos chancros son fuente de inóculo de futuras infecciones.

Antracnosis La produce el hongo *Gnomonia leptostyla* y su desarrollo es favorecido por un tiempo húmedo y fresco. En las hojas produce manchas circulares de color oscuro, rodeadas de un halo amarillo. Las manchas van creciendo hasta invadir todo el limbo, provocando el secado y la caída de la hoja. En la corteza del árbol produce unas manchas de color intenso que sólo afectan a la superficie.

Usos y tratamiento del fruto

Las nueces son los frutos más ricos en aceite que se conocen. El aceite que se extrae tiene un sabor dulce y agradable. Los subproductos procedentes de la extracción se emplean para la alimentación animal y como base de productos químicos en la fabricación de pinturas y esmaltes. La medicina utiliza las hojas y cocones en

decocción como astringentes, vermífugos y contra la ictericia. Las raíces, la corteza y el cocón de los frutos se utilizan en tintorería para obtener un tinte pardo indeleble. Las almendras contenidas en la cáscara se comen también verdes y secas; se utilizan para componer emulsiones, forman parte de confituras, etc. Con el cocón se prepara nuecino, licor al que se le atribuyen propiedades febrífugas.

En el nogal se destaca la madera ya que es una de las mejores, dura, bastante fuerte, ligeramente venosa y susceptible de bellísimo pulimento.

Después de la recolección, el fruto sufre una serie de tratamientos que se pueden resumir en:

- Lavado y destrío del fruto. Mediante una descortezadora se separan los cocones de la nuez. La nuez se somete a un lavado con agua corriente y seguidamente se realiza un destrío de ramillas, piedras, nueces defectuosas, cortezas, etc.
- Secado. Con él se consigue reducir el contenido de humedad del fruto desde un 30-45 % hasta un 12-15 %. El secado puede ser natural mediante la exposición al sol de las nueces o artificial mediante el empleo de una corriente de aire caliente en secaderos.
- Calibrado. Su objetivo es conseguir lotes homogéneos de nueces, para ello se emplean calibradoras de cilindro giratorio.
- Blanqueado. Las nueces de primera y segunda calidad se someten después del secado a un blanqueamiento superficial mediante un baño de en una

disolución de hipoclorito sódico. Con ello se consigue aportar a la nuez un color más homogéneo y natural, libre de manchas negruzcas.

- Almacenamiento. Una vez secada la nuez puede conservarse en silos durante 5-6 meses a una temperatura de 7 a 10 °C.
- Empaque y venta.

Castaño

Nombre científico: *Castanea sativa* Miller

Pertenece al género *Castanea*, forma parte de la familia **Fagaceae**, dentro de la clase Dicotiledóneas.

La familia de las Fagáceas está integrada por 8 géneros, con cerca de 1.000 especies, entre los que se encuentran *Castanea*, *fagus* y *quercus*.

Morfología y fisiología del árbol

Es una especie caducifolia, de elegante presencia y de gran desarrollo que puede alcanzar los 30 m de altura.

Fuste grueso, recto o habitualmente retorcido en espiral (semirrecto), generalmente ramificado ya a poca altura del suelo. Se caracteriza por la rápida formación del duramen, cualidad que lo distingue de otras especies. Tiene un sistema radicular profundo.



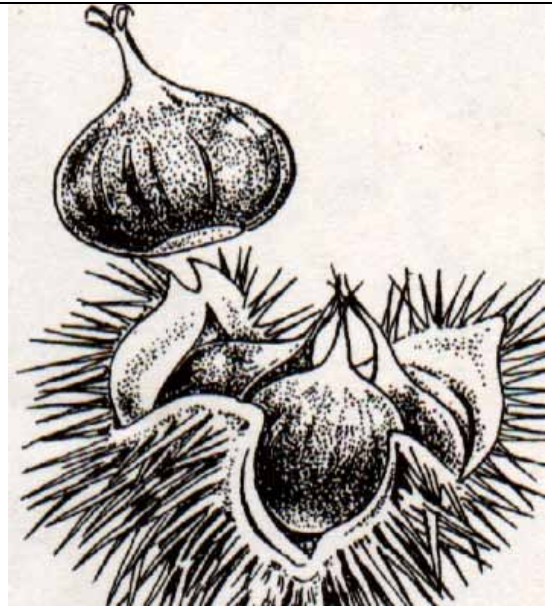
Árbol monoico, con **hojas** alternas, dentadas, asimétricas, con la base cordiforme o acorazonada, ápice puntiagudo y pecíolo simétrico. Los nervios laterales terminan en un diente puntiagudo y fuerte, dirigido hacia delante. Coriáceas y ásperas, el haz es verde oscuro brillante y el envés verde claro.

Presenta **flores masculinas** en *amentos* de color amarillo, unisexuales y hermafroditas, y en la base **flores femeninas** en *amentos* hermafroditas exclusivamente.

La *posición de los erizos es predominantemente apical*, aunque también se pueden presentar en posición subterminal de las ramas. Las **ramas** de un año presentan lenticelas, con presencia de purina, con yemas sub esféricas o cónico alargadas. Son gruesas, muy angulosas, rojizas y más o menos pubescentes.

El **fruto** es una núcula (involucro espinoso) con pericarpio seco e indehiscente en la madurez, que contiene las nueces. Puede presentar poliembrionía, debido a que cada flor femenina posee más de un saco embrionario que cuando evolucionan da lugar a más de un embrión.

En la mayor parte de las castañas se produce el aborto de todos los embriones menos uno, envuelta denominada *erizo* que agrupa normalmente 3 castañas.



Necesidades ecológicas

El rango de altitudes va desde el nivel del mar hasta los 1.000 m, aunque prefiere climas templados, húmedos y de inviernos suaves, y se desarrolla bien en suelos profundos, porosos y ácidos, cultivándose en niveles de pH entre 4.5 y 6.5, no soporta "altos contenidos de calcio".

En suelos pesados es imprescindible la existencia de un elevado contenido de macro elementos. No soporta la asfixia radicular.

Suelos con capas impermeables y superficiales, provocan un enrizamiento superficial del árbol, donde el sistema radicular tiende a ser fasciculado, lo que puede ocasionar la caída de los árboles por acción del viento.

Se adapta a suelos pobres, aunque responde muy bien en suelos fértiles. Necesita de una precipitación mínima de 800 mm, siendo las plantaciones más productivas cuando la pluviometría es mayor. La planta una vez instalada resiste

la sequía, sin embargo, las plantas son muy frágiles a los dos o tres primeros años.

El castaño es una especie *calcífuga*, es decir, una absorción importante de iones calcio provoca clorosis y muerte de la planta. Sin embargo, se puede encontrar en suelos calcáreos desprovistos de caliza activa. En suelos ácidos se puede presentar un exceso de aluminio que resulta limitante.

En cuanto a los requerimientos de luz, *Castanea sativa* es una especie heliófila. Las semillas tienen necesidad de un mínimo de luz para vivir y se desarrolla más rápidamente a plena luz. La cabeza al sol y el tronco a la sombra durante toda su juventud, es el ideal para el castaño.

Usos de la madera

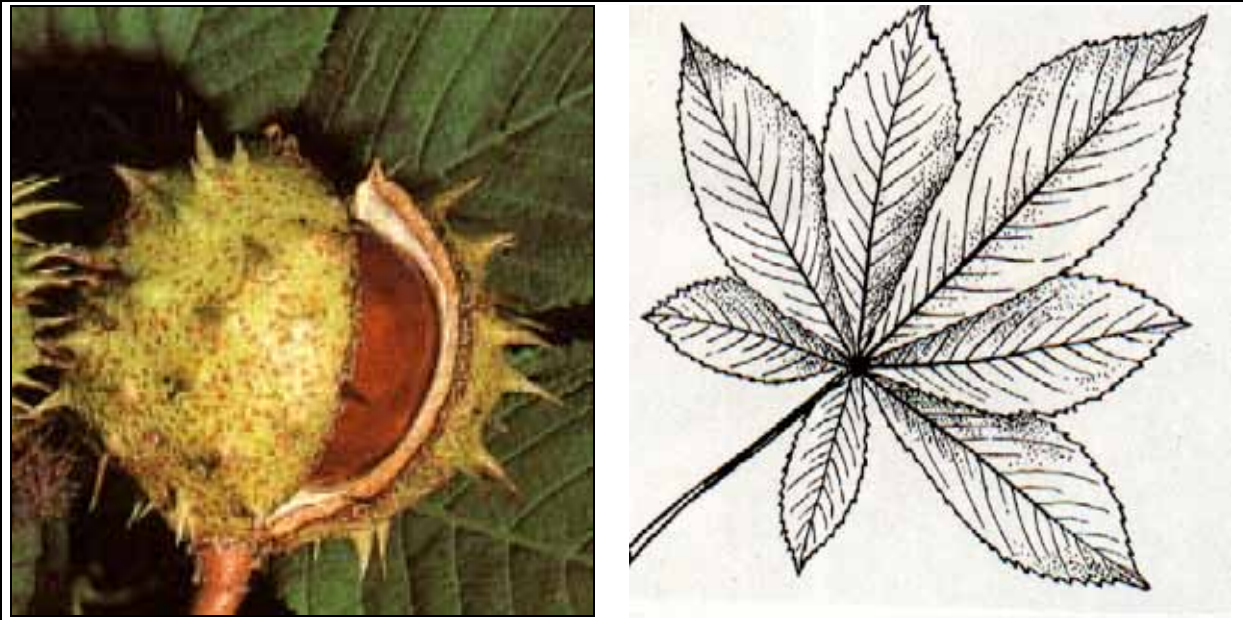
La madera de castaño por su dureza, resistencia, durabilidad, buena presencia, etc., es muy apreciada en la construcción de muebles y carpintería en general, también se utiliza en la construcción de estructuras de madera para naves agrícolas o casas aunque es menos frecuente por su alto coste y la existencia de otros materiales más innovadores. Otro de sus usos importantes del castaño es en la producción de castaña.

Castaño de Indias

(*Aesculus hippocastanum* L.), familia **Hipocastanáceas**.

Es un árbol de gran desarrollo de hasta 25 m de altura, con la copa de desarrollo abombado, alta, muy densa y de gran aspecto.

El **tronco**, recto con ramas fuertes, ascendentes o ligeramente inclinadas. Ramas secundarias irregulares, ascendentes o en parte péndulas.



La **corteza** en los ejemplares jóvenes, es lisa y de color pardo claro; más tarde va adquiriendo tonalidad gris rojiza o pardo oscura y con láminas aisladas en surco gruesos. Brotes fuertes, con lenticelas de color claro, Yemas muy grandes.

Hojas muy grandes, de pecíolo largo, palmicompuestas (palmadas), con 5-7 folíolos ampliamente cuneiformes, sentados de unos 25 cm de largo y 10 cm ancho, con el envés brillante. Los folíolos laterales son menores.

Flores muy numerosas en inflorescencia en espiga.

Frutos cápsula espinosa, con 1-3 semillas grandes pardo rojizas (castañas). El árbol es muy apreciado como especie ornamental en parques en Europa.

Sauces

Familia: SALICACEAE

Los sauces son árboles y arbustos generalmente adaptados a suelos aluviales, crecen bien junto a las orillas de los ríos y sobreviven a largos períodos de inundaciones. Aunque los sitios aluviales con buen abastecimiento de agua son preferibles, también pueden crecer satisfactoriamente en cualquier lugar, incluso sin presencia de humus o suelos arenosos altamente permeables.

Generalmente se reproducen por vía asexual, a través de estacas. Sus requerimientos de nutrientes son altos y responde muy bien a la fertilización. Los individuos con hábito arbustivo son altamente susceptibles al ataque de *Rhabdophaga terminalis*.



Salix alba

(Sauce blanco) *S. alba* está disperso en zonas templadas en Europa y Asia. Varía desde grandes árboles de 30 m, hasta matorrales.

Salix fragilis (Sauce crack) es en muchos aspectos similar a *S. alba*, es más pequeño como árbol y tiene las mismas preferencias de suelo y patrón de desarrollo radicular. Ha sido utilizado principalmente en su forma arbustiva para la producción de mimbre y es considerado de interés para plantaciones de corta rotación.

***Salix* babylónica**



Es una especie semicaducifolia, crece en las regiones templadas y generalmente al borde de las aguas. Su tronco es flexible y a menudo hueco interiormente. Presenta una forma pendular (semi ovoide), alcanzando alturas entre 6 a 10 m. Crece bajo condiciones ambientales de pleno sol y media sombra. Su crecimiento es mediano. Follaje amplio y verde oscuro amarillento, que crea una sombra densa. Usos en parques, áreas verdes, riveras de ríos y lagunas. La madera blanca pero su corteza sirve para teñir pieles finas.

Salix caprea (Sauce de las cabras)

Se presenta principalmente como un matorral, sin embargo algunas poblaciones de forma arbórea se encuentran en sitios montañosos. Las demandas de sitio son muy moderadas, prefiere suelos forestales ricos en humus y minerales, pero puede crecer sobre suelos secos y básicos. Es muy adecuado para la forestación de sitios con residuos industriales. Resistente a las emisiones industriales y a las heladas. No es adecuado en suelos pantanosos o inundados.

Salix viminalis (mimbre)

Es un arbusto, rara vez un árbol. Se encuentra en toda Europa y Asia, y se adapta en todos los sitios. Crece mejor en suelos ricos con disponibilidad de agua, donde puede esperarse un gran crecimiento. Las varas de la variedad gigantea pueden llegar a los 4 metros durante una temporada de crecimiento. Presenta numerosos clones e híbridos. Resistente a varias enfermedades, pero sensible al frío.

Se utiliza para la producción de mimbre, pero de excelente futuro en la producción de energía.

Salix matsudana (Sauce torcido). Probablemente es una variedad de *Salix babylónica*. Es un árbol de pequeño a mediano tamaño originario del noreste de China.

Salix cinerea (Sauce grey sallow). Es un arbusto ramudo de 3 a 6 m de altura u ocasionalmente más. Los tallos más leñosos presentan prominentes estrías. Ramas de color verde en su tercio inferior, para luego tornearse hacia la

punta de un color café rojizo. Presenta prominentes yemas florales de color café a café rojizo en la mitad superior de las ramas. En su mitad inferior se presentan yemas pequeñas y aplanadas de forma casi triangular de color verdoso las que corresponden a yemas foliares. Las ramas de un año presentan pocas a escasas ramificaciones. Las ramas nuevas presentan gran pubescencia dándoles un color verde plomizo.

Salix humboldtiana (Sauce chileno) Originario de los valles de los grandes ríos en Sudamérica. Es cultivado en Argentina donde se han establecido en grandes extensiones. Es un árbol de gran tamaño que se hibridiza fácilmente con las especies europeas (*S. babylonica* y *S. alba*).

Algunos de estos híbridos resisten suficiente frío para crecer en Alemania Central. Puede ser muy adecuado para plantaciones energéticas, pero se necesita más investigación al respecto.

Salix púrpurea (Sauce púrpura) Es un arbusto que crece en la mayoría de los suelos de Europa, Asia y Norteamérica. Muy resistente a climas y suelos extremos. Crece bien sobre suelos pantanosos y aluviales. Se utiliza para la producción de mimbre, pero parece tener gran potencial para producción de energía.

Comino

Nombre científico: *Aniba perutilis* Hemsley. Familia: **Lauraceae**

Nombres comunes:

- Colombia: Comino, Laurel Comino, Comino Crespo, Comino Canelo, Caparrapí, Aceite de Palo, Comino Real, Punte, Chachajo.
- Perú: Comino, Muena Negra, Ishpingo Chico, Moena Negra.
- Brasil: Laurel Amarelo, Pau Rosa.
- Bolivia: Coto, Coto Piquiante.
-

Características botánicas

Es un árbol mediano, de 25 a 30 m de altura en la edad madura. Sus **ramitas** son angulosas, gruesas, duras, surcadas, tardíamente globalescentes y lisas; yemas densamente tomentosas, generalmente con grandes escamas.



Hojas: Alternas, coriáceas, lanceoladas, hasta oblanceoladas u obovado-elíptica. El tamaño de las hojas es de 9-15 *cm* de largo y de 4 -6 *cm* de ancho. La base es

cuneada, decurrente, el ápice es brevemente acuminado. Los nervios primarios apenas son visibles. El envés es pulverulento-tomentuloso.

Flores son pequeñas y poco vistosas, de color marrón y raramente rojas, bisexuales o estaminadas. Posee más de tres estambres, estos tienen filamentos libres, anteras de seis estambres exteriores con dos celdas. **Fruto:** Es una baya elipsoide lisa, de aproximadamente 27 *mm* de largo y 20 *mm* de diámetro. La cúpula es espesa, hemisférica, engrosada irregularmente en la base, lisa o verrugosa, de 8 a 15*mm* de alto y 15 a 20*mm* de ancho.

Fonología

- **Foliación:** Es un árbol perenne pero tiende a ser mayor el brote de hojas en los meses más lluviosos y la caída de hojas se incrementa al inicio de los períodos lluviosos.
- **Floración:** Se da con mayor intensidad en los meses de menor precipitación.
- **Fructificación:** En general aumenta en los períodos lluviosos.
-

Condiciones ecológicas

Se distribuye desde el nivel del mar hasta los 2600 ms.n.m en bosques amazónicos y montanos, preferiblemente primarios, de la región comprendida desde Costa Rica hasta Bolivia y Brasil. El hombre ha constituido el depredador principal de esta especie acorralándole en cada momento, debido a la madera fina y productos que proporciona el árbol.

Usos e importancia económica

La *Aniba perutilis* produce una madera muy fina, de densidad básica de 0.49 g/cm³, de gran duración y resistencia. Esta resistencia se manifiesta incluso contra el ataque de los comejenes (*Termes tenius*), posiblemente debido a que la planta segrega una resina amarga que contrarresta la acción de esa plaga.

Del árbol también se extraen aceites esenciales, semillas medicinales y cortezas fragantes, de gran valor comercial por su utilidad en los hogares, industrial y medicina natural.

Hay dos variedades de madera; la común que es usada en construcciones y ebanistería; y se conoce como comino liso. La otra, que es denominada como comino crespo, posee un hermoso color oscuro con vetas claras de color amarillo, por lo que es usada en contrachapados. La madera del comino tiene un lustre parejo, es moderadamente densa y tiene excelentes propiedades técnicas, por lo que, se usa desde la construcción hasta carpintería de lujo. La madera tiene un sugestivo olor (perfume), sabor picante, grano fino e incorruptibilidad.

Algarrobos

Los algarrobos pertenecen a la familia de las **Papilionáceas** (Leguminosas), subfamilia **cesalpiniáceas** y se describen los siguientes géneros:

- *Mimosa quitensis*
- *Prosopis inermis; Prosopis juliflora, pallida;*

- *Ceratonia siliqua*;
- *Hymenaea oblongifolia*.
-

Mimosa quitensis

Este tipo de algarrobo es un arbusto nativo del Ecuador, que alcanza una altura de 3 a 4 m, formando una copa aparasolada. Sus ramas son de color gris y tienen espinas. Su hábitat se observa hasta los 3000 ms.n.m, resiste las fuertes podas y retoña de inmediato. Se encuentra en zonas secas, suelos arenosos y protegiendo taludes en los caminos.

Se propaga fácilmente por semillas. Sirve para sombrear áreas desérticas o secas, y como forraje (hojas) para el ganado, por su facilidad para retoñar. Su madera es muy dura, pero nudosa por lo que es usada para leña y carbón.

Guarango

(*Tara spinosa*)

Es un árbol nativo de América Latina, de crecimiento medio. Su forma es irregular, achaparrada y aparasolada. Al ser cortado rebrota con facilidad, crece entre 1500 a 2500 ms.n.m. Las semillas germinan con facilidad y para evitar el trasplante de esta leguminosa que tiene raíces profundas y pivotantes, es preferible sembrar las semillas directamente en los sitios definitivos.

Sus legumbres y la corteza, se emplean en la curtiembre. La madera es dura y la especie es útil para el control de la erosión en suelos áridos.

Ceratonia siliqua L

Arbol o arbusto, perenne, de hasta 10 *m* de altura, pero generalmente mucho menor y particularmente en zonas de cultivo y matorrales apenas llega a los 5 *m* Copa muy densa, globosa, con abundante follaje que proporciona buena sombra. El árbol es cultivado en lugares secos y semiáridos.

Hojas verde oscuras y brillantes, alternas, compuestas, paripinnadas de 10 a 20 *cm* de longitud, con 2-5 pares de foliolos redondeados, fuertes, coriáceos y con pecíolo corto, de color verde oscuro brillante por la cara superior.

Tallos lisos, con muchas protuberancias de color grisáceo, generalmente ramificado a muy poca altura del suelo.

Ramas cortas, apenas pedunculadas, horizontales o algo ascendentes. Ramas principales numerosas, ascendentes y muy ramificadas. **Corteza** lisa y ligeramente surcada, gris pardusca; brotes gruesos poco conspicuos.

Flores sin corola, muy poco vistosas, de tres tipos: masculinas (con 5 estambres), femeninas (con un solo pistilo) y hermafroditas, árbol monoico o dioco.



Fruto es una legumbre indehisciente de 2-3 cm ancho y 10-25 cm largo, marrón oscura cuando está bien madura, pudiendo permanecer las algarrobas en el árbol durante todo el año, sobre todo en las ramas viejas. La *algarroba* contiene numerosas semillas, planas y brillantes, en un principio tiene sabor dulce, pero muy pronto endurece; sirven de alimento para el ganado y particularmente para los caballos.

Hymenaea oblongifolia Huber

Distribuido en Brasil, Colombia y Perú, en zonas de bosques húmedos tropicales, hasta los 1200 ms.n.m Corteza de color grisácea, lenticelado y levemente fisurada. Hojas compuestas con solo dos folíolos, alternas, muy brillantes por encima y opacas por debajo con puntos traslúcidos. Flores dispuestas en manojos con número variable; flores pequeñas. Frutos: Legumbre indehisciente de color marrón oscuro con lenticelas pequeñas blancas, generalmente una sola semilla de color marrón oscuro a negro, rodeada de una pulpa amarillenta, harinosa.

La madera: *Verde* presenta albura beige pálido y duramen marrón oscuro a rojizo, observándose entre ambas capas un

gran contraste de color. *Seca al aire* la albura se torna marrón muy pálido y el duramen rojo amarillento. Es dura y pesada con densidad básica alta, entre 750 y 950 kg/m³. Poros visibles a simple vista, medianos y muy pocos; solitarios y múltiples radiales. Porosidad difusa. Radios poco contrastados, bajos y no estratificados. Grano recto.

Utilización: En ebanistería, para pisos parquet, tornería, mueblería, pisos industriales, construcciones pesadas, tornería, etc.

Hymenaea courbaril L.

Crece en el bosque seco tropical y se encuentra desde México, Guyana, Antillas, Colombia, Brasil, Venezuela, Ecuador, Perú hasta Bolivia.

Arbol de fuste cilíndrico, puede alcanzar alturas mayores a 10 m y diámetros considerables. Hojas alternas compuestas, bifoliadas, de haz más brillante que el envés con folíolos inequiláteros.

Flores blancas, grandes y agrupadas en panículas terminales.



Los frutos son legumbres leñosas indehiscentes, comestibles y tienen semillas de color rojo.

Madera: La albura es blanco amarillento y el duramen marrón oscuro. Es dura y pesada, con densidad básica alta, entre 750 y 950 kg/m³. Poros medianos y muy pocos; solitarios y múltiples radiales. Porosidad difusa. Radios bajos y no estratificados. Grano recto a entrecruzado.

Usos: Mueblería, parquet, paneles decorativos y ebanistería. También vigas, columnas y puentes, así como tornería, mangos de herramientas, artículos deportivos, chapas y contrachapados.

BIBLIOGRAFIA

- ALOÍSIO, X. & COMERIO, J. 1997. Enraizamiento "ex vitro" de gemas de *Eucalyptus* spp. multiplicadas e alongadas "in vitro". *Scientia Forestalis*, No. 59: 29 - 36.
- ALVAREZ, R. S. 1983. *El Manzano*. Cuarta Edición. Publicaciones de Extensión Agraria. Madrid. pp167-225.
- ARENAS S, H. 1994. Dinámica de la hojarasca en un bosque nativo alto andino y un bosque de eucaliptos en la región de Monserrate. En: *Estudios ecológicos del páramo y del bosque alto andino Cordillera Oriental de Colombia*. (L.E. Mora Osejo y H. Sturm, eds.) Vol. 2. Bogota: Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Biología. p.457-484.
- AVILA, H.J.; GARCIA, C.I.; GONZALEZ, I.E.; RODRIGUEZ, M.J.; DURAN, M.A. 1979. *Ecología y Silvicultura*. Ministerio de Educación. Editorial Científico-Técnica. La Habana-Cuba. 289p.
- BASANTES, M.E. 1998. *Notas de Aula de Fisiología Vegetal, Fertilizantes y Fertilización*. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela Politécnica del Ejército. 160p.
- TRIVELIN, P.; SIU, M.T. 1993. Cuantificación de la fijación biológica de nitrógeno por el método isotópico del ^{15}N y evaluación del efecto de la micorriza en leguminosas. *Nucleociencias*, año4 No.4 (*Julio 1993*), Órgano de difusión de la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica, Quito-Ecuador, p 37-53.

- _____ . 1991. Metabolismo mineral del isótopo ^{15}N en el suelo y planta. Nucleociencias, año 2 No.2 (Junio 1991), Órgano de difusión de la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica, Quito-Ecuador, p 47-54.
- _____ . 1990. Avaliação do Método da diluição isotópica com adição de fertilizante ^{15}N ao solo, na quantificação da FBN de leguminosas. Tesis de Maestría - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz / USP. Piracicaba-Brasil. 115p.
- BRAVERMAN, J. B. S. 1990. Introducción a la Bioquímica de los Alimentos. Nueva edición por BERK, Z. Traducido por Hill, F.A. México. Pp 267-281.
- CATALAN, B. G. 1977. Semillas de árboles y arbustos forestales. Ministerio de Agricultura. Madrid. 408 p.
- DELGADO GIL, A. M., 1984. Las podas, un factor de destrucción del encinar. Revista Quercus, cuaderno 15. Madrid, págs. 16-19.
- DERRICK, T. 1998. Multiplicación de Plantas. Guías Jardín Blume. Segunda Reimpresión. Editorial Blume. Barcelona-España. 47p.
- E G B. 2002. Enciclopedia General Básica Temática Ilustrada. Edición 2001/2002. Grupo Clase XXI. Impreso Bogotá-Colombia.
- FASSBENDER, H. & BORNEMISZA, E. 1994. Química de Suelos con énfasis en suelos de América Latina. Segunda Edición. San José, CR: IICA. 380 p.
- HOFSTEDDE, R. LIPS, J. JONGSMA, W & SEVINK. J. 1998. Geografía, Ecología y Forestación de la Sierra Alta del

Ecuador. Revisión de Literatura. Editorial Abya Yala, Ecuador. 242 p.

- KREMER. B. 1990. Árboles. 250 especies europeas. Naturart, S. A. Editado por Blume. Barcelona. 287p.
- LAMPRECHT H. 1990. Silvicultura en los trópicos. Primera edición. Cooperación Técnica República Federal de Alemania. Eschborn. Alemania.
- LEXUS. 2002. Enciclopedia Estudiantil Lexus. Ciencias Naturales. Creación y realización: Thema Equipo editorial, S.A. Lexus Editores. Edición 2002. Barcelona-España.
- MALAVOLTA, E. 1980. Elementos de Nutrição Mineral de Plantas. Editora Agronômica Ceres Ltda. São Paulo. 251p.
- MALAVOLTA, E; VITTI, G.C.; DE OLIVEIRA. S.A. 1989. Avaliação do Estado Nutricional das Plantas. Principios y Aplicações. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba-Sp. 200p.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1981. Apuntes de Fruticultura. Sexta Edición. Madrid-España. 223p.
- MICHAEL, P.; ROLAND, P. FERNADO, C.; REAL, P. 1997. Mensura Forestal. Proyecto IICA/GTZ sobre Agricultura. Recursos Naturales y Desarrollo Sostenible. IICA. San José-Costa Rica. 500p.
- MONTOYA OLIVER, J.M., 1993. Encinas y encinares. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, 131p.
- NARVAEZ, J.G. 1980. Notas de Aula de Dasonomía. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas. Quito-Ecuador.

- NARRO, E. F. 1994. Física de Suelos. Editorial Trillas. México.
- PASCUAL, E. (1992) La calidad en la semilla forestal. Horticultura Ornamental 4:17-19
- RAYMOND, A. Introducción a las Ciencias Forestales, Editorial Noriega, México, 1991, pp634.
- REICHARDT, K. 1985. Processos de transferencia no Sistema solo-planta-atmosfera. Cuarta Ed. Rev. e ampliada. Campinas, Fundação Cargill. 421p.
- SPIER, H. & BIEDERBICK, CH. 1980. Arboles y leñosas para reforestar las tierras altas de la región Interandina del Ecuador. C.A.A.P. Quito-Ecuador.
- VILLACRES, O. V. et al. 1995. Bioactividad de plantas amazónicas. Organización de Estados Americanos (OEA), Universidad Central del Ecuador. Ediciones ABYA-YALA. Cayambe-Ecuador.
- VILLEE, C.; SOLOMON, E.; MARTÍN, CH.; MARTÍN, D.; BERG.L.; DAVIS, P. 1992. Biología. Segunda Edición. Editorial Interamericana. McGraw-Hill.
- WEIER, T; STOCKING, C.; BARBOUR, M. 1991. Botánica. Quinta Edición. México, D.F.
- YOUNG. R. 1991. Introducción a las ciencias forestales. Primera edición. Editorial Limusa. México DF. México. 579p.

PAGINAS CONSULTADAS EN INTERNET 2002-2003

- **Agricultura-Infoagro**

[http://www.infoagro.com/agrolandia/planta-flores-frutos.Asp#La tija principal.](http://www.infoagro.com/agrolandia/planta-flores-frutos.Asp#La%20tija%20principal)

- *Agroforestería*

[http://www.rlc.fao.org/redes/sisag/informes/ecu/default.htm# Contenido](http://www.rlc.fao.org/redes/sisag/informes/ecu/default.htm#Contenido)

- **Agroinformación**

http://www.abcagro.com/frutas/frutos_secos/nogal3.asp

- **Algarrobo**
www.colforest.com/maderas/algarrobo.htm

<http://botonica.webgeo/familiapapilionaciastella.htm>

- **Arboles**
www.paisajismo.cl/pagina_n.htm
- **Arboles nativos de Chile**
<http://www.elbosquechileno.cl/arboles.html>
- **Balsa**

http://personales.ya.com/jayca/pagines/balsa_jpg.htm

- **Biología**
www.memo.comco/fenonino/aprenda/biologia/biolog7.html

- **Biology 100/101**

http://www.life.uiuc.edu/bio100/lessons/water_and_transport.html

- **Botánica**

www.ciencia.20mcom/biologia/botánica.htm

<http://www.botanical-online.com/#exocarpo> o

epicarp

- **Cambio climático y deforestación**

<http://cipres.cec.uchile.cl/~semirand/Clima.htm>

- **Cedro, chanul, Canelo**

http://www.ecuador.fedexpor.com/mad_cedro.html

http://www.ecuador.fedexpor.com/mad_canelo.html

www.ecuador.fedexpor.com/mad_chanul.html

- **Ciencia**

www.terra.compe/ciencia/tunger/art-fotosintesis.shtml

- **Cuenca de los Andes: Bosque de Mazan: árboles**

http://www.municipalidadcuenca.gov.ec/conozcacuenca/mazan/l_arboles.htm

<http://www.municipalidadcuenca.gov.ec/HomePage.htm>

- **Ecología-Areas Temáticas**

[http://www.contenidos.com/ecologia/contaminacionrios-y-](http://www.contenidos.com/ecologia/contaminacionrios-y-lagos.htm)

[lagos.htm](http://www.contenidos.com/ecologia/contaminacionrios-y-lagos.htm)

- **Ecología** Conceptos básicos de ecología y Educación ambiental.

ecositio.tripod.com

- **Ecuador - Actividades del sector primario - Sector forestal**

www.cideiber.com/infopaises/ecuador/Ecuador-04-02.html

- **El efecto del potasio sobre la calidad de los vegetales**

www.fersan.comdo/Rev73/pag28.htm

- **Encarta Online**

www.encarta.msn.es

<http://encarta.msn.es/>."Fertilizante"

<http://encarta.msn.es> . "Ciprés"

<http://encarta.msn.es> . "Madera". "Silvicultura".

- **Especies de salix presentes en Chile**

www.salix.cl/Especies%20Presentes/Especies%20presentes.htm

- **Flora**

<http://www.ceducapr.com/flora.htm>

- **Floraguide España**

<http://www.floraguide.es/arboles/Semillas.htm>

<http://www.floraguide.es/arboles/Cortezas.htm>

<http://www.floraguide.es/arboles/hojas.htm>

<http://www.floraguide.es/arboles/>" \1 "sicono

- **Fotos**

<http://www.aldeaeducativa.com/aldea/Fotos.ASP?which=/IMAGES/celula.gif>

http://www.nolana.com/images/1322/1322_25.jpg

http://www.marena.gob.ni/normas_aserraderos.htm

- Fuente www.elcomercio.com/ 19 enero 2003.

- **Guía Verde. Librería de Jardinería**
<http://www.guiaverde.com/arboles/semillas.htm> #
cotiledones
<http://www.guiaverde.com/conjunto.htm>
- **Índice de Plantas. Estructura vegetal**

<http://fai.unne.edu.ar/biologia/planta/planta1.htm#inicio>
O.

<http://fai.unne.edu.ar/biologia/cel-euca/cdel2.htm>
http://fai.unne.edu.ar/biologia/cel_euca/cdel2.htm"
\1 "polimero"

<http://fai.unne.edu.ar/biologia/planta/floxilrevisado.htm>
"

<http://fai.unne.edu.ar/biologia/planta/corteza.htm>

<http://fai.unne.edu.ar/biologia/planta/hormonas.htm>
<http://fai.unne.edu.ar/biologia/celula/cdel2.htm>
#contenidos.

<http://fai.unne.edu.ar/biologia/planta/indplantas.htm>

- **Impacto ambiental**

<http://www.contenidos.com/ecologia/contaminacion-rios-y-lagos/glosario.htm>

- **Impactos ecológicos de plantaciones forestales**

www.condesan.org/paramos2/Ponencia%20RHsemana2.htm

- **Indice El bosque**
www.dic.uchile.cl/~bosque/curso/indice.html
- **La flora**
<http://www.ceducapr.com/flora.htm>
- **Las landas. Centro de Jardinería.**
<http://www.ateneaonline.com/trabajos-realizados/laslandas/catalogo/arboles.html>
- **Las plantas Ciclo 3.**
<http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0574-02/Poli-germinas-otras-formas.html>
<http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0574-02/ed99-0574-02.html>
[http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0574-02/clases de_hojas.jpg](http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0574-02/clases_de_hojas.jpg)
http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0574-02/la_raiz.htm
- **MAG/Ecuador Forestal.htm**
- **PAPELNET: Recurso Educativo Forestal. Silvicultura-Medio-Ambiente**
www.papelnet.cl/aserraderos/que_es_ase.htm
¡Error! Referencia de hipervínculo no válida.
<http://www.Papelnet.cl/celulosa/>
<http://www.papelnet.cl/chile/ubicacion.htm>
<http://www.papelnet.cl/Chile/eucalyptus.htm>
http://www.papelnet.cl/Chile/pino_radiata.htm

- **Plantas flores frutas**

http://www.infoagro.com/agrolandia/plantas_flores_frutas.asp

- **Proyecto de Manejo Forestal sostenible. Boletín No.15. Rendimiento diamétrico en árboles tropicales**

<http://bolfor.chemonics.net/BOLETIN/bolet15/15dap.htm>

- **Recursos biológicos. Escuela de Ingeniería de Antioquia**

<http://biologia.eia.edu.co/ecologia/estudiantes/comino.htm>

- **Recursos forestales**

<http://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea32s/ch20.htm>

- **Roble**

<http://www.elbosquechileno.cl/roble.html>

- **San Luis, Perla Verde del Oriente..Árboles y Plantas**

sanluisperla.galeon.com/antperlaverde/Arboles.htm

- **Suelos**

<http://www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/suelos/htm#SUELOS>

<http://www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/medioambiente/htlm>

- **Tabebuia ochracea**

www.acguanacaste.ac.cr/paginas_especie/plantae_online_2/magnoliphyta_2...

- **University of Georgia (Bioscience)**

http://www.biosci.uga.edu/almanac/bio_104/notes/apr_10.html

http://www.biosci.uga.edu/almanac/bio_103/notes/may_15.html

- **University of Illinois at urbana champaign.**
<http://www.life.uiuc.edu/bio100/>

ÍNDICE

Presentación
Agradecimientos
Índice

Capítulo 1 **Silvicultura**

Clasificación de los bosques
Beneficios del bosque
Vivero forestal
Multiplicación de plantas por semillas
Plantaciones forestales

Capítulo 2 **Inventario forestal**

Tipos de inventario
La estadística en los inventarios forestales
Parcelas de muestreo
Evaluación del rendimiento
Información requerida durante el inventario

Capítulo 3 **Manejo forestal**

Raleos
Métodos de raleo
Intensidades de raleo
Altura máxima de un rodal
Índice espacio crecimiento
La poda de los árboles
Aspectos fisiológicos y económicos de la poda

Práctica de la poda
Factores reguladores del crecimiento
Manejo silvicultural del bosque alto

Capítulo 4

Industrialización del árbol

Principales usos de la madera
Propiedades de la madera
Forestación y reforestación
Impacto de las plantaciones forestales
Asociaciones forestales
Técnicas de talado de los árboles

Capítulo 5

Fisiología vegetal del árbol

Naturaleza y fisiología de las células
La célula vegetal
Flujo de iones a través de la membrana
Absorción pasiva y activa
Crecimiento de los árboles
Crecimiento reproductivo
Desarrollo del tallo
La luz en la fisiología de los árboles

Capítulo 6

Agua-Suelo-Planta

Relación agua-suelo
Contenido de humedad en el suelo

Capítulo 7

El suelo: nutrición mineral

Estructura del suelo
Disponibilidad de los nutrientes

Capítulo 8

Nutrición vegetal

Absorción de agua y minerales
Transporte de nutrientes
Redistribución de nutrientes

Capítulo 9

Bosques y materia orgánica

Materia orgánica: importancia forestal, el humus
La lluvia y el bosque

Capítulo 10

Descripción de especies forestales

BIBLIOGRAFIA



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



ISBN: 978-9978-301-36-4



9 789978 301364