



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

# textos

universitarios

José Rolando Corredor Trejo

PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS DE SILVICULTURA



# PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS DE SILVICULTURA

José Rolando Corredor Trejo



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES



PUBLICACIONES VICERRECTORADO ACADÉMICO



# PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS DE SILVICULTURA



**PUBLICACIONES  
VICERRECTORADO ACADÉMICO**

Universidad de Los Andes  
Mérida 2025 - Venezuela



# **PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS DE SILVICULTURA**

**JOSÉ ROLANDO CORREDOR TREJO**

**COLECCIÓN TEXTOS UNIVERSITARIOS**  
**Sello Editorial Publicaciones del Vicerrectorado Académico**  
**Universidad de Los Andes**

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES**  
Autoridades universitarias

- **Rector**  
Mario Bonucci Rossini
- **Vicerrectora Académica**  
Patricia Rosenzweig Levy
- **Vicerrector Administrativo**  
Manuel Aranguren Rincón
- **Secretario (I)**  
Manuel Joaquín Morocoima

SELLO EDITORIAL PUBLICACIONES  
DEL VICERRECTORADO ACADÉMICO

- **Presidenta**  
Patricia Rosenzweig Levy
- **Coordinadora**  
Marysela Coromoto Morillo Moreno
- **Consejo editorial**  
Patricia Rosenzweig Levy  
Marysela Coromoto Morillo Moreno  
María Teresa Celis  
Marlene Bauste  
Francisco Grisolfá  
Jonás Arturo Montilva  
Joan Fernando Chipia L.  
María Luisa Lazzaro  
Alix Madrid

COLECCIÓN TEXTOS UNIVERSITARIOS  
Sello Editorial Publicaciones del  
Vicerrectorado Académico

Los trabajos publicados en esta colección  
han sido rigurosamente seleccionados y  
arbitrados por especialistas en las diferentes  
disciplinas

**COLECCIÓN TEXTOS  
UNIVERSITARIOS**  
Sello Editorial Publicaciones  
Vicerrectorado Académico

PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS DE  
SILVICULTURA  
Primera edición digital, 2025

© Universidad de Los Andes  
Sello Editorial Publicaciones del  
Vicerrectorado Académico  
de la Universidad de Los Andes  
© JOSÉ ROLANDO CORREDOR TREJO

Hecho el depósito de ley  
Depósito Legal: 2025000221

ISBN: 978-980-11-2250-0



**Corrección de estilo:**

Nélida Raquel Moreno Corredor  
Carlos Perdomo Ramírez

**Diagramación:**

Nelson Corredor Trejo  
Raquel Morales Soto

**Diseño de la portada:**

Nelson Corredor Trejo  
Raquel Morales Soto

**Imagen de la portada:**

Tomada de: [https://pixabay.com/es/photos/\\_C3\\_A1rboles-musgo-bosque-luz-de-sol-3294681/](https://pixabay.com/es/photos/_C3_A1rboles-musgo-bosque-luz-de-sol-3294681/)

Universidad de Los Andes  
Av. 3 Independencia,  
Edificio Central del Rectorado,  
Mérida, Venezuela.  
publicacionesva@ula.ve  
publicacionesva@gmail.com  
<http://www2.ula.ve/publicaciones-academico>

**Prohibida la reproducción total o  
parcial de esta obra sin la  
autorización escrita de los autores y  
editores.**

Editado en la  
República Bolivariana de Venezuela

**COLECCIÓN DE TEXTOS UNIVERSITARIOS**

Esta colección contempla la edición de textos académicos que sirven de apoyo docente en las áreas del conocimiento existentes en la Universidad: Ciencias Humanísticas y Sociales, las Ciencias Naturales, la Ingeniería y la Tecnología, la Medicina y las ciencias de la salud y las ciencias agrícolas.

Entre los objetivos específicos de esta colección resaltan:

- Estimular la edición de libros al servicio de la docencia.
- Editar la obra científica de los profesores de nuestra Casa de Estudios.
- Publicar las investigaciones generadas en los centros e institutos de investigación.

Hasta ahora, un número considerable de textos universitarios ha sido publicado por miembros de nuestra planta profesoral, obras de las que se han beneficiado por igual estudiantes y docentes, en la búsqueda del mejoramiento de la calidad de nuestra educación de pre y posgrado.



**UNIVERSIDAD  
DE LOS ANDES**



**PUBLICACIONES  
VICERRECTORADO ACADÉMICO**

# AGRADECIMIENTO

A mi Dios Todopoderoso por haberme dado la luz y el entendimiento necesarios para la realización de este libro de texto.

A la Doctora Patricia Rosenzweig Levy, Vicerrectora Académica de la Universidad de Los Andes, a la profesora Marysela Coromoto Morillo Moreno, Coordinadora del Sello Editorial Publicaciones del Vicerrectorado Académico, al Consejo Editorial, por hacer posible la publicación digital de este texto de enseñanza forestal de la Silvicultura, materia importante en la carrera de Ingeniería Forestal y en la Escuela de Técnico Superior Forestal.

A mis estimados amigos, Deyanira Uzcátegui, Luz Marina Quintero y César Izarra, miembros de los Talleres Gráficos Universitarios, por sus aportes de ideas para la diagramación e ilustración de portadillas.

A mi esposa, Nérida Raquel, por la corrección y los sabios consejos recibidos en la redacción del manuscrito original.

A mi hermano Nelson Antonio, por su dedicación e interés en la diagramación, revisión gramatical y ortográfica, y adaptación de la obra para su publicación digital.

A mis maestros profesores Herman Finol U., Aníbal Luna L., Janis Petricek, Hans Lamprecht (+), Jean Pierre Veillón (+), Laroslav Breck (+), Jaime Pinto (+), Pedro M. Petit (+) y Víctor Konrad (+) por haberme dado la formación inicial para enfrentar el desafío académico del proceso de enseñanza y aprendizaje, y luego el compartimiento de experiencias de la investigación en el área de la Silvicultura y Manejo de Bosques.

A mis colegas profesores de la cátedra de Silvicultura José David Silva, Oscar Noguera, José Rafael García (+) y Henry Rodríguez (+), por la amistad, solidaridad y generosa comprensión de mis fallas y errores, demostradas en todo momento.

A los peritos forestales del Instituto de Silvicultura (Instituto de Desarrollo Forestal): José Rafael Gutiérrez (+), Pedro Salcedo, Julio Serrano, Rafael Milano (+), Andrés Peña (+) y Valmore Gutiérrez, por su invaluable auxilio en la toma de datos para los proyectos de investigación y su efectivo auxilio docente en las prácticas de campo a cargo de la cátedra de Silvicultura.

A todos los que como estudiantes ayer, cursantes de Silvicultura, hoy convertidos en Ingenieros Forestales, a quienes tuve la fortuna de transmitir la información que espero haya contribuido, aunque sea en forma modesta, al ejercicio digno y responsable de la carrera profesional o en otras actividades diferentes. Les agradezco la paciencia y comprensión de mis fallas involuntarias, durante su asistencia a mis sencillas explicaciones, que estuvieron siempre presididas por la mejor de las intenciones para que constituyeran lo mejor del momento, en aras de ayudar en su preparación futura para enfrentar los retos de la profesión.

# DEDICATORIA

A la memoria de mis padres José Elías y María Ernestina, faros luminosos que siempre alumbrarán el camino de mi vida.

A la memoria de mis hermanos fallecidos, Carlos Ramón, Fredy Erasmo, José Rafael y Dulce María.

A la memoria de mis colegas profesores fallecidos, Hans Lamprechth, José Rafael García, Jean Pierre Veillon, Guzmán García, Narsel González, Antonio Quintero, Rafael Viloria, Marcelino Quijada, Jaime Pinto, Noel Ogaya, Victor Konrad y Pedro M. Petit.

A mi amada esposa Nélide, mis queridas hijas Eliana, Dayana y Arianna y mis adorados nietos Pablo, Raquel, Oliver, Sabrina, Nicolás, Elías y Julia.

A Francisco, Christian e Istvan, queridos y apreciados hijos políticos.

A mis queridos hermanos, Ricardo, Josefina, Dulce, María Ernesta, Ana Rosa, Nelson, Mario y Elvia.

A mis maestros, colegas y amigos, profesores Herman Finol Urdaneta y Aníbal Luna Lugo.

A los egresados de la Escuela de Capacitación Forestal y de la Escuela de Ingeniería Forestal que en 1971 y 1987, me honraron con la gran distinción de darle mi nombre a sus respectivas promociones.

A la Universidad Autónoma, fuente única de generación de conocimientos para el avance de una sociedad, lugar sagrado de libertad, democracia y pluralismo ideológico.

A las autoridades, profesores, empleados administrativos y técnicos y a los obreros de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, héroes anónimos que hoy se mantienen en pie, como un

noble y vigoroso roble aguantando las circunstancias actuales de ataques inmisericordes de quienes quieren apagar las llamas del saber y el conocimiento, que vencen las sombras del oscurantismo, enemigo acérrimo de la verdad.

A los estudiantes actuales de la Escuela de Ingeniería Forestal que permanecen firmes y estoicos ante el injusto presupuesto de gastos de la Universidad de Los Andes, que niega el derecho al estudio garantizado por la Constitución.

A todos los venezolanos que luchan por un futuro mejor generado por una democracia estable, único sistema que garantiza la paz, la tolerancia, el respeto a los derechos humanos y el bienestar de la sociedad, partiendo del honesto y correcto uso de los recursos naturales renovables y no renovables, base fundamental e indispensable para el desarrollo sostenible de cualquier nación.

# ÍNDICE

	Pág.
AGRADECIMIENTO .....	5
DEDICATORIA .....	7
PRESENTACIÓN .....	11
<b>Capítulo 1.</b> Silvicultura. Historia, conceptos y objetivos .....	15
<b>Capítulo 2.</b> La Silvicultura y sus relaciones .....	41
<b>Capítulo 3.</b> Estructura y composición florística de las masas forestales....	119
<b>Capítulo 4.</b> Métodos y procedimientos para el estudio de la organización y estructura de un bosque.....	151
<b>Capítulo 5.</b> El crecimiento de los árboles y de las masas forestales .....	225
<b>Capítulo 6.</b> Los sistemas silviculturales .....	265
<b>Capítulo 7.</b> Tratamientos intermedios .....	313
BIBLIOGRAFÍA .....	363
SIGLAS .....	379
GLOSARIO .....	383



# PRESENTACIÓN

El presente libro se concentra en la silvicultura ortodoxa o clásica y contiene los principios básicos de esta ciencia, cuyo surgimiento en Alemania en las postrimerías del siglo XVIII, se identificó con el principio del rendimiento sostenido hasta bien entrado el siglo XX, cuando surge un nuevo paradigma: el desarrollo sostenible como escenario para el manejo de los recursos naturales, el cual va a señalar un nuevo rumbo para la silvicultura.

En la obra, a lo largo de siete capítulos se establecen las relaciones de la silvicultura con otras disciplinas científicas, así como los principios básicos y las técnicas fundamentales para la creación y manejo de las masas forestales.

La silvicultura es una rama de la dasonomía que etimológicamente significa “cultivo del bosque o de la selva”, proviene del latín silva (selva o bosque) y cultura (cultivo). Conformar una disciplina científica más bien joven, dedicada al estudio de las técnicas llamadas tratamientos silvícolas que se aplican a las masas forestales, para obtener de ellas una producción continua y sostenible de bienes y servicios demandados por la sociedad. Tales técnicas persiguen la continuidad y permanencia del bosque en el tiempo, así como su uso múltiple, dependiendo del producto o servicio que se quiere obtener, tal como, madera, leña, pulpa, productos no maderables o calidad ambiental.

Es evidente que la madera siempre ha constituido un bien apreciado por el hombre. Su contribución al progreso material de la humanidad es indudable, luego de su conversión en una sociedad industrial a partir de una agrícola. Actualmente, la actividad forestal como producción primaria genera un poco más del 1% del Producto Interno Bruto (PIB) mundial. Sin embargo, a pesar de esa contribución aparentemente baja, los productos derivados o elaborados a partir de la madera, son fundamentales para las actividades cotidianas.

Aun cuando desde su nacimiento como ciencia, a comienzos del siglo XIX y hasta bien avanzado el siglo XX, en la silvicultura prevaleció el principio de rendimiento sostenido aplicable a la producción de madera, sin considerar importantes aspectos ambientales y sociales inhe-

rentes al aprovechamiento forestal. Sin embargo, en su aplicación siempre ha estado orientado a la conservación del medio ambiente y de la naturaleza, a la protección de cuencas hidrográficas, al mantenimiento de pastos para el ganado y a la función pública de los bosques.

El modelo de desarrollo económico utilizado por los países industrializados ha traído, indudablemente, bienestar y calidad de vida para buena parte de la sociedad mundial, pero también ha venido acompañado de una crisis ambiental, social y política.

Debido a que originalmente más del 50% de la superficie de la Tierra estaba cubierta por bosques y apenas queda el 30% de esta inmensa área primaria, la silvicultura tiene la delicada e importante tarea de preservar, ampliar y hasta mejorar esa cubierta arbórea, cuyo 96% corresponde a los bosques nativos, es decir, a las formaciones naturales de árboles.

El futuro de la silvicultura reside en su participación determinante en el manejo del bosque, el cual debe enmarcarse en la concepción del desarrollo sostenible, que se basa en la conjunción de tres factores: sociales, económicos y ambientales y el cumplimiento de cuatro dimensiones indispensables: conservación, desarrollo económico que no afecte negativamente al bosque, ecosistema fundamental para la vida, a la prevalencia de la paz, igualdad, y el respeto por los derechos humanos solo vigentes en un sistema de gobierno democrático.

El crecimiento económico es indispensable para el desarrollo, pero no es sinónimo de este. Ahora bien, el desarrollo económico hasta los años setenta del siglo XX, era medido a través del PIB, sin embargo la mayoría de los estudiosos del tema, han llegado a la conclusión de que un alto PIB no indica las condiciones reales de una población, surgiendo entonces el concepto de desarrollo sostenible, que se traduce en la obtención de alta calidad de vida por medio de mecanismos ecológicamente sensatos, tomando en cuenta, además del ingreso económico, aspectos sociales y ecológicos que atañen a la población.

La alta calidad de vida se refiere a la disponibilidad de bienes y servicios por parte de la población, en presencia de un medio ambiente sano y limpio, así como acceso a la cultura, buenos servicios, atención sanitaria, seguridad personal y justicia. Los indicadores de la calidad de vida se refieren a la longevidad, a la educación y a una justa distribución del PIB.

Por supuesto, el desarrollo sostenible va de la mano con la conservación y depende de la tecnología y de la organización social. La primera se ve amenazada por la segunda y ambas sucumben ante la extrema pobreza de una población en aumento.

Para lograr el desarrollo forestal sostenible y contribuir de esta manera al desarrollo global de una región o país, se requieren recursos tecnológicos y sistemas de producción convenientes, implícitos o directamente relacionados con las prácticas silviculturales utilizadas para la restauración de terrenos degradados, el manejo y aprovechamiento del bosque natural, las técnicas ecológicamente permisibles para la extracción de productos no maderables, el establecimiento de plantaciones forestales con diferentes objetivos, la conformación y manejo de áreas naturales protegidas, el manejo de los bosques de montaña, las prácticas agrosilviculturales, los sistemas silvopastoriles y la creación de los bosques urbanos y comunales.

Un gran reto se le presenta a la silvicultura debido a que el término sostenibilidad es muy usado, pero aún existe una gran ambigüedad en sus resultados, especialmente cuando se refiere a los bosques tropicales, por la complejidad del manejo del bosque natural.

La publicación de Principios y Fundamentos de la Silvicultura tiene su origen en la revisión, corrección y actualización de Silvicultura Tropical, editada en 2001 y constituye una modesta contribución a la enseñanza de una disciplina que nunca ha dejado de ser esencia misma de la carrera de Ingeniería Forestal.

Solo resta, parodiando a Del Amo (1997) y refiriéndonos a Venezuela, decir que “(...) el éxito futuro de las estrategias nacionales de conservación para el desarrollo sostenible, requieren de paz, libertad, justicia social, democracia, avance científico y tecnológico, una economía saludable y una ética de responsabilidades individuales y colectivas que fomente la solidaridad humana, la participación ciudadana y la estabilidad ambiental en el planeta (...)”.

El autor



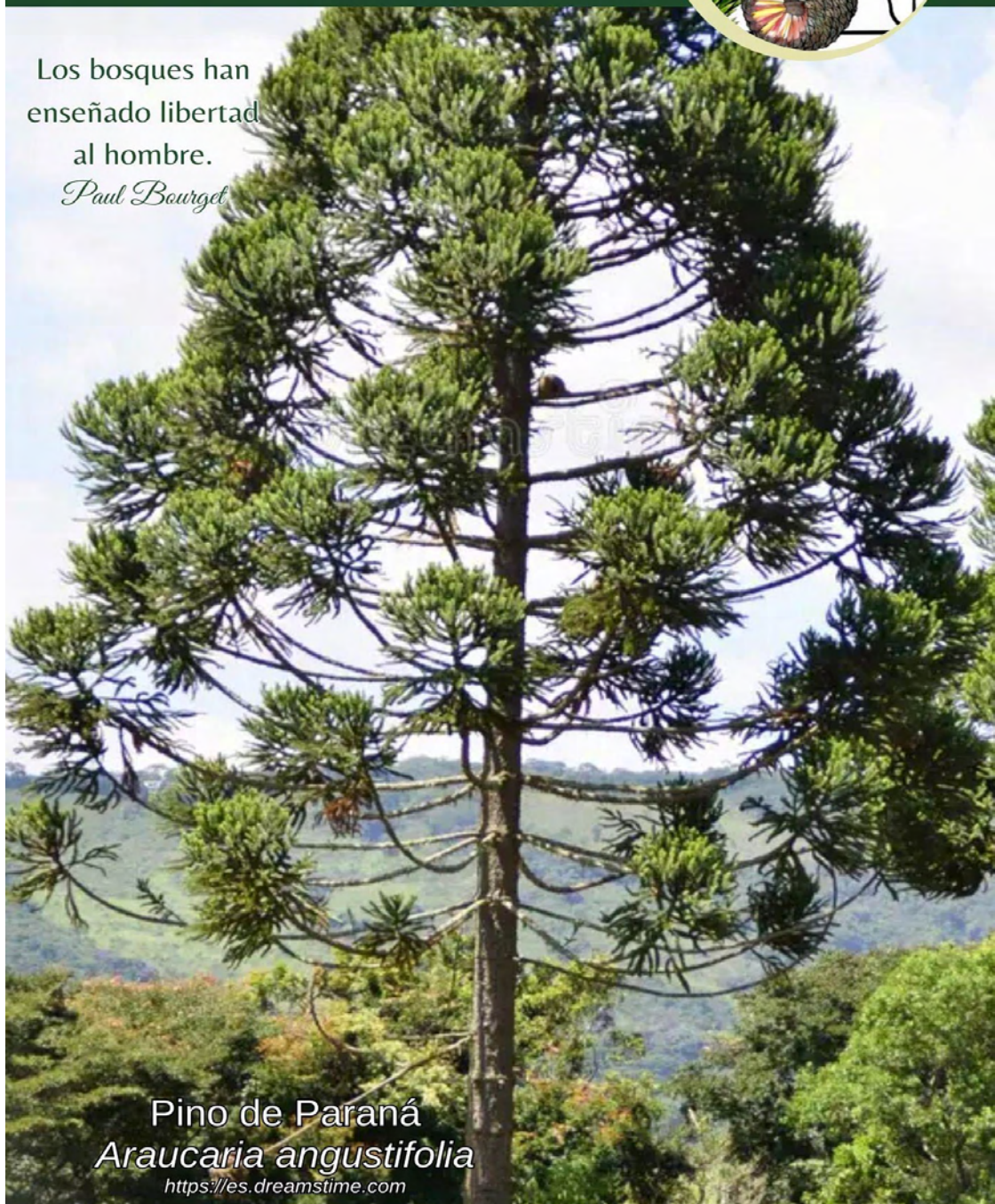
# Capítulo 1

## Silvicultura Historia, concepto y objetivos



Los bosques han  
enseñado libertad  
al hombre.

*Paul Bourget*



Pino de Paraná  
*Araucaria angustifolia*

<https://es.dreamstime.com>



## **Evolución histórica de la Silvicultura**

El bosque, el árbol y la madera siempre han estado estrechamente ligados al hombre y a su civilización. Los primeros seres humanos encontraron los bosques distribuidos por toda la superficie de la tierra, en la forma que hoy apreciamos. Hacia finales de la era secundaria, coincidiendo con la paulatina desaparición de los dinosaurios, aparecieron los primeros árboles, coníferas pertenecientes al género *Araucaria*.

A medida que se acentuó la diferenciación climática se originaron nuevas especies arbóreas pertenecientes a los géneros *Sequoia* y *Taxodium* también coníferas, y muchas especies y géneros de latifoliadas.

Todos los géneros y especies se dispersaron en forma natural, constituyendo masas más o menos extensas, de densidad variable, dando origen a las selvas o bosques que hoy conocemos.

La existencia, la estructura y la composición florística de estas masas arbóreas, estuvo condicionada a la presencia o no de semillas en cantidad suficiente para el establecimiento de la regeneración natural o espontánea de las especies forestales; a la ocurrencia o no de condiciones ambientales favorables para la germinación de las semillas y ulterior desarrollo de las plántulas germinadas, y a la existencia o no de barreras naturales, por ejemplo: altas montañas, mares y océanos.

Nuestros antepasados más remotos, desde un primer momento, vieron el bosque como un ente sobrenatural que les proporcionaba ciertos beneficios primarios: alimentos y protección contra los elementos naturales. Poco a poco fueron aprendiendo a obtener otros servicios de los bosques. El descubrimiento del fuego les hizo mirar hacia las selvas, considerándolas como fuentes de combustible, prácticamente inagotables.

La enorme extensión de las superficies arboladas y la escasa población existente les hizo creer, falsamente, en la perennidad por tiempo indefinido de este recurso natural.

Pequeños grupos de humanos nómadas o trashumantes se establecieron en las cercanías de los bosques. De estos obtuvieron alimento, refugio, materiales rudimentarios e instrumentos primitivos que les permitieron construir sus primeras viviendas. Tuvo lugar una primitiva explotación forestal. Se extrajo madera sin tomar en cuenta su renovación o sustitución, suponiendo inagotable el recurso bosque.

El crecimiento de las comunidades humanas hizo necesaria una mayor intervención del bosque. Se eliminó la cubierta arbórea en los sitios más convenientes para la construcción de viviendas y el establecimiento de áreas agrícolas y pecuarias.

El hombre descubrió el fuego y con él la aparición de los incendios accidentales o intencionales. Los incendios forestales y los daños ocasionados por el pastoreo de animales, fueron dos nuevos factores que pusieron en peligro la integridad del bosque. El hombre primitivo intuitivamente comprendió que la desaparición de los bosques afectaba profundamente la economía de los pueblos, creando graves riesgos que podrían, inclusive, ocasionar la destrucción de toda una civilización.

Ya desde la prehistoria, el hombre ató el bosque al carro de los misticismos y supersticiones. La imponente y majestuosidad del bosque impresionó su mente. Vinculó la vigorosidad y esplendor de las selvas con el apogeo de sus civilizaciones. Crearon entes sobrenaturales para correlacionar bosque y comunidad humana, colocando ambos bajo su tutela y protección. En la mitología griega aparecieron los faunos, semidioses vinculados al bosque. El politeísmo romano originó el dios Silvano, espíritu que vivía en el bosque y cuidaba de él. Los celtas, galos y británicos encomendaron el cuidado de las selvas y sus árboles a los sacerdotes llamados Druidas.

En la América precolombina, los aztecas, los mayas y los incas, dedicaban especial atención a sus bosques, ya que de ellos extraían la madera para realizar sus preciosos labrados. Estudios recientes han revelado que los mayas, además de utilizar algunas prácticas agroforestales, eliminaban deliberadamente las especies que no les servían y promovían las aprovechables. Se han encontrado restos de árboles fosilizados, considerados sagrados por los mayas, por su uso medicinal y en ceremoniales religiosos.

En el viejo continente, en Grecia, cuna de la civilización occidental, aparecieron los primeros escritos referentes a las plantas que vivían en los bosques. Destacan entre otros, Teofrasto, quien estudia la economía de las plantas, hace observaciones sobre anatomía y fisiología de los árboles y realiza estudios de sitio; Plinio Segundo, quien observa la flora natural y la reproducción, así como su dispersión. Posteriormente en Roma, Catón, Varrón, Viturbo y Columela, se puede decir que inician el desarrollo actual de la ciencia y terminología forestal.

Al conocerse las virtudes de la madera, especialmente en la construcción de barcos, comienza una era de predominio del comercio marítimo que se prolonga durante casi cuatro mil años, siendo los fenicios sus más fieles expositores. Los griegos primero, y luego los romanos toman ejemplo de los fenicios. Es así como la riqueza y esplendor de tales imperios se debe en gran parte al dominio marítimo ejercido gracias a las embarcaciones de madera.

En el siglo XV, la tenacidad de Cristóbal Colón puso en contacto dos culturas, la del viejo y la del nuevo mundo. Pero esto se logró gracias a la existencia de naves construidas en madera. Magallanes dio la vuelta al Cabo de Hornos y descubrió una nueva ruta marítima, gracias a barcos construidos del mismo material. Las riquezas procedentes del nuevo mundo fueron transportadas en balandras de madera.

En tierra firme, el transporte de viajeros y mercancías se realizó mediante coches y carretas de madera. El forestal europeo se hizo responsable de los bosques que fueron utilizados como cotos de caza y fuente de madera para diversos usos.

En la economía feudal de la Edad Media, al forestal europeo se le asignó, además de la extracción de madera, la vigilancia de los cotos de caza, sin embargo, los grandes cambios sociales, científicos, políticos y económicos que ocurrieron en forma sucesiva, tales como el Renacimiento, el Descubrimiento, la Colonización e Independencia de América, la Revolución Francesa y la industrial, condicionaron y alteraron el desarrollo de las ciencias forestales y el papel de los silvicultores.

La producción de animales de caza fue relegada a un segundo término y los bienes y servicios proporcionados por los bosques empezaron a cobrar gran importancia. De hecho, para mediados del siglo XV los métodos de tratamientos de monte alto (selección y árboles padres) eran ya populares.

La continua y creciente reducción de áreas arboladas y la demanda cada vez mayor de los productos forestales, junto con los descubrimientos de la revolución industrial y el desarrollo tecnológico producida por ésta, incrementó considerablemente el valor económico y la variedad de usos de la madera; consecuentemente la necesidad de profesionales en esta área se hizo patente.

El conocimiento acumulado, en cuanto a la reacción de las masas forestales ante diferentes tipos e intensidades de corta, fue la cuna de la silvicultura clásica de bosques de clima templado-frío del hemisferio boreal; como aplicación práctica, primeramente, y como ciencia posteriormente.

Con el incremento de la demanda de productos forestales, consecuencia lógica del aumento poblacional y del desarrollo industrial, la práctica silvicultural fue considerada como un arte. Sin embargo, la oferta permanecía constante o incluso reducida debido a las prácticas anticulturales, haciéndose imperativo y necesario el control racional del proceso productivo.

La Silvicultura como disciplina científica emergió a finales del siglo XVIII, cuando hicieron su aparición documentos publicados por ilustrados de aquella época, tal es el caso del escritor y científico español Gaspar Melchor de Jovellanos con su informe sobre la Ley Agraria (1795); del científico francés Henri Louis Duhamel du

Monceau, con sus abundantes publicaciones en el campo de la silvicultura y jardinería, entre ellas: *Estudio para la optimización de la producción selvícola-maderera destinada a la construcción naval*, 1731; *El jardinero instruido o tratado físico de la vegetación, cultivo y poda de los árboles frutales*, 1758; *Tratado del cuidado y aprovechamiento de los montes y bosques, corta, poda, beneficio y uso de sus maderas y leña*, 1773.



**Gaspar Melchor de Jovellanos**

Nota: Imagen tomada de

<https://www.rae.es/academico/gaspar-melchor-de-jovellanos>



**Henri Louis Duhamel du Monceau**

Nota: Imagen tomada de

[https://www.tourismeloiret.com/en/diffusio/illustres/henri-duhamel-du-monceau-dadonville\\_TFOILLCEN045V509S0L](https://www.tourismeloiret.com/en/diffusio/illustres/henri-duhamel-du-monceau-dadonville_TFOILLCEN045V509S0L)

A partir de 1795 predomina en el manejo forestal el concepto de “rendimiento sostenido”, desarrollado por el alemán Georg Hartig, según el cual la cosecha forestal no debería exceder al crecimiento para que el abastecimiento maderero fuera continuo por generaciones. Idea que constituyó el núcleo de la actividad moderna en Europa y Norteamérica, extendida luego a los territorios del hemisferio Sur, permaneciendo en boga hasta 1970. En esta época comienza a tomar cuerpo el concepto de “desarrollo forestal sostenible o sustentable”, que origina una ampliación del concepto de rendimiento sostenido en la producción de madera hacia el uso múltiple de los bosques para satisfacer las necesidades de índole económico-social, de recreación y de protección al medio ambiente.



**Georg Ludwig Hartig**

Nota: Imagen tomada de  
<https://www.darmstadtstadtlexikon.de/h/hartig-georg-ludwig.html>

Surge el interés académico por formar especialistas en las ciencias forestales y a comienzos del siglo XIX, en 1811, Johann Heinrich Cotta, considerado pionero de la silvicultura moderna, funda en las cercanías de Dresden (Alemania) la primera escuela de Ingeniería Forestal junto con su arboreto histórico que aún existe, el *Forstbotanischer Garten Tharandt* (*Jardín botánico Tharandt*) que se denominó *Tharandt Forestry Academy*, más tarde conocida como *Forestry College* o Real Academia de Silvicultura de Sajonia. Esta primera escuela de Silvicultura atrajo a estudiantes de toda Europa.



**Johann Heinrich Cotta**

Nota: Imagen tomada de <https://www.shutterstock.com/es/editorial/image-editorial/johann-heinrich-cotta-30-october-1763-25-13917007ch>

En su escuela de Silvicultura, Cotta enfocó científicamente todos los aspectos de la actividad forestal: establecimiento de áreas forestales, la repoblación y la tala de árboles productores de madera sobre bases prácticas matemáticas, haciendo cálculos del volumen de madera de árboles individuales y del rendimiento de la masa boscosa y en consecuencia la estimación del valor monetario de un bosque. Fue el primero en sugerir el concepto de “tabla de volumen” que, introducido varias décadas más tarde, fundamentó la estimación del volumen de la madera en pie.

Más tarde, tomando como modelo la Escuela de Silvicultura de Cotta, se funda en 1825, también en Alemania, la Universidad de Gisse, y en 1830 la Academia de Eberswald y Academia Forestal de Eisenach. Años después surgirán las Universidades de Karlsruhe, Munich y Tubigen, que también proporcionaban cursos de Ingeniería Forestal.

La doctrina de Hartig y Cotta consistente en la aplicación del rendimiento sostenido a las divisiones geométricas de la superficie boscosa productora de madera prevaleció hasta las primeras décadas del siglo XX. Por supuesto, con agregados importantes hechos por König sobre el cuidado y la estética del bosque y la aplicación de métodos matemáticos para la extracción de la madera a la medida de la naturaleza, estableciendo la importancia económica de los rendimientos de madera, al mismo tiempo que el cuidado de la salud y belleza de las masas forestales.

Es importante también la contribución de Karl Heyer, Wilhelm Pfeil y Karl Gayer al avance de la silvicultura como disciplina científica.

Karl Heyer estableció métodos científicos para apoyar la mezcla de diferentes especies y la regulación de los rendimientos del bosque.

Wilhelm Pfeil defendió las relaciones con otras ciencias y modernizó la tradición forestal, al considerar que el bosque en su totalidad formaba parte del patrimonio económico nacional.

Karl Gayer, sin dejar de reconocer la importancia económica de la explotación forestal, señaló que la existencia de falsos axiomas académicos había causado desastres en los bosques, ya que nuevos estudios relacionados con la climatología y la química los habían comenzado a cuestionar.

En 1879, Gayer advirtió que los rendimientos del bosque alto estaban disminuyendo en rentabilidad debido a la sobreexplotación que ocasionaba: agotamiento de los nutrientes del suelo, aumento de las plagas en las plantaciones y otros problemas de índole ecológica.

Los alemanes, considerados los grandes maestros de la Silvicultura en los siglos XVIII y XIX, tuvieron la visión de convertir la silvicultura, que era casi una afición práctica, en una profesión universitaria con la creación de las primeras escuelas y facultades forestales que formaron y siguen formando los profesionales de la ingeniería forestal hasta nuestros días.

A pesar de lo expuesto en el párrafo anterior, la mayoría de los autores atribuyen la paternidad de la silvicultura en Europa, y por tanto en general, al francés Henry-Louis Duhamel de Monceau (1700-1782), quien en su obra *Traité complet des bois et forêts* recoge las prácticas empíricas del manejo de los bosques.

En 1824, en Francia se crea la Escuela Nacional de Aguas y Bosques de Nancy, cuyo modelo se expande por el mundo y es así como un alumno egresado de esta escuela, Gifford Pinchot, funda en 1905, el Servicio Federal Forestal de Estados Unidos. Ya la primera escuela de Ingeniería Forestal había sido fundada en 1895 en la ciudad de Baltimore.

Los antecedentes de esta institución los encontramos en los intentos preliminares de experimentos en materia forestal llevados a cabo por Duhamel du Monceau (1700-1782), Varenne de Fenille (1700-1793) y, sobre todo, Philippe André de Vilmorin (1776-1862).



**Philippe André de Vilmorin**

Nota: Imagen tomada de <https://www.domaine-de-monteclin.fr/philippe-andre-de-vilmorin-1776-1862/>

Este último realizó los primeros estudios sobre árboles maderables, tales como el pino albar (*Pinus sylvestris*), el pino laricio (*Pinus nigra var. calabrica*), y el roble americano (*Quercus fálcate* y *Quercus alba*).

Según Kimmins (1997) la evolución forestal de los países tiene lugar en cuatro etapas: explotación, regulación, manejo forestal sustentable y “forestería social”.

Gamborg y Larson (2003) dividen la historia de la silvicultura europea en seis etapas: bosques originales o naturales, explotación, métodos tradicionales, producción sostenida, uso múltiple y regreso a lo natural.

Basándose en la propuesta de estos autores, Josefina Gómez Mendoza (2005), en la Conferencia de Clausura del IV Congreso Forestal Español describe la evolución de la silvicultura europea como a continuación textualmente se transcribe:

*“Partiendo de la fase de bosques originales sin extracción se pasaría a una fase de aperturas del bosque con cortes selectivos e incontrolados, seguida de la etapa de los sistemas de explotación tradicionales, caracterizados por prácticas de gestión en monte bajo y pastos, sistemas de selección más o menos controlados, que dan lugar habitualmente a bosques irregulares y mezclados.*

*La cuarta fase estaría caracterizada por un control más intensivo, cuyo objetivo principal es el rendimiento sostenido; se quiere conseguir fundamentalmente a través de masas regulares y coetáneas, cortas de regeneración y aclareos sucesivos para tener una producción constante de madera. Se trata de la explotación según los principios teóricos enunciados por Hartig y Cotta y adaptados a diversos contextos.*

*Los niveles de gestión y de manejo se encuentran en su momento máximo de conversión y forestación. En la quinta etapa, el proceso de conversión se ha completado en principio y las masas pueden ser manejadas sobre la base de los usos múltiples y los principios de sostenibilidad.*

*La anticipación de la sexta fase supone un retorno a las estructuras, funciones y dinámicas supuestas como propias de los sistemas originales. En este momento se pueden mitigar los efectos negativos de las técnicas silvícolas intensivas aplicadas en las fases anteriores y convertir las masas en bosques más diversos y estructuralmente más variados y mixtos.*

*Cortas suaves y cuidadosas selectivas en un bosque mixto de especies predominantemente autóctonas y la preservación permanente del ecosistema forestal pueden caracterizar esta aproximación silvícola. El control, la intensidad de aprovechamientos, y el grado de modificación de las condiciones existentes son distintos para responder a los objetivos de las distintas fases”.* (Ver figura 1.1).

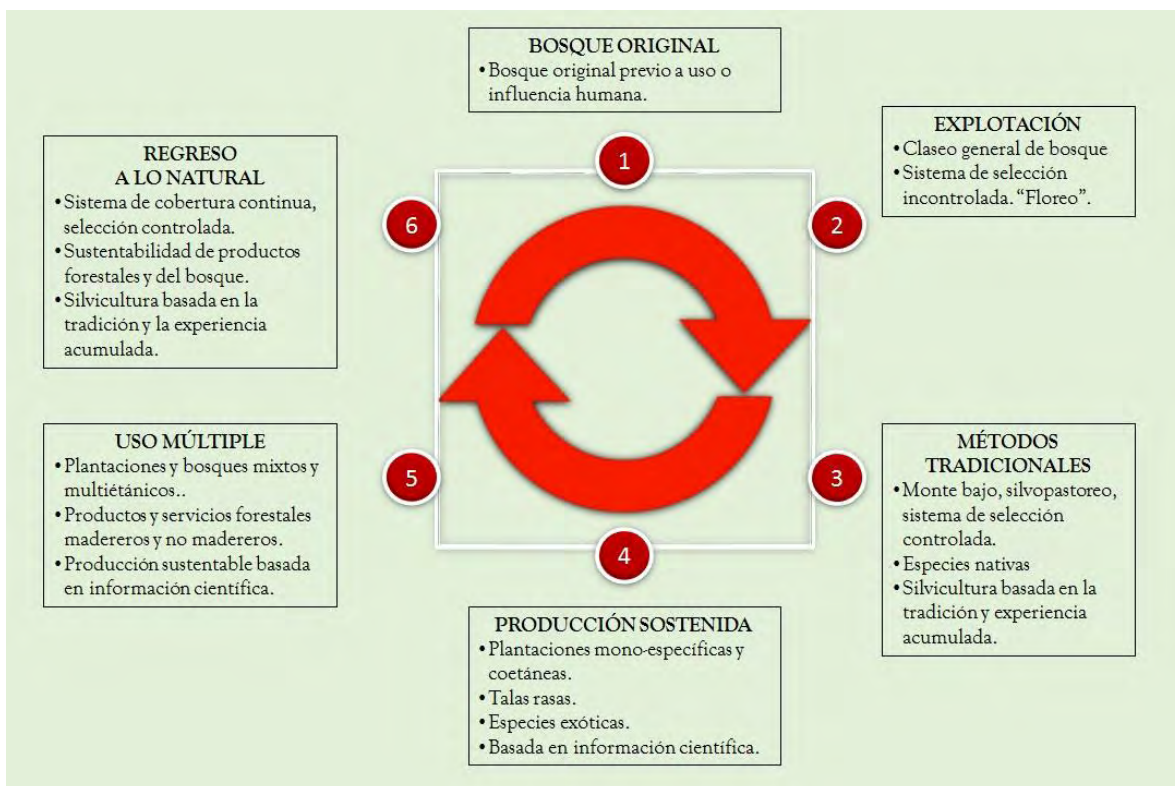


Figura 1.1. Modelo de evolución forestal europea.

Nota: Datos tomados de Banister, J. y Pyttel, P. (2010). Adaptado de Gamborg y Larsen (2003).

Es necesario puntualizar que dentro de las primeras fases de la evolución de la Silvicultura se desarrollan las propuestas para el tratamiento en bosque alto irregular o cortas por entresaca con Adolphe Gurnaud (1825-1898) y Henry Biolley (1858-1939). La aplicación ordenada y racional de cortas intermedias o claras con C. Michaelis (1853-1920) en Alemania y Ch. Broilliard (1831-1910) en Francia. Un continuador notable de estos trabajos fue Schädelin (1873-1953).

Mientras tanto, en España, Agustín Pascual González (1818-1884), discípulo de Cotta en Tharandt (Alemania), fundó, junto a Bernardo de la Torre Rojas, la Escuela Especial de Ingenieros de Montes de Villaviciosa de Odón en 1848, siendo profesor de Silvicultura durante varios años. Después de 1855 le sucedieron en la enseñanza de la Silvicultura Máximo Laguna eminente botánico, Pedro de Ávila y Zumarán y entre 1875 y 1887, Primitivo Artigas, quien publicó en 1890 el primer texto de selvicultura en español: *Selvicultura o cría y cultivo de los montes*.



Real Biblioteca del Monasterio de San Lorenzo de El Escorial, construida en 1913.

Nota: Datos tomados de <https://www.patrimoniocultural.es/coleccion/real-biblioteca-del-monasterio-de-el-escorial>

Los países europeos en la actualidad tienen un alto grado de desarrollo forestal, la mayoría se encuentran en las etapas de “Forestería Social” o “Regreso a lo natural” que corresponden a la quinta y sexta fase de la propuesta de Gamburg y

Larsen (2003), las que en el fondo también intentan dar respuesta a los graves problemas ambientales existentes.

Estas dos fases actualmente de moda, fueron el resultado de una nueva filosofía de la práctica silvicultural denominada “Silvicultura cercana a lo natural”, surgida en Europa hacia las décadas finales del siglo XX. Esta filosofía del manejo forestal es la que ha prevalecido en la cátedra de Silvicultura de la Escuela de Ingeniería Forestal ulandina bajo el nombre de “Silvicultura Naturalista”, con los profesores Hans Lamprecht y Herman Finol U., como sus principales mentores en Venezuela.

Los estudios científicos silviculturales se inician en Venezuela a mediados del siglo XX, cuando en 1948 un médico obstetra, el doctor Antonio José Uzcátegui, fervoroso militante de la causa conservacionista, propició la creación de la Escuela de Ingeniería Forestal, adscrita a la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Más tarde en 1952, con el egreso de la primera promoción de ingenieros forestales, aquella escuela tomaría el nombre y rango de Facultad de Ingeniería Forestal, primera de su tipo en Latinoamérica.

Ya a comienzos del siglo XXI, la Dasonomía en el mundo se convierte en una disciplina científica importante que es necesario tomar en cuenta para la utilización y la conservación de las grandes masas boscosas que todavía hoy existen, sobre todo en las regiones intertropicales. El futuro mismo de la humanidad entera dependerá del correcto uso de estos bosques bajo el marco del rendimiento sostenible.

Para los años venideros, el manejo forestal deberá tomar en cuenta las siguientes premisas:

- ✓ Los límites biológicos de la transformación de los ecosistemas forestales tropicales.
- ✓ Los diversos tipos de utilización de las tierras boscosas tropicales, entre los cuales juega un papel preponderante la silvicultura.

- ✓ El impacto de los diversos tipos de utilización sobre el medio ambiente. Destacando de nuevo la silvicultura, especialmente la que se establece sin grandes transformaciones, tratando de imitar hasta donde sea posible el proceso de desarrollo vital en estos bosques.

El inicio del nuevo milenio se presenta desafiante para la silvicultura y los forestales. Las tendencias precedentes, la “silvicultura clásica” del bosque normal, masas puras regulares en las que el silvicultor atiende a la masa y los árboles no entran más que como componentes de esta, la “silvicultura moderna” que suponía la vuelta a la naturaleza con predominio del árbol sobre la masa, y la “silvicultura nueva”, es decir, la intensiva, la que utiliza cualquier medio, inclusive la sustitución de especies para acelerar la producción de madera en un momento de incremento de la demanda, han cedido el paso a un nuevo paradigma, surgido en las últimas décadas del siglo XX: El rendimiento forestal enmarcado dentro de un desarrollo armónico, económico, social y ambiental, en otras palabras un desarrollo sustentable, sostenible o perdurable.

## **La ciencia y los niveles del conocimiento humano**

Existen cuatro niveles del conocimiento humano: empírico, filosófico, científico y teológico. En el primero solo se actúa gracias a la destreza y no se logran explicaciones de tales acciones; en el segundo, se razona sobre los orígenes de las cosas y del hombre, pero sin profundizar sobre sus causas concretas; en el tercero, se dan explicaciones concretas sobre los fenómenos de la naturaleza y de la realidad; y, en el cuarto y último, no se busca ni se dan explicaciones a los conocimientos, simplemente se cree por fe.

En general las ciencias pueden ser: *Formales*, cuando estudian entes abstractos, por ejemplo, la Matemática y la Lógica. *Fácticas*, cuando estudian objetos reales y materiales, por ejemplo, la Química, la Botánica y la Física. *Sociales*, cuando estudian al hombre y su comportamiento, por ejemplo, la Psicología y la Economía.

Por otra parte, muchos autores distinguen entre Ciencia Pura y Ciencia Aplicada. Se dice que es Pura cuando se establecen leyes generales de los fenómenos estudiados, elaborando al mismo tiempo, teorías de amplio alcance para explicarlos y comprenderlos. La Química y la Física son ejemplos de ciencias puras. Se dice que una ciencia es aplicada cuando concentra su atención en la posibilidad de llevar a la práctica las teorías generales, al mismo tiempo que destina sus esfuerzos para resolver las necesidades que plantean la sociedad y los hombres. La Dasonomía, Agronomía y la Ecología Vegetal son ejemplos de ciencias aplicadas.

## **Dasonomía**

### **Concepto**

Es el conjunto de ciencias o disciplinas científicas que nos enseña el arte de manejar los bosques, de modo que suministren continuamente un máximo de productos, valores, servicios e influencias, sin menoscabar su integridad física. En otras palabras, la Dasonomía es el conjunto de conocimientos científicos referentes al bosque y a los elementos que lo integran. Vista como un todo, es una ciencia fáctica y aplicada. En consecuencia, la Silvicultura, como rama de la Dasonomía, es también una ciencia fáctica y aplicada, pero con profundos ribetes sociales.

### **Ramas de la Dasonomía**

Existe un conjunto de conocimientos científicos relacionados directamente con el bosque, el árbol y la madera, que agrupados forman la Dasonomía.

Esas ramas o partes de la Dasonomía, en orden alfabético las más importantes son: Anatomía de Maderas, Dasometría, Dendrometría, Ecología Forestal, Economía Forestal, Ordenación Forestal, Protección Forestal, Silvicultura, Utilización Forestal y Valoración Forestal.

Se podría decir que la Ecología y la Protección Forestal son fundamentos naturales de la Silvicultura, mientras que la Utilización, Economía y Valoración forestal conforman el fundamento social de esa disciplina.

## **Silvicultura**

### **Concepto**

La Silvicultura es la rama de la Dasonomía que tiene como objetivo fundamental el manejo técnico de las selvas vírgenes y los bosques plantados, con el fin de aumentar su productividad, para beneficio del hombre (Figura 1.2).

También puede definirse como la teoría y la práctica del control del establecimiento, la composición, la estructura y el crecimiento de un bosque. En forma más simple, es la aplicación de conocimientos de ecología forestal en el cuidado del bosque, bajo el marco impuesto por las leyes que rigen toda actividad económica.

La Silvicultura es pilar básico del aprovechamiento racional de los bosques. Por esta razón, también se podría afirmar que la Silvicultura, correctamente aplicada, garantiza la supervivencia física de un bosque y al mismo tiempo satisface el mejoramiento socioeconómico de las comunidades rurales aledañas a los bosques altos productores.

La Silvicultura Tropical, una variante de la clásica, en la actualidad ha tomado radical importancia. Es en los Trópicos donde se encuentran los mayores reservorios de bosques naturales del mundo, pudiendo decirse que la calidad ambiental de todo el planeta reposa en la cuidadosa utilización de las selvas tropicales. La actividad silvicultural es la que produce el menor impacto sobre el medio ambiente natural, siendo, por tanto, quizás, la única con posibilidades de aplicación en los bosques tropicales.

Valdría la pena mencionar que la Silvicultura Tropical moderna encierra los siguientes aspectos: El manejo del bosque natural, tanto el esencialmente productor, como el principalmente protector; la creación y mantenimiento de plantaciones comerciales y/o con otros fines; y la aplicación de técnicas agroforestales donde la situación económico-social lo amerite.

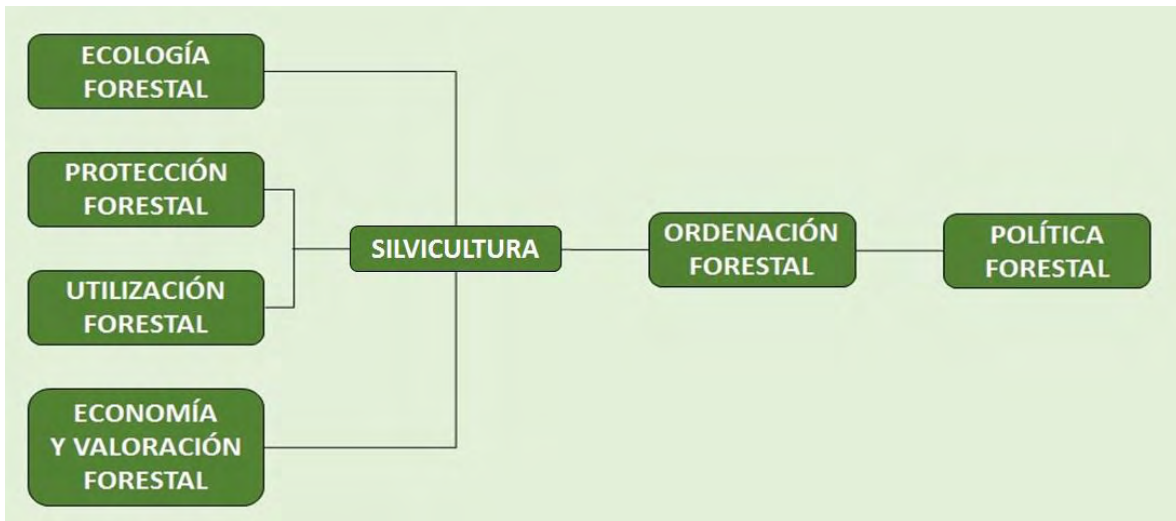


Figura 1.2. Principales ramas de la Dasonomía que nutren la Silvicultura.

Nota: Datos tomados de Corredor T. N. (2024)

## Objetivos

La principal razón que justifica y explica la aplicación de tratamientos silviculturales a una masa arbórea, es que el hombre carece del tiempo ilimitado de que dispone la naturaleza para producir bosques aprovechables.

En los bosques actuales vírgenes o no intervenidos, no se toma en cuenta el tiempo que ha tardado la naturaleza para su completo desarrollo, porque nadie tuvo que pagar por la conservación del terreno mientras los árboles crecían.

Es por lo anterior que se requieren las prácticas silviculturales con el propósito de acortar el tiempo de producción de madera. La Silvicultura se ejecuta entonces con propósitos generales y específicos (Figura 1.3).

## **Objetivos generales**

Son los que se dirigen hacia la producción y el mantenimiento de una selva o de un bosque plantado, de forma tal que satisfaga de la mejor manera las necesidades de una comunidad en productos y servicios derivados del bosque, proporcionando al mismo tiempo los beneficios más elevados en un lapso determinado.

Estos beneficios se entendían en términos únicamente de la producción de madera hasta fines del siglo pasado. En este sentido se pensó que en los bosques del futuro el factor más importante en consideración no sería el valor final acumulado, sino el ritmo de crecimiento con que este valor acumulado fuese producido. Los bosques que no se manejan con criterios técnicos, igual que las tierras cultivables insuficientemente aprovechadas o mal utilizadas, no dan productos de la clase, cantidad o valor que debieran.

No obstante, el nuevo paradigma del desarrollo forestal sostenible surgido a fines del siglo pasado hace que los objetivos generales de la silvicultura ahora se amplíen hacia el aprovechamiento múltiple de los bosques, tomando en cuenta la participación de las comunidades locales de tal forma que garanticen la permanencia del recurso por tiempo indefinido.

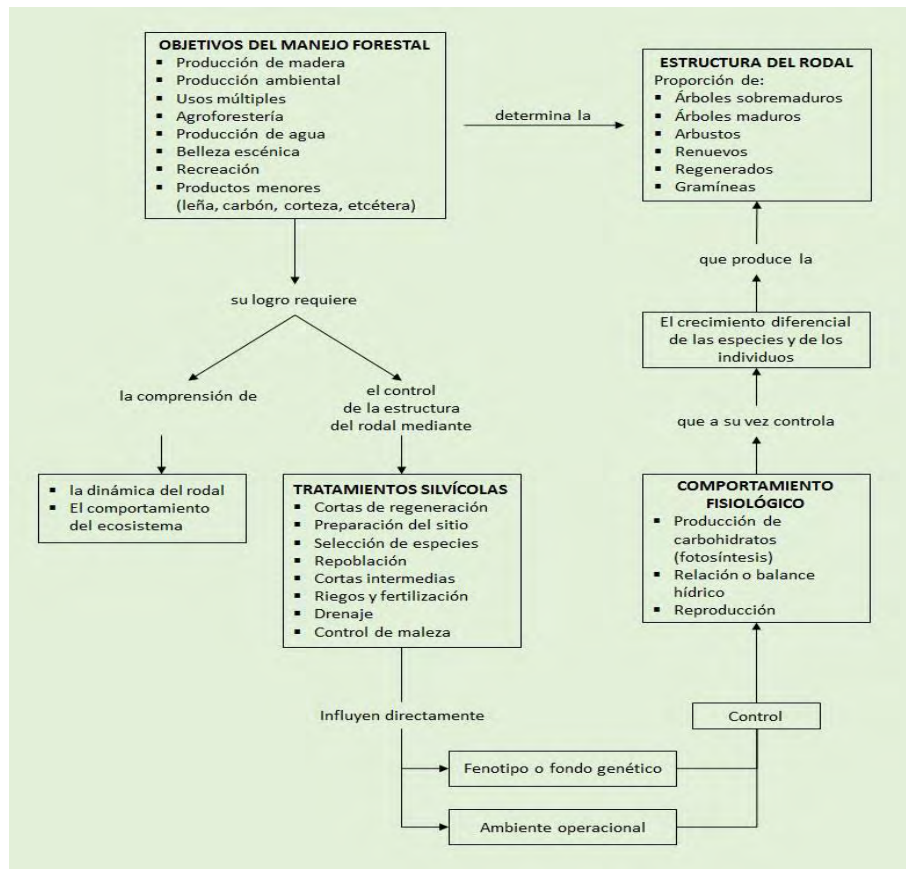


Figura 1.3. Esquema del ámbito y tareas de la Silvicultura en el Manejo Forestal.

Nota: Datos tomados y adaptados de Daniel, T., *et al* (1982).

## Objetivos específicos

### *Control de la composición florística de la masa forestal*

Los bosques naturales presentan una composición florística que solo es consecuencia de la interacción de los factores ambientales. En casi todos ellos las especies valiosas desde el punto de vista comercial, se hallan mezcladas con especies indeseables o sin valor desde el mismo punto de vista.

El propósito de la Silvicultura es restringir, hasta donde le sea permitido por el medio ambiente, la composición florística de un bosque, concentrando en todo momento las condiciones más favorables para aquellas especies de mayor valor comercial, que al mismo tiempo sean apropiadas para cada hábitat.

Debido a que las especies indeseables de menor o nulo valor comercial, prosperan y se desarrollan a costa de las valiosas, se hace necesario limitar su presencia mediante su eliminación o erradicación. Para restringir la producción de semillas y el poder fitosociológico de competencia de las especies indeseables, se utilizan diversos medios. Entre ellos tenemos la corta, el anillamiento, el envenenamiento, las quemas controladas y el pastoreo. Al mismo tiempo podemos plantar las especies valiosas para favorecerlas de un modo más positivo.

Cumplir con este objetivo específico en los bosques tropicales, es una de las tareas más difíciles que enfrenta la Silvicultura, debido a dos razones: una, la gran heterogeneidad o diversidad florística y la otra, el desconocimiento de las características tecnológicas de especies poco conocidas, que hacen impredecible el comportamiento del futuro mercado. La Silvicultura se enfrenta a un dilema, eliminarlas considerándolas indeseables o dejarlas en pie catalogándolas como potencialmente valiosas.

### ***Control de la densidad del arbolado***

Un bosque puede presentar una densidad inconveniente por defecto, o por exceso. Por lo general esto ocurre en bosques aprovechados inadecuadamente. La densidad excesiva o defectiva es perjudicial porque afecta el valor final producido. Una baja densidad se da sobre todo en las primeras etapas de vida de una masa forestal.

Esta baja densidad es el resultado de una mala preparación del sitio. Se producen muchos espacios vacíos improductivos y los árboles dispersos existentes se ramifican de tal forma, que su madera es de baja calidad. La alta densidad ocasiona una repartición de la productividad potencial entre demasiados individuos. Así, ninguno de ellos tendría crecimiento óptimo.

Luego, es papel del silvicultor mantener una densidad apropiada para cada fase de la vida del bosque, ya que la densidad tiene relación con la calidad de la madera.

Si bien es cierto que a menor densidad el rendimiento es mayor, es decir, el crecimiento es más rápido, también es cierto que la madera de mejor calidad se produce generalmente en los lugares de densidad intermedia.

El objetivo de la Silvicultura no es solamente obtener grandes cantidades de madera, sino que debe producirla de la mejor calidad posible. De ahí que el control de la densidad constituye uno de los aspectos claves de la Silvicultura ya que puede utilizarse para regular y mejorar la cantidad y calidad de la madera obtenida.

### ***Revalorización de terrenos improductivos***

Los incendios, la explotación irracional, y las deforestaciones para diversos fines: agricultura, ganadería, obras de infraestructura, asentamientos humanos, etc., han creado grandes espacios abiertos susceptibles de ser revalorizados mediante el establecimiento de plantaciones con especies forestales de un elevado rendimiento.

En el informe FRA20 (*Forest Resources Assessment 20*) titulado “Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2020” publicado por La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), se establece que entre 1990 y 2020 se deforestaron 420 millones de hectáreas de bosques, es decir, que fueron convertidas a otros usos del suelo.

En el mismo informe se señala que, aunque la tasa de deforestación se redujo durante este tiempo, se continuó observando una pérdida de aproximadamente 10 millones de hectáreas anuales entre 2015 y 2020. Esta deforestación no fue completamente compensada por la reforestación y la expansión natural de los bosques, que se estimó en alrededor de 5 millones de hectáreas durante todo el período o de 1 millón de hectáreas anuales.

El mismo estudio establece la desaparición de unos 200 millones de hectáreas de bosque en el continente americano, durante los últimos 30 años. Especialmente en la zona amazónica, en los últimos 10 años se destruyeron aproximadamente 2 millones y medio de hectáreas de bosque por año.

En el futuro, una gran proporción de estos terrenos deforestados tendrán que ser revalorizados mediante el establecimiento de plantaciones comerciales o simplemente plantaciones de recuperación y protección de suelos. En el estudio de la FAO ya mencionado, se expresa que anualmente solamente se reforestan unas 650 mil hectáreas, cifra que equivale apenas a un décimo de la superficie boscosa destruida.

Uno de los objetivos específicos inmediatos de la Silvicultura es aumentar la tasa anual de reforestación, para la revalorización de terrenos improductivos o desechados.

### ***Protección y recuperación de masas arbóreas***

La Silvicultura debe proteger y recuperar masas boscosas deterioradas. Lo hace a través de las llamadas cortas de protección: apertura de cortafuegos, cortas de saneamiento para eliminar focos de infección y cortas de recuperación para eliminar la competencia a los individuos de mejor fenotipo. En los bosques abandonados, comúnmente se presenta la eliminación de árboles comerciales valiosos por la competencia de otros indeseables o sin ningún valor económico.

En líneas generales, además de la supremacía de los vigorosos indeseables, en el bosque abandonado se producen pérdidas de material valioso debido al ataque de agentes perjudiciales, por ejemplo, el fuego, los hongos, los insectos y el viento. Es tarea de la Silvicultura proteger a los bosques de tales agentes perjudiciales.

### ***Control de la duración del turno***

En cada caso concreto existe un tamaño y una edad, óptimos para el aprovechamiento de un bosque. El periodo en años, necesario para alcanzar ese tamaño y edad óptimos de aprovechamiento o madurez comercial, es lo que se denomina turno.

Cuando una masa se corta prematuramente se impide que los árboles alcancen el tamaño y edad óptimos. Cuando, por el contrario, se deja que los árboles de una masa permanezcan más allá de su tamaño y edad óptimos, individuos sobremaduros y decrepitos pierden valor, ya sea por decadencia biológica, por dificultades en su manejo, o por la simple acumulación de gastos de mantenimiento en exceso.

Un buen manejo implica, entonces, la elección del turno en cada caso concreto. No obstante, la Silvicultura puede acortar el turno regulando adecuadamente la densidad de la masa. Esto lo puede hacer mediante los aclareos, los cuales generan ingresos adicionales, aumentan el valor final de la madera al acortar el turno, y reducen los gastos de mantenimiento.

Lo anterior es válido para bosques regulares o coetáneos, mientras que, en los bosques tropicales con muy raras y localizadas excepciones, disetáneas e irregulares, se habla más bien de *ciclos de cortas* en lugar de *turno*, debido, precisamente, a la diversidad de edad de los árboles ubicados en los estratos superiores del bosque y presumiblemente maduros comercialmente.

### ***Zonas protegidas y beneficios indirectos***

La Silvicultura, además de la producción de madera tiene como objetivo la conservación de la calidad ambiental, la protección de la capacidad productiva del suelo y la generación de beneficios indirectos a la sociedad, tales como, mantener escenarios adecuados para la recreación y el esparcimiento, preparar hábitats para la fauna silvestre, mantener áreas especiales para el pastoreo y la protección de las corrientes y reservorios de agua para el consumo humano. Objetivo que en algunos sitios sobrepasa en importancia a la producción de madera comercial.

## Capítulo 2

### La Silvicultura y sus relaciones



Los bosques  
preceden a las  
civilizaciones, los  
desiertos las siguen.

*René de Chateaubriand*

**SECUOYA GIGANTE**  
(*Sequoiadendron giganteum*)  
El "Grizzly Giant" en el Mariposa Grove,  
Parque nacional de Yosemite



## **Silvicultura y Ecología**

En su forma más simple, la Silvicultura no es más que la aplicación de principios y conocimientos ecológicos para la creación, cuidado y manejo de un bosque, bajo el marco impuesto por las leyes que rigen toda actividad económica. De allí que la Ecología y especialmente la referente a las comunidades vegetales, sea la base natural de la práctica silvícola.

En las décadas recientes, el hombre ha llegado a ser el principal factor de perturbación en el complejo sistema de seres vivientes y elementos inanimados que pueblan la tierra.

Las actividades silvícolas: preparación del sitio, repoblación, cortas de regeneración, cortas intermedias, cortafuegos, fertilización y quemas controladas, de una u otra forma constituyen una alteración del medio natural.

La Ecología, conocida como la “ciencia del ambiente” se ha definido como la rama de la Biología que estudia la dependencia e interacción entre los organismos vivientes –bióticos– y los elementos no vivientes o inanimados –abióticos–.

También ha sido definida como el estudio de los ecosistemas. Siendo el bosque un ecosistema, se evidencia la importancia que tiene para un silvicultor conocer y comprender las leyes y principios que rigen los procesos naturales en un determinado lugar.

## **Ecosistemas y procesos naturales**

El ecosistema es la unidad funcional que resulta de la interacción constante entre plantas, animales, componentes físicos y elementos químicos de un determinado ambiente. Independientemente de su tamaño, las plantas y los animales que lo conforman se hallan enlazados por una necesidad vital: el alimento.

Este, además de indispensable para la vida, es la fuente primaria de la energía necesaria para el trabajo del individuo en la comunidad.

Los materiales y la energía para la elaboración de alimentos por parte de los vegetales verdes, se originan básicamente en el ambiente físico. En el ecosistema los organismos vivientes absorben, transforman y circulan la energía y los materiales, y luego los liberan o descargan en el ambiente.

El transporte, uso y almacenaje temporal de energía y materiales se produce gracias a procesos biológicos o fisiológicos como la fotosíntesis, respiración, absorción, digestión, transpiración y excreción; gracias a procesos físicos que ocurren en la parte no viviente del ecosistema, tales como, la precipitación, evaporación, erosión, deposición, y gracias a una gran variedad de reacciones químicas.

Los procesos físicos frecuentemente están variando la disponibilidad de energía y materiales en el ecosistema. Además de los anteriores procesos, el sistema ecológico proporciona ciertos mecanismos reguladores de los organismos vivos, por ejemplo, crecimiento, reproducción, mortalidad, inmigración y emigración, que provee una constante retroalimentación de materiales y energía en la parte inerte del ecosistema.

## **Cadenas tróficas**

En todo ecosistema la constante interacción de las plantas y animales forma una especie de vía para la distribución de los alimentos y de la energía. Este camino de distribución se denomina cadena trófica o cadena de alimentos, y se puede definir sencillamente como la secuencia que sigue la energía en los seres vivientes de un ecosistema, a partir de su obtención, uso y transferencia por cada uno de ellos.

El primer paso ocurre cuando las plantas atrapan la luz solar y producen alimento a través de un proceso fisiológico denominado fotosíntesis. De esta manera, los vegetales se convierten en los llamados productores básicos o primarios. Los

animales y el hombre vendrían a ser los consumidores finales –primarios, secundarios y terciarios–, algunos de los primeros se alimentan exclusivamente de animales y reciben el nombre de carnívoros.

La cadena trófica de un río en Venezuela mostrada en la figura 2.1, ilustra la transferencia de energía y nutrientes entre los diversos organismos que residen en este ecosistema acuático. Ríos como el Orinoco, el Caroní y el Chama presentan una notable diversidad de especies, y la estructura de su cadena trófica puede cambiar en función de las características del río, ya sean aguas rápidas, lentas, profundas o someras.

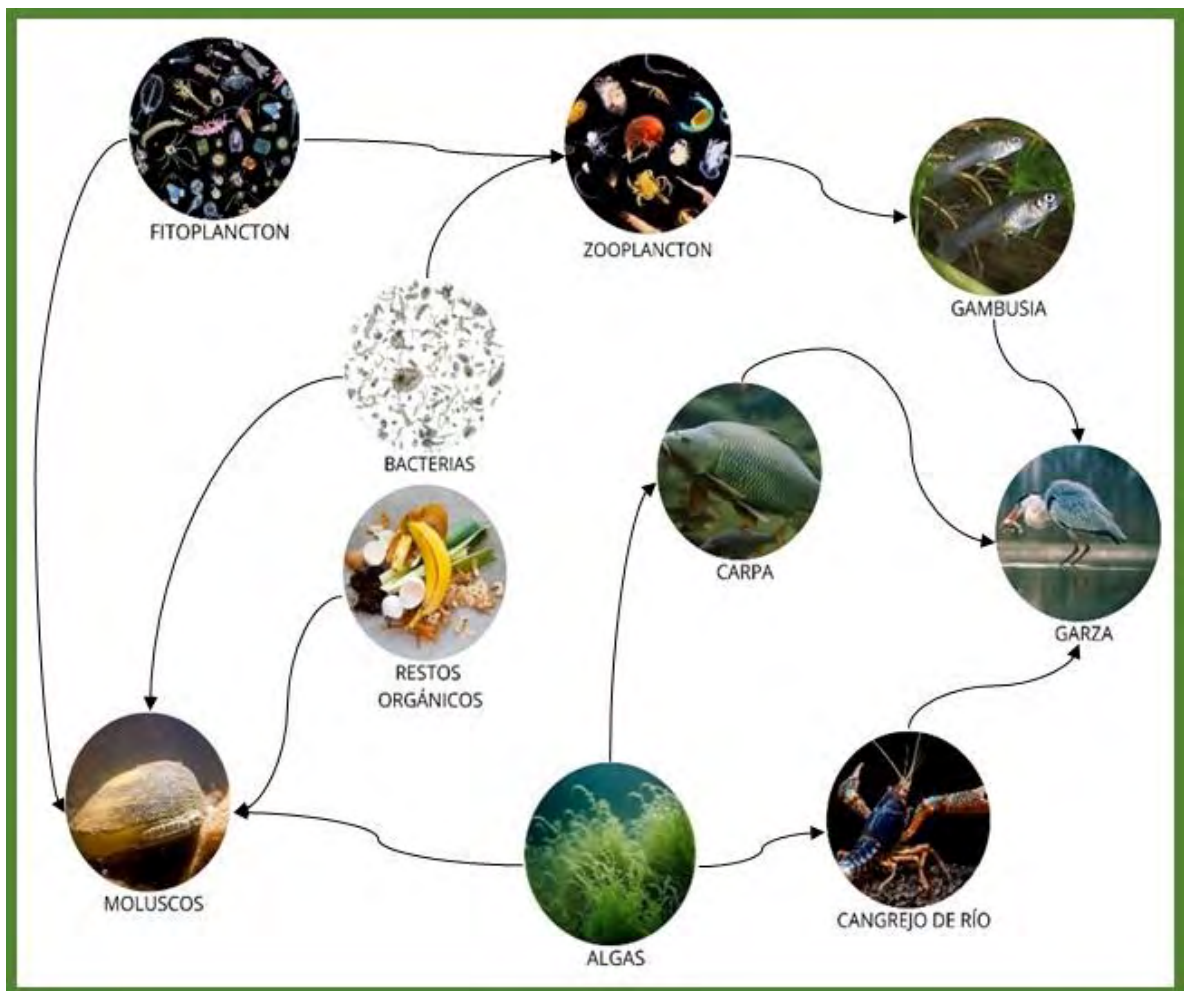


Figura 2.1. Cadena trófica en un río venezolano.

Nota: Datos tomados de Corredor T. N. (2024)

Los desechos de esta cadena se incorporan al suelo y forman una secuencia paralela designada como cadena alimenticia de detritus, muy importante en el flujo de energía del ecosistema. Las plantas y los animales que mueren, así como los excrementos de los animales y las partes de las plantas que se desprenden, incorporan materia orgánica y elementos químicos minerales al suelo. Esto constituye el alimento para las diferentes clases de microorganismos llamados reductores y para los que se alimentan de *detritus* o desechos, denominados *detritófagos*.

La pirámide energética mostrado en la figura 2.2, es un esquema que ilustra cómo se distribuye la energía a través de los diferentes niveles tróficos en un ecosistema. En este contexto, la energía se desplaza desde los productores hacia los consumidores, sufriendo una disminución en cada transferencia debido a la pérdida de calor. Por consiguiente, la base de la pirámide, que simboliza a los productores, posee la mayor cantidad de energía, mientras que la cúspide, que representa a los consumidores finales, tiene la menor cantidad.

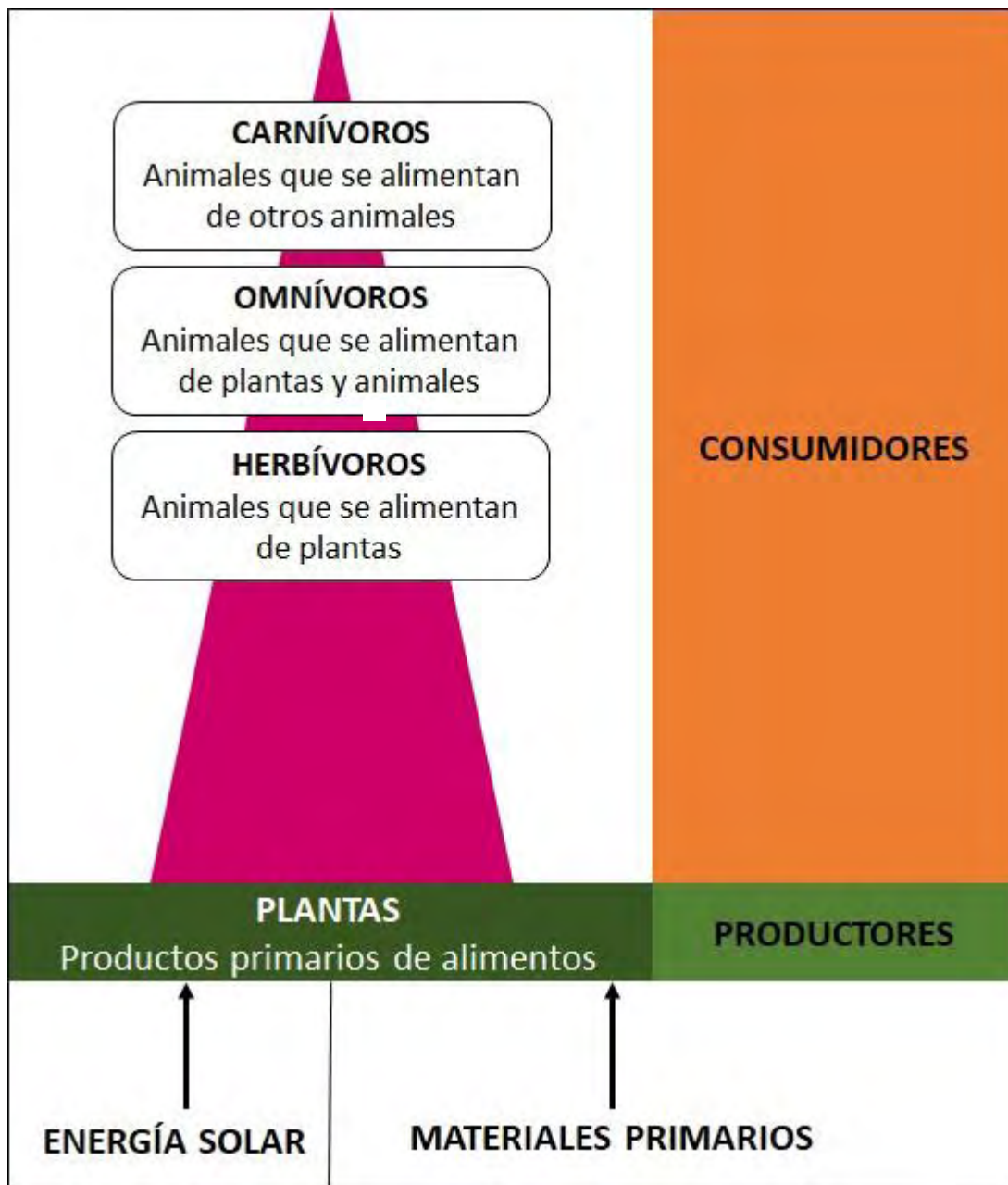


Figura 2.2. Pirámide trófica y energética.  
Nota: Datos tomados de Corredor T. N. (2024)

Los niveles tróficos de la figura 2.3, representan las distintas agrupaciones de organismos que derivan su energía de una misma fuente. Estos niveles se organizan de forma jerárquica en un ecosistema, abarcando desde los productores hasta los

descomponedores. En contraste, la cadena alimentaria, también denominada cadena trófica, describe la serie lineal de organismos a través de la cual se transfiere la energía en un ecosistema. Cada nivel trófico se nutre del nivel inferior y es, a su vez, consumido por el nivel superior.



Figura 2.3. Niveles tróficos y cadena alimentaria.  
 Nota: Datos tomados de <https://www.ecologiaverde.com/>

## **Interrelaciones entre los seres vivos**

La Ecología considera que el mundo donde habitamos se halla regulado por las relaciones que se establecen entre variedades y entre individuos de una misma especie. El hombre no es sino otro eslabón más en esa cadena de interrelaciones.

Las relaciones entre los organismos vivientes de un ecosistema van desde la completa dependencia y cooperación, hasta el antagonismo y competencia total.

Entre estos extremos existe una condición más o menos neutra, en la cual los efectos de un organismo sobre el otro no son aparentes o simplemente son indirectos.

No obstante, cada organismo es una parte del ambiente y tiene al menos un efecto sobre él. Cada elemento viviente influye en algún grado sobre el ambiente físico donde mora.

Las interacciones varían de acuerdo con las fases de la vida, de las necesidades y algunas veces del tamaño y forma de los organismos, además de los cambios operados en el ecosistema.

El bosque es una comunidad biológica o biocenosis constituida por un conjunto de poblaciones de diferentes especies que comparten un lugar común en el espacio llamado hábitat. Cada especie tiene una función en ese espacio y el recorrido que realiza para ejecutar tal función se denomina nicho ecológico. La asociación íntima entre las especies para beneficio de ambas o de una de ellas sin que se afecte la otra, es lo que se conoce con el nombre de simbiosis y comprende el mutualismo, la protooperación y el comensalismo. Pero esa interrelación puede ser benéfica o sin efecto para una y negativa para la otra constituyendo una relación de antagonismo con cuatro vertientes diferentes: parasitismo, depredación, competencia y amensalismo.

En el cuadro 2.1 el signo (+) significa que la especie considerada se está beneficiando de su relación con la otra especie; el signo (-) por el contrario significa que la especie considerada se está perjudicando en su relación con la otra especie. El

símbolo (0) representa relación indiferente o neutra. Las relaciones extremas oscilan entre la competencia o relación perjudicial para ambas y el mutualismo, es decir, la relación es benéfica para ambas especies.

INTERRELACIÓN		ESPECIE	
		A	B
COOPERACIÓN O SIMBIOSIS	MUTUALISMO	+	+
	PROTOCOOPERACIÓN	-	+
	COMENSALISMO	0	+
SIN EFECTOS	NEUTRALISMO	0	0
ANTAGONISMO	PARASITISMO	+	-
	DEPREDACIÓN	+	-
	COMPETENCIA	-	-
	AMENSALISMO	0	-

**Cuadro 2.1. Relación interespecífica de los organismos vivos.**

Nota: Datos tomados de Corredor J. R. (2001).

## Mutualismo

Es una relación simbiótica que expresa la interacción de dos especies que obtienen mutuo beneficio. El desarrollo y la supervivencia de las dos especies están condicionados positivamente. Existen dos casos de mutualismo: obligado y facultativo. En el primero no puede subsistir ninguna de las especies en condiciones naturales, sin el auxilio de la otra. En el segundo pueden vivir una sin el auxilio de la otra.

Ejemplo típico de *mutualismo obligado* lo constituye, las *micorrizas* que son asociaciones entre hongos y raíces de las plantas. El hongo absorbe minerales esenciales del suelo, en especial fósforo, y lo suministra a la planta, en tanto que ésta le proporciona al hongo moléculas orgánicas fotosintéticas.

Otro ejemplo lo representa la asociación entre bacterias fijadoras del nitrógeno del género *Rhizobium* y las plantas de la familia de las Leguminosas. Las bacterias viven dentro de nódulos en las raíces de las leguminosas, proporcionan a las plantas todo el nitrógeno que necesitan para producir compuestos nitrogenados como clorofilas, proteínas y ácidos nucleicos, y las leguminosas suministran a las bacterias, azúcares y otras moléculas orgánicas ricas en energía. Ambos ejemplos son importantes para las aplicaciones prácticas de la Silvicultura. En la figura 2.4, se pueden observar dos ejemplos de mutualismo obligado.

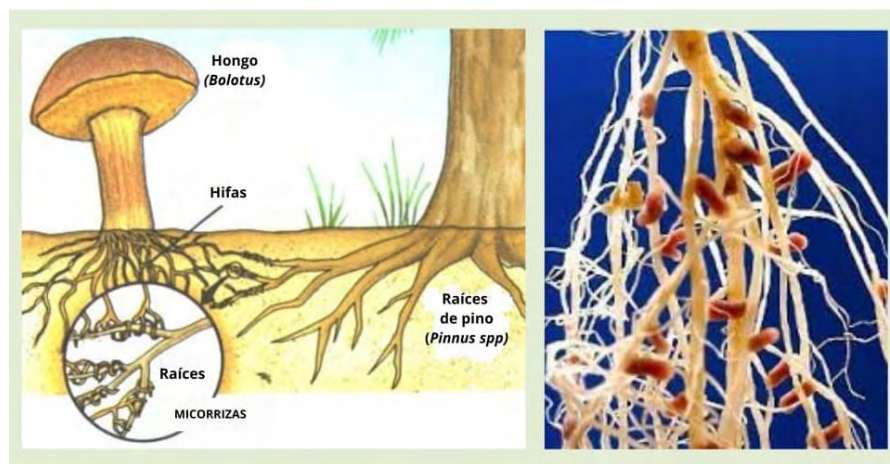


Figura 2.4. Ejemplos de mutualismo: (1) micorriza en el género *Pinus*; (2) Nódulos bacterianos en las raíces de las leguminosas.

Fuente. <https://greis-micorrizas.blogspot.com/> - <https://ilpoteredellafoglia.blogspot.com>

## Protocooperación

Muchos autores señalan con este nombre al mutualismo facultativo, cuando ambas especies se benefician de la asociación, pero la interacción, aunque es favorable a las dos, no es obligatoria, es decir que las especies pueden vivir la una sin la otra. Ejemplos de protocooperación lo podemos observar en las hormigas asociadas al Palo de María o Palo Santo (*Triplaris caracasana*), como se puede observar en la figura 2.5, o al Yagrumo (*Cecropia peltate*). Otros ejemplos, representado en la misma figura, estarían representados por los insectos y pájaros polinizadores de las

plantas, como las abejas y los colibríes, así como las aves que se alimentan de semillas de los árboles, o las aves que conviven con los rumiantes, liberándolos de parásitos y avisándoles del peligro.



Figura 2.5. Ejemplos de proto cooperación: (1) Palo de María (*Triplaris caracasana*) y hormigas; (2) Aves en el lomo del rinoceronte.

Nota: Datos tomados de <http://flickr.com> - <http://bioapuntes.cl>

## Comensalismo

Es la relación no permanente ni obligatoria que se establece entre dos especies diferentes, en la que una sale netamente beneficiada, mientras que la otra no es afectada.

El ejemplo más típico de este tipo de relación es el que establecen especies acompañantes como la rémora (*Echeneis remora*) o los peces pilotos (*Neucrates spp.*) con tiburones, mantas, cetáceos o tortugas. La presencia de la especie acompañante es aparentemente indiferente para el depredador al que acompaña, mientras que a la inversa la relación proporciona protección y restos de alimento a la especie acompañante.

Otro ejemplo lo constituyen las epífitas -bromeliáceas- que se ubican en las copas de los árboles para obtener luz adecuada, agua de lluvia y minerales arrastrados desde las hojas, sin extraerlos directamente de los árboles. En la figura 2.6, se pueden observar ejemplos de comensalismo.



Figura 2.6. Ejemplos de comensalismo: (1) Tiburón con rémoras (*Echeneis spp* o *Remora spp*) y (2) Árbol y epífita  
Nota: Datos tomados de <http://revistakatana.com> - <http://mega.nz>

## Neutralismo

Como su nombre lo indica ninguna de las dos poblaciones resulta afectada por su asociación con la otra. Existe cuando dos especies distintas comparten un mismo territorio sin que surjan situaciones de competición por el territorio o por los alimentos. Por ejemplo, las relaciones existentes entre ñandúes y armadillos, o entre guanacos y ñandúes o entre cebras elefantes y jirafas.

En todo ecosistema hay organismos que, aunque participan de un mismo ambiente, no establecen entre sí alguna relación favorable o negativa. Este puede ser el caso de un hongo que crece en el piso de un bosque y los árboles que comparten con esa especie el mismo sustrato; a esto se le llama neutralismo. La figura 2.7

permite observar cómo una especie (cebra) comparte neutralmente con dos especies diferentes el agua.



Figura 2.7. Ejemplo de neutralismo: Jirafa (*Giraffa camelopardalis*) y cebra (*Equus zebra*).  
Nota: Datos tomados de <http://www.pexels.com>

## Parasitismo

Es una relación antagónica en la que una de sus partes, la especie parasitaria, se beneficia y la otra, el huésped, se perjudica. Una de las especies vive a expensas de la otra, causándole daño. El parasitismo es un tipo de interacción depredador-presa especial, en este caso el predador es más pequeño que la presa. En la figura 2.8, se representan dos casos de parasitismo: el primero se relaciona con la maleza de *Cuscuta* parasitando un árbol y en el segundo, el Muérdago parasitando a un *Pinus sylvestris*. En el primer caso, un ejemplo representativo de parasitismo en el reino vegetal es la *Cuscuta*, también llamada "cabello de ángel". Este género de plantas parásitas carece de clorofila, lo que les impide realizar la fotosíntesis. En su lugar, se enrollan alrededor de los tallos de sus plantas anfitrionas, como el árbol de Acacia, y utilizan sus haustorios para succionar la savia.

El muérdago, ejemplo mostrado en la figura 2.8, es un tipo de planta semiparásita que tiene la capacidad de realizar la fotosíntesis, pero que también necesita de sus plantas hospedadoras para obtener agua y minerales. Se adhiere a las ramas de árboles y arbustos, utilizando sus haustorios para penetrar en el tejido

leñoso y extraer los nutrientes necesarios. Esta interacción puede debilitar al huésped, y en situaciones críticas, incluso llevarlo a la muerte.



Figura 2.8. Ejemplos de parasitismo en el reino vegetal: (1) Maleza de *Cuscuta* parasitando un árbol de Acacia. (2) Muérdago parasitando a *Pinus sylvestris*.

Nota: Datos tomados de

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/134085/Ficha\\_Tecnica\\_Cuscuta\\_spp\\_Final\\_Versi\\_n\\_12-01-2016\\_Corr.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/134085/Ficha_Tecnica_Cuscuta_spp_Final_Versi_n_12-01-2016_Corr.pdf) y <https://www.floresyplantas.net/el-muerdago-viscum-album/>

Cuando la especie parasitaria se desarrolla en el exterior del huésped, la relación se denomina Ectoparasitismo. Por ejemplo: El *pediculus capitis* o Piojo humano que habita en la cabeza del hombre o la *Cuscuta (cuscuta spp.)*, vegetal sin clorofila (maleza), que parasita principalmente a especies forrajeras (Lotus, Trébol blanco, Trébol rojo, Alfalfa y Achicoria) causan serios perjuicios a las praderas, como la reducción en la producción de forraje. En los semilleros, disminuye el rendimiento y afecta la calidad de las semillas por cosechar.

En la figura 2.9, en la primera gráfica, se observa al insecto lepidóptero conocido como barrenador de la caoba, cuyo nombre científico es *Hypsipyla grandella*, considerada una de las plagas más críticas en las plantaciones de caoba en América Latina. Este insecto es un ejemplo representativo de endoparasitismo en plantas, ya que sus larvas se alimentan del interior de los tallos de las caobas, lo que afecta adversamente su crecimiento y desarrollo.

La segunda gráfica muestra un ejemplo de endoparasitismo en el reino vegetal representado en el hongo *Aspergillus niger*, que se encuentra en el maíz. Este hongo filamentoso, común en el suelo, el aire y la materia orgánica en descomposición, es conocido por su capacidad para causar enfermedades en humanos y animales, además de su potencial como endoparásito en las plantas, particularmente en los cultivos de maíz.



Figura 2.9. Ejemplos de Endoparasitismo en plantas: (1) El barrenador (*Hypsipyla grandella*) de la Caoba (*Swietenia macrophylla*). (2) Hongo (*Aspergillus niger*) en el maíz.

Nota: Datos tomados de <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/IN614> y <https://blog.agroterra.com/actualidad/especies-de-aspergillus-niger-si-tienen-la-capacidad-de-infectar-el-maiz/24039/>

Cuando un parásito se desarrolla en el interior del huésped, la interrelación recibe el nombre de Endoparasitismo. Por ejemplo, la *Taenia saginata*, que habita en el intestino del hombre. Cuando un parásito causa enfermedad, y ocasionalmente puede producir la muerte del huésped, se denomina patógeno.

El endoparasitismo constituye una forma de parasitismo en la que un organismo, el parásito, reside en el interior del cuerpo de otro organismo, el huésped. En la figura 2.10 se representa un ejemplo significativo de este fenómeno en el ámbito vegetal: el hongo *Phytophthora infestans*, agente causante del tizón tardío en la papa. Este organismo es clasificado como un oomiceto, un tipo de microorganismo que, aunque comparte algunas características con los hongos, pertenece a un grupo

diferente. El hongo *Phytophthora infestans* es un patógeno extremadamente agresivo que infecta plantas de papa, tomate y otras solanáceas, provocando una enfermedad devastadora conocida como tizón tardío o mildiu.



Figura 2.10. El hongo *Phytophthora infestans* ataca las plantas de papa, en la foto: (1) Vista microscópica del hongo. (2) hojas infectadas. (3) los tubérculos infectados por el hongo, no se pueden comer.

Nota: Datos tomados de <https://tizonlatino.github.io/p-infestans/>, <https://mexico.infoagro.com/manejo-del-tizon-tardio-en-papa-phytophthora-infestans/>, [https://it.wikipedia.org/wiki/Phytophthora\\_infestans](https://it.wikipedia.org/wiki/Phytophthora_infestans)

En la figura 2.10 se muestra al hongo *Phytophthora infestans*, que representa un patógeno altamente destructivo que afecta a las plantas de papa, provocando una enfermedad conocida como tizón tardío. Este microorganismo, que solo puede ser observado mediante un microscopio, infecta tanto las hojas como los tubérculos de la planta. En las hojas, la infección se presenta a través de manchas oscuras y húmedas que se propagan con rapidez, mientras que en los tubérculos, el hongo induce pudrición, volviéndolos no aptos para el consumo. La capacidad de este hongo para devastar rápidamente los cultivos de papa lo convierte en una seria amenaza para la producción de este alimento esencial.

## **Depredación**

Es otra interacción antagónica en la que una especie (el depredador) caza a otra (presa), para subsistir. Un mismo individuo puede ser depredador de algunos seres y a su vez presa de otros, aunque en todos los casos el predador es carnívoro. En la depredación hay una especie perjudicada, que es la presa, y otra que es beneficiada, que es el depredador, pasando la energía en el sentido presa a depredador.

La depredación representa una interacción biológica en la que un organismo, el depredador, se dedica a cazar y alimentarse de otro organismo, la presa. Este fenómeno es crucial dentro de las cadenas tróficas y desempeña un papel vital en la estabilidad de los ecosistemas.

En la primera gráfica de la figura 2.11, el águila se presenta como un cazador eficaz de aves y pequeños mamíferos, entre los cuales se encuentran los ratones. Esta ave de presa emplea su excepcional visión y habilidades de vuelo para identificar y atrapar a sus objetivos. En respuesta, el ratón ha evolucionado diversas tácticas para eludir la detección y la captura, tales como el camuflaje y movimientos ágiles. En la segunda gráfica, un tiburón blanco trata de capturar una foca. Considerado un depredador de los mares, el tiburón se nutre de una variada selección de peces y otros seres marinos. Su técnica de caza se basa en el uso de dientes afilados y en la capacidad de detectar vibraciones en el agua, lo que facilita la localización y captura de sus presas. Ante esta amenaza, las presas han implementado diferentes estrategias de evasión, que incluyen nadar en grupos, camuflarse en su entorno o poseer espinas venenosas.



Figura 2.11. Ejemplos de depredación.

Nota: Datos tomados de <https://www.pexels.com/es-es/buscar/%C3%A1guila%20y%20rat%C3%B3n/> y <http://protejamoslasmaravillasdelmar.blogspot.com/2016/01/el-salto-del-gran-tiburon-blanco.html>

La figura 2.12 muestra dos ejemplos de depredación. En el primero, la araña atrapa una mosca, mientras que en el segundo un felino captura una presa. Ambos ejemplos indican que la depredación constituye un proceso esencial en los ecosistemas, actuando como un regulador de las poblaciones y contribuyendo al mantenimiento del equilibrio natural. En este fenómeno, un organismo, conocido como depredador, se encarga de capturar y alimentarse de otro organismo, denominado presa. Este proceso puede llevarse a cabo tanto en ambientes acuáticos como terrestres, involucrando a diversas especies y tamaños de animales. Los depredadores pueden clasificarse como carnívoros, herbívoros u omnívoros, según su tipo de alimentación. La depredación no solo impacta las poblaciones de las presas, sino que también tiene un papel significativo en la evolución de las especies, ya que las presas desarrollan mecanismos defensivos para eludir la captura, mientras que los depredadores perfeccionan sus tácticas de caza.

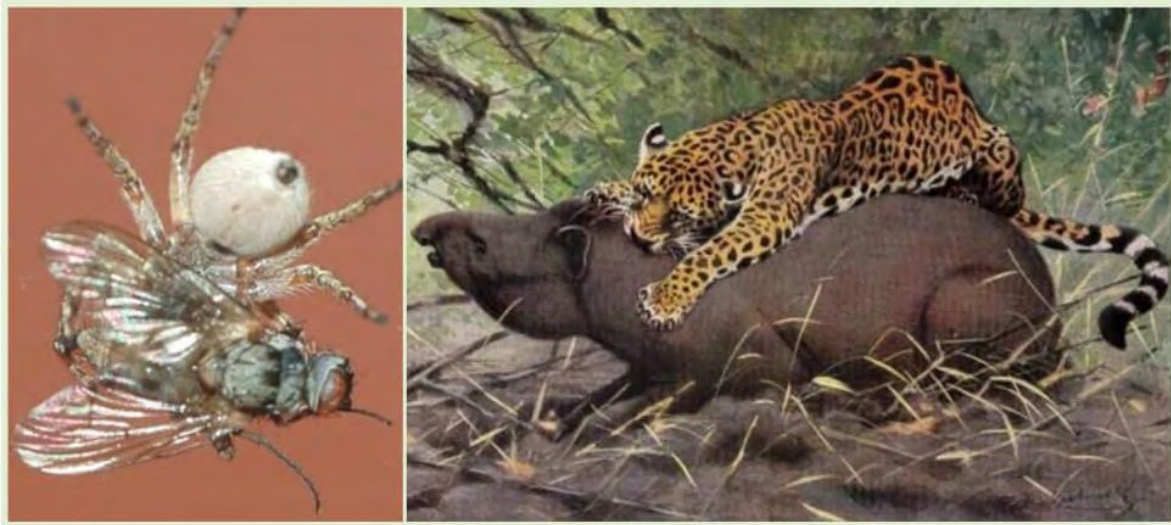


Figura 2.12. **Otros dos ejemplos de depredación.**

Nota: Datos tomados de <https://www.pexels.com/es-es/buscar/ara%C3%B1a%20y%20mosca/>  
- <https://www.lygeum.es/2011/08/17/el-depredador-y-su-presa/>

Sin embargo, hay que resaltar que tanto los depredadores controlan el número de individuos que constituyen la especie presa, como las presas controlan el número de individuos que conforman la especie depredadora; por ejemplo, la relación entre el león y la cebra. Lo anterior explica la importancia de la depredación en el proceso de selección natural.

Por otro lado, los depredadores controlan la cantidad de especies e individuos y de esta manera protegen el equilibrio del ecosistema. Por ejemplo, el águila y la serpiente se alimentan de ratones, y estos a su vez se alimentan de determinados tipos de plantas; si uno de los depredadores se extinguiera el otro no podría disminuir la población de esos roedores y esto disminuiría la población de plantas.

Otros ejemplos de depredación serían: el león (depredador) y el ñú (presa), la gallina (depredador) y una lombriz de tierra (presa), la campamocha o mantis religiosa (depredador) y una mariposa (presa).

## Competencia

Se puede definir como una interacción biológica entre organismos o especies que forman parte de un ecosistema, en la cual la aptitud o adaptación biológica de uno es reducida y hasta inhibida como consecuencia de la presencia del otro. Es un hecho que ocurre en la naturaleza cuando dos o más individuos pretenden usar los mismos recursos y estos son insuficientes para satisfacer sus demandas. La competencia se puede presentar de dos maneras: ambas especies se cohiben mutuamente, o hay una lucha por el uso de los recursos.

Los competidores en apariencia coexisten en el mismo hábitat, aunque en nichos diferentes; por ejemplo, muchas especies de aves canoras coexisten en los bosques porque se alimentan de insectos a diferentes alturas de los árboles. Los murciélagos y las golondrinas se alimentan de insectos voladores, pero no compiten porque los murciélagos comen de noche y las golondrinas de día.

Cuando los requerimientos y estilos de vida son similares, la competencia entre los organismos es mayor. Los recursos por los cuales los organismos pueden competir son: alimento, luz, agua, suelo, nutrientes, espacio vital y madrigueras o sitios de nidificación.

Existe una limitación de la cantidad de por lo menos un recurso usado por ambos organismos o especies; tal recurso puede ser alimento, agua, territorio, parejas.

Lotka y Volterra citados por Gutiérrez S. (1998), desarrollaron modelos matemáticos para estudiar las poblaciones en competencia, basados en dos suposiciones: a) Para cada una de las especies en competencia existe un valor máximo del tamaño de la población que depende del ambiente, y por encima del cual ésta ya no puede aumentar más, y; b) La tasa de aumento de la población disminuye proporcionalmente con cada individuo añadido de dicha población y, en otra proporción, con cada nuevo individuo añadido de la población del competidor.

Este modelo predice la exclusión de una especie por la otra, y el que sea una u otra la ganadora depende del valor del tamaño máximo de la población de cada

especie en aquel ambiente. Solo en caso de que cada población inhiba su propio crecimiento más que el de la población competidora se dará una coexistencia. El que la competencia entre los individuos de la propia especie sea superior a la que tienen con los de la otra se debe de ordinario a que las dos especies no utilizan los mismos recursos.

La competencia tanto dentro de una especie como entre especies diferentes es un tópico importante; es uno de varios factores bióticos y abióticos que afectan la estructura de las comunidades ecológicas. La competencia no siempre es un fenómeno simple y directo y puede ocurrir en formas indirectas. Según el principio de exclusión competitiva las especies menos aptas para competir deben adaptarse o, de lo contrario, se extinguen. De acuerdo con la teoría de la evolución, la competencia dentro de una especie y entre especies diferentes juega un papel fundamental en la selección natural.

Gause aplicó en sus estudios experimentales el modelo de Lotka-Volterra. Basado en los resultados obtenidos, formuló el llamado principio de la exclusión competitiva. El principio de Gauss, representado en la figura 2.13, ha permitido una mejor comprensión del concepto de nicho ecológico. Este nicho se refiere al papel y la posición de una especie en el ecosistema, abarcando sus interacciones con otras especies y su utilización de los recursos. De acuerdo con el principio de exclusión competitiva, es inviable que dos especies ocupen el mismo nicho ecológico de forma idéntica durante un periodo prolongado. Para coexistir, las especies deben diferenciar sus nichos, lo que puede lograrse a través de la utilización de recursos distintos, la ocupación de hábitats diferentes o la adaptación a diversas condiciones ambientales.

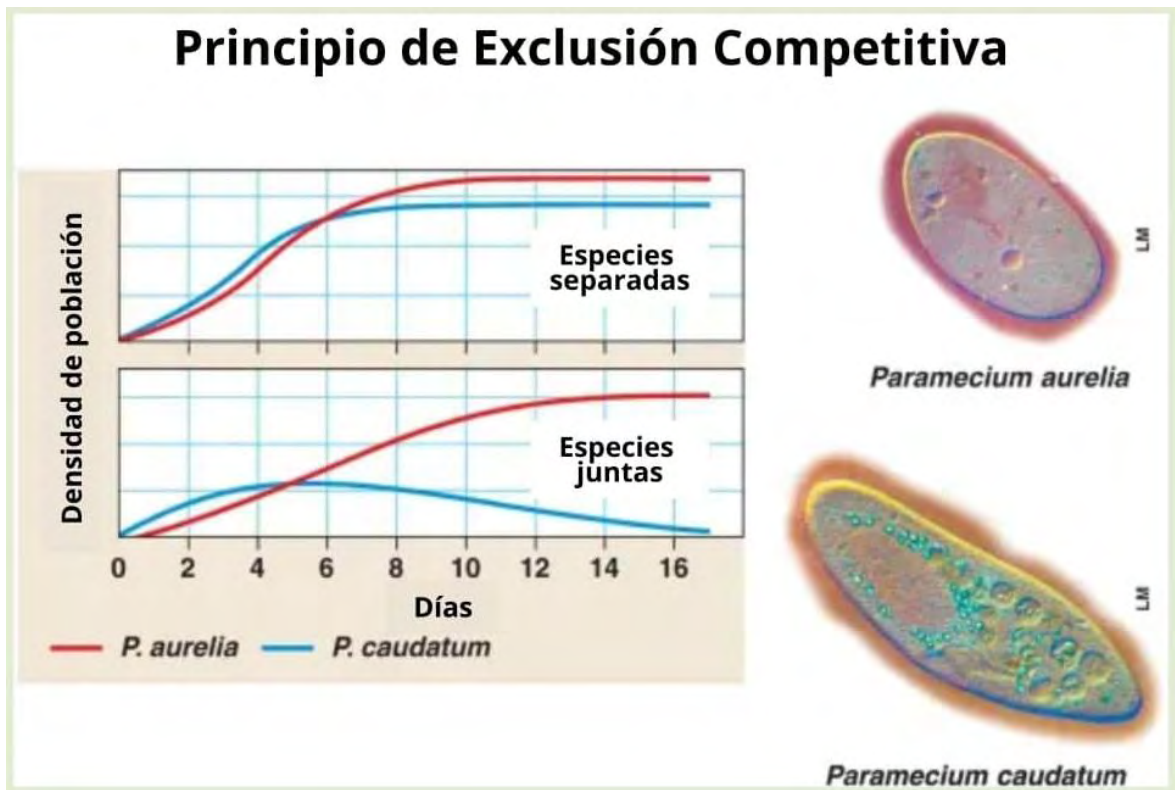


Figura 2.13. Ilustración del experimento de Gause que condujo a la formulación del principio de exclusión competitiva.

Nota: Datos tomados de <https://allyouneedisbiology.wordpress.com/tag/exclusion-competitiva/>

Gause hizo varios experimentos, siendo muy conocidos los efectuados con protozoos. Estos trabajos demostraron que la dirección en la que se ejerce la competencia cambia según sea el ambiente. Se han llevado a cabo otros muchos experimentos de competencia entre especies afines que han dado siempre el mismo resultado, de acuerdo con el modelo de Lotka-Volterra.

El principio de exclusión competitiva o también llamado Ley de Gause, establece que dos especies en competencia biológica por los mismos recursos no pueden coexistir en forma estable o indefinida si los demás factores ecológicos permanecen constantes.

Una de las especies competidoras siempre dominará a la otra, llevándola a la extinción o a una modificación evolutiva o de comportamiento hacia otro nicho

ecológico. Con este nombre se designa al conjunto de características que describen los recursos precisos, y la función del organismo o especie en la comunidad, depende, no solo de donde vive, sino también de lo que esa especie hace en respuesta al medio físico y biótico en que se encuentra.

La Ley de Gause es el fundamento de la aplicación de las prácticas silviculturales denominadas limpias, limpiezas y aclareos, que por realizarse en el período entre dos cortas de extracción (cosecha forestal) se denominan cortas intermedias. Mediante estas prácticas silviculturales, se eliminan elementos tales como hierbas, matorral, arbustos, arbolitos y árboles que están influyendo negativamente sobre los individuos de mayor valor económico.

## **Tipos de competencia**

### **Competencia intraespecífica**

Es la que ocurre entre individuos de una misma población o de una misma especie, por ejemplo, en una plantación de *Pinus sp.* o de *Eucaliptus sp.* Cuando ocurre en un bosque natural, en algunos casos puede resultar en una reducción del crecimiento y de las tasas de reproducción, en otros casos puede excluir algunos individuos de los mejores hábitats, o bien causar la muerte de otros organismos.

En el primer caso la población llegaría de manera inevitable a su extinción. En el segundo, los individuos más fuertes se posesionarían del recurso limitante, mientras que los más débiles al no tener acceso al recurso, morirían sin dejar descendencia, sin embargo, la población mantendría su estabilidad.

La plantación es un ejemplo de competencia intraespecífica. Sin embargo, mediante intervenciones silviculturales denominadas aclareos realizados en la edad juvenil de la plantación, el hombre va guiando el crecimiento de los mejores individuos, regulando la competencia entre ellos.

Un claro ejemplo de competencia intraespecífica se presenta entre los machos de ciervo rojo (*Cervus elaphus*) durante la fase de celo, conocida como berrea. En este lapso, los machos compiten intensamente por el acceso a las hembras y por el dominio del territorio donde se encuentran, tal como se muestra en la figura 2.14.



Figura 2.14. Ejemplo de competencia intraespecífica entre machos de ciervo rojo durante la época del celo.

Nota: Datos tomados de <http://electivobiologiaa.blogspot.com/2014/09/que-es-la-competencia-la-competencia-se.html>

### Competencia interespecífica

Es aquella que se da entre individuos de distintas especies que comparten un recurso común en la misma área. Si el recurso no es suficiente para mantener las poblaciones, el resultado es una reducción en la fertilidad, el crecimiento y la supervivencia de una o más especies.

La competencia interespecífica puede alterar las poblaciones, las comunidades y la evolución de las especies involucradas. Por ejemplo, los leones (*panthera leo*) y los guepardos o chitas (*Acinonyx jubatus*) y sus presas en África. Ambos se alimentan de las mismas presas y a veces se encuentran en conflicto.

En este tipo de competencia todos los individuos son afectados en la misma forma. Sin embargo, una especie podría ser excluida de su hábitat cuando ya no puede competir exitosamente. En casos extremos, un competidor exitoso puede causar la extinción de otra especie.

Cuando dos especies compiten puede que coexistan en el ambiente o que una especie excluya a la otra. De acuerdo con Gause, las especies podrán coexistir sólo si los recursos mínimos que necesitan para subsistir, o la manera de aprovechar dichos recursos, se diferencian; si esto no ocurre, el competidor más fuerte ocupará por completo el nicho del competidor más débil conllevando a la exclusión de este último en el ambiente que ambos habitan.

Los árboles de un bosque que crecen cerca unos de otros, desarrollan competencia por la luz, el agua y los nutrientes. Esto trae como consecuencia que haya menos recursos disponibles y, por lo tanto, un menor crecimiento. Los árboles reaccionan desarrollando mayores alturas y raíces más profundas y extensas, los que genéticamente están mejor preparados para hacerlo se impondrán sobre el resto. Este ejemplo es de competencia intra e interespecífica.

Un bosque es un ecosistema complejo. En él existe competencia entre las diferentes especies y aun entre los individuos de la misma especie. Esa competencia es simplemente una lucha por la obtención de materiales para la producción de alimentos, soporte de la actividad vital de una planta. A simple vista, en un bosque se puede observar la fuerte competencia existente por la luz solar, el agua y los nutrientes.

Un ejemplo claro de competencia interespecífica se muestra en la figura 2.15. La gráfica permirte observar árboles de un bosque que buscan acceder a la luz solar. Los árboles, al ser organismos fotosintéticos, dependen de la luz solar para llevar a cabo la fotosíntesis y crecer. En un ecosistema forestal, la luz solar es un recurso limitado, ya que los árboles más altos pueden bloquear la luz, reduciendo así la cantidad disponible para los árboles de menor altura.



Figura 2.15. **Árboles en un bosque en competencia interespecífica por luz.**

Nota: Datos tomados de [https://planeta-tierra.info/ecosistema/que-son-los-bosques-tropicales-la-importancia-de-los-bosques-tropicales-y-las-razones-de-su-perdida/#google\\_vignette](https://planeta-tierra.info/ecosistema/que-son-los-bosques-tropicales-la-importancia-de-los-bosques-tropicales-y-las-razones-de-su-perdida/#google_vignette)

La competencia interespecífica (Figura 2.16) que se presenta entre los guepardos y los leones ilustra de manera clara cómo las interacciones entre diversas especies pueden afectar su ecología y su proceso evolutivo. Aunque esta competencia puede resultar perjudicial para ambas especies, también puede actuar como un catalizador para el cambio y la adaptación.

La interacción competitiva entre especies puede influir en el tamaño de las poblaciones de ambas. La presencia de leones puede llevar a los guepardos a cazar en hábitats menos fértiles o a seleccionar presas más pequeñas, lo que podría comprometer su éxito en la caza y su tasa de reproducción.



Figura 2.16. El guepardo o chita (*Acinonyx jubatus*) y el león (*Panthera leo*), ejemplos de competencia interespecífica.  
Nota: Datos tomados de <https://www.pexels.com/es-es/foto/guepardo-negro-y-marron-en-roack-1320604/>  
<https://es.vecteezy.com/foto/20862525-leona-asiatica-panthera-leo-persica-una-especie-en-peligro-critico-de-extincion>

### Amensalismo

El amensalismo, de acuerdo con Campbell (2005), es una interacción biológica en la que un organismo produce una sustancia química que tiene un efecto negativo sobre otra especie. A diferencia de otras interacciones como la depredación o el parasitismo, el amensalismo no proporciona ningún beneficio directo al organismo que produce la sustancia dañina, y a menudo esta sustancia es simplemente un producto metabólico de desecho.

La figura 2.17 representa un ejemplo de amensalismo. Existen microorganismos que producen condiciones o elementos que pueden ser perjudiciales o tóxicos para otros organismos. Un ejemplo concreto es el hongo *Penicillium notatum*, que es capaz de secretar una sustancia que impide la supervivencia y el crecimiento de diversas clases de bacterias.



Figura 2.17. *Penicillium notatum*, es un moho de color verde azulado que se encuentra comúnmente en el pan y la fruta en mal estado, especialmente en las mandarinas podridas.

Nota: Datos tomados de <https://stock.adobe.com/es/search?k=%22penicillium+notatum%22>

## Circulación cíclica de la materia

Los ciclos biogeoquímicos, o la circulación cíclica de la materia, representan un proceso crucial para la vida en la Tierra. A diferencia de la energía, que se mueve en una sola dirección a través de los ecosistemas, la materia es objeto de un constante reciclaje y reutilización.

Tanto la parte biótica o viviente, como la parte abiótica o inerte de un ecosistema están constituidas por materiales básicos llamados elementos.

Entre 15 y 20 de los 105 elementos, hasta ahora identificados, son indispensables para la presencia de la vida sobre la tierra. Aquellos son llamados elementos esenciales, y se presentan bajo diferentes formas en la atmósfera, hidrósfera, litósfera y biosfera del planeta.

Los ciclos biogeoquímicos representan procesos naturales que posibilitan el movimiento de elementos químicos vitales para la vida, tales como el carbono, el nitrógeno, el fósforo y el agua, a través de los seres vivos y su entorno físico, que incluye la atmósfera, el suelo y los cuerpos acuáticos. La energía solar y las actividades de los organismos son los factores que propician el funcionamiento de estos ciclos. Entre los principales ciclos biogeoquímicos, tenemos: el ciclo del agua, el ciclo del carbono, el ciclo del nitrógeno y el ciclo del fósforo.

Todas las células vivientes contienen proteínas constituidas por hidrógeno, oxígeno, carbono, nitrógeno, azufre, y fósforo. La clorofila de las plantas verdes, fundamento de la vida, está compuesta de átomos de hidrógeno, oxígeno, carbono, nitrógeno y magnesio. Así podría seguir dando ejemplos de la incuestionable necesidad de los elementos esenciales.

La actual capacidad de la tierra para sostener a esa gran cantidad de organismos vivientes, incluyendo a los humanos, ha sido resultado de una lenta evolución biogeoquímica. La vida sobre el globo terráqueo se fue incrementando a medida que los elementos esenciales se fueron haciendo disponibles en el medio físico. Al comienzo de la vida, varios de tales elementos ocurrían de manera escasa o no utilizables en su forma natural por los organismos vivos.

### **Ciclo del agua**

El ciclo hidrológico es el proceso mediante el cual se realiza el abastecimiento de agua para las plantas, los animales y los seres humanos (Figura 2.18). Según Maderey (2005), la base de esta afirmación es que cada gota de agua, en cualquier momento que se considere, transita por un circuito cerrado. Este circuito se puede ilustrar, por ejemplo, desde el instante en que el agua se convierte en lluvia hasta su retorno a esta forma. Este trayecto puede realizarse a través de diferentes vías, lo que sugiere que el ciclo hidrológico no tiene un único camino. Se comienza con la nube

como origen, desde la cual se producen diversas formas de precipitación, lo que permite afirmar que el ciclo se inicia en este punto.

El ciclo del agua, o ciclo hidrológico, representa un proceso ininterrumpido que ilustra el desplazamiento del agua a través de la Tierra y su atmósfera. Este ciclo biogeoquímico es fundamental para la existencia de la vida en nuestro planeta. Conocido como ciclo del agua, representado en la figura 2.18, el ciclo hidrológico es un proceso continuo que describe el recorrido del agua a través de la Tierra y su atmósfera. Este ciclo biogeoquímico es vital para el mantenimiento de la vida en nuestro planeta.

Cuando el planeta evoluciona lo hace tanto geológica como biológicamente, produciéndose un desarrollo paralelo de los ciclos biogeoquímicos para mantener los elementos esenciales a disposición de los organismos vivos, para su uso y la continua repetición de su uso.

Se produce entonces una circulación cíclica de tales elementos que son absorbidos por los seres vivos, circulados en el medio biótico, luego descargados al medio físico, y tomados de nuevo para iniciar otra vez el proceso circulatorio.

La Ecología ha comprobado que, así como la energía fluye y se transfiere, también la materia circula cíclicamente. Los ecólogos han hecho y continuarán haciendo estudios intensivos de los ciclos biogeoquímicos de los elementos esenciales para la vida sobre la tierra, porque la vida depende del suministro continuo de tales materiales.

Por ejemplo, la vida no puede existir sin agua, ya que ésta es una fuente importante de dos elementos esenciales: hidrógeno y oxígeno.

La Ecología se interesa por el estudio de la circulación de la materia en la naturaleza. Está plenamente demostrado que existe una trilogía cíclica imprescindible en la formación de los carbohidratos que sintetizan y transforman la energía solar y hacen posible la alimentación, y por ende la vida, sobre el planeta tierra.

Esa trilogía la constituyen el ciclo del carbono, del agua, y del hidrógeno. Además de ellos y en forma complementaria existen otros, por ejemplo, el ciclo del nitrógeno, el del fósforo, el del magnesio, del potasio, del calcio, del azufre y los de otros muchos microelementos.

Las intervenciones silviculturales, las talas indiscriminadas, las actividades agropecuarias, las explotaciones mineras, y la construcción de obras de infraestructura pueden ocasionar alteraciones de los ciclos biogeoquímicos de los elementos antes mencionados, especialmente de la importante trilogía compuesta por el carbono, el agua y el hidrógeno.

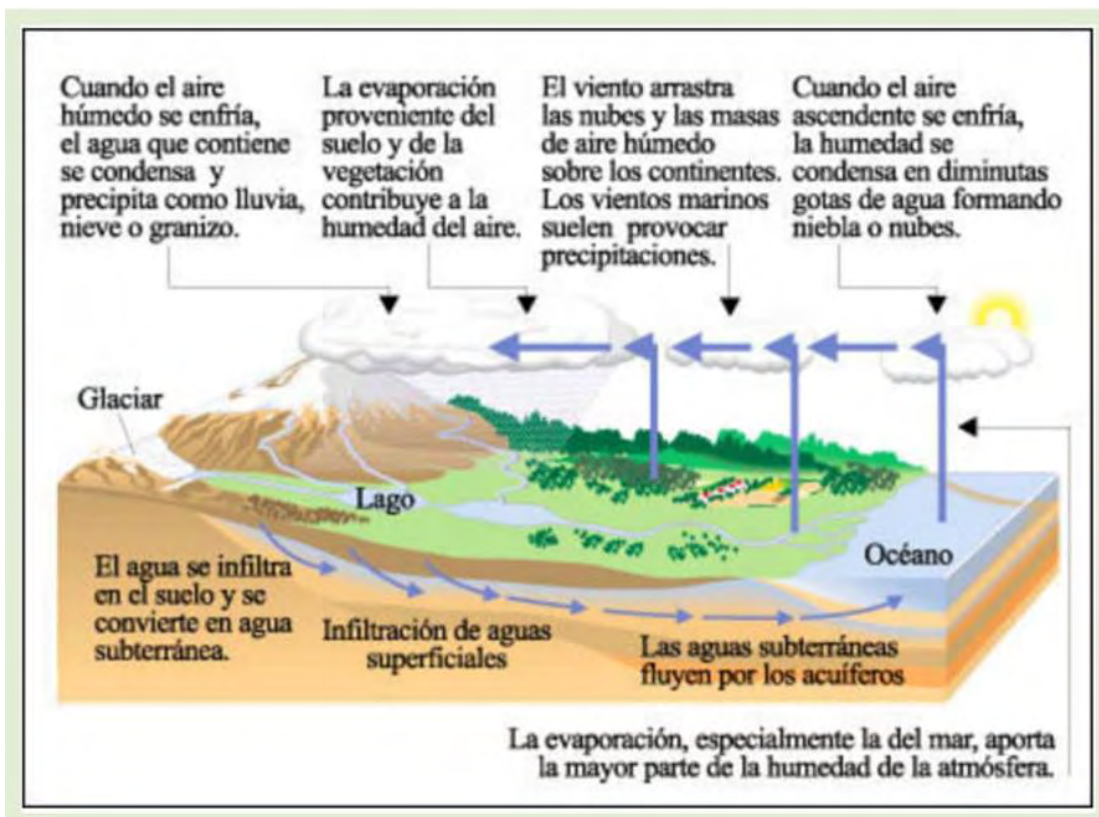


Figura 2.18. El ciclo del agua.

Nota: Datos tomados de [http://ecologiayambientejoseymaria.epizy.com/el\\_ciclo\\_del\\_agua.html](http://ecologiayambientejoseymaria.epizy.com/el_ciclo_del_agua.html)

## **Ciclo del fósforo**

El ciclo se origina cuando las rocas, que representan la principal acumulación de fósforo en la naturaleza, se ven afectadas por la intemperie, liberando así iones fosfato en el suelo. Estos fosfatos, al ser utilizados por los organismos vivos, tienen la capacidad de retornar a la naturaleza a través del proceso de descomposición de la materia orgánica.

Este ciclo, según Monge-Nájera (2005), tiene como particularidad no poseer ninguna etapa atmosférica, es sedimentario. En los ecosistemas, las rocas representan la principal fuente de fósforo, donde este elemento se encuentra asociado al oxígeno en forma de fosfato. El fósforo está presente en la naturaleza en minerales del grupo de los fosfatos, en sedimentos oceánicos que son ricos en restos de organismos y en depósitos de guano, que se forman a partir de los excrementos de aves marinas, tal como se puede observar en la figura 2.19. Este elemento es esencial para todas las células, ya que es un componente clave en diversas moléculas biológicas, incluyendo aquellas involucradas en la transferencia de energía, como el ATP y el NADP, así como en los ácidos nucleicos y los fosfolípidos de las membranas celulares. Los animales obtienen fósforo del agua que beben, en forma de fosfato inorgánico, y de los alimentos, tanto orgánicos como inorgánicos. Las plantas, por su parte, absorben el fósforo en forma de fosfato inorgánico, que luego se transforma en compuestos orgánicos.



Figura 2.19. El ciclo del fósforo.

Nota: Datos tomados de <http://aulapractica.wikispaces.com>

### Ciclo del nitrógeno

De acuerdo con Monge-Nájera (2005), el elemento clave en este ciclo es que, aunque el nitrógeno es un gas predominante en la atmósfera, representando cerca del

70% de su composición en forma de  $N_2$ , su presencia en formas que puedan ser asimiladas es escasa. Las plantas solo pueden utilizar el nitrógeno en forma de nitratos, y son las bacterias nitrificantes las que facilitan esta conversión. Los animales no tienen la capacidad de utilizar el nitrógeno de manera directa. En la naturaleza, como se observa en la figura 2.20, el ciclo se desarrolla de la siguiente manera: los nitratos presentes en el suelo y el agua constituyen la fuente de nitrógeno para un ecosistema. Las plantas absorben el nitrógeno de los nitratos ( $NO_3$ ) y lo integran en aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos y vitaminas. Generalmente, los animales consumen estas plantas y aprovechan los aminoácidos de las proteínas vegetales para la síntesis de sus propias proteínas y otros compuestos nitrogenados.



Figura 2.20. El ciclo del nitrógeno.

Nota: Datos tomados de

[http://ecologiayambientejoseymaria.epizy.com/ciclo\\_del\\_nitrgeno.html](http://ecologiayambientejoseymaria.epizy.com/ciclo_del_nitrgeno.html)

## Ciclo del carbono

El carbono circula continuamente entre los seres vivos y los componentes no vivos del medio ambiente. Este elemento se desplaza desde el suelo hacia la atmósfera, que constituye la capa de gases que envuelve nuestro planeta. Hay dos trayectorias principales que el carbono puede adoptar. Estas trayectorias se conectan entre sí y, en su conjunto, se denominan ciclo del carbono.

El ciclo del carbono, representado en la figura 2.21, describe el movimiento del elemento en diversas formas, incluyendo el CO<sub>2</sub> gaseoso presente en la atmósfera, que aunque constituye una pequeña proporción, es de suma importancia en el contexto global. Un aspecto fundamental de este ciclo, según Manahan (2006), es su papel en la transferencia de energía hacia los sistemas biológicos, así como su eventual incorporación en la geosfera y la antroposfera como carbono fósil y combustibles fósiles.

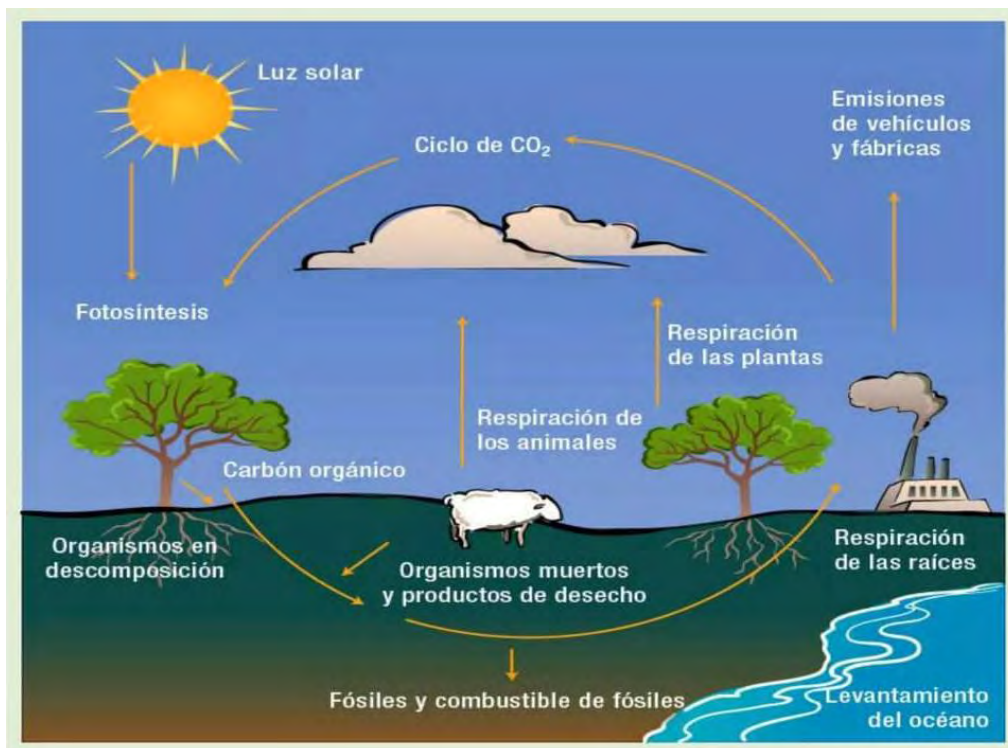


Figura 2.21. El ciclo del carbono.

Nota: Datos tomados de <https://es.slideshare.net/slideshow/el-ciclo-del-carbono-25819403/25819403>

## **Teoría del nicho ecológico**

El nicho ecológico es el modo en que un organismo se relaciona con los factores bióticos y abióticos de su ambiente. Incluye las condiciones físicas, químicas y biológicas que una especie necesita para vivir y reproducirse en un ecosistema. Entre los factores físicos y químicos que determinan el nicho de una especie, tenemos: la temperatura, la humedad y la luz.

Entre los condicionantes biológicos están: el tipo de alimentación, los depredadores, los competidores y las enfermedades.

Por su parte, el hábitat es el lugar físico de un ecosistema que reúne las condiciones naturales donde vive una especie y en el cual se halla adaptada.

Además de los anteriores conceptos ecológicos se ha venido desarrollando la teoría del nicho ecológico, con aplicación específica a las cadenas alimentarias o tróficas.

Esta teoría es de suma importancia en la práctica silvícola, especialmente la aplicada a los bosques heterogéneos tropicales. Según ésta, cada especie existente en un determinado hábitat, es el resultado de cambios genéticos producidos por la competencia, la selección natural, la dinámica de sus poblaciones y su propia capacidad de adaptación y sometimiento al resto de los factores ambientales.

Por consiguiente, cada especie presente posee características diferenciales de las otras con respecto a sus demandas o exigencias del ambiente y sus relaciones con el resto de los organismos.

El nicho ecológico es un concepto reciente difícil de definir y cuantificar. Odum (1971) lo define como un término amplio que incluye el espacio físico ocupado por el organismo, su papel funcional en la comunidad y su posición en cuanto a los gradientes ambientales y otras condiciones de existencia. Así, distingue tres aspectos en el nicho ecológico y los designa como: nicho espacial o de hábitat, nicho trófico, y nicho multidimensional o de hipervolumen.

La conclusión más importante que puede sacarse de esta teoría es que cada especie ocupa un solo nicho ecológico y, por consiguiente, cada una y todas las especies son necesariamente útiles en el mantenimiento de la vida.

Para ilustrar la importancia del nicho ecológico, es decir del lugar que ocupa cada especie en la naturaleza, transcribimos a continuación un relato tomado de la web: ([secundaria.us.es/sanlerrerod/.../ejemplos\\_nichos.htm](http://secundaria.us.es/sanlerrerod/.../ejemplos_nichos.htm) -):

Hay en Gran Bretaña dos especies de cormorán: el común y el moñudo, son dos especies que se parecen mucho. Viven en las mismas extensiones de costas, ambas consiguen pescado nadando bajo el agua, ambas anidan en los farallones y ambas son abundantes y por lo tanto detestadas por los pescadores por robarles su medio de vida. David Lack, eminente ornitólogo británico, estudió los cormoranes para una experiencia sobre el principio de exclusión en la naturaleza.

Fue tal la presión de los pescadores que miles de cormoranes fueron abatidos a tiros. Pero tras aquella matanza la pesca no mejoró, así decidieron que el laboratorio marino de Plymouth hiciera una investigación sobre la dieta de las aves iniciándose una serie de estudios de campo. Los cormoranes moñudos eran más abundantes y consumían fundamentalmente anguilas de arena y arenques pequeños, y no eran estos pescados de interés comercial. Los cormoranes comunes tenían una dieta más variada que incluía pequeños rodaballos, pero ni anguilas ni arenques. Los rodaballos eran una especie comercializada, pero de poco consumo.

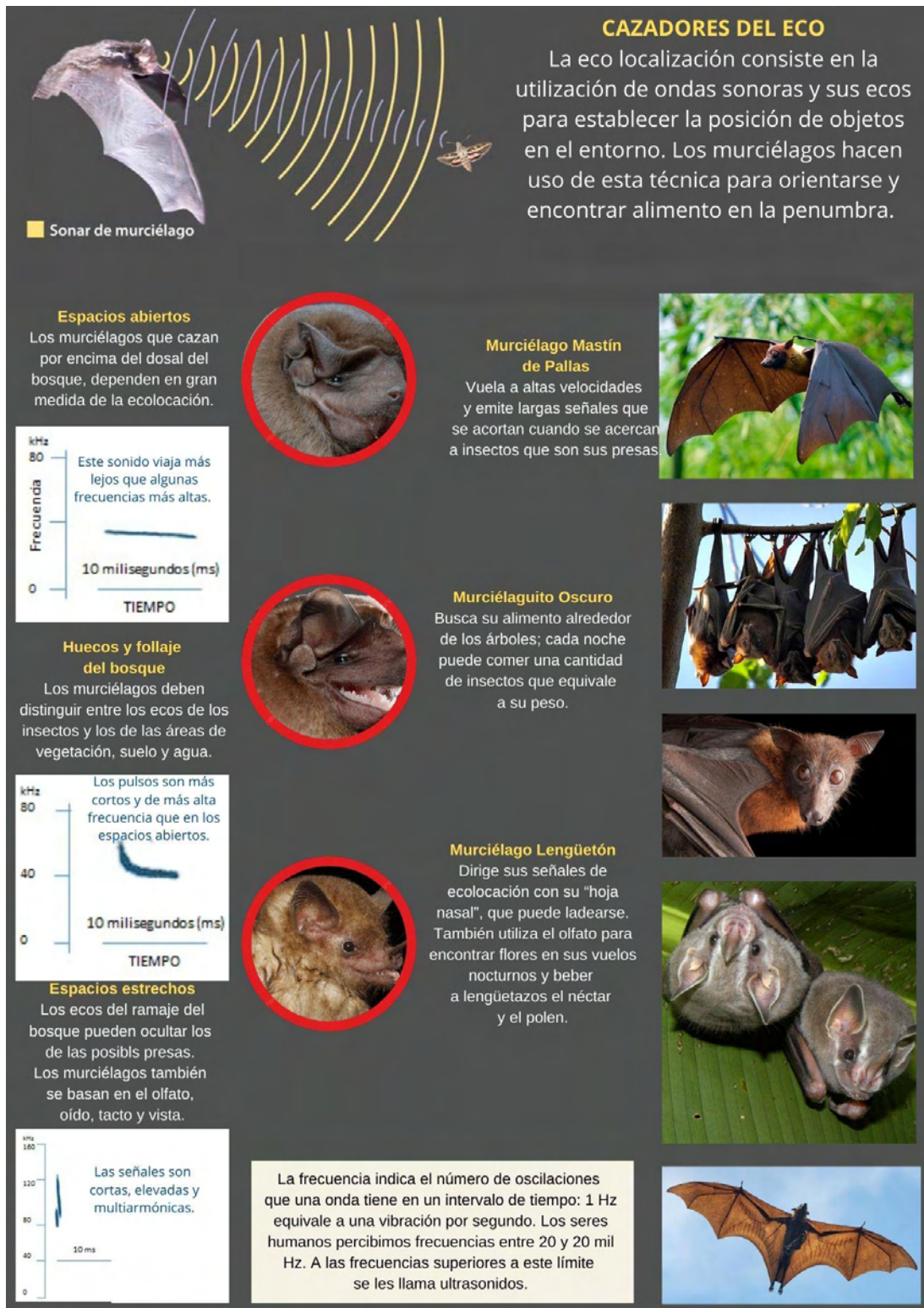


Figura 2.22. Nichos ecológicos de los murciélagos en el bosque.

Nota: Datos tomados de Corredor T. N. (2024)

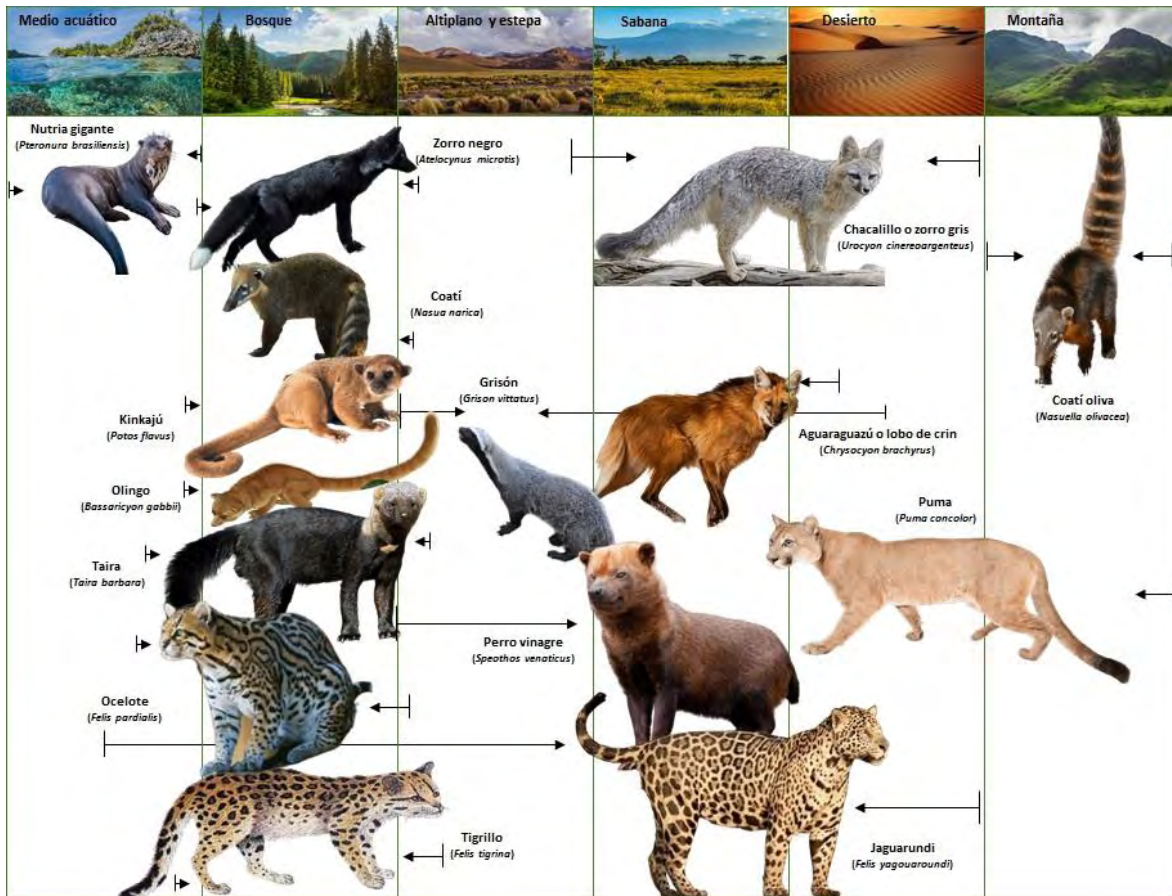


Figura 2.23. Nicho ecológico de algunos depredadores.

Nota: Datos tomados de Corredor T. N. (2024)

Así pues, la ira de los pescadores con los cormoranes estaba totalmente infundada. Estos resultados eran perfectos para el estudio de Lack, ya que la dieta alimenticia de cada especie era distinta, así evitaban la competencia y se ratificaba el principio de exclusión.

Este estudio mostró cómo se garantizaba la captura de los distintos pescados. Los moñudos pescaban en estuarios poco profundos, mientras el cormorán común salía a mar abierto para pescar. Mantenían también separadas sus actividades familiares, ya que los moñudos anidaban a poca altura sobre los peñascos y el común anidaba en las crestas.

En resumen, estas aves tan parecidas entre sí y parientes próximas, tenían nichos perfectamente diferenciados.

### Postulados ecológicos y tratamientos silviculturales

Los procesos ecológicos que tienen mayor relación con el dinamismo de las masas arbóreas y por ende con los tratamientos silviculturales, son: sucesión vegetal, competencia y tolerancia, todos ellos íntimamente relacionados con factores ambientales climáticos y edáficos, y con los procesos fisiológicos y fenológicos en cada árbol.

Los procesos fisiológicos serían los siguientes: reproducción, fotosíntesis, respiración, transpiración, translocación y crecimiento. Entre los fenológicos se cuentan: floración, fructificación, diseminación y caída de las hojas.

FACTORES GENÉTICOS Y AMBIENTALES	PROCESOS FISIOLÓGICOS									
	Reproducción por semillas (Sexual)					Reproducción asexual o por brotes	Sobrevivencia juvenil	Sobrevivencia edad madura	Tasa de crecimiento	Forma y calidad individual
	Cantidad de semillas	Frecuencia de diseminación	Calidad de las semillas	Distribución (Dispersión)	Germinación					
1. Herencia	Moderada	Fuerte	Fuerte	Fuerte	Moderada	Fuerte	Pequeña	Moderada	Pequeña	Moderada
2. Luz	Fuerte	Pequeña	Ninguna	Ninguna	Moderada	Fuerte	Moderada	Fuerte	Fuerte	Fuerte
3. Temperatura	Pequeña	Pequeña	Pequeña	Ninguna	Fuerte	Ninguna	Fuerte	Fuerte	Fuerte	Moderada
4. Agua de lluvia	Pequeña	Pequeña	Pequeña	Ninguna	Fuerte	Ninguna	Fuerte	Fuerte	Fuerte	Moderada
5. Evaporación	Pequeña	Ninguna	Ninguna	Pequeña	Moderada	Ninguna	Fuerte	Moderada	Pequeña	Moderada
6. Viento	Pequeña	Ninguna	Ninguna	Fuerte	Pequeña	Ninguna	Pequeña	Pequeña	Pequeña	Pequeña
7. Textura de suelo	Pequeña	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Pequeña	Ninguna	Moderada	Pequeña	Fuerte	Pequeña
8. Nutrientes	Moderada	Pequeña	Pequeña	Ninguna	Pequeña	Ninguna	Moderada	Moderada	Fuerte	Pequeña
9. Pájaros y animales	Moderada	Ninguna	Ninguna	Moderada	Ninguna	Ninguna	Pequeña	Moderada	Pequeña	Moderada
10. Insectos	Moderada	Moderada	Moderada	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Moderada	Pequeña	Pequeña
11. Hongos	Pequeña	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Pequeña	Ninguna	Fuerte	Moderada	Ninguna	Moderada
12. Fuego	Pequeña	Ninguna	Ninguna	Pequeña	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Ninguna	Moderada

Cuadro 2.2. Grado de relación entre los procesos fisiológicos vitales, la genética y los factores ambientales.

Nota: Datos tomados y adaptados de Baker, F. S. 1950. Theory and practice of silviculture.

### Sucesión natural vegetal o ecológica

En Ecología se llama sucesión ecológica, también conocida como “sucesión vegetal natural”, a la evolución que de manera natural se produce en un ecosistema

por su propia dinámica interna. El término alude a que su aspecto esencial es la sustitución en un ecosistema de unas especies por otras.

En otras palabras, recibe el nombre de sucesión, la serie de cambios continuos que ocurren en una misma comunidad durante un período de tiempo definido. Grupos de plantas, animales y microorganismos son reemplazados gradualmente por otros hasta alcanzar la etapa final estable denominada *clímax climática*.

La sucesión ecológica se pone en marcha cuando una causa natural o antropogénica origina un espacio por la eliminación de las comunidades biológicas presentes en él o las altera gravemente. Las causas naturales que pueden ocasionar esta situación son muy variadas, e incluyen deslizamientos de tierra, aludes, erupciones volcánicas explosivas, inundaciones, incendios espontáneos, etcétera.

La sucesión es un proceso dominado por plantas, donde las comunidades de animales se establecen de acuerdo con los cambios que experimentan las comunidades vegetales. Es un cambio unidireccional, secuencial en la dominancia relativa de especies de una comunidad resultante del proceso natural de organización interna del ecosistema, siempre en equilibrio y dependiendo directamente del ambiente que lo rodea. Es un fenómeno de ocupación progresiva del espacio, con incesantes fuerzas de acción y reacción en ejercicio.

En la figura 2.24 se muestra una sucesión ecológica en un bosque templado, esta sucesión es un proceso natural de restauración y desarrollo que conduce a la creación de un ecosistema estable y diverso.

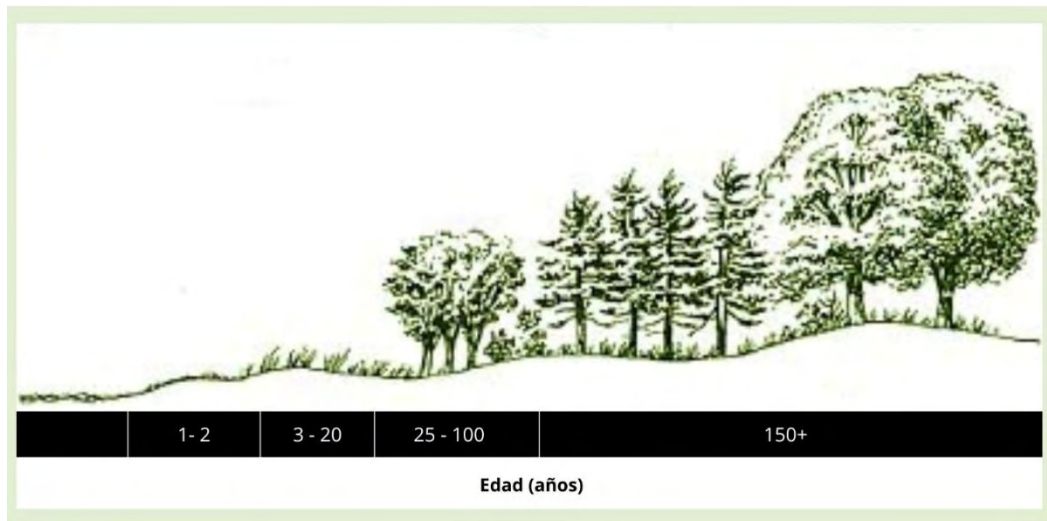


Figura 2.24. Sucesión ecológica en un bosque de la región templada.

Nota: Datos tomados de [https://www7.uc.cl/sw\\_educ/biologia/bio100/html/portadaMIval18.1.3.2.5.html](https://www7.uc.cl/sw_educ/biologia/bio100/html/portadaMIval18.1.3.2.5.html)

En la gráfica 2.25, se puede observar la secuencia de sucesión vegetal. Es relevante mencionar que la sucesión ecológica representa un proceso tanto dinámico como complejo, y las etapas pueden fluctuar según el tipo de ecosistema y las condiciones ambientales que lo rodean.

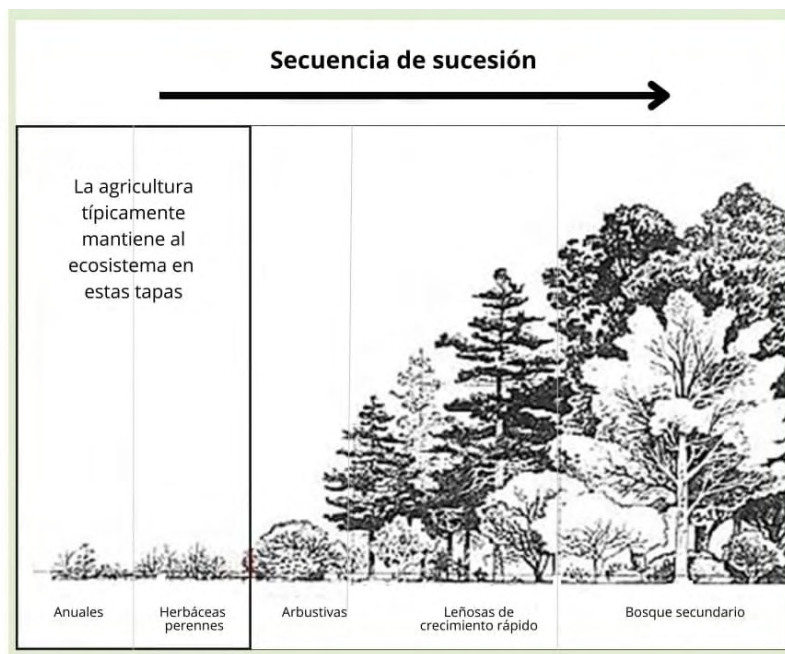


Figura 2.25. Las etapas secuenciales de la sucesión vegetal.

Nota: Datos tomados de <http://ecologia6.blogspot.com>

### **Tipos o formas de sucesión**

Básicamente existen dos tipos de sucesión. La denominada sucesión primaria, que se inicia en áreas donde la vida todavía no existe, por ejemplo, en sitios donde se experimentaron erupciones volcánicas y glaciares y la llamada sucesión secundaria que ocurre en aquellos lugares donde las etapas normales de una sucesión primaria fueron alteradas o interrumpidas, pero sin que se haya destruido toda la vida, por ejemplo, luego de incendios, ciclones, inundaciones o actividades agrícolas y forestales. El gradiente integral de las comunidades que es característico de un lugar se llama *sere* y de acuerdo al sustrato o medio inicial a partir de donde se origina la sucesión primaria, esta toma el nombre de *hidrosere* si se inicia en un medio acuático o de *xerosere* si el sustrato inicial es terrestre (roca).

Como se observa en la figura 2.27, la sucesión primaria es el proceso ecológico que ocurre en áreas desprovistas de vida, como terrenos recién formados o devastados por eventos como erupciones volcánicas. Inicia con especies pioneras (líquenes, musgos) que modifican el ambiente, seguido por el establecimiento de plantas menores y luego árboles, culminando en una comunidad clímax. Este equilibrio puede ser alterado por factores climáticos, ecológicos y evolutivos. Por otra parte, la sucesión secundaria ocurre compuesta en ecosistemas naturales que han sufrido perturbaciones como la deforestación o incendios. A diferencia de la sucesión primaria, esto sucede en áreas donde ya existía vida, lo que significa que el suelo conserva nutrientes, materia orgánica, semillas y organismos. Esto permite que la vegetación se restablezca más rápidamente, haciendo que las primeras etapas de la sucesión secundaria sean relativamente veloces.

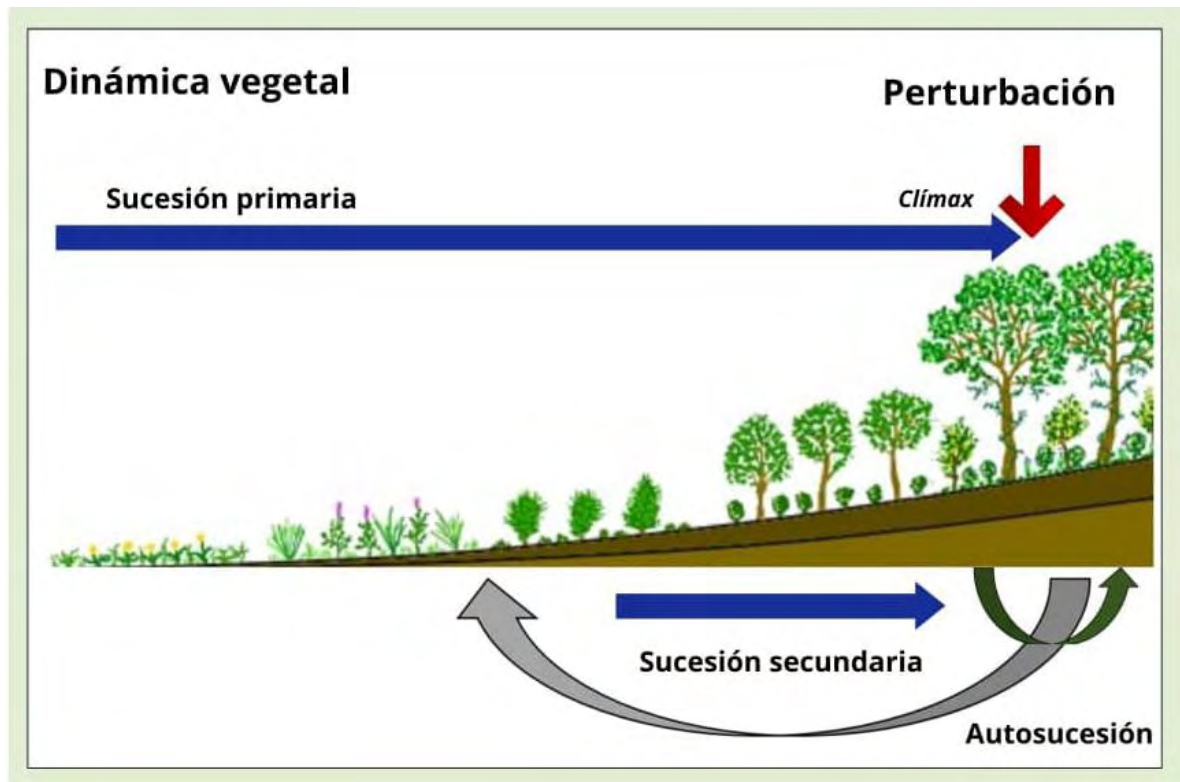


Figura 2.26. Dinámica vegetal de un sistema.

Nota: Datos tomados y adaptados de <http://b-log-ia20.blogspot.com/2015/06/estructura-y-dinamica-de-los-ecosistemas.html>



Figura 2.27. Ejemplos de sucesión ecológica: (1) La sucesión primaria inicia con el establecimiento de especies pioneras como líquenes y musgos.; (2) La sucesión secundaria pasa, con mayor frecuencia, en la naturaleza. Se genera en lugares en los que existía previamente una comunidad biológica, afectada por alteraciones como la deforestación o el fuego.

Nota: Datos tomados de [https://multimedia.uned.ac.cr/pem/planeta\\_planta/page/home.html?s=diversidad\\_3&p=1&t=0](https://multimedia.uned.ac.cr/pem/planeta_planta/page/home.html?s=diversidad_3&p=1&t=0)

## Etapas de la sucesión

La sucesión, como ya fue explicado anteriormente, es un cambio de la estructura y dinámica de un ecosistema a través del tiempo. Es el resultado de la interacción entre fuerzas físicas externas y procesos físicos, químicos y mecánicos generados en el interior.

Los cambios en el tiempo de la estructura y composición florística de la comunidad vegetal generan, a su vez, cambios de la biodiversidad animal que allí existe.

Estos cambios son secuenciales, ocurren en fases denominadas etapas serales que conducen a una etapa final denominada climax, que es la meta ecológica culminante después de la cual no hay grandes cambios en la composición y estructura de una comunidad, debido a que ésta es estable y autosostenible y por lo común posee un espectro diverso de especies y nichos ecológicos que además de capturar y utilizar la energía, procesa sustancias críticas de manera más eficiente que las comunidades más simples.

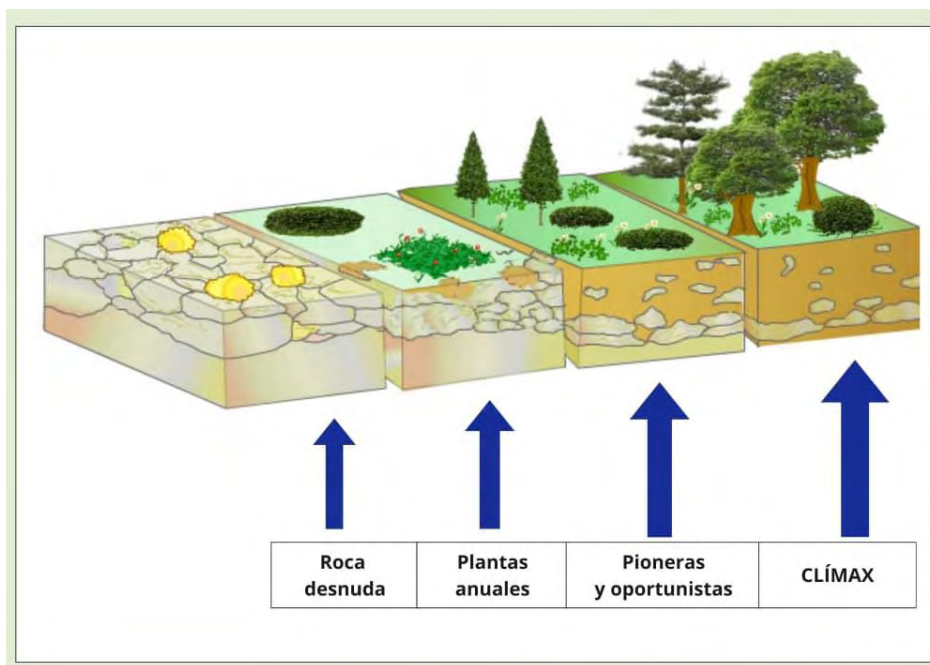


Figura 2.28. Dibujo esquemático de una sucesión vegetal primaria.

Nota: Datos tomados y adaptados de <https://bioteoria.wordpress.com/2015/10/18/ecological-succession/>

En una sucesión se pueden considerar las siguientes etapas:

- Las iniciales o de constitución, donde hay un claro dominio de las especies pioneras u oportunistas caracterizadas por tener muchos descendientes de vida corta como las gramíneas. A esta forma de reproducción se le denomina *estrategia reproductiva r*.
- Las intermedias, o de maduración, donde el claro dominio de las gramíneas y herbáceas perennes paulatinamente es tomado por especies arbustivas y árboles de crecimiento muy rápido además de no tolerantes y con un alto poder de competencia. Posteriormente aparecen especies llamadas secundarias tardías y las primeras especies arbóreas tolerantes.
- Las finales, que concluyen cuando se alcanza la clímax, caracterizada por especies que utilizan los recursos en forma especializada, con baja tasa de reproducción y de vida larga. A esta forma de reproducción contrastante con la de las pioneras, se le denomina *estrategia reproductiva "n"*.

ETAPA	MEDIO FÍSICO-QUÍMICO	MEDIO BIÓTICO
1	Escaso suelo, mucha roca desnuda.	Instalación de plantas herbáceas, musgo, líquenes, crustáceos, gramíneas y leguminosas anuales.
2	Se va enriqueciendo el suelo. Existe cada vez más capa de materia orgánica.	Entre el pasto aparecen los primeros matorrales de pequeño porte y baja talla.
3	El suelo tiene una potente capa de humus.	Con el paso de los años, la diversidad va en aumento. Se instalan ya matorrales de gran porte y se inicia una colonización de especies arbóreas.
4 Clímax	La riqueza de materia orgánica es máxima.	También es máxima la diversidad. Se instalan árboles de hoja caduca de distintas especies, dependiendo del suelo. En los claros del bosque existe una gran riqueza florística y abundante fauna.

Cuadro 2.3. Cambios ocurridos en los medios abióticos y bióticos durante las fases o etapas de una sucesión natural (hipotéticamente simplificada).

Nota: Datos tomados de <https://prueba2.aguapedia.org/master/ponencias/modulo6/sucesion.pdf>

## **Dinámica poblacional**

Es el estudio de todas las variaciones que experimenta una población de individuos de una misma especie. Los cambios se pueden medir mediante parámetros como número de individuos, estructura por edades, crecimiento de la población, etc. El crecimiento poblacional se estudia mediante modelos matemáticos. Uno de los modelos más utilizados para estudiar el crecimiento poblacional es el dependiente de la densidad.

## **Las estrategias “r” y “n”**

Las especies animales y vegetales pueden clasificarse según el tipo de estrategia que los mismos desarrollan en los ambientes en los cuales viven o invaden. Se consideran dos tipos de estrategias, que se diferencian de acuerdo con el llamado valor o índice “k”, el cual se define como el “máximo número de individuos de una población que se puede mantener en determinadas condiciones ambientales”.

## **Características de las especies de estrategia “r”**

Los individuos de una comunidad sucesoral caracterizados por la estrategia “r” pertenecen a las especies que tienen un potencial biótico muy alto cuando se desarrollan en condiciones óptimas. Su población crece exponencialmente debido a que la tasa de natalidad o de regeneración es muy elevada.

Las especies animales tienen muchas crías, a las que prodigan pocos cuidados, tienen una tasa de mortalidad muy alta y sufren grandes reducciones de la población en épocas desfavorables, por lo cual presentan grandes oscilaciones en torno al valor “k”. Las especies vegetales producen gran cantidad de semillas que originan un gran número de regenerandos con un alto poder de competencia.

Son especies adaptadas a colonizar medios vírgenes o inestables, son de pequeño tamaño, de vida media muy corta y edad reproductora temprana. Son especies oportunistas, basan su dinámica en su índice  $r$  máximo, empleando toda su energía en un crecimiento poblacional continuo. Sus hábitats son inestables, por lo que su migración es alta.

Ejemplo de ellas son algunas especies de insectos, peces, plancton, roedores, bacterias, gramíneas, etc. Las especies forestales pioneras en los bosques venezolanos son de abundante regeneración, no tolerantes, de crecimiento rápido a muy rápido y vida corta, por ejemplo, el yagrumo (*Cecropia peltate*), el balso (*Ochroma piramidale*), el bototo (*Cochlospermum vitifolium*) y el guácimo blanco (*Guazuma ulmifolia*).

### **Características de las especies de estrategia “n”**

A este grupo pertenecen las especies que tienen potencial biótico bajo, tasas de natalidad y mortalidad reducidas. Con una cantidad de individuos cuyo monto permanece cercano al índice  $k$ , es decir, al número máximo de individuos que puede soportar el ambiente donde se desarrolla la comunidad. Incluso, esta cantidad en la mayoría de los casos está por debajo del índice  $k$ , ya que de esta manera se asegura que los individuos tienen más recursos de los que llegan a consumir.

Las especies de este grupo son de ambientes estables, forman parte de ecosistemas ecológicamente maduros de gran tamaño, crecimiento lento a muy lento, vida larga y edad reproductiva tardía. Ejemplo de este grupo son algunos insectos como las avispa alfareras, los vertebrados y los árboles tolerantes o semitolerantes, como Pino Iaso (*Decusocarpus rospigliosii*), Charo (*Brosimum alicastrum*), Mijao (*Anacardium excelsum*), Mureillo (*Erisma uncinatum*).

## **Evolución de los parámetros ecológicos en la sucesión natural**

### ***Biomasa y Producción primaria bruta y neta***

En términos ecológicos, cuando hablamos de la producción primaria nos referimos a la cantidad de energía que un ecosistema considerado es capaz de aprovechar. Se consideran dos tipos de producción primaria, la bruta y la neta. La primera corresponde a la energía total fijada a través del proceso de la fotosíntesis por los vegetales del ecosistema, mientras que la segunda es la energía resultante luego de restarle a la primera la energía invertida en la respiración.

Producción primaria bruta (PPB) = Energía total (fotosíntesis)

Producción primaria neta (PPN) = PPB – Energía (respiración)

En las etapas iniciales e intermedias de la sucesión, la biomasa de las plantas del ecosistema va aumentando debido a que la producción primaria neta es positiva, en otras palabras, la energía total fijada por la fotosíntesis menos la energía empleada en la respiración da un resultado positivo.

En las etapas finales cercanas a la clímax, la producción primaria neta, es decir, la parte de la energía total que se invierte en reposición (crecimiento) se va haciendo menor mientras que la que se invierte en funcionamiento (respiración) se hace cada vez mayor, de tal manera que en los ecosistemas continentales, al final, cerca de la clímax, la producción neta (crecimiento) representa sólo una pequeña parte de la producción total o bruta.

Significa que en los ecosistemas muy evolucionados, la tasa de renovación de la biomasa es muy pequeña, con predominio en su composición de especies longevas, y de crecimiento lento, como los árboles o los corales.

Para ilustrar esta aseveración, tomemos el caso de un bosque natural. En los primeros años de la sucesión la cantidad de árboles va aumentando y cada uno de

ellos va creciendo en altura, diámetro y volumen, incrementándose la biomasa hasta un límite determinado por factores ambientales y genéticos.

A partir de allí la tasa de crecimiento empieza a disminuir debido a que el bosque ha alcanzado las últimas etapas de la sucesión y se halla muy cerca de la clímax y en estas la producción neta está muy cerca de “0”, es decir, toda la energía captada en la fotosíntesis es empleada en la respiración y por supuesto la masa vegetal ya no aumenta. Los árboles dejan de producir madera.

### ***Biodiversidad o diversidad ecológica***

La biodiversidad también denominada diversidad ecológica es un parámetro del ecosistema que describe su variedad interna. La primera denominación es más política que científica, mientras que la segunda es la tradicionalmente utilizada por los ecólogos o los biólogos.

La diversidad de un ecosistema depende de dos factores, el número de especies presente y el equilibrio demográfico entre ellas. Estos dos índices en forma conjunta, permiten comparar hipotética o teóricamente dos ecosistemas.

Por ejemplo, si en ambos se registra igual número de especies, se considera de mayor diversidad el que presenta menos diferencias en el número de individuos entre las especies; si ambos contienen igual cantidad de individuos se considera de mayor biodiversidad el que registra mayor número de especies.

Se consideran tres niveles de biodiversidad: entre los ecosistemas, entre las especies y entre los individuos de una especie (genética).

La diversidad ecológica o variedad biológica se puede medir a través de dos componentes: riqueza florística y dominancia ecológica. En líneas generales a medida que se avanza en la sucesión se presenta un aumento de diversidad ecológica.

En el curso de una sucesión desaparecen algunas especies, pero nuevas especies se añaden en mayor número. El número de especies diferentes aumenta a medida que avanza la sucesión.

Por su parte en las primeras etapas la dominancia ecológica es alta porque se reparte entre unas pocas especies. Sin embargo, en las etapas maduras la dominancia se hace menor cada vez más porque se va repartiendo equitativamente entre mayor número de especies diferentes.

La biodiversidad en los ecosistemas terrestres (Figura 2.29) se refiere a la amplia gama de organismos que coexisten en estos entornos. Comprende la diversidad genética, la variedad de especies y la pluralidad de ecosistemas, así como las interacciones que se producen entre ellos. Este fenómeno es esencial para la salud del planeta y proporciona numerosos servicios ecosistémicos que son fundamentales para el bienestar humano.



Figura 2.29 **Imagen de biodiversidad terrestre.**

Nota: Datos tomados de <https://antoniosolerasamblearm.wordpress.com/2015/04/30/propuestas-de-reduccion-de-la-problematica-yo-adaptacion-biodiversidad-terrestre/>

### ***Resiliencia ecológica***

Es la capacidad de un sistema para retornar a las condiciones previas a la perturbación. Es un concepto tomado de la ingeniería y de la psicología.

La resistencia a las perturbaciones aumenta a medida que las etapas de la sucesión se acercan a la clímax. Por ejemplo, luego de un incendio forestal, se inicia en el bosque una sucesión secundaria, por medio de la cual el bosque se recupera, aunque en un largo plazo.

Con el avance de la sucesión, la red trófica se hace más intrincada, como consecuencia de un mayor equilibrio demográfico entre especies del mismo nivel trófico. La desaparición de una especie o la irrupción de otra nueva, tienen menos consecuencias para el conjunto del sistema que en las etapas iniciales.

### **La silvicultura, herramienta fundamental en la lucha contra el calentamiento global y cambio climático**

El *efecto invernadero* y el *calentamiento global*, son dos problemas actuales que amenazan con provocar daños irreversibles a nuestro planeta. Ambos fenómenos se derivan del aumento de la concentración natural de los gases de efecto invernadero como consecuencia de las actividades humanas.

Los bosques, por su relación con el ciclo del agua y su capacidad para absorber grandes cantidades de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), uno de los principales gases de efecto invernadero responsables del calentamiento global y del cambio climático, y expeler oxígeno a la atmósfera, son herramientas fundamentales para mitigar las funestas consecuencias de ese aumento de temperatura sobre la superficie de la tierra y las capas bajas de la atmósfera. Por la anterior razón, la creación, mantenimiento y uso racional y sostenible de los bosques constituye un objetivo fundamental de la Silvicultura.

CARACTERÍSTICAS	ESPECIES	
	TOLERANTES	NO TOLERANTES
Regeneración natural	Se pueden generar aun en sotobosques muy sombríos.	Se pueden generar aun en los claros del bosque.
Copas de los árboles	Densas, gruesas y con abundante follaje.	Abiertas o ralas, con poco follaje.
Crecimiento juvenil en altura	Lento a muy lento (menos 0,4 m/año).	Rápido a muy rápido, especialmente a campo abierto.
Autopoda natural (eliminación de ramas laterales)	Muy lenta o lenta.	Rápido o muy rápido.
Aclareo natural del rodal	Lento a muy lento. Mason (1915) citado por Daniels et al. (1982), relata que un rodal de 70 años de un bosque de la zona templada, tenía 264 mil árboles por hectárea con una altura inferior a 1,5 m.	Rápido a muy rápido.
Capacidad de liberación	De alta a muy alta, excepto cuando han permanecido suprimidas en forma severa por un largo tiempo.	De baja a muy baja. Cuando forman el sotobosque perecen en corto tiempo.
Densidad de los rodales maduros (individuos de igual altura y edad)	Alta.	Baja.
Forma del tronco de los árboles	Cónica.	Ahusada y cilíndrica.
Proporción de hojas de luz y de sombra en el follaje	Mayor proporción de hojas de sombra (parénquima).	Mayor proporción de hojas de luz (parénquima en empalizada).

**Cuadro 2.4 Características contrastantes entre las especies tolerantes y las no tolerantes.**

Nota: Datos tomados de Corredor J. R. (2024)

### *Tolerancia*

Modernamente, el concepto de tolerancia, luego de largas polémicas, se establece como “la relativa capacidad genética y fisiológica de las plantas para desenvolverse en un ambiente determinado, junto con la capacidad de resistir una iluminación de baja intensidad, lo que constituyen las características más importantes”.

Es otro de los conceptos ecológicos de gran importancia en la Silvicultura. Expresa la relativa capacidad de un árbol para competir bajo condiciones de escasa luz y elevada competencia radicular. Los árboles no tolerantes o heliófilos se reproducen con éxito solo cuando encuentran condiciones de campo abierto o el estrato superior o dosel de copas es muy ralo.

Como ejemplo de la aplicación de los conocimientos sobre la tolerancia, se pueden citar los experimentos de Craib (1934), quien señaló patrones de espaciamiento y raleo para las plantaciones de Acacia y algunas coníferas exóticas en Sudáfrica; introdujo un espaciamiento excepcionalmente amplio y procedimientos de raleo muy intensos para prevenir la competencia de plantaciones.

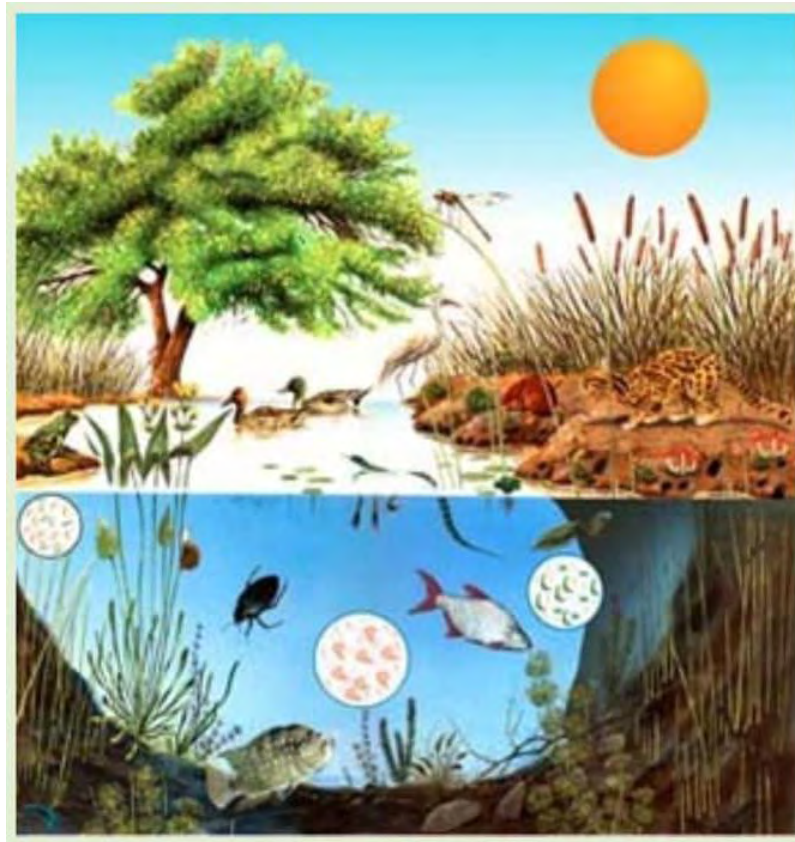


Figura 2.30. **Imagen de biodiversidad terrestre y acuática.**

Nota: Datos tomados de

<https://didactalia.net/comunidad/materiaeducativo/recurso/ecosistemas-acuaticos-y-terrestres-actividades/2f49008e-0fd5-4d49-96bb-b8d69dae17ef>

**El efecto invernadero, el cambio climático, el calentamiento global y la silvicultura**

### ***El efecto invernadero***

Con este término se define al fenómeno mediante el cual algunos gases existentes en la troposfera, retienen parte de las radiaciones de baja frecuencia que no

absorbe y son remitidas hacia el exterior por la superficie terrestre, ocasionando un calentamiento natural como el que se produce en un invernadero.

Cuando la superficie de la Tierra es calentada por las radiaciones solares, solo absorbe aproximadamente el 30 % de tal energía y el resto, alrededor del 70 %, es devuelta al espacio. Esa retención de radiaciones infrarrojas por los gases como el vapor de agua, el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y gas metano, produce lo que se llama el efecto invernadero, fenómeno natural que permite mantener la temperatura del planeta para hacer posible la vida sobre la Tierra.

La parte de la luz solar que atraviesa la atmósfera y llega al suelo, permite ser atrapada por las plantas para realizar el proceso de la fotosíntesis y así crecer y desarrollarse, iniciando la secuencia de la vida.

La atmósfera de la Tierra está compuesta de muchos gases. Los más abundantes son el nitrógeno y el oxígeno, este último es el que necesitamos para respirar. El resto, menos de una centésima parte, son los llamados “gases de invernadero”. No los podemos ver ni oler, pero están allí, entre otros, el dióxido de carbono, el metano y el dióxido de nitrógeno.

En pequeñas concentraciones, los gases de invernadero son vitales para nuestra supervivencia. Cuando la luz solar llega a la tierra, un poco de esta energía se refleja en las nubes el resto atraviesa la atmosfera y llega al suelo. Gracias a esta energía las plantas pueden crecer y desarrollarse.

Mediante el efecto invernadero se identifica la retención de gran parte de las radiaciones de baja frecuencia, que son remitidas hacia el exterior por la superficie terrestre, por parte de algunos gases presentes en la tropósfera como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), vapor de agua (H<sub>2</sub>O), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), clorofluorocarbonos (CFCl<sub>3</sub>) y algunos compuestos halogenados.

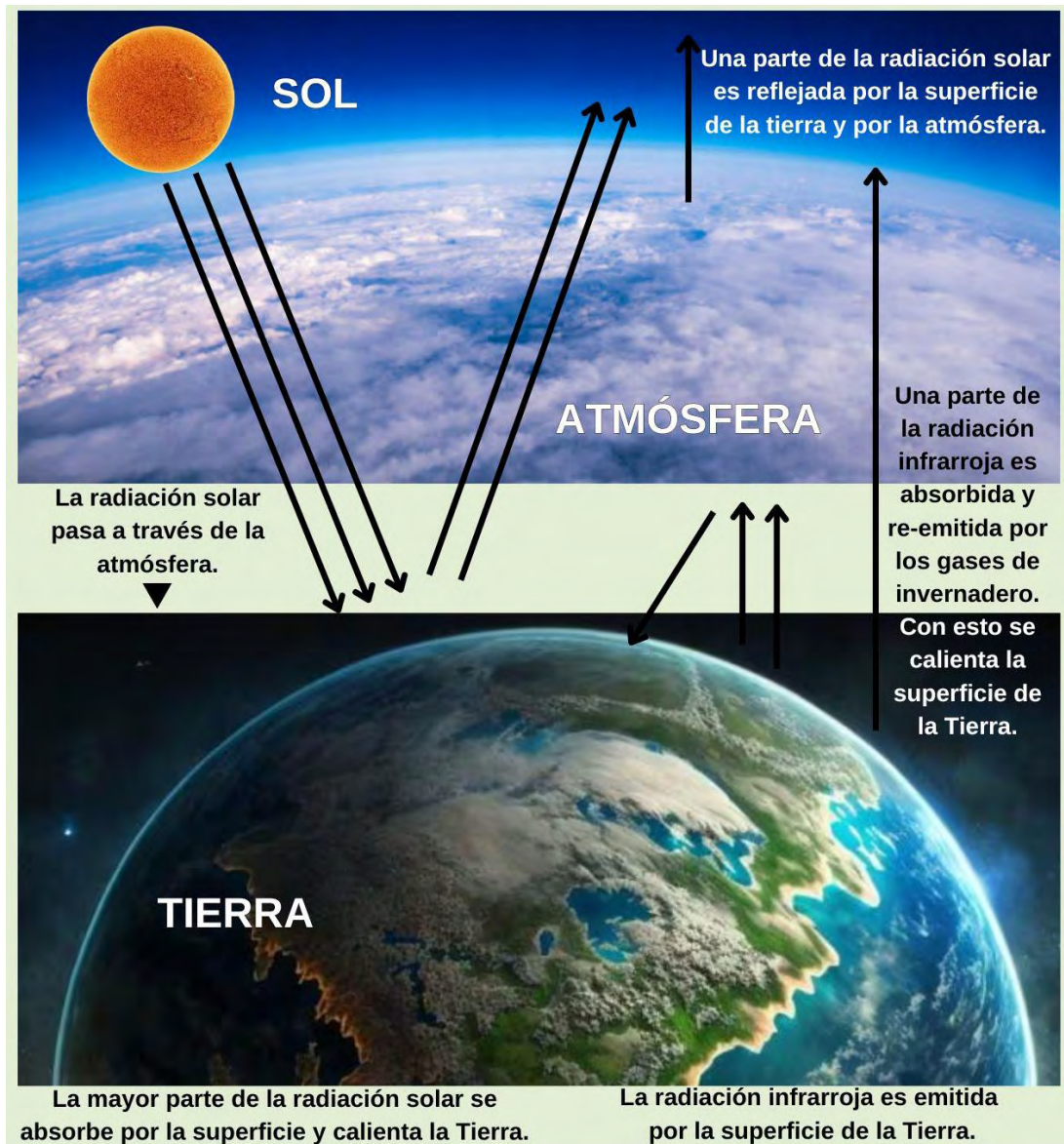


Figura 2.31. **Distribución de la radiación solar.**

Nota: Datos tomados de [https://www.lespanol.com/omicrono/tecnologia/20230411/impresionante-fotografia-sol-lengua-plasma-mide-tierras/755424672\\_0.html](https://www.lespanol.com/omicrono/tecnologia/20230411/impresionante-fotografia-sol-lengua-plasma-mide-tierras/755424672_0.html).

<https://www.muyinteresante.com/naturaleza/8322.html>

<https://www.heraldo.es/noticias/sociedad/2023/06/01/tierra-ya-esta-en-peligro-1655734.html>

Este efecto es el responsable de que la temperatura media en la superficie terrestre sea de unos 15°C. Sin la presencia de estos gases de efecto invernadero la temperatura media en la superficie sería de unos -18°C, y no sería posible la existencia de vida tal y como la conocemos en la actualidad.

Todos los gases del efecto invernadero son naturales, ya existían en la atmósfera antes de la aparición del hombre. No obstante, desde la Revolución Industrial se han producido sensibles incrementos en las cantidades de óxidos de nitrógeno y dióxido de carbono emitidas a la atmósfera, con el agravante de que otras actividades humanas, como la deforestación, han limitado la capacidad regenerativa de la atmósfera para eliminar el dióxido de carbono, principal responsable del efecto invernadero debido al uso intensivo de los combustibles fósiles (petróleo y carbón) en las actividades industriales y el transporte.

### *Cambio climático*

Las actividades humanas generan emisiones de cuatro Gases de Efecto Invernadero (GEI) de larga permanencia: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y halocarbonos (gases que contienen flúor, cloro o bromo) que traen como consecuencia un calentamiento del globo terráqueo, lo que a su vez se refleja sobre el cambio climático que ya se experimenta en los últimos decenios. Los científicos estiman que la temperatura promedio de la superficie terrestre puede llegar a aumentar hasta en 1,2°C en el transcurso de los próximos 50 años (2001-2050), y hasta en 2,6°C más allá del promedio durante este siglo.

El clima en la Tierra es muy difícil de predecir porque existen muchos factores para tomar en cuenta: lluvia, luz solar, vientos, temperatura... Por eso, no se puede definir exactamente qué efectos acarreará el calentamiento global. Pero, al parecer, los cambios climáticos podrían ser muy severos.

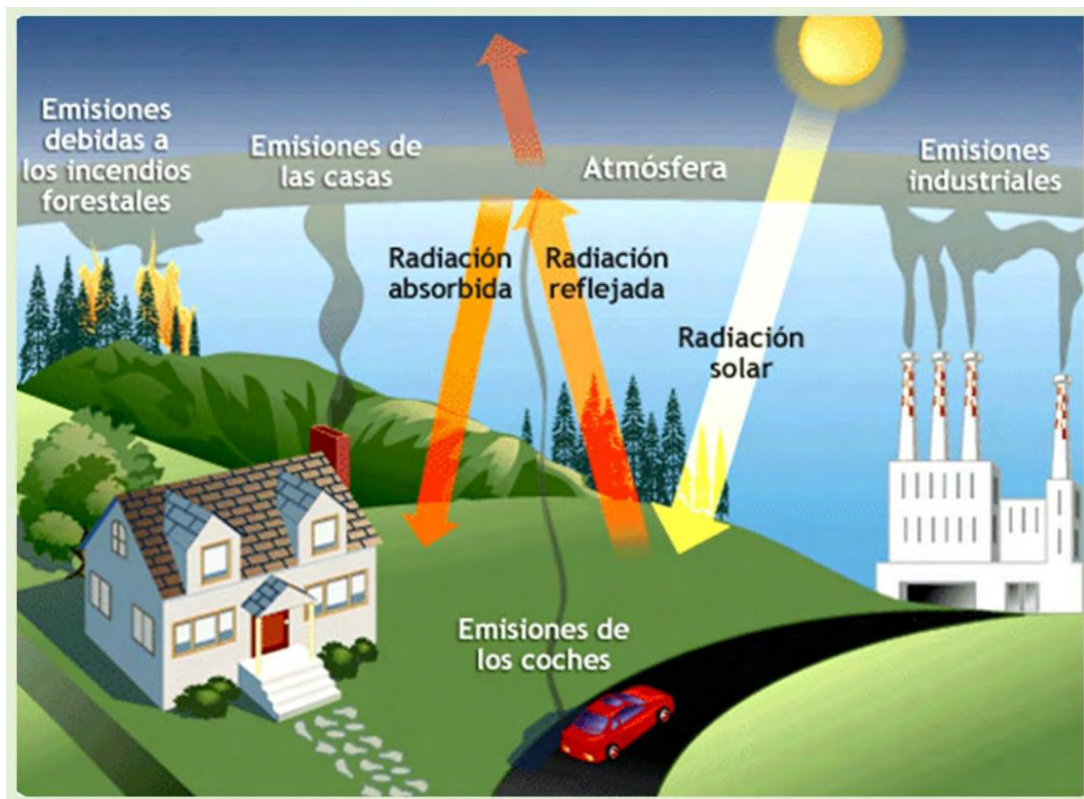


Figura 2.32 Efecto invernadero y cambio climático.

Nota: Datos tomados y adaptados de <https://www.huffingtonpost.es/life/estos-son-arboles-dan-sombra-raices-levantan-suelobr.html>

Descripción	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CF-C11	HCF-23	CF4
Concentración preindustrial	280ppm	700 ppb	270 ppb	0	0	40ppt
Concentración en 1998	365ppm	1.745 ppb	314 ppb	268 ppt	14 ppt	80 ppt
Permanencia en la atmósfera (en años)	de a 200	12	114	45	260	<50.000

Cuadro 2.5 Gases de efecto invernadero afectados por las actividades humanas.

Nota: Datos tomados de Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

Descripción	1990	1995	2000	2005	2007	90-07
						% cambio
CO <sub>2</sub> en millones de toneladas	20.980	21.810	23.497	27.147	28.962	33,0
Población mundial en millones	5.259	5.675	6.007	6.382	6.535	27,7
CO <sub>2</sub> per cápita en toneladas	3.99	3.84	3.87	4.20	4.38	9,8

Cuadro 2.6 Emisiones de CO<sub>2</sub>, en el mundo, procedentes de combustibles fósiles (1990-2007).

Nota: Datos tomados de ICO.

### ***El calentamiento global***

Es un término que ha sido empleado para referirse al fenómeno del aumento de la temperatura media global, de la atmósfera terrestre y de los océanos, asociado al cambio climático que a su vez es ocasionado por el incremento del efecto invernadero producido por la retención que hacen ciertos gases atmosféricos, principalmente CO<sub>2</sub>, del calor reflejado por la superficie terrestre, cuando recibe las radiaciones solares.

En las últimas décadas los contaminantes del aire, en forma alarmante han venido elevando su concentración en la atmósfera formando una capa cada vez más gruesa, atrapando el calor del sol y causando el sobrecalentamiento del planeta. La destrucción de bosques, los gases producidos por las operaciones de las plantas eléctricas que funcionan con carbón y petróleo y la emisión de gases por los automóviles son los principales responsables de esta riesgosa situación.

El calentamiento global ha ocasionado un aumento en la temperatura promedio de la superficie de la Tierra. A causa de la fusión de porciones del hielo polar, el nivel del mar sufrió un alza de 10 a 25 cm, durante el pasado siglo, y se estima continuará aumentando.

La magnitud y frecuencia de las lluvias también ha aumentado debido a un incremento en la evaporación de los cuerpos de agua superficiales, ocasionado por el aumento en la temperatura. Este incremento en la evaporación de agua resultará en un aumento de la intensidad y frecuencia de los huracanes y tormentas. También será la causa de que la humedad del suelo se reduzca debido al alto índice de evaporación, y que el nivel del mar aumente un promedio de casi 60.96 centímetros en las costas del continente americano y el Caribe.

Desde que se comenzó a apreciar este fenómeno los científicos han alertado a la humanidad sobre el problema del calentamiento global. Una pequeña variación en el delicado balance de la temperatura global puede causar graves consecuencias. En los últimos cien años la Tierra ha experimentado un aumento entre 0,4 y 0,8° C de su temperatura promedio.

Los científicos están de acuerdo con que los grandes desastres ocurridos en las últimas décadas se deben al calentamiento global progresivo y su avance a través del tiempo, factores que todavía no han podido ser controlados en forma eficaz. Atribuyen al fenómeno, desastres como el deslave en el estado Vargas, Venezuela-1999, los tsunamis que se han presentado en los países asiáticos en las dos décadas iniciales del siglo XXI, así como los huracanes: Katrina, Wilma, Rita y Mitch.

Advierten que de seguir la escalada en este calentamiento global se podrían presentar, entre otras cosas, sequías severas que disminuirían las fuentes de agua, aumento del nivel de mares y océanos que producirían inundaciones costeras, trastornos de hábitat, desaparición de bosques, con la consecuente pérdida de buena parte de la biodiversidad, trayendo consigo mayor incidencia de plagas y enfermedades.

Según los científicos y las organizaciones ecológicas, los desastres ambientales que amenazan a la humanidad entera como consecuencia del aumento progresivo del calentamiento global, se podrían evitar mediante las medidas que, entre otras, esbozamos a continuación:

- Disminuir el uso de combustibles fósiles (gasoil, diesel, querosene, nafta) y aumentar el uso de biocombustibles (biodiesel, etanol).
- Detener o disminuir la destrucción de los bosques tropicales, ya que estos son el principal sumidero de CO<sub>2</sub>.
- Ampliar la generación de energía a través de fuentes limpias y renovables: hidroeléctrica, eólica, solar, nuclear y mareomotriz.
- Reducir la contaminación de los vehículos utilizando catalizadores en los escapes.
- Instalar sistemas de control de emisión de gases dañinos en las industrias.
- Utilizar técnicas limpias y avanzadas en la agricultura para evitar la emisión de carbono.

- Instalar sistemas que procuren ahorrar energía en los edificios construidos y por construir, tales como el uso de energía solar para calentamiento de agua y refrigeración.
- Incentivar el establecimiento de sistemas de recolección selectiva de basura y de reciclaje.
- Usar racionalmente la energía eléctrica, además del empleo de artefactos eléctricos y lámparas de bajo consumo.

## **Silvicultura y economía forestal**

### **Marco económico de la Silvicultura**

En realidad, son factores económicos los que deciden sobre la aplicación de tratamientos silvícolas en un área determinada. En cualquier manejo forestal se trata de obtener máximos beneficios económicos de una inversión realizada en un bosque. Los tratamientos silviculturales significan gastos que podrían ser considerados como inversión.

Hawley y Smith (1972), sostienen que, en la práctica, la Silvicultura debe hallar un compromiso entre la adaptación estricta a la naturaleza y la obediencia rígida a consideraciones económicas a corto plazo.

El bosque podría ser comparado con una fábrica, pero esta sería muy especial. En ella, a diferencia de las otras industrias, la maquinaria se confunde con la producción. Los árboles son al mismo tiempo, medio de producción, maquinaria o capital. De tal manera que al intervenir sobre el árbol en pie (maquinaria) se está afectando al mismo tiempo el producto final.

Resulta imposible separar los aspectos financieros de la elección de los sistemas silviculturales a emplear en un determinado bosque. Una buena práctica silvícola nunca debe perder de vista el aspecto financiero.

No obstante, la explotación de un bosque sin tomar en cuenta la Silvicultura, no es más que la expoliación y liquidación de un capital acumulado por decenios de años, en forma de árboles en pie con valor económico. Significa sencillamente la eliminación de los bosques naturales existentes en una forma ordenada.

El aprovechamiento racional de un bosque encierra un plan de tratamientos silviculturales, aplicables en cada una de las fases de la vida de la masa arbórea, tales como limpias, podas, aclareos, cortas de regeneración, etc., íntimamente relacionadas con los objetivos perseguidos por el manejo forestal y las condiciones climático-ambientales del lugar.

Dentro del proceso de producción forestal de bienes y servicios, la silvicultura no es más que una parte; sin embargo, se podría decir que es la más importante, porque a ella le corresponde todo lo concerniente a la producción de madera en pie, en cantidad y calidad satisfactorias al objetivo establecido previamente.

### **Niveles de intensidad silvícola**

Existen diferentes niveles de intensidad para la aplicación de los tratamientos silviculturales en un bosque. ¿Cómo se determinaría ese grado de intervención silvícola? Sencillamente, por la cantidad de esfuerzo o de dinero invertido por unidad de superficie (ha) o por unidad de producción (m<sup>3</sup>). Al forestal le corresponde determinar ese grado de intensidad.

La mayor o menor inversión en actividades silvícolas en un rodal estará en función de: la calidad del sitio, los objetivos perseguidos por el plan de manejo, tipo de naturaleza de la masa boscosa, el valor de la producción final de acuerdo con la cotización en el mercado, y la composición y estructura del rodal.

Algunos sitios pueden justificar una silvicultura intensiva, mientras que a otros apenas se podrá aplicar una extensiva, consistente en la extracción de la masa comercial sin intervención adicional para favorecer la masa remanente, por ser ésta de

poco valor comercial debido a la inexistencia o insuficiente número de individuos de especies valiosas.

La silvicultura intensiva, donde se justifique, requiere de grandes inversiones por hectárea buscando rendimiento más elevado, tal como se hace en la agricultura. Sin embargo, producirá beneficios solamente cuando se aplique en los mejores suelos, donde los productos tengan alta aceptación por el mercado y donde los precios de la madera sean altos.

Normalmente el valor de la madera en pie es inferior al 10% del precio final que es el valor de la madera procesada y colocada en el mercado para el consumidor. El 90% restante representa los valores agregados de transporte, manufactura y beneficios que se derivan de estas operaciones.

En los bosques naturales no intervenidos, la mayor parte del proceso de producción resulta de acciones naturales, no hay inversión en silvicultura y el hombre solo actúa en ciertos momentos cruciales. Por esta razón, los precios de la madera en pie no reflejan los costos de producción. Las empresas concentran su atención en la extracción, manufactura, comercialización y mercadeo, descuidando o no considerando la fase de producción de madera, correspondiente a la Silvicultura.

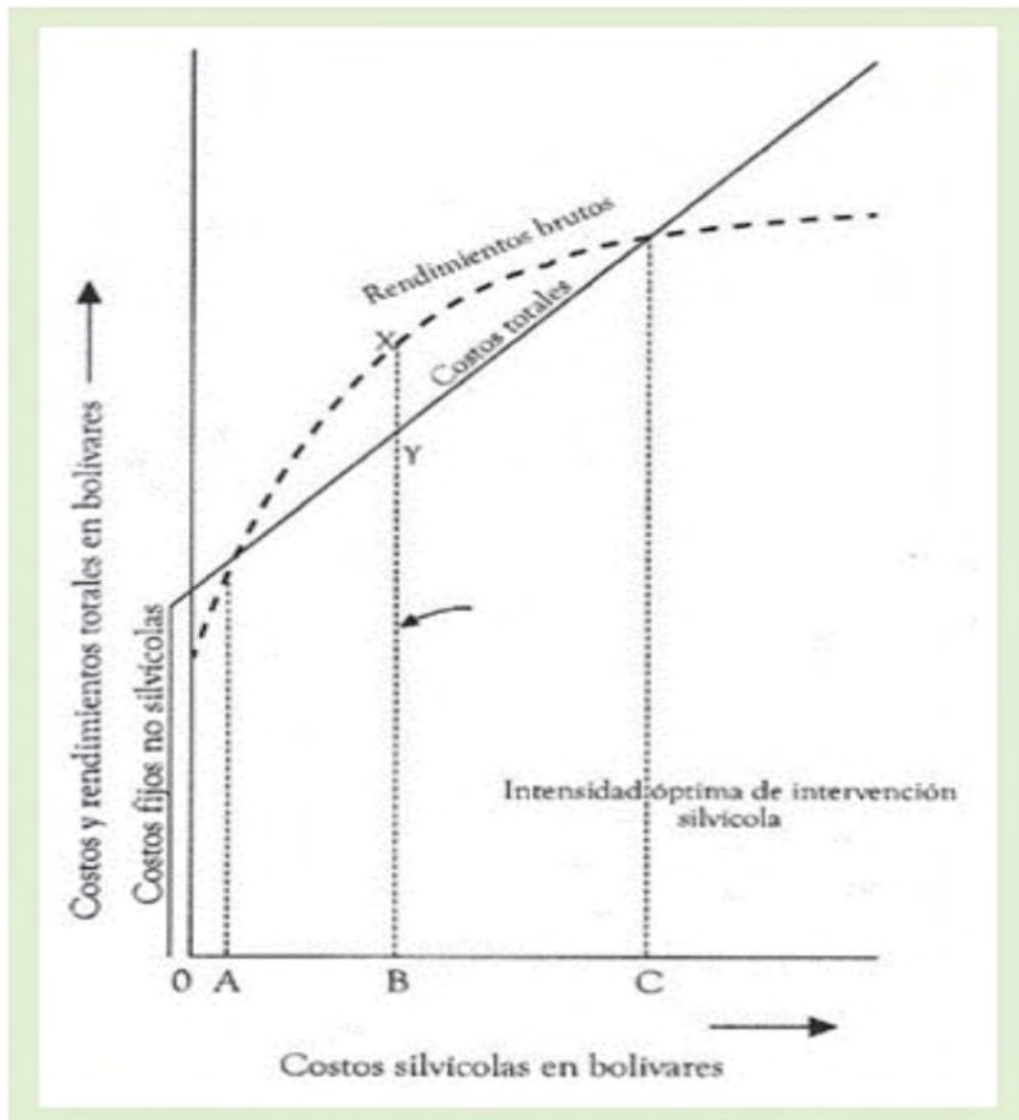


Figura 2.33 Relaciones entre costo, rendimientos y beneficios de las operaciones silviculturales, en una situación hipotética aislada.

Nota: Datos tomados y adaptados de Hawley y Smith, 1972.

Según las condicionantes supuestas en el ejemplo de la figura 2.33, los rendimientos producidos por un terreno forestal sin inversión silvicultural son sobrepasados por los costos fijos de la propiedad.

Si se invierten “A” bolívares en operaciones silviculturales, los rendimientos igualan los costos, sin pérdidas ni beneficios. Si aumenta la inversión silvícola, se incrementan los beneficios hasta el punto en que se invierten B bolívares, la distancia vertical XY se hace máxima, indicando el punto de inversión que produce el mayor beneficio posible.

Si se continúa aumentando la inversión, más allá del punto B, llegando hasta el punto C, comienza a operar la “ley de los rendimientos decrecientes” y los beneficios disminuyen a pesar de que los rendimientos brutos continúen aumentando lentamente. De hecho, las inversiones en operaciones silviculturales superiores a C bolívares producen pérdida.

## **Los costos silviculturales**

Los costos silviculturales abarcan una diversidad de gastos que se relacionan con la gestión y conservación de los bosques. La magnitud de estos costos puede variar de manera significativa, influenciada por factores como el tipo de bosque, las especies arbóreas, la ubicación geográfica, las estrategias de manejo empleadas y los objetivos específicos de la práctica silvicultural. Entre estos costos tenemos:

### **Costos de repoblación**

Este gasto depende del tipo de regeneración a establecer. En la regeneración natural se debe contemplar básicamente el tratamiento del suelo, la remoción de la vegetación remanente indeseable y la eliminación de los residuos dejados por la extracción de la masa comercial.

En la regeneración “artificial”, siembra o plantación, se deben contemplar además de los anteriores, el costo de la semilla o de los plántones producidos en un vivero y el costo inherente a la acción de sembrar o plantar.

### **Costos de las cortas intermedias**

Este gasto es inherente a la aplicación de los tratamientos silviculturales adecuados a cada una de las fases de la vida del bosque. Por supuesto, se está hablando de rodales coetáneos.

La aplicación de limpias, limpiezas, podas, aclareos, cortas de mejora, cortas de saneamiento, etcétera, implica una inversión que se recuperará en el momento de la cosecha final.

### **Costos de protección**

Son los ocasionados por los tratamientos silviculturales aplicados para la prevención o el combate de agentes nocivos: incendios forestales, plagas, enfermedades, macrofauna, etcétera.

### **Costos adicionales al de extracción**

Cuando hay que dejar una parte de la masa sin tocar se deben tomar ciertas precauciones y esto hace que aumenten los gastos. La reducción de la cantidad de material extraído origina un aumento de los costos, debido al trazado de vías adicionales y otras mejoras para evitarle daños a la masa remanente. Estos costos deben cargarse a cada unidad extraída.

### **Costos administrativos silvícolas**

Son los gastos ocasionados por la operación de marcaje de árboles que se van a dejar en pie o, en su defecto, los que se van a cortar. También forman parte de este concepto, los costos debido a la supervisión e inspección de todas las operaciones.

### **Costos debido a la inversión permanente**

Son los que se refieren al valor del suelo (tierra) y al capital representado por los árboles en pie.

En el cuadro 2.7 se sigue un criterio netamente económico. Sin embargo, existen costos y beneficios difíciles de medir en términos monetarios. Por ejemplo, es difícil cuantificar el costo social que significa la pérdida de flora y fauna en un determinado sitio, por el establecimiento de un arboricultivo, así como también es casi imposible apreciar el valor monetario de los beneficios sociales, tales como el disfrute de la plantación como belleza escénica, o la estabilización de una cuenca.

En los países forestales industrializados se tiende a un régimen severo e intenso de manejo silvicultural, mediante repoblaciones de baja densidad, aclareos drásticos y rotaciones cortas. Este manejo no es ideal desde el punto de vista ambiental, colocando la plantación al borde de un grave riesgo biológico.

Año	Actividad	Costo	Ingreso	Balance acumulado	
				Tasa de interés	
		(\$)	(\$)	6%	10%
01	Adquisición de terreno	200		-200	-200
02	Cercado y vialidad de acceso	50		(*) -	(*)
	Vialidad interna	150		422	-436
03	Limpieza, quema de desperdicios	50			
	Arado del terreno	50			
	Plantación de 1200 árboles	50		-658	-685
	Fertilización	50			
09	Aplicación de herbicidas	150		-1158	-1448
10	Aclareo precomercial 1200/800	200		-1438	-1804
13	Poda (2,5 m) de 350 árboles/ha	350		-1946	-2638
18	Poda (5,0 m) de 350 árboles/ha	350		-2314	-3965
	Aclareo 800/550				
24	Rendimiento = 70 m <sup>3</sup> /ha a \$5/m <sup>3</sup>		350	-2557	-6310
	Aclareo 550/350				
31	Rendimiento = 80 m <sup>3</sup> /ha a \$10/ m <sup>3</sup>		800	-1534	-10001
	Aclareo 350/200				
38	Rendimiento = 120 m <sup>3</sup> /ha a \$20/ m <sup>3</sup>		2400	+8103	-9095
	Aclareo 350/200				
38	Rendimiento = 350 m <sup>3</sup> /ha a \$30/ m <sup>3</sup>		10500	+8703	-8495
	Corta final de 200 árboles/ha		200		
	Compensación por costo inicial del terreno				
	(*) Incluye costo de mantenimiento \$10/ha (*) incluye costo de mantenimiento \$10/ha				
<b>BALANCE FINAL</b>				+8703	-8495

Cuadro 2.7 Ejemplo hipotético de evaluación financiera de una plantación comercial de *Pinus radiata* (\*)

Nota: Datos tomados de Shepherd, 1986. (\*) Evaluación financiera basada en los costos directos de establecimiento, mantenimiento anual y tratamientos silvícolas, así como en los ingresos provenientes de la venta de productos, considerando dos tasas de interés sobre el capital invertido.

## Silvicultura y conservación de los suelos

### *El suelo, la erosión y su control*

El suelo está formado por las capas superiores de la corteza terrestre y puede definirse como el medio natural para el desarrollo de las plantas. Está constituido por minerales, materias orgánicas y organismos vivos.

Capas superficiales de la corteza terrestre se pueden desprender en forma natural y luego ser transportadas debido a la acción del agua, viento u otros agentes geológicos, proceso que se conoce con el nombre de erosión. Es un acontecimiento normal y gradual en la naturaleza, que ocurre sin alterarla y por regla general es benéfica y de efectos raramente dañinos debido a que es una simple transposición de mínima cantidad de suelo y capa vegetal y no una pérdida total de suelo.

En ese ambiente natural, la vegetación, con sus masas de tallos, cobertura de hojarasca y la red subterránea de raíces que retienen el suelo, retardan su transposición en la superficie, la cual es producida por la lluvia, el viento y el desplazamiento de otras masas de suelo, grava y rocas.

Las actividades humanas pueden desgastar los suelos originándose la llamada erosión agrícola, que es la verdadera causante de la erosión destructiva. Esta es minimizada en los suelos cubiertos de árboles, arbustos o hierba. Al cultivar la tierra, el hombre elimina la cubierta vegetal original y expone el suelo desnudo a la acción de la lluvia y del viento.

COBERTURA	PÉRDIDA ANUAL DE SUELOS TON/ha
1) Suelo desnudo	126,6
2) Suelo protegido por una tela metálica fina	0,9
3) Campo de maíz, sembrado 0,4 x 1m.	12,3
4) Campo de maíz sembrado 0,27 x 1m.	0,7

Cuadro 2.8. Pérdida de suelo a causa de la lluvia bajo diferentes tipos de cobertura.

Nota: Datos tomados de Harcharik, D.A. y Kunkle, S.H. Plantaciones forestales para la rehabilitación de tierras erosionadas. En lecturas especiales sobre técnicas de conservación. FAO, Roma, 1976.

El agente de mayor influencia en la aceleración del proceso erosivo es la lluvia. La salpicadura de las gotas de lluvia causa un efecto negativo en el suelo desnudo. La pérdida de suelo por efecto de la lluvia es inversamente proporcional a la cobertura vegetal; es decir, la mayor pérdida de suelos ocurre en terrenos desnudos, siendo menor a medida que aumenta la cobertura vegetal.

Las medidas para prevenir o combatir la erosión son de dos tipos: mecánicas y vegetativas. Las primeras se dirigen a desviar o reducir la escorrentía superficial y las segundas a tratar de proteger el suelo mediante una cobertura vegetal. Sin embargo, el efecto de las obras mecánicas será breve si no son acompañadas de medidas vegetativas.

En todo plan de lucha contra la erosión, lo principal es la protección del suelo contra la salpicadura de las gotas de lluvia. La planificación de un programa de conservación de suelos debe contemplar los siguientes aspectos:

- Estudio o análisis del alcance y gravedad de la acción erosiva.
- Estudio del uso de la tierra en grandes áreas.
- Un plan que contemple:
  - ✓ Obras de ingeniería a realizar.
  - ✓ Reforestación a ejecutar.
  - ✓ Cultivos permitidos y prohibidos.
  - ✓ Uso de semillas provenientes de la vegetación natural del área.
  - ✓ Información sobre las propiedades físicas y químicas y la profundidad de los suelos.

Este último punto tiene especial importancia en la elección de la cobertura vegetal correcta. En suelos con una profundidad menor de 30 cm y donde la situación es crítica, se debe elegir en un primer momento un “colchón” de gramíneas, por ejemplo, Vetiver, *Chrysopogon zizanioides*, anteriormente clasificado como *Vetiveria zizanioides*, es una planta perenne de la familia de las gramíneas, nativa de la India.

En suelos de mayor profundidad y donde la situación no es tan grave, se pueden establecer árboles. De todas formas, lo más eficaz en la protección de un suelo es el mantenimiento de una vegetación densa y de varios pisos y una capa continua y entrelazada con un colchón o “mulch” de mantillo sobre toda la cuenca, siempre que ello sea posible.

Con el plan de reforestación es cuando entra en juego la silvicultura y conocimientos relacionados con el desarrollo de la vegetación en general, para la elección a grandes rasgos de las especies a sembrar o plantar. Se debe tomar en cuenta el tiempo que los individuos de tales especies tardarán en cubrir la superficie.

Las herbáceas: gramíneas, cereales, leguminosas y los arbustos tardan menos tiempo porque su desarrollo vegetativo es mucho más rápido, por lo tanto, se utilizan en situaciones críticas que requieren una rápida cobertura y protección del terreno.

Los árboles tardan más tiempo en ofrecer una cobertura completa; sin embargo, ésta es la mejor y de más larga duración. Por otra parte, en ciertas áreas menos críticas se pueden permitir actividades económicas, (frutas, madera, forraje, etc.).

<i>Acacia arábica</i>	<i>Eucalyptus spp</i>
<i>Acacia catechu</i>	<i>Gliricidia sepium</i>
<i>Acacia cyanophylla</i>	<i>Guadua sp</i>
<i>Acacia melanoxylon</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>
<i>Acacia mollísima</i>	<i>Pinus spp</i>
<i>Acacia senegal</i>	<i>Populus spp</i>
<i>Bambusa ssp</i>	<i>Prosopis juliflora</i>
<i>Casuarina cunninghamiana</i>	<i>Robinia pseudoacacia</i>
<i>Casuarina equitefolia</i>	<i>Salix spp</i>
<i>Cassia siamea</i>	<i>Amarix spp</i>
<i>Cuoressus spp</i>	<i>Fraxinus sp</i>

Cuadro 2.9. Lista de especies forestales comúnmente empleadas en el establecimiento de plantaciones de protección.

Nota: Datos tomados de Corredor J. R. (2024)

### **Características de las especies arbóreas a utilizar en el plan de reforestación**

Las especies arbóreas a utilizar en un plan de reforestación con fines de conservación, deben poseer las siguientes características:

- Buena supervivencia y rápido crecimiento en lugares empobrecidos.
- Capacidad de producción de una gran cantidad de mantillo (hojarasca y desechos orgánicos).
- Sistema radicular robusto que se extiende mucho, con numerosas raíces fibrosas. En las zonas de corrimiento o deslizamiento son indispensables las especies con raíces profundas.
- Facilidad de establecimiento y necesidad de poco mantenimiento.
- Capacidad de formación de copa densa, preferiblemente especie de hoja perenne.
- Resistencia natural a insectos, plagas y enfermedades.
- Capacidad de mejorar el suelo. Por ejemplo, las leguminosas incorporan nitrógenos.
- En algunos casos especiales, capacidad de producir algún rendimiento económico.

### **Silvicultura y tecnología de la madera**

#### **La calidad de la madera y las intervenciones silviculturales**

Los usos de la madera son muy variados. Entre los principales tenemos: la industria de la construcción, la fabricación de enseres y muebles, la obtención de pulpa para la industria papelera y como combustible industrial y doméstico.

Cada madera posee características físicas y químicas que la hacen adecuada para determinado uso. De acuerdo con este uso, la definición del término calidad de la madera es variable.

Las propiedades de la madera que determinan su calidad, dependen principalmente de su peso específico, de la longitud de su fibra, del espesor de la pared celular, y de su contenido de celulosa y lignina. De éstas, las más importantes son las dos primeras, aunque la longitud de la fibra haya perdido últimamente relevancia, debido a los avances tecnológicos que ha logrado la incorporación creciente de fibras cortas en la obtención de pulpa.

### **El peso específico y los tratamientos silviculturales**

Uno de los principales criterios para determinar la calidad de una madera es su peso específico, debido a que éste se relaciona en forma directa con la resistencia de la madera y con los rendimientos de pulpa para la industria papelera.

Se llama peso específico de un cuerpo al peso de la unidad de volumen de ese cuerpo. Varía de una especie a otra y dentro de un mismo árbol de acuerdo con la posición que ocupe la parte considerada. Disminuye desde la base del tronco hasta su parte más alta.

En la madera de coníferas existe una considerable variación del peso específico dentro de cada árbol individual. Primero, de acuerdo con el anillo de crecimiento considerado; segundo, según la altura del árbol; tercero, entre la médula -madera de corazón- y la corteza.

El peso específico varía con la latitud, y dentro de ella, según factores genéticos, edáficos y estacionales. Por ejemplo, Cown y Kibblewhite (1980) citados por Shepherd (1986) sostienen que el peso específico del *Pinus radiata* es mayor en bajas y medianas latitudes.

Por su parte Cown (1981), expresa que también el peso específico varía con la altitud y para demostrarlo cita que los individuos de *Pinus caribaea* en Fiji presentan una disminución del peso específico a medida que son plantados a mayores altitudes sobre el nivel del mar. Harris et ál. (1978) demostraron una cierta relación entre el genotipo y el peso específico.

Los tratamientos silviculturales intermedios que afectan la tasa de crecimiento, tales como los aclareos, las podas, la fertilización y el riego, tienen cierta influencia sobre el peso específico, y por ende sobre la calidad de la madera.

Sin embargo, la información obtenida hasta el momento, a pesar de los estudios desarrollados sobre tan importante tema, no es del todo clara o concluyente. Los efectos de la fertilización dependen del elemento nutriente agregado y de las características del sitio, bien sea plantación o bosque.

El principal objetivo de un aclareo es mantener o aun elevar la tasa de crecimiento de los árboles residuales de un rodal. Los aclareos moderados que no inducen a una elevada tasa de crecimiento no tienen efecto apreciable sobre el peso específico de la madera.

Por el contrario, aclareos extremadamente severos pueden conducir a cambios apreciables en el peso específico y calidad de la madera. Wood y Siemon (1981) sostienen que los aclareos radicales o muy fuertes afectan la capa de madera formada anualmente, porque aumentan el ancho de los anillos de crecimiento y reducen la proporción de madera tardía; debido a ello, el peso específico mínimo y el promedio disminuyen, bajando por tanto la calidad de la madera.

Craib (1939) citado por Shepherd (1986) propuso la adopción de prácticas de raleo y podas radicales, presentándose una clara divergencia con los regímenes silviculturales tradicionales europeos. La calidad de la madera obtenida por estas severas intervenciones silvícolas no sufrió merma, para confundir a los silvicultores tradicionales.

Por otra parte, la poda de las ramas más bajas de la copa de un árbol afecta el crecimiento y las propiedades de la madera. Parece ser que la conversión de la madera juvenil en madera madura se acelera. Larson (1969) expresó la hipótesis de que la madera juvenil se produce cerca y dentro de la cubierta verde, mientras que la madera madura se origina en las partes más bajas del árbol, en la base y cerca de la base del tallo lejos de la copa.

La poda de ramas vivas de un tercio o menos de la copa usualmente no afecta de manera notable la tasa de crecimiento. Por esta razón, es recomendable la combinación de podas y aclareos para amortiguar los efectos de estos últimos sobre el peso específico y la calidad de la madera.

El riego es otro tratamiento silvicultural que puede tener efectos sobre la tasa de crecimiento en general y por tanto sobre la proporción de madera temprana o tardía. Hay varios estudios realizados en la zona templada que así lo indican.

Howe (1970) encontró que el *Pinus ponderosa* sometido a riego en el este de Washington produjo de 20 a 30 % más de madera tardía en la porción inferior del tronco. El mismo resultado es expresado por Nicholls *et al* (1964), quienes consiguieron que la irrigación de *Pinus resinosa* en la región de los Grandes Lagos, Estados Unidos, incrementó el crecimiento total, pero la proporción de madera tardía y por tanto el peso específico no se alteró.

Los tratamientos silviculturales no solo afectan las características de la madera sólida, sino que también pueden afectar las propiedades de la pulpa, debido a que el peso específico no solo es determinante de la resistencia de la madera sino también del rendimiento en pulpa. Según Mitchell (1972), citado por Daniel *et al* (1982), la respuesta general de las latifoliadas a la fertilización y el aclareo es un ligero aumento del peso específico en las especies de porosidad en los anillos y ningún efecto en las especies de porosidad difusa.

### **La longitud de las fibras y las operaciones silviculturales**

La longitud de las fibras como expresión de la calidad de la madera, ha venido perdiendo importancia debido a los avances tecnológicos de la fabricación del papel; sin embargo, sigue siendo considerada como indicativo de la resistencia del papel al rasgado y al doblez.

En las coníferas, los incrementos de la tasa de crecimiento que ocurren después de un aclareo y la aplicación de fertilizantes, pueden originar una

disminución de la longitud de las fibras que forman parte del espesor de sus paredes. En las latifoliadas, el aumento de las tasas de crecimiento como consecuencia de prácticas silviculturales, suelen ser acompañadas de un incremento en la longitud de las fibras. Daniel *et al* (1982).

En resumen, el silvicultor puede influir sobre la calidad de la madera mediante tratamientos que incidan en la tasa de crecimiento, como por ejemplo, el espaciamiento inicial en una plantación o la regulación de la densidad y la mezcla en la regeneración de un bosque natural; el control de la densidad en la etapa juvenil, dejando en pie los individuos de mejor porte, más vigorosos y de mayor tasa de crecimiento; y eliminando los árboles defectuosos a través de programas de mejoramiento genético.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	PESO ESPECÍFICO	USOS POSIBLES
Apamate	<i>Taberbuia rosea</i>	0,63	Contrachapados decorativos y de uso general, muebles, puertas. Adecuada para tableros de partículas.
Balso	<i>Ochroma pyramidale</i>	0,26	Relleno en tableros livianos manuales, objetos de artesanía, boyas de pescadores.
Bototo	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	0,33	Relleno en tableros livianos. Tableros de partículas.
Bucare	<i>Erythrina</i>	0,28	Relleno en tableros livianos. Tableros de partículas. Cuando es convenientemente preservada se emplea para embalaje.
Camoruco	<i>Sterculia apetala</i>	0,40	Tripa de contrachapado, muebles rústicos, embalaje, tableros de partículas y postes para cercas.
Candilero	<i>Cordia bicolor</i>	0,54	Embalaje, muebles rústicos, tableros de partículas y postes para cercas.
Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>	0,55	Gabinets y muebles de lujo, objetos torneados, uso exterior y chapas decorativas.
Carabalí	<i>Piptadenia sp.</i>	0,70	Muebles, vigas, bates mangos de herramientas, de escoba, mangos y utensilios domésticos y de lavandería.
Caracaro	<i>Enterobolium sp.</i>	0,39	Relleno en tableros livianos, embalajes, palos de escoba, mangos de utensilios domésticos. Tableros. Postes.
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	0,46	Muebles de lujo y chapas decorativas.
Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>	0,41	Embalaje y tripa de contrachapado.
Coco de mono	<i>Couroupita guianensis</i>	0,44	Tripa de contrachapado, embalaje.
Charo amarillo	<i>Bosimum sp.</i>	0,77	Contrachapado de uso general, y de superficie duras, muebles, vigas, tableros de partículas, palillos, cucharilla para helados, depresores linguales o similares.
Charo negro	<i>Tophis sp.</i>	0,50	Tripa de contrachapado. Apuntalamiento y andamiaje.
Chupón	<i>Pouteria sp.</i>	0,82	Vigas y columnas. Durmientes, crucetas y postes para cercas.
Gateado	<i>Astronium graveolens</i>	1,11	Vigas, muebles, objetos torneados, chapas decorativas, durmientes de ferrocarril.
Guácimo cimarrón	<i>Lucea cymulosa</i>	0,65	Tableros de partículas, embalajes y postes para cercas.
Guácimo blanco	<i>Guazuma ulmifolia</i>	0,39	Tripa de contrachapado, embalaje, tableros de partículas.
Guayabón	<i>Terminalia cfr. Terminalia oblonga</i>	0,61	Vigas, muebles, machihembrado, bates, chapas decorativas, artículos deportivos.
Jobo	<i>Spondia mombin</i>	0,43	Tableros de partículas y postes para cercas.
Lechero	<i>Sapium sp.</i>	0,44	Tripa de contrachapado, embalaje, tableros de partículas.
Mijao	<i>Anacardium excelsum</i>	0,47	Encofrado, tripas de contrachapado.
Mora	<i>Chlorophora tinctoria</i>	0,96	Durmientes, vigas, objetos torneados.
Pardillo negro	<i>Cardia apurensis</i>	0,78	Vigas, muebles, machihembrado, uso exterior, chapas decorativas.
Peruétano	<i>Mouriri cfr. Mouriri guianensis</i>	0,94	Pisos, vigas, uso exterior, objetos torneados, postes y durmientes.
Roble	<i>Platymiscium pinnatum</i>	0,91	Vigas, muebles, objetos torneados, postes y durmientes.
Sangre de drago	<i>Pterocarpus vernalis</i>	0,71	Tableros de partículas, vigas, muebles, postes de cercas, contrachapados, objetos torneados, machihembrado, mangos de herramientas, bates.
Saqui-saqui	<i>Bombacopsis quinata</i>	0,43	Encofrado, contrachapado, muebles, tableros de partículas, tableros de madera y cemento.
Sun sun	<i>Dydimopanax morototoni</i>	0,49	Contrachapado de uso general y de superficies duras, embalaje y tablero de partículas.
Trompillo	<i>Guarea trichiloides</i>	0,70	Vigas, muebles, machihembrado, tableros de partículas de madera y cemento, chapas decorativas.
Urero macho	<i>Pithecellobium guachapele</i>	0,57	Muebles rústicos, embalaje y tableros de partículas.
Vara de María	<i>Triplaris camacasana</i>	0,76	Tripa de contrachapado, embalaje, tableros de partículas.
Yagrumo	<i>Cecropia peltata</i>	0,55	Tripa de contrachapado, embalaje, tableros de partículas.

Cuadro 2.10. Peso específico y posibles usos de algunas maderas de los Llanos Occidentales de Venezuela.

Nota: Datos tomados de Arroyo (1974).

Nombre Científico	Fibra (mm) (1)	Color (2)	Puntos oscuros (3)	Rendimiento Tamizado (4)	Propiedades de resistencia (5)
<i>Carapa guianensis</i>	(1,50) - (1,66) - (1,74)	Promedio	No	Promedio	A
<i>Cassia multijuga</i>	(1,15)	Promedio	Pocos	Alto	A
<i>Croton xanthochloros</i>	(1,70) - (1,74)	Promedio	Pocos	Promedio	A
<i>Didymopanax moratotoni</i>	(1,45) - (1,69)	Promedio	No	Promedio	A
<i>Eugenia anatomasan</i>	(1,48)	Promedio	No	Promedio	A
<i>Eugenia compta</i>	(1,59)	Promedio	No	Promedio	A
<i>Fagara aff. Martinicense</i>	(1,38)	Promedio	No	Alto	A
<i>Genipa americana</i>	(1,74)	Promedio	No	Promedio	A
<i>Guazuma ulmifolia</i>	(1,42)	Promedio	Pocos	Promedio	A
<i>Lecythis davissi</i>	(1,91)	Promedio	No	Promedio	A
<i>Lonchocarpus latifolius</i>	(1,47) - (1,53)	Promedio	Pocos	Promedio	A
<i>Pera glabraita</i>	(1,41)	Promedio	No	Alto	A
<i>Pithecellobium jupumba</i>	(1,47) - (1,53)	Promedio	No	Alto	A
<i>Protium neglectum</i>	(0,96) - (0,98)	Promedio	No	Promedio	A
<i>Protium schomburgkianum</i>	(0,99) - (1,00)	Promedio	No	Promedio	A
<i>Protium sagotianum</i>	(0,98)	Claro	No	Promedio	A
<i>Pterocarpus officinalis</i>	(1,28)	Claro	No	Promedio	A
<i>Pterocarpus robrij</i>	(1,16)	Promedio	No	Promedio	A
<i>Sclerolobium paniculatum</i>	(1,18) - (1,19)	Promedio	No	Alto	A
<i>Simarouba amara</i>	(1,01) - (1,21) - (1,24)	Claro	No	Alto	B
<i>Sloanea guianensis</i>	(1,74)	Oscuro	No	Promedio	B
<i>Spondias mombin</i>	(0,98) - (1,36)	Promedio	Numerosos	Promedio	C
<i>Terminalia guianensis</i>	(1,03) - (1,33)	Promedio	No	Promedio	A
<i>Trichilia propingua</i>	(1,34)	Promedio	No	Promedio	A
<i>Triplaris surinamensis</i>	(0,95)	Promedio	No	A	A
<i>Virola surinamensis</i>	(1,53)	Promedio	No	Promedio	A

(1) Las cifras encerradas en paréntesis corresponden a varias muestras.

(2) Se determinó el porcentaje de la luz reflejada por las pulpas tomando como base la luz reflejada por un papel fieltro. claras: más del 48%; Promedio: 36-48%; Oscura: Nunca del 36%.

(3) Segmentos de vasos con inclusiones resistentes al blanqueo que pasan un tamiz de 0.012 pulgadas.

(4) Rendimiento tamizado estimado para una pulpa de grado blanqueable. Alto: Más del 49%; Promedio: 41-49%; Bajo: Menos del 41%.

(5) Propiedades de resistencia estimadas para una pulpa batida a 350 CSF. A: Todas las propiedades de resistencia por encima del promedio. B: Excelente resistencia al desgarramiento. C: Excelente resistencia a la tensión y al estallido, pero mediocre resistencia al desgarramiento.

CUADRO 2.11. Longitud de la fibra y características generales de las pulpas al sulfato de algunas especies forestales de la Guayana venezolana.

Nota: Datos tomados de Rodríguez S., J. R. (1968)

## Capítulo 3

### Estructura y composición florística de las masas forestales



Estoy satisfecho con el misterio de la eternidad de la vida, con el conocimiento y el sentido, de la maravillosa estructura de la existencia. Con el humilde intento de comprender aunque más no sea una porción diminuta de la razón que se manifiesta en la naturaleza.

*Albert Einstein*

PINO SILVESTRE  
(*Pinus sylvestris*)

[www.https://www.rivapiante.com/product/pino-silvestre/](https://www.rivapiante.com/product/pino-silvestre/)



## Estructura y composición florística de las masas forestales

### Concepto y generalidades

Etimológicamente la palabra “estructura” significa el arreglo o disposición de las diversas partes de un todo. Por ejemplo, cuando hablamos de la estructura de una hoja nos estamos refiriendo a la forma como se disponen o arreglan sus tejidos en un corte longitudinal o transversal.

La estructura de un bosque o de cualquiera de las unidades de vegetación que lo constituyen, se puede definir como el arreglo o disposición de los árboles y otras plantas que lo forman.

Desde el punto de vista silvicultural, estructura es la expresión de múltiples fuerzas y factores que actúan dentro de cada biocenosis o *sinecia*<sup>1</sup>. La estructura de un bosque no es estática ni permanece inalterable. En los primeros años de vida de una comunidad vegetal y durante su fase juvenil se producen los mayores cambios, disminuyendo éstos, y haciéndose más estable la biocenosis a medida que se acerca a la etapa clímax.

Desde el punto de vista organizativo se entiende por estructura cualquier situación estable o evolutiva no anárquica, de una población o comunidad vegetal en la cual, aunque mínima, puede detectarse algún tipo de organización representable por un modelo matemático, una ley estadística de distribución, una clasificación o un parámetro característico.

Cuando se habla de “arquitectura” de un bosque en lugar de estructura, se está indicando un conjunto de relaciones entre las dimensiones de las distintas partes de los árboles, sin tomar en cuenta las especies.

---

<sup>1</sup> Biocenosis: Colectividad de seres vivos en una unidad de medio. Divídese en Zoocenosis y Fitocenosis, según se trate de una colectividad animal o vegetal.

Sinecia: Comunidad biótica formada por animales y plantas que se estacionaron mutuamente y que se mantiene a través del tiempo en posesión de un territorio definido (biótomo) y en un estado de equilibrio dinámico gracias a la reproducción de los propios organismos que la integran, dependiendo solamente del ambiente exterior inanimado, pero no dependiendo, o sólo de manera no esencial, de organismos exteriores a la biocenosis. (Font 2000)

La estructura de un bosque, incluyendo los cambios fenológicos, es función del macroclima y de las modificaciones ocasionadas por las condiciones fisiográficas y edáficas; a su vez, la estructura forestal determina las condiciones microclimáticas.

No obstante, se ignora en qué medida, los factores esenciales citados por Collier *et al* (1973), tales como los mecanismos de dispersión, el medio físico y los efectos bióticos como sombreado, tolerancia-, abrigo o competencia, contribuyen a determinar la estructura de la vegetación de un lugar determinado. En consecuencia, es un estudio esencialmente morfológico.

En los estudios estructurales se puede y se debe analizar la importancia relativa y la posición en el ecosistema de los principales tipos biológicos (árboles, arbustos, lianas, epífitas, etc.), pudiendo también estudiarse separadamente cada uno de ellos.

### **Tipos de estructura**

En Silvicultura, la palabra “estructura” se ha empleado en diversos contextos para describir agregados de árboles o especies que parecen seguir ciertas leyes matemáticas.

Así ocurre con la distribución espacial de árboles y especies, la de los diámetros (DAP) y alturas totales de los troncos, la de diversidad florística y las asociaciones, y la de copas. Meyer (1952), White (1963) y Rollet (1967), utilizan el término al referirse a la distribución de árboles en clases diamétricas. Golley *et al* (1969) lo emplea para referirse a los componentes de la biomasa.

Richards (1939) usa la palabra “estructura” para expresar la distribución de los individuos en tipos biológicos o en estratos, y posteriormente como sinónimo de “arquitectura” del bosque, lo mismo que Grubb *et al* (1963).

Por su parte Goldstein y Grigal (1972), lo emplean cuando se refiere a las comunidades vegetales. Bruning (1970) habla de la estructura del bosque, cuando

describe la “arquitectura” de la cubierta arbórea. Jones (1955) le da este último significado, pero le agrega el concepto de distribución en clases de edad.

Para facilitar la comprensión del término, se podrían separar y considerar los siguientes tipos de estructura:

### **Estructura horizontal**

Se refiere a la forma como se disponen o arreglan los árboles en un plano horizontal. El medio más conveniente para estudiarla, lo constituye la observación de un mosaico de fotografías aéreas (Fotogrametría y Fotointerpretación).

Es posible también estudiarla mediante un procedimiento de campo denominado “levantamiento estructural numérico y de regeneración”, a través de los parámetros combinados de frecuencia y abundancia de las especies.

Un dibujo en planta de la proyección de las copas de los árboles sobre el suelo del bosque que forma parte del perfil estructural, proporciona una idea bastante aproximada de la estructura horizontal y del grado de la cobertura de las plantas que constituyen un bosque.

Cuando estudiamos o analizamos la estructura horizontal de un bosque, previamente debemos distinguir las siguientes unidades silvícolas: rodales, grupos, manchas y árboles sueltos o aislados.

Un rodal es una parte extensa de un bosque que se diferencia de sus contiguos por cualquier característica importante o resaltante: composición florística, edad, calidad, volumen, tratamiento, etc., y que posee su propio medio específico. Es también la unidad básica administrativa, de tal manera que, en un bosque ordenado, el rodal silvicultural debe coincidir con el rodal administrativo.

Un grupo en el sentido silvicultural, es una parte del bosque, de hecho, menos extensa que el rodal, que se distingue por cualquier característica de las superficies

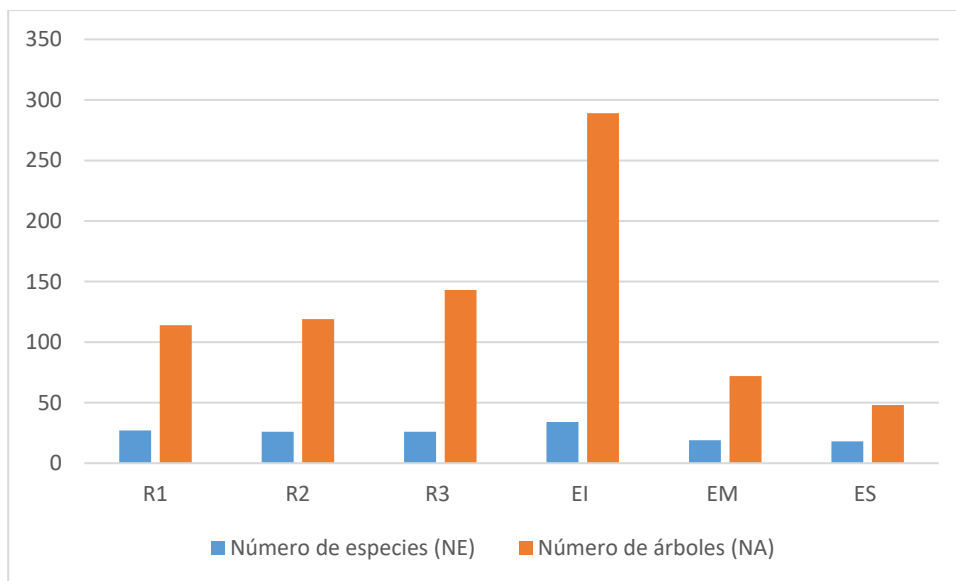
adyacentes; posee un microambiente específico, pero por su extensión reducida se halla fuertemente influenciado por todos lados.

Una *mancha* es un conjunto pequeño de árboles que se distinguen de sus vecinos debido a que poseen alguna característica significativamente diferente. La extensión territorial de su área de influencia es prácticamente nula en el sentido ecológico.

El árbol suelto o aislado es un individuo que se distingue del resto de árboles que lo circundan, por cualquier característica importante.

### Estructura vertical

Se refiere básicamente a la distribución de las copas de los árboles en el espacio aéreo que ocupa tal comunidad vegetal. Una forma de estudiar la estructura vertical de un bosque es a través de las mediciones concernientes a la altura total o hasta la base de la copa.



Categoría de altura (Regeneración y árboles)	Número de especies (NE)	Número de árboles (NA)
R1 (<1 m)	27	114
R2 (<1-3 m)	26	119
R3 (>3m y <10 cm DAP)	26	143
EI (Estrato inferior copas)	34	289
EM (Estrato medio copas)	19	72
ES (Estrato superior copas)	18	48

Figura 3.1 Representación gráfica de la “Estructura vertical” de una hectárea de bosque secundario en los Llanos Occidentales de Venezuela.

Nota: Datos tomados de Corredor J. R. (1987)

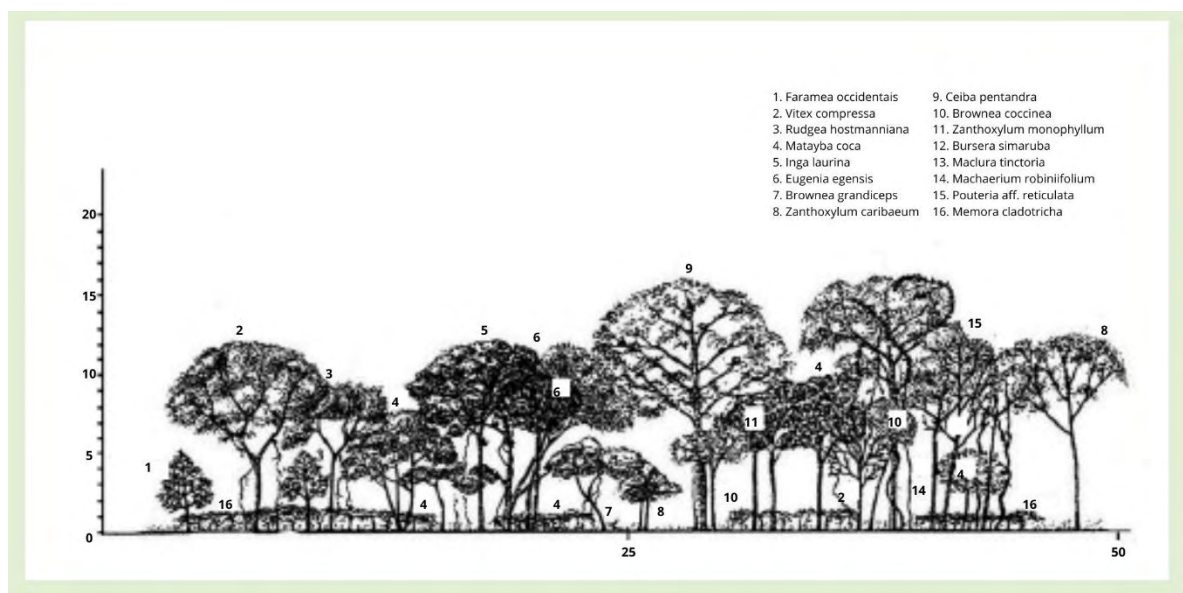


Figura 3.2. Perfil vertical de una parcela de 50 x 2 m en el Parque Nacional Henri Pittier, Estado Aragua, Venezuela.

Nota: Datos tomados de Leython, S. y Ruiz Z., T. (2006)

Muchos autores relacionan estas alturas con la distribución de las copas y masas foliares. Otros han tratado de establecer correlación entre la altura total y la altura del fuste (hasta la base de la copa) y otros entre la altura total y las clases diamétricas.

El estudio de la estructura vertical de un bosque puede ser hecho en forma descriptiva mediante el llamado perfil estructural, o de manera analítica, a través de los llamados levantamientos estructurales numéricos y de regeneración.

El perfil estructural constituye una proyección gráfica de una pequeña franja representativa del bosque, igual a 1.000 m<sup>2</sup> (10 x 100 m), dibujado a escala 1:200 en una hoja de papel milimetrado, tratando de integrar la sección vertical con su proyección horizontal.

La estructura vertical en un estudio analítico, (levantamiento estructural numérico y de regeneración) viene dada por la determinación de la posición sociológica; es decir, por la ubicación de la copa en el espacio aéreo de cada uno de los árboles iguales o mayores de 10 cm. de DAP, registrados en una muestra representativa del bosque, por lo general, una hectárea con dimensiones de 40 x 250 m, 20 x 500 m o de 10 x 1.000 m.

El análisis de la estructura vertical difiere, bien sea que se trate de un bosque coetáneo o uno disetáneo. En los bosques coetáneos, las copas de los árboles se disponen en varios vuelos, pisos o estratos, de acuerdo con la vitalidad o vigorosidad de cada individuo.

En ellos se distinguen cuatro vuelos: a) Vuelo de los dominantes; b) Vuelo de los codominantes; c) Vuelo de los intermedios; y d) Vuelo de los dominados.

En un rodal o bosque coetáneo, cada árbol puede ser distinguido con un número de tres cifras mediante la llamada clasificación decimal de Schaedelin, cuyo esquema en el Cuadro N° 3.1 se muestra a continuación:

CALIDAD DEL FUSTE	CALIDAD DE VUELO											
	Dominante			Condominante			Intermedio			Dominador		
	CALIDAD DE LA COPA											
	Buena	Media	Pobre	Buena	Media	Pobre	Buena	Media	Pobre	Buena	Media	Pobre
Buena	111	112	113	211	212	213	311	312	313	411	412	413
Regular	121	122	123	221	222	223	321	322	323	421	422	423
Mala	131	132	133	231	232	233	331	332	333	431	432	433

Cuadro 3.1 Esquema de la clasificación decimal de Schaedelin (1931) para la codificación de los árboles de un bosque coetáneo, previa a la toma de decisión para la realización de un claro.

Nota: Datos tomados de Hawley R.C. y Smith D.M., *Silvicultura Práctica*, 1972, 377 p.

En los bosques disetáneos, también las copas de los árboles se disponen en varios pisos o estratos. Sin embargo, tal ubicación ya no es una función enteramente de la vigorosidad y productividad, sino, primordialmente de la edad. En ellos, los árboles más jóvenes ocupan los estratos inferiores, mientras que los maduros o sobremaduros se ubican en los pisos superiores.

Holberg (1952) citado por Unesco/Cifca (1980), distinguió tres estratos en los bosques disetáneos de la Región Templada, uno arbóreo, otro arbustivo y otro herbáceo.

Dentro del arbóreo, diferenció a su vez, seis clases de vuelo: Emergentes; Estrato Superior; Árboles con un 75 % de la altura media del estrato superior; árboles con alturas comprendidas entre el 50 y el 75% de la altura media del estrato superior; árboles con alturas comprendidas entre el 25 y el 50% de la altura media del estrato superior; y árboles con alturas inferiores al 25% de la altura media del estrato superior.

En los bosques tropicales, Richards (1939) reconoció tres estratos de árboles: el primero de treinta y cuatro, el segundo de dieciocho y el tercero de ocho metros, además de uno arbustivo.

Wyatt Smith (1963) en estudios realizados en bosques de Malasia encontró los cuatro estratos mencionados en el párrafo anterior, pero con las siguientes medidas: emergentes de 30 a 45 m; árboles del estrato superior de 21 a 30 m; árboles del estrato inferior con alturas menores de 21 m; y un estrato arbustivo.

Taylor (1960) en bosques de Ghana (África) distinguió cuatro estratos: inferior a 6 pies (1,8 m) de altura; entre 6 y 60 pies (1,8-18 m); hasta 160 pies (48 m); y emergentes, hasta 200 pies (61 m).

Lamprecht (1962) distingue, en líneas generales, tres estratos arbóreos para los árboles con DAP igual o superior a 10 cm, en varios tipos de bosques venezolanos. Un estrato superior formando el techo del bosque, un estrato medio formado por las copas ubicadas en la mitad superior del espacio aéreo ocupado por el

bosque, y un estrato inferior, formado por las copas ubicadas en la mitad inferior del espacio ocupado por el bosque.

### **Estructura interna**

Son numerosas las interrelaciones que se pueden establecer entre los árboles presentes en un determinado bosque. Por consiguiente, son múltiples las variables y las fuerzas que actúan dentro y fuera, de él, determinando hasta cierto punto la estructura interna.

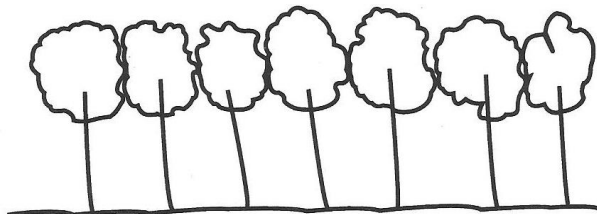
Por ejemplo, en un bosque o rodal se podría determinar la forma y grado de contacto de las copas, el número de árboles por especie y por unidad de superficie, la manera como se asocian o mezclan, los grados de correlación entre el diámetro de la copa y el DAP y entre la altura total y la altura del fuste, la intensidad de la mezcla, etc.

La estructura interna de un bosque se estudia a través de los contactos y relaciones entre las copas de árboles. Así tenemos, la forma y grado de contacto de las copas y la densidad o espesura.

### **Forma de contacto de las copas**

#### **Contacto horizontal**

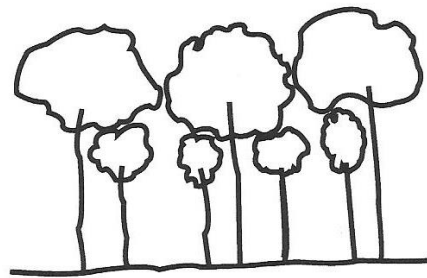
Cuando las copas están al mismo nivel y se tocan solo por los lados. Por lo general los bosques naturales homogéneos y coetáneos son los que presentan este tipo de contacto.



Rollet (1974) indica la existencia, en la Guayana Venezolana, de bosques, periódicamente formados por *Triplaris surinamensis*, *Licania apetala*, y *Macrolobium acaciaefolium*, donde no existe sotobosque y las copas parecen concentrarse en un solo estrato (dosel), formando una cubierta homogénea sin árboles emergentes.

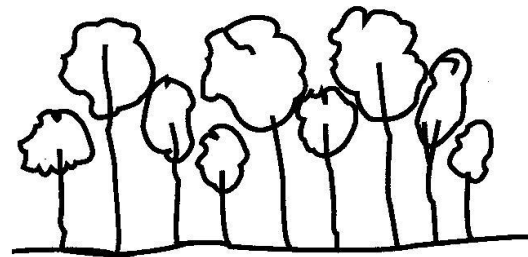
### Contacto vertical

Cuando las copas se encuentran colocadas una encima de la otra, es decir, relacionadas en el sentido vertical. Es una forma muy rara y excepcional que se presenta en muy pocas ocasiones.



### Contacto en escalera

Cuando las copas están irregularmente distribuidas, entonces el contacto entre ellas es posible en todas las direcciones. Es la forma de contacto usual en las masas naturales heterogéneas (mixtas) y disetáneas (irregulares).



### Grado de contacto de las copas

El grado o intensidad de contacto es la forma como se interfieren, unas a otras, las ramas de los árboles. En un bosque o rodal se puede encontrar desde el contacto más intenso, en este caso las ramas de árboles diferentes se “ensamblan” y se

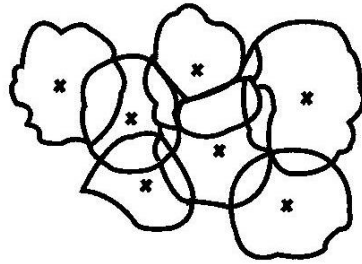
interfieren unas a otras, hasta la ubicación tan abierta o separada que no existe ningún contacto entre las ramas y, por lo tanto, no hay ni la más remota interferencia entre ellas.

El grado de contacto de las copas depende de varios factores, entre otros, los siguientes:

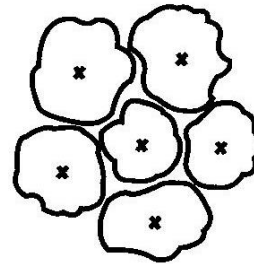
- *Del nivel de tolerancia de las especies consideradas.* En las especies tolerantes (esciófitas) el grado de contacto es más intenso que en las especies no tolerantes.
- *De la edad de los árboles.* En los rodales jóvenes el grado de contacto de las copas es más intenso que en los rodales maduros.
- *De las condiciones edáficas.* Suelos de óptima calidad propician un desarrollo más exuberante y por ende mayor intensidad de contacto entre las copas de los individuos presentes, a diferencia de un suelo más pobre o de menor calidad.
- *Del medio ambiente en general.* Bajo condiciones ambientales favorables, el contacto de las copas es más intenso que bajo características del medio ambiente, en general no favorable al desarrollo de los árboles.
- *De la composición florística del rodal.* En masas heterogéneas se presenta un contacto más intenso entre las copas de los árboles que en masas florísticamente homogéneas.

El grado de contacto es un parámetro descriptivo. Por lo general, se determina mediante la proyección horizontal de las copas de los árboles. Esta proyección forma parte del llamado perfil estructural, ya mencionado. Desde el punto de vista silvicultural es deseable la mayor intensidad posible de contacto porque revela un óptimo aprovechamiento del medio, pero sin afectar el buen desarrollo de cada individuo. En caso de que no exista, es necesario establecer un equilibrio entre la masa productiva y el ambiente forestal, es decir, una intensidad uniforme oscilando entre el contacto normal y el contacto claro, de acuerdo con las condiciones del sitio, las exigencias y la edad de las especies.

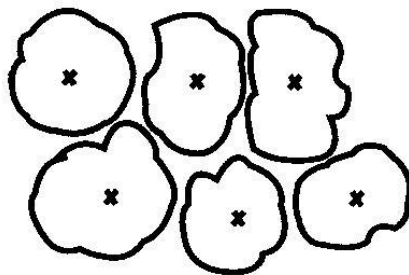
La siguiente escala se puede usar para determinar el grado o la intensidad de contacto para un estrato o para todo el bosque.



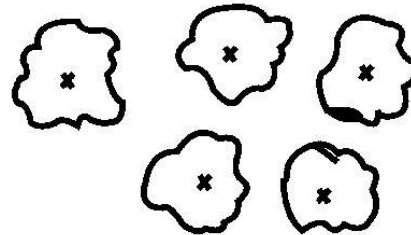
**Contacto intenso.** Las ramas exteriores se entremezclan.



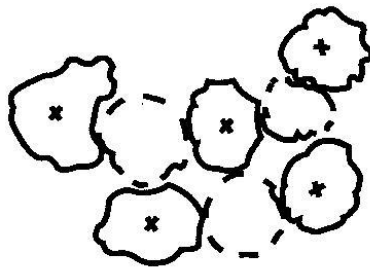
**Contacto normal.** Las ramas exteriores se tocan sin mezclarse.



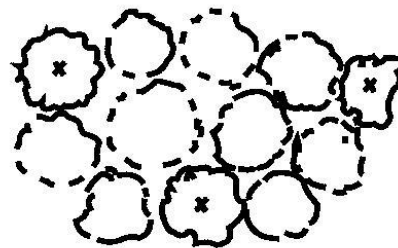
**Contacto ligero.** Las copas ya no se tocan, pero aún se influyen mutuamente de manera indirecta (luz).



**Contacto claro.** Las copas no se influyen, ni siquiera indirectamente.



**Posición separada.** Hay claros del tamaño más o menos del diámetro de una copa.



**Posición abierta.** Los claros entre las copas son tan grandes que sería posible introducir manchas o grupos de árboles.

Figura 3.3. Grado de intensidad o de contacto de las copas de los árboles para un estrato o para todo el bosque.

Nota: Datos tomados de Corredor J. R. (1987)

## La densidad o espesura

Este es uno de los aspectos más importantes que pueden ser estudiados en la estructura interna de un rodal o de un bosque. La densidad es la medida cuantitativa de la población de árboles expresada en forma absoluta en términos del número de árboles, del área basal total o del volumen por unidad de superficie.

También puede expresarse en forma relativa e indirecta representada por números normales, área basal o volumen. Es el segundo factor en importancia, después de la calidad de sitio, para la determinación de la productividad de un bosque o rodal.

La densidad es el principal factor que el silvicultor puede manejar durante su desarrollo. Puede ser bruscamente cambiada por la acción del hombre. Claro está, no se puede aumentar inmediatamente, pero sí se puede rebajar al nivel que se desee mediante la tala o eliminación de individuos que constituyen un rodal.

A través del manejo de la densidad, el técnico es capaz de influir sobre el establecimiento de las especies durante el período de regeneración, y puede modificar la calidad de los troncos, la tasa de crecimiento diamétrico e incluso la producción en volumen durante el período juvenil.

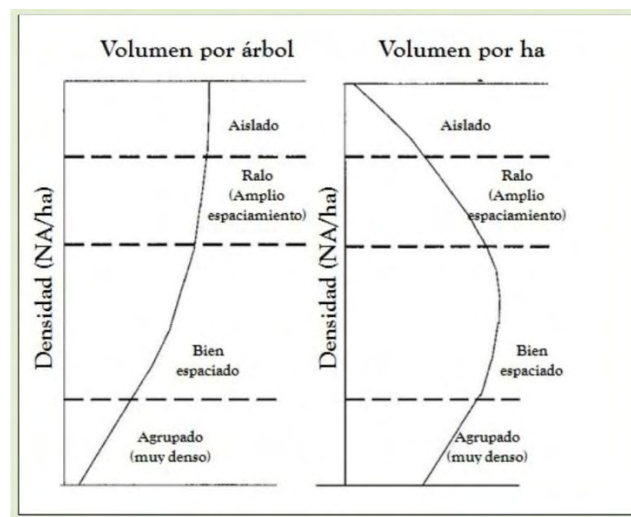


Figura 3.4. Cambios en el volumen por hectárea y por árbol con el aumento de la densidad (número de árboles por hectárea). Nota: Datos tomados de Corredor J. R. (1987)

El estudio de los efectos de la densidad sobre el crecimiento ha demostrado que la correlación entre la primera y el segundo es negativa. Es decir, cuanto más denso es el rodal, tanto menor es el crecimiento del diámetro, debido a que los árboles tienen que competir uno con otro por una cantidad limitada de alimento y de luz solar.

Lo mismo acontece con respecto al crecimiento en volumen. Sin embargo, la correlación entre densidad y crecimiento en altura, dentro de ciertos límites bastante amplios, es muy poca, si es que existe alguna.

En la figura 3.3, se puede observar que el volumen total aumenta con el número de árboles hasta que alcanza una cierta densidad (densidad crítica), después de la cual el incremento en el número de árboles ocasiona una reducción del volumen total. Por el contrario, el volumen individual de los árboles va disminuyendo a medida que aumenta la densidad, debido a la intensificación gradual de la competencia.

### ***Índice de Reineke (Stand density index)***

Se conoce como Índice de Reineke (*Stand Density Index*-SDI) al número de árboles de 10 pulgadas o 25,4 cm de diámetro (DAP) por hectárea de espesura.

$$S=N \left(\frac{D}{25,4}\right)^r$$

Donde:

N = número de pies por hectárea  
D = diámetro medio cuadrático (cm)  
r = constante dependiente de la especie considerada  
o en ausencia de información específica = 1,605

Este índice se ha utilizado en bosques coetáneos o regulares para determinar la espesura máxima, representada por el número total de árboles de 10 pulgadas o 25,4 cm de diámetro (DAP) que pueden desarrollarse en forma óptima por hectárea.

Para obtenerlo, Reineke elaboró diagramas de manejo de la densidad de la masa forestal de un rodal, utilizando un índice basado en el número de pies por hectárea y el diámetro normal del árbol de área basimétrica promedio (diámetro medio cuadrático), representando gráficamente la siguiente fórmula:

$$\ln(N) = k - r\ln(D)$$

Donde:

N = número de pies por unidad de superficie

D = diámetro medio cuadrático

k = constante dependiente de la especie considerada

r = 1,605

Investigaciones subsiguientes han evidenciado que la constante “r” puede fluctuar según la especie considerada, aunque el valor por defecto sugerido por Reineke como estándar, sea admitido ante la ausencia de datos específicos.

El valor de S obtenido se compara con el máximo de la especie (Smax) para determinar la espesura de la masa, respecto a la máxima biológicamente posible. El cuadro 3.2 aparecen los índices de densidad máximos para varias especies forestales.

ESPECIE (nombre común en inglés)	SDI Máximo (pies por acre)	SDI Máximo (pies por ha)	FUENTE (autor)
<i>White fir</i>	830	2050	Reineke, 1933
<i>Red fir</i>	1000	2470	Reineke, 1933
<i>Mixed conifer for CA</i>	750	1850	Reineke, 1933
<i>Douglas fir for WA-OR</i>	595	1470	Reineke, 1933
<i>Douglas fir for CA</i>	600	1480	Reineke, 1933
<i>Eucaliptus</i>	490	1210	Reineke, 1933
<i>Redwood</i>	1000	2470	Reineke, 1933
<i>Ponderosa Pine</i>	800	19800	Reineke, 1933
<i>Loblolly Pine</i>	450	1110	Reineke, 1933
<i>Longleaf Pine</i>	400	990	Reineke, 1933
<i>Slash Pine</i>	400	990	Reineke, 1933
<i>Shortleaf Pine</i>	400	990	Reineke, 1933
<i>Upland Oak</i>	230	570	Schur, 1937
<i>Ponderosa Pine</i>	830	2050	Long, 1985
<i>Lodgr pole pine</i>	690	1700	Long, 1985
<i>Douglas-fir</i>	587	1450	Long, 1985
<i>Western Hemlock</i>	790	1950	Long, 1985
<i>Ponderosa Pine</i>	450	1110	Long and Shaw, 2005

Cuadro 3.2. Índice de máxima densidad (SDI) para varias especies forestales.

Nota: Datos tomados de El Índice de Reineke en [silvicultura.blogspot.com/.../espesura-v-el-índice-de-reineke](http://silvicultura.blogspot.com/.../espesura-v-el-índice-de-reineke)

Entre las restricciones del índice de Reineke se pueden citar: la dificultad para definir el S máximo, que solo es aplicable a masas regulares, y, sobre todo, que no sean aditivas. Es decir, no hay manera de determinar la contribución parcial de árboles individuales o especies (en masas mixtas) o estratos al Stand density index (SDI) total.

### *Índice de Hart - Becking (S)*

También conocido como coeficiente de espaciamiento, se define como la relación entre el espaciamiento medio del arbolado (a) y su altura dominante (Hd), expresado en tanto por ciento, según la fórmula siguiente:

$$S = \frac{a}{Hd} 100$$

El espaciamiento medio (a) se deduce de la densidad (N), de acuerdo con la forma de distribución del arbolado, si es rectangular, cuadrática o al tresbolillo. El parámetro correspondiente a la altura dominante (Hd) se calcula a partir de la altura media de los cien árboles de mayor diámetro por hectárea.

Para el cálculo del espaciamiento medio (a) según la distribución de los árboles en el terreno, se emplean las siguientes fórmulas:

Distribución rectangular:

$$N = \frac{10.000}{a^2}$$

Distribución al tresbolillo:

$$N = \frac{20.000}{a^2}$$

Este método frecuentemente se emplea para graduar la intensidad de los aclareos en rodales o bosques coetáneos, destinados a la producción. Se fundamenta en la consideración de que la altura dominante de una masa arbórea permanece invariable luego del aclareo.

El índice de Hart orienta la intensidad de la corta para diferentes especies de acuerdo con la calidad de sitio, puesto que la altura dominante es un buen indicador de aquella. Con la misma edad, la mayor altura señala la mejor calidad de sitio.

Concluyendo, el Índice de Hart-Becking es solamente un buen criterio de espaciamiento para aclareos en bosques regulares productores, si se emplea en su justo valor.

Edad (años)	Hd (metros)	N (pies/ha) inicial	9% inicial	N (pies/ha) final	9% final
30	7,0	3.362	26,5	2.009	34,3
40	9,0	2.009	26,6	1.309	32,0
50	10,7	1.396	26,9	1.061	30,8
60	12,1	1.061	27,3	857	30,3
70	13,3	857	27,6	714	30,2

Cuadro 3.3. Índice de Hart-Becking antes y después de los aclareos en plantaciones de *Pinus sylvestris* en el Sistema Pirenaico para un régimen moderado de claras en calidad III.

Nota: Datos tomados de García, j. L. y Tella Ferreiro, G. (1986) en [www.forestales.net/](http://www.forestales.net/)

[archivos/forestal/pdfs.24/índice\\_Hart\\_Becking.htm](http://archivos/forestal/pdfs.24/índice_Hart_Becking.htm)

### Estructura diamétrica

Los diámetros de los troncos de los árboles de un bosque pueden ser ordenados y arreglados en intervalos denominados clases *diamétricas* o *categorías de grosor*. El tamaño o amplitud del intervalo oscila entre los 5 y los 20 centímetros, siendo mayormente utilizado el de 10 centímetros.

La estructura diamétrica puede ser estudiada para todas las especies del bosque en conjunto, o para grupos de ellas, por ejemplo, comerciales, potencialmente

comerciales y marginales, o por separado para cada una de las especies, en cuyo caso se observa una gran diversidad de comportamientos, especialmente en los bosques tropicales.

Cuando se considera la estructura diamétrica de un bosque o rodal en su totalidad, se pueden encontrar dos casos extremos, rodales de edad uniforme (todos los árboles tienen la misma edad) o rodales de edad no uniforme (cuando los árboles presentan por lo menos tres clases distintas de edades). Entre estas dos formas extremas se encuentran muchas intermedias, algunas de las cuales son fácilmente identificables. (Figura 3.4).

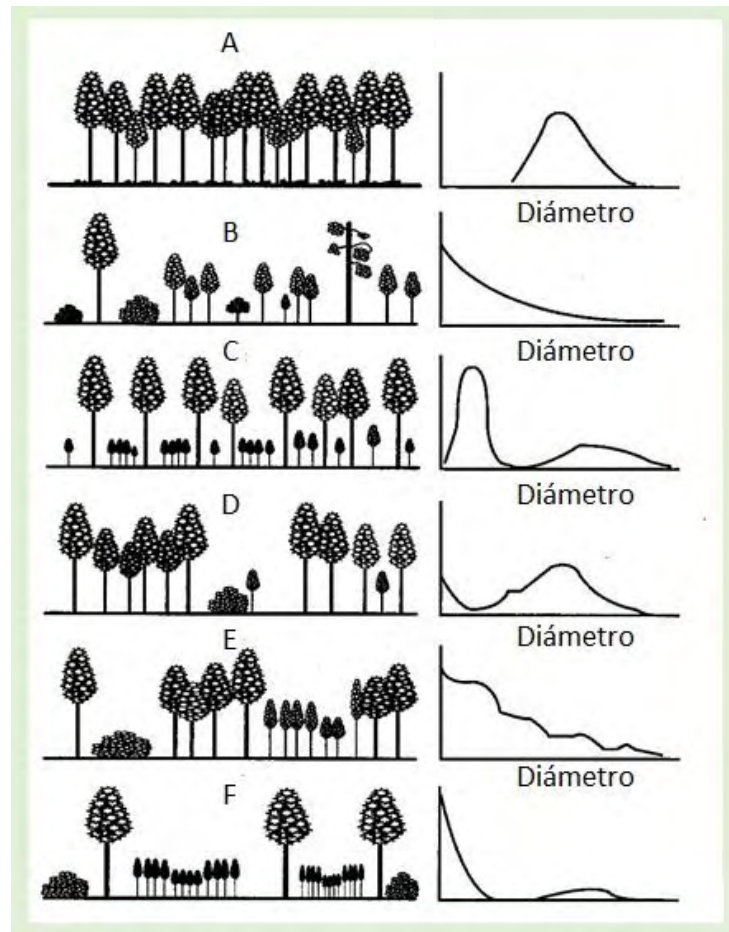


Figura 3.5. Apariencia, características y gráficas de los rodales de edad uniforme, no uniforme y otras formas intermedias: A, edad uniforme; B, edad no uniforme; C, niveles escalonados; D, irregular; E, grupos de edad uniforme; F, forma de reserva.

Nota: Datos tomados de Baker, (1950).

En el análisis estructural de un bosque, los datos referentes al diámetro se pueden presentar en forma gráfica y a través de tablas. Las gráficas y tablas pueden representar todo el bosque, grupos de especies o especies en particular.

CLASE DIAMÉTRICA (centímetros)	Bosque secundario joven		Bosque secundario maduro			
	cantidad árboles	en % del total	de banco		de bajo	
			cantidad árboles	en % del total	cantidad árboles	en % del total
10-19,9	513	83,28	177	50,14	114	42,70
20-29,0	80	12,99	75	21,25	53	19,85
30-39,0	15	2,43	37	10,48	43	16,10
40-49,0	4	0,65	23	6,52	25	9,36
50 y más	4	0,65	41	11,61	32	11,99
TODAS	616	100,00	353	100,00	267	100,00

Cuadro 3.4. Estructuras arregladas en clases diamétricas en una hectárea promedio de tres tipos de bosque: a) secundario joven (13 años); b) maduro de “banco” (suelo arenoso y buen drenaje) y; c) maduro en “bajo” (suelo arcilloso y mal drenaje). El Caimital, Distrito Obispos, Estado Barinas, Venezuela.

Nota: Datos tomados de Corredor, J.R. (1987)

### Área basal

El área basal de una población es la suma de las secciones de los fustes medidos a 1,30 m del suelo, o por encima de las raíces tabulares pertenecientes a todos los árboles de una superficie determinada y mayores de cierto diámetro en un espacio definido.

El área basimétrica da una idea del grado de ocupación del espacio por los árboles. Generalmente se refiere a una hectárea y a varios límites inferiores de diámetros. Por ejemplo, 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, 50 cm, 60 cm.

El área basal se puede calcular fácilmente a partir de la distribución de diámetros. Si los puntos medios de las clases diamétricas son  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$ , etc., con frecuencias respectivas  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $N_3$ , etc., el área basal será:

$$\frac{\pi}{4}(D_1 \cdot N_1 + D_2 \cdot N_2 + D_3 \cdot N_3 + etc \dots)$$

Esa suma por lo general se refiere a una hectárea y a un límite inferior del diámetro, a partir del cual se hacen las mediciones. En estudios silviculturales, la medición se hace a partir de 10 cm, y en los inventarios forestales se efectúa a partir de 20 cm.

### Relaciones dendrométricas

Ogawa *et al* (1965) citados por Unesco/Cifca (1980) encontraron que las alturas totales y las alturas hasta la base de la copa parecen variar en función del diámetro, siguiendo una ley parabólica o hiperbólica.

No obstante, para diámetros grandes, por ejemplo 60 cm, existe casi independencia entre estos y la altura total. Lo mismo ocurre en el caso de las alturas comerciales (altura del fuste hasta el primer defecto) y los diámetros iguales o mayores de 40 cm.

Esto origina la posibilidad de estimar volúmenes comerciales brutos, utilizando el producto del área basal por la altura comercial media ponderada, mediante un coeficiente de forma. Lo cual significa ahorro de tiempo considerable debido a que no es necesario medir la altura comercial de todos los árboles.

En África, De Saint Aubin (1963) citado en Unesco/Cifca (1980), obtuvo una buena estimación del volumen comercial en  $m^3$  para *Aucoumea klaineana* multiplicando por 10 el área basimétrica expresada en  $m^2$ .

En la misma dirección, Walker (1964) citado en Unesco Cifca (1980) demostró que en los bosques ombrófilos siempre verdes y semicaducifolios de

Nigeria, entre el volumen sin corteza de seis especies con importancia comercial y el área basal existe una correlación casi lineal. No obstante, la pendiente de la recta de regresión varía mucho, según la especie.

Rollet (1974) sugiere que existe una relación proporcional entre las áreas basales y los volúmenes comerciales para la Guayana venezolana, indicando que el factor que relaciona ambas variables es ligeramente inferior a 10.

Como corolario, se puede decir que cuando se consideran diámetros iguales o mayores a 40 centímetros, la media de los productos, altura comercial por coeficiente de forma, obtenidos para cada árbol, es aproximadamente constante. Por consiguiente, se pueden realizar estimaciones del volumen comercial bruto con bastante aproximación, mediante pequeñas muestras representativas, a partir del área basal.

## **Composición florística de un bosque**

Es un factor de gran importancia en el manejo. De acuerdo con ella, un bosque puede ser puro (homogéneo) cuando se compone de una sola especie, o mixto (heterogéneo) si está constituido de varias especies diferentes. Sin embargo, los bosques perfectamente puros (una sola especie) ordinariamente son muy raros y por ello se ha convenido en designar Bosques Puros a aquellos constituidos en un 90% o más de una sola especie.

### **Bosques puros u homogéneos**

Los bosques puros pueden ser naturales, antropógenos (influencia indirecta del hombre) y creados por el hombre directamente (plantaciones).

Las masas boscosas naturales puras se pueden formar en las siguientes condiciones:

- En áreas extensas donde existan idénticas condiciones ambientales.
- donde existan condiciones ambientales especiales (edáficas) que excluyen el desarrollo de todas las especies forestales, con excepción de una.
- donde existan condiciones ambientales favorables para el establecimiento y desarrollo de una determinada especie, con gran poder sociológico de competencia que le permite suprimir a las demás.

En Venezuela generalmente se cumple la primera condición. La segunda y tercera condición son excepcionales, lo cual determina que se presente como en la mayor parte de la Región Tropical, un equilibrio de competencia entre las especies.

Por lo tanto, los bosques naturales puros en Venezuela son escasos, algunos ejemplos de ellos citaremos a continuación:

- Ciertos tipos de manglares (condiciones edáficas).
- El bosque andino de *Polylepis sericea* (condiciones climáticas).
- Ciertas fases en el desarrollo de bosques secundarios jóvenes -pero sólo temporalmente- (condiciones ambientales más poder sociológico de competencia).

Los bosques puros antropógenos se deben a la acción indirecta del hombre. En Venezuela podemos citar los siguientes ejemplos: los chaparrales, originalmente bosque tropófito macrotérmico; los alcornocales, originalmente bosque tropófito macrotérmico y los cujisales, originalmente bosques xerofíticos.

Los bosques puros creados por el hombre en los trópicos tienen su origen principalmente, en las plantaciones forestales comerciales con una sola especie. Existen ejemplos en todas las latitudes, pero son notables las plantaciones de *Pinus radiata* en Chile y *Eucalyptus spp* en Brasil; en Venezuela tenemos las plantaciones de *Pinus caribaea* en el oriente del país.

La creación masiva de bosques plantados se inició en Europa en los últimos años del siglo XVIII. Las especies utilizadas fueron el *Pinus pinaster* y el *Populus spp.*

En las primeras décadas del siglo XX se establecieron bosques plantados en Nueva Zelanda, África del Sur, Brasil, Argentina y Chile. Las especies plantadas fueron, principalmente: *Pinus radiata* D. don en Chile y Nueva Zelanda; diversas latifoliadas y *Pinus spp* en Mozambique (África del Sur), país que actualmente cuenta con más de 800 mil hectáreas de plantaciones altamente productivas; *Eucalyptus spp* en Brasil, donde actualmente existen más de 600 mil hectáreas plantadas con las especies de tal género, y el *Populus spp* en Argentina.

Desde la segunda guerra mundial se intensificó en algunos países mediterráneos el establecimiento de plantaciones forestales, destacándose el caso de España y los países de Europa Oriental.

### **Bosques mixtos o heterogéneos**

Los bosques mixtos se componen de más de una especie, y pueden ser naturales o artificiales. Se desarrollan en las siguientes condiciones:

- Las áreas de distribución natural de varias especies son idénticas o se superponen, por lo menos parcialmente (clima).
- Ninguna especie natural es favorecida por condiciones locales de una manera exclusiva, en comparación con las demás (suelos).
- Ninguna especie es dotada de una vitalidad y poder de competencia tan elevados, que podría eliminar las demás especies (interrelación fitosociológica).

En los trópicos, por lo general, se presentan las tres condiciones anteriormente descritas y, por consiguiente, se originan mayormente bosques naturales mixtos o heterogéneos.

Los bosques mixtos artificiales se originan en plantaciones, pero son más bien raros. Se establecen, primordialmente, como medidas vegetativas complementarias a las medidas mecánicas en programas de conservación o de recuperación de suelos.

### **Análisis comparativo entre los bosques puros y los bosques mixtos**

Los bosques puros y los bosques mixtos pueden ser contrastados desde varios puntos de vista: biológico, técnico y económico.

En el seno de la silvicultura moderna se consideran dos tendencias: la escuela clásica, que algunos llaman naturista, especialmente dedicada al estudio de los bosques naturales, por lo general mixtos; y la escuela industrial, concentrada en el estudio del cultivo de masas boscosas artificiales o plantaciones, por lo general, puras.

No obstante, antes que alternativas excluyentes para la producción forestal, debería hablarse más bien de silvicultura extensiva e intensiva, refiriéndose, la primera, a la silvicultura naturalista y la segunda, a la silvicultura de plantaciones.

### **Comparación desde el punto de vista biológico**

La comparación comprende los siguientes aspectos: utilización del sitio, efectos sobre el suelo y riesgos bioclimáticos.

#### **Utilización (aprovechamiento) del sitio**

Los bosques puros no utilizan completamente el espacio disponible (sitio). Ello se debe a que están compuestos de una sola especie, que por ser heliófila por lo general es de follaje ralo y con un solo tipo de sistema radicular, por lo común superficial, que sólo aprovecha las capas superiores del suelo.

Por el contrario, los bosques mixtos permiten generalmente el aprovechamiento óptimo del espacio disponible (sitio), debido a que están constituidos por una amplia gama de especies con distintos grados de tolerancia, provistas con diferentes sistemas radiculares: superficiales, medianos o profundos.

### **Efectos sobre el suelo**

Los bosques puros aprovechan los suelos de manera exclusivista, lo que conduce a un llamado empobrecimiento del suelo que a su vez causa reducciones considerables en el incremento y dificultades para el establecimiento de la regeneración natural y artificial.

En los bosques mixtos no existe ningún aprovechamiento exclusivista del suelo; por tanto, ningún peligro de agotamiento. Ello se debe a que las raíces por ser de especies diferentes penetran en el suelo con diferentes grados de profundidad.

### **Riesgos bioclimáticos**

Los bosques puros están muy expuestos a daños por parte de factores bióticos (hongos, insectos, animales en general, etc.) porque estos agentes son casi siempre muy especializados, de forma tal que una determinada clase no ataca sino a una sola especie forestal. También los bosques homogéneos son susceptibles de daños por factores climáticos (vientos, sequía, etc.), y antropógenos (incendios forestales provocados, pastoreo, etc.).

Opuestamente los bosques mixtos son poco expuestos a peligros de índole biológico y climático, los riesgos al respecto son muy repartidos y, por lo tanto, reducidos. Aunque ciertas especies sean perjudicadas por tal o cual agente dañino, lo más seguro es que las otras no sufran nada el efecto de insectos y enfermedades u otros agentes nocivos, de tal manera que el bosque en su totalidad nunca estará en peligro.

### **Confrontación de los aspectos técnicos**

Los requisitos de orden técnico en el manejo forestal (Silvicultura y Ordenación), se refieren al conocimiento científico y su intensidad de aplicación en una u otra forma de producción forestal.

El bosque puro, por lo general una plantación, es una entidad más simple y, por consiguiente, las técnicas silvícolas y modalidades de ordenación son menos complejas y sutiles. A diferencia del bosque mixto, para el manejo del bosque puro solamente es necesario conocer las características ecológico-silviculturales de la especie objeto del manejo.

El bosque mixto, por lo general natural, es una entidad más compleja, por lo tanto, requiere de métodos elaborados y sutiles para su manejo forestal, lo cual implica una considerable acumulación de antecedentes técnicos, de experimentación científica y de tiempo. Paralelamente requiere de un contingente de personal técnico altamente capacitado.

### **Comparación de los aspectos económicos**

El bosque homogéneo produce maderas de iguales características tecnológicas y por lo general proviene del establecimiento de una plantación. El heterogéneo, por el contrario, produce maderas de diferentes dimensiones con diversas características tecnológicas y tiene su origen en la regeneración natural espontánea o inducida.

Desde el punto de vista meramente económico, los bosques puros u homogéneos obviamente aventajan a los bosques mixtos. Por lo general, la superficie forestal destinada a la producción se dedica al cultivo de una sola especie, la de mayor rendimiento económico, lo cual significa la producción de grandes cantidades de madera, de las mismas dimensiones y con idénticas propiedades tecnológicas, muy conveniente para la industria forestal.

Se trata de producir y vender un solo artículo proveniente de una sola especie y por lo tanto solamente es necesario conocer el cultivo, las exigencias, el comportamiento y el desarrollo de esa especie. Debido a ello, la administración, los controles y la contabilidad, resultan sencillos y por lo tanto los gastos son menores.

Un bosque puro ordenado, obtenido por plantación, puede abastecer por muy largos períodos, casi indefinidamente, los mercados de madera de conocidas propiedades, dimensiones y cantidades, lo que facilita el establecimiento de industrias forestales estables.

Sin embargo, no todas las ventajas económicas están del lado de los bosques puros; cuando los mercados y los precios cambian, un bosque mixto ordenado se puede adaptar mejor a esas variaciones en las exigencias de los compradores de madera, porque disponen de un surtido amplio y variado.

Pueden cumplir con esta función porque conservan todas las especies forestales, de acuerdo con el nivel de intensidad del manejo, entre las cuales puede haber una o varias de gran valor económico futuro.

En la tendencia moderna de uso múltiple, ellos proporcionan una gran variedad de alimentos, medicamentos y otros materiales diferentes a la madera, además de servir de refugio a la fauna silvestre y hasta la especie humana.

## **La composición florística de los bosques y el manejo forestal**

La principal fuente de abastecimiento de madera del mundo son los bosques espontáneos. Según informes del Organismo para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas, la superficie mundial de bosques nativos es de 3.400 millones de hectáreas, de las cuales 1.640 millones corresponden a bosques templados y boreales, mayoritariamente compuestos por coníferas y 1.760 millones a bosques y selvas tropicales. Por otra parte, la superficie de bosques implantados se estima que abarca 200 millones de hectáreas.

Con unas pocas excepciones la mayoría de los bosques naturales productores de maderas, especialmente en los trópicos, son mixtos o heterogéneos. Estos bosques son manejados u ordenados con los niveles de intensidad siguiente:

- Bosques naturales valorados por su función de conservación y manejados solamente para protección.
- Bosques con baja intensidad de manejo sujetos al aprovechamiento selectivo y sin ningún esfuerzo para inducir la regeneración natural.
- Bosques naturales productivos, en donde la regeneración es casi totalmente natural.
- Bosques naturales productivos, en donde se aplican diferentes técnicas silvícolas para inducir regeneración a especies deseadas (incluyendo en algunos casos eliminación de individuos “indeseables”).
- Plantaciones forestales, en donde las especies a introducir son seleccionadas y plantadas, incluyendo especies exóticas y genotipos mejorados de especies nativas. Se desarrollan prácticas fuertes como modificación de las características físicas y químicas del suelo y se controlan de manera muy especial las plagas y las enfermedades.

Sin embargo, solo una parte minoritaria de los bosques en el mundo son manejados u ordenados, siguiendo prácticas silvícolas adecuadas.

La actividad forestal ciertamente tiene un fuerte basamento económico y por lo tanto, enfrenta limitaciones de recursos que indefectiblemente conducen a su elección, ante otros posibles usos de la tierra.

Partiendo de dos variables: a) Abundancia relativa de bosques naturales y; b) Existencia de grandes extensiones de terrenos con vocación forestal, podemos distinguir cinco grupos de países en el mundo:

- Países poseedores de bosques naturales de alta productividad y terrenos forestales debidamente utilizados. En el caso de Canadá, Finlandia, Suecia.

- Países que presentan bosques naturales de gran producción unitaria y/o total y abundantes terrenos disponibles para plantaciones, por ejemplo, Brasil, Estados Unidos, Francia, Colombia, Perú, Ecuador, Venezuela, México.
- Países provistos con áreas importantes de bosques naturales con baja productividad y abundantes terrenos con vocación forestal disponible. Por ejemplo: Argentina, Australia, Chile, España, Marruecos, Nueva Zelanda.
- Países forestalmente pobres, con bosques naturales de muy baja producción y escasos terrenos aptos para plantaciones. Por ejemplo: Centro América, Medio Oriente, Japón y algunas naciones del Pacífico.
- Países carentes de bosques naturales, pero poseedores de amplios terrenos de vocación forestal. Por ejemplo: naciones de Norte y Sur de África, del Medio Oriente y de la región mediterránea.

Considerando únicamente dos variables económicas: la rentabilidad o tasa de retorno de la inversión y la accesibilidad tanto de los bosques naturales, como de los terrenos de vocación forestal, en los cinco grupos de países antes indicados, los bosques puros plantados salen favorecidos ante los bosques mixtos naturales.

### **La composición florística y la producción de madera en los bosques tropicales**

Los bosques tropicales son a menudo muy heterogéneos o mixtos. La composición natural del bosque mixto garantiza la producción sostenida.

Sin embargo, esa heterogeneidad de los bosques tropicales dificulta, al mismo tiempo, su aprovechamiento integral y ordenado.

El hecho de que los bosques tropicales no han sido aprovechados o se ha hecho de una manera inadecuada, se debe, en gran parte, a su composición florística, la cual es responsable de una excesiva heterogeneidad en su producción.

Las industrias madereras exigen una materia prima de definidas y más o menos idénticas propiedades, es decir, madera de una o pocas especies y en grandes

cantidades. El bosque tropical natural no puede satisfacer la exigencia de esas industrias. De allí que haya necesidad de la producción de madera de similares características tecnológicas.

La homogeneización de la producción maderera del bosque tropical, se ha intentado lograr mediante la aplicación de cualquiera de los siguientes procedimientos:

- Transformación indirecta y paulatina de los bosques excesivamente heterogéneos en bosques menos mixtos, mediante técnicas silviculturales adecuadas, por ejemplo: raleo de mejoramiento, cortas de mejora, regeneración natural dirigida, regeneración bajo cubierta (tropical shelterwood), enriquecimiento.
- Transformación directa de los bosques excesivamente heterogéneos por bosques menos mixtos o puros, empleando la corta total y subsiguiente plantación de las especies deseables.
- Homogeneización de la madera luego de extraída mediante procedimientos técnicos adecuados, tales como obtención de fibrocel, celulosa, pulpa, etc.

Sin embargo, en la silvicultura actual la producción de madera ha dejado de ser el objetivo primordial del bosque natural, aunque sigue teniendo importancia por el incremento de la demanda de productos forestales madereros y no madereros, debido al aumento demográfico de la población. Nuevos paradigmas, tales como el manejo forestal sostenible, el menor daño ambiental permisible, la producción industrial de madera en bosques plantados, la extracción de productos no maderables y el aprovechamiento múltiple mediante técnicas agrosilvopastoriles en lugares con alta demanda por tierras agrícolas, se han abierto paso.



## Capítulo 4

Métodos y procedimientos  
para el estudio de la  
organización y estructura  
de un bosque



De vez en cuando vale la  
pena salirse del camino,  
sumergirse en un bosque.

Encontrará cosas que  
nunca ha visto.

*Alexxandeer Graham Bell*

ÁLAMO  
(*Populus alba*)

[www.https://www.rivapiante.com/product/pino-silvestre/](https://www.rivapiante.com/product/pino-silvestre/)



## **Generalidades**

Los estudios estructurales de un bosque constituyen un aspecto teórico muy importante de la Dasonomía. Como se estableció en el capítulo anterior, la palabra estructura ha sido empleada en diversos contextos para describir agregados de árboles o de especies arbóreas, que parecen seguir ciertas leyes matemáticas en su establecimiento y desarrollo.

De tales estudios estructurales, forman parte las relaciones fitosociológicas, expresadas a través de índices o números: el índice de valor de importancia y el ampliado, el cociente de mezcla, la intensidad y forma de contacto de las copas, la dominancia, la posición sociológica, la curva especies-área, la distribución de los diámetros de los troncos (DAP) y de las alturas totales, la distribución espacial de los árboles y especies, y la riqueza y diversidad florística de las asociaciones.

Se puede decir que existe estructura siempre que un hecho natural se presente de manera no casual o errática; es decir, cuando parece seguir una ley que permite su predicción y extrapolación.

Las alturas totales o los diámetros de los árboles de un bosque no están distribuidos al azar; su ordenación global es el resultado de la competencia y de procesos dinámicos internos, que se traducen en un equilibrio estadístico.

Las aplicaciones del concepto de estructura derivado de los estudios correspondientes, en sentido amplio, son numerosas. Se pueden obtener consideraciones prácticas acerca del área basal, volumen en pie y biomasa, que a su vez podrían servir de base para la elaboración de planes silviculturales que soportan el manejo racional de un bosque.

La existencia de distribuciones espaciales específicas, conducen al estudio del comportamiento de las especies forestales: fenología, diseminación,

germinación y supervivencia, con las consecuencias prácticas correspondientes para la Silvicultura y el aprovechamiento forestal.

## **Requisitos del método para la realización de estudios estructurales**

Cualquier bosque puede ser estudiado desde el punto de vista de su organización o estructura y algunos autores agregan su “arquitectura”.

De acuerdo con Lamprecht (1962), un método eficaz y acertado para estudios estructurales, tiene que cumplir con los siguientes requisitos fundamentales:

- “Capacidad de suministrar un cuadro realmente representativo de la estructura del bosque estudiado.
- Aplicabilidad en cualquier tipo de bosque.
- Objetividad de los resultados; es decir, los resultados deben estar libres de cualquier influencia subjetiva por parte del investigador.
- Comparabilidad directa y completa de los resultados de los levantamientos procedentes o de otros tipos de bosque.
- Aplicabilidad de los métodos de la estadística moderna, tanto en la compilación y el avalúo de los datos de campo, como en la interpretación y comparación de los resultados. Por consiguiente, son preferibles los métodos que emplean cifras y números”.

## **Clasificación de los métodos para la realización de estudios estructurales**

Lamprecht (1964) distinguió dos grupos de técnicas que pueden ser utilizadas para la realización de estudios estructurales en los bosques tropicales: las analíticas y las de síntesis.

Las primeras son aquellas en las que se aplican los procedimientos clásicos de la investigación científica, que consiste en dividir primero el objetivo completo por estudiar, en un número adecuado de problemas parciales más accesibles y luego tratar de resolverlos por separado. Los resultados parciales se sinterizan después con el fin de lograr el cuadro integral de la realidad buscada en todos sus aspectos.

Entre las técnicas analíticas más empleadas tenemos:

- Levantamiento Estructural Numérico y de Regeneración (LENR).
- Métodos para determinar la riqueza florística:
  - √ Curva especies-área.
  - √ Número de especies presentes en los primeros “n” individuos.
- Métodos para determinar la diversidad florística”.
  - √ Coeficiente de mezcla.
  - √ Índice de Shanon-Wiener.
  - √ Índice de Simpson o concentración de la dominancia.
  - √ Coeficiente de diversidad florística.
  - √ Fórmula de Pielou.
- Métodos para analizar las distribuciones espaciales.
  - √ Índice de dispersión de Hazen.
  - √ Distribución de Poisson.
  - √ Teoría de las sucesiones continuas.
- Métodos para analizar la similitud de bosques o partes del bosque:
  - √ Índice de Sorensen.
  - √ Índice de Jaccard.

Las técnicas de síntesis son aquellas con las cuales se intenta obtener una imagen completa del objetivo perseguido en una sola operación. Entre otras tenemos: El perfil estructural, las descripciones fitosociológicas, las fotografías y las aerofotografías.

Para los estudios estructurales de los bosques venezolanos, desde 1954 se ha venido empleando principalmente el método del levantamiento estructural numérico y de regeneración (analítico) y el perfil estructural (síntesis) como complemento del primero. En menor escala, y en forma muy localizada se han utilizado otros métodos para la determinación de la riqueza y la diversidad florística y las distribuciones espaciales de árboles y especies.

### **Técnicas analíticas**

#### ***Levantamiento Estructural Numérico y de Regeneración (LENR)***

Es un método analítico por medio del cual podemos describir y analizar la composición y estructura de una masa forestal. Combinado con el perfil estructural, sirve de fundamento para la planificación y el diseño de las medidas de orden técnico silvicultural, necesarias para el aprovechamiento de un bosque productor y la restitución de la masa forestal extraída.

Este método está constituido por dos fases, una de campo y otra de oficina. En la etapa de campo, se selecciona el sitio para la realización del LENR, se prepara el terreno y se recolecta la información in situ. En la fase de oficina, se recopilan, se organizan y se procesan los datos recolectados en el campo; y finalmente, se elabora el informe definitivo.

## **Recolección de la información en el campo**

### ***Selección del sitio***

La escogencia del sitio para la ejecución del levantamiento estructural puede hacerse en forma aleatoria, sistemática u opinática. La forma de escogencia depende de la accesibilidad del bosque, de la existencia de puntos de referencia, mapas detallados y aerofotografías, de la red vial externa e interna al bosque y de la experiencia del técnico encargado de realizar el trabajo de campo.

Los bosques venezolanos carecen de buena red vial interna y por lo tanto no se pueden determinar puntos de referencia en el terreno, lo cual dificulta la aplicación de un sistema aleatorio puro o una combinación con el sistemático para la toma de las muestras. Debido a este motivo y por razones de índole práctica es que comúnmente se han venido utilizando procedimientos sistemáticos.

### ***Preparación del terreno***

Una vez seleccionado el sitio donde se va a ejecutar el levantamiento estructural, se delimita una parcela rectangular de una (1) hectárea. La cátedra de Silvicultura ha empleado tres tipos de dimensiones para la parcela: a) 10 x 1.000 m; b) 20 x 500 m y; c) 40 x 250 m.

En la forma señalada en el literal (a), se abre una pica principal de 1 kilómetro y del lado izquierdo o lado derecho, picas secundarias de 10 m. Cada 10 m, en la pica principal y al término de las picas laterales, se fijan estacas para señalar los linderos de cada subparcela, cada una deberá tener una superficie de 100 m<sup>2</sup>.

En las variantes indicadas en los literales (b) y (c), se abre una pica principal de 500 y 250 m, y picas laterales a ambos lados de la pica principal, distanciadas 25 m entre sí, en ambos casos, con una longitud de 10 y 20 m, de

tal manera que las subparcelas deberán tener una superficie de 250 m<sup>2</sup> en la forma (b), y de 500 m<sup>2</sup> en las dimensiones indicadas en la modalidad (c).

En las tres modalidades de parcelas muestra del levantamiento estructural numérico y de regeneración, se emplean estacas numeradas para la pica principal y estacas sin numerar para señalar los linderos de las subparcelas.

Dimensiones PARCELA MUESTRA	SUBPARCELA PARA TOMA DE DATOS DE LOS ÁRBOLES CON DAP ≥ 10 cm				SUBPARCELA PARA TOMA DE DATOS DE LOS ÁRBOLES CON DAP < 10 cm			
	Dimensiones	Área	Cantidad	%	Dimensiones	Área	Cantidad	%
	metros	m <sup>2</sup>	#	Muestreado	metros	m <sup>2</sup>	#	Muestreado
a) 10x1000	10x10	100	100	100	10x10	100	100	100
b) 20x500	10x25	250	40	100	10x10	100	20	20
c) 40x250	20x25	500	20	100	10x10	100	10	10

Cuadro 4.1. Dimensiones de la parcela muestra de un levantamiento estructural, y dimensiones, área y cantidad de las subparcelas.

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001).

### *Toma de datos*

Una vez establecida la parcela muestra de una hectárea, y las subparcelas en que se divide, se procede a recolectar la información. En una planilla se comienza por anotar toda la información referente a la regeneración natural (árboles con DAP inferior a 10 cm).

Para cada subparcela de regeneración, se registra el nombre vulgar del árbol y su categoría de tamaño, de acuerdo con la medición de la altura de su tallo. La identificación se realiza con la ayuda de un “baqueano”. El árbol considerado en la casilla corresponde a una de las tres categorías convencionales de altura, en que se ha dividido previamente la regeneración natural. Estas categorías se muestran en el cuadro siguiente:

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS
I	Brinzales menores de un (1) metro de altura.
II	Brinzales con alturas comprendidas entre uno (1) y tres (3) metros.
III	Individuos con alturas superiores a los tres (3) metros, con un DAP (Diámetro a la altura del pecho) inferior a 10 centímetros.

Cuadro 4.2. **Categorías de tamaño convencional para el registro en el campo de la información relacionada con la generación natural.**

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001).

Concluido el censo o muestreo de la regeneración natural de todas las especies arbóreas encontradas en la parcela muestra, se inicia el censo de los árboles con DAP igual o superior a los 10 cm, anotando en una planilla especial y en cada subparcela, los siguientes datos:

- Nombre vulgar del árbol (ayuda de un “baqueano”).
- Diámetro a la altura del pecho (DAP).
- Posición sociológica (ubicación de la copa en el estrato inferior, medio o superior).
- Calidad del fuste o tronco del árbol (buena, regular o mala).
- Vitalidad de la copa (1=saludable; 2=afectada parcialmente; 3=dañada completamente).
- Diámetros en cruz de la proyección horizontal de las copas para todos los árboles de especies comerciales que tengan un DAP igual o mayor de 30 centímetros.

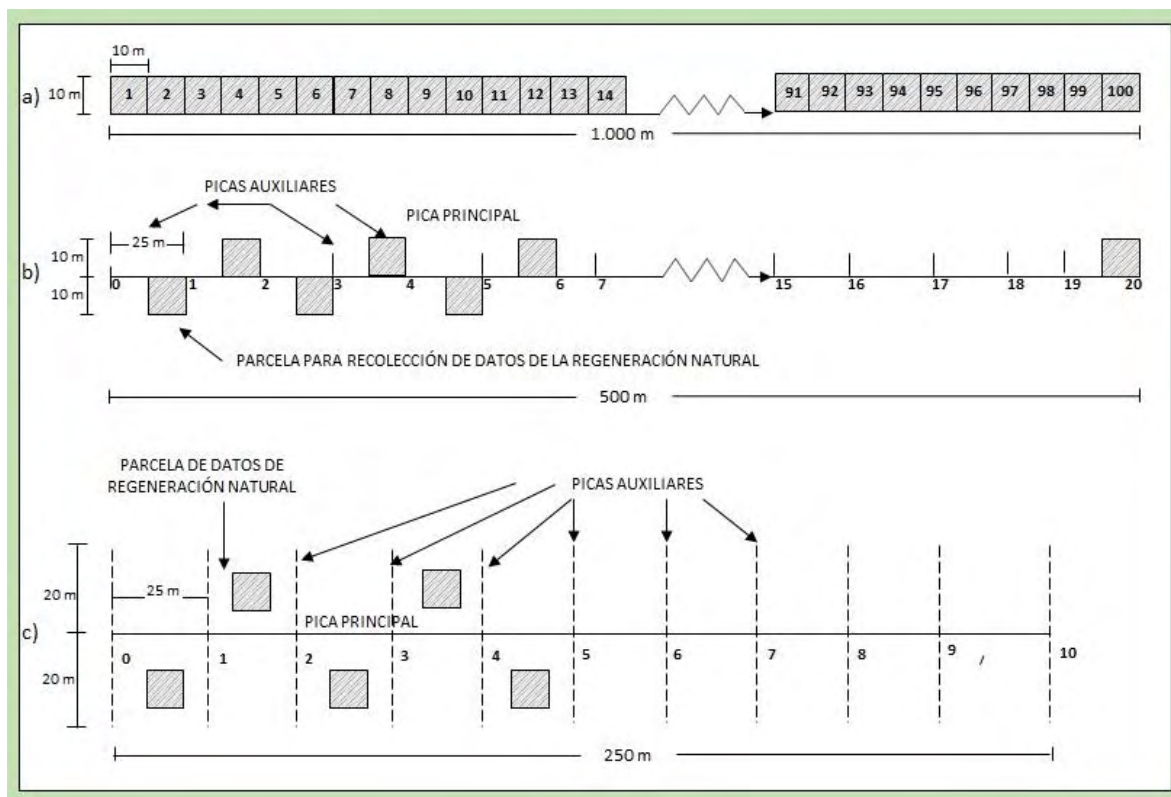


Figura 4.1 Dimensiones de los lados y divisiones internas de las parcelas de una hectárea, utilizadas para la recolección de los datos en el campo de un Levantamiento Estructural Numérico y de Regeneración: (a) 10 x 1.000 m; (b) 20 x 500 m, y (c) 40 x 250 m.

Nota: Datos tomados de Corredor J. R. (1987)

NOMBRE VERNÁCULO	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA BOTÁNICA	Árboles con DAP < 10 cm	Árboles con DAP ≥ 10 cm
Araguato	<i>Calycophyllum candidissimum</i>	Rubiaceae	0	50
Bototo	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Cochlopermaceae	155	40
Camoruco	<i>Sterculia apetala</i>	Sterculiaceae	04	10
Candilero	<i>Cordia sp</i>	Boraginaceae	42	0
Carabali	<i>Albizia caribaea</i>	Mimosaceae	05	80
Cedro Dulce	<i>Tricilla sp</i>	Meliaceae	0	50
Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>	Bombacaceae	02	0
Cojón de Verraco	<i>Stenmadenia grandiflora</i>	Apocynaceae	02	10
Cuero de Sapo	<i>Lonchocarpus pictus</i>	Papilionacea	0	90
Chato Amarillo	<i>Brosimum sp</i>	Moraceae	0	10
Charo Negro	<i>Brosimum sp</i>	Moraceae	0	10
Chupón	<i>Pouteria anibaefolia</i>	Spotaceae	0	20
Drago	<i>Pterocarpus vernalis</i>	Papilionacea	03	10

Erizo	<i>Apeiba tibourbou</i>	Tiliaceae	38	0
Erizo Negro	?	?	10	0
Gateado	<i>Astronium graveolens</i>	Anacardiaceae	0	40
Guácimo Blanco	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Sterculiaceae	85	180
Guamo Blanco	<i>Inga sp</i>	Mimosaceae	05	0
Guamo Colorado	<i>Inga sp</i>	Mimosaceae	0	10
Guamo Navajo	<i>Inga sp</i>	Mimosaceae	01	20
Jebe	<i>Lonchocarpus margaritensis</i>	Papilionacea	01	0
Jobo	<i>Spondias mombis</i>	Anacardiaceae	126	100
Mapurite Ngro	<i>Fagara caribaea</i>	Rutaceae	01	0
Lechoso	<i>Sapium aubletianum</i>	Euphorbiacea	0	10
Mora	<i>Clorophora tinctoria</i>	Moraceae	0	10
Palma de Agua	<i>Attalea maracaibensis</i>	Palmae	0	10
Roble	<i>Platimiscium pinnatum</i>	Papilionacea	01	0
Samán	<i>Pithecellobium saman</i>	Mimosaceae	04	0
Tasajo Blanco	<i>Fissicalys fendleri</i>	Papilionacea	64	360
Urero Macho	<i>Pithecellobium guachapele</i>	Mimosaceae	06	50
Yagrumo	<i>Cecropia sp</i>	Moraceae	28	0

Cuadro 4.3 Lista de las especies arbóreas registradas en un levantamiento estructural numérico y de regeneración, en un bosque secundario de los Llanos Occidentales (Venezuela).

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (1987)

### ***Preparación del informe final***

Los datos recolectados en el campo se organizan, compilan y analizan siguiendo el orden que a continuación se establece:

- ***Lista de especies***

La lista de especies se debe elaborar arreglando, en orden alfabético, los nombres vulgares de las diferentes especies arbóreas registradas, tanto en las planillas para los árboles con DAP igual o superior a 10 cm, como las que aparecen en las homólogas para la regeneración natural (árboles con DAP inferior a 10 cm).

Además, debe indicarse el nombre científico (género y epíteto específico) y la familia botánica correspondiente. Esta lista de especies servirá, más adelante, para la determinación de la riqueza y diversidad florística a través del coeficiente de mezcla y otros índices numéricos.

- **Abundancia**

Este parámetro se refiere al número de árboles o pies con un DAP (diámetro del tronco a la altura del pecho –1,30 m– sobre el nivel del suelo) igual o mayor a 10 cm, que se registra para cada especie diferente en la parcela muestra (1 hectárea) de un levantamiento estructural numérico y de regeneración. En este caso se trata de la abundancia absoluta expresada en cantidad de individuos.

Cuando la cantidad de individuos registrados para cada especie se relaciona con el total encontrado en el levantamiento estructural y esta relación se expresa en porcentaje, recibe el nombre de abundancia relativa.

En los Cuadros 4.4 y 4.5 se representan los resultados de la abundancia absoluta y relativa promedio por hectárea para cinco y cuatro levantamientos estructurales realizados en un bosque secundario joven del Estado Barinas (Llanos Occidentales) y en un bosque maduro del Estado Bolívar (Reserva Forestal de Imataca, Guayana Venezolana), en 1987 y 1995, respectivamente.

Como se podrá observar, las diferencias en cuanto a las cifras de abundancia y densidad son notables. Mientras que, en el bosque secundario joven, 541 de un total de 616 árboles con DAP igual o mayor de 10 cm, es decir 81,3 %, se concentran en ocho especies, destacando claramente dos de ellas, Guácimo Blanco y Bototo, con 319 individuos que representan el 51 %; en el Bosque Maduro de la Guayana, 395 árboles de un total de 492 registrados en la hectárea del levantamiento estructural se distribuyen en 32 especies diferentes con abundancias relativas promedios que oscilan entre 0.81 y 7.52 %.

La abundancia es una manifestación de la diversidad y riqueza florística de una comunidad arbórea y tiene relación directa con el coeficiente de mezcla, por ser la base de su cálculo. También es fundamento para la determinación de la densidad, expresada ésta en número de árboles por unidad de superficie.

Existe la tendencia de confundir los términos de *abundancia* y *densidad*, pero ambos son claramente distinguibles, el primero significa cantidad de individuos (árboles) por cada especie y por unidad de superficie (generalmente por hectárea), mientras que el segundo se refiere a la cantidad total de individuos, sin tomar en cuenta las especies, por unidad de superficie (generalmente por hectárea).

De aquí que si agregamos todos los individuos registrados en el levantamiento estructural numérico encontraremos el valor de la densidad. La cantidad de árboles con DAP igual o mayor de 10 cm por especie y por hectárea, representa la *abundancia absoluta*.

Dividiendo la abundancia absoluta entre la sumatoria de las abundancias absolutas de las especies registradas en la hectárea del levantamiento estructural y multiplicando por 100, se obtendrá la *abundancia relativa*.

En los ejemplos tomados de levantamientos estructurales numéricos realizados en dos tipos de bosques venezolanos (Cuadros N° 4.4 y 4.5) podemos observar que del análisis de la abundancia absoluta y relativa y de la densidad, se podrían derivar algunas características concluyentes para cada tipo de bosque estudiado. El cuadro 4.4 representa un bosque mucho más denso, formado por 616 árboles con diámetros iguales o superiores a los 10 cm y con una clara concentración de la abundancia, en apenas cinco especies diferentes que aportan más del 75 % de la masa forestal.

Por el contrario, el bosque representado en el cuadro 4.5, tiene una clara menor densidad, es decir, 490 individuos por hectárea, con una mayor difusión

de la abundancia, pues, para alcanzar el 75% de la masa forestal se requiere el aporte de los árboles de 26 especies diferentes.

ESPECIE		CALIFICACIÓN DE LA MADERA	ABUNDANCIA MEDIA POR ha		TOTAL DE INDIVIDUOS EN 5 ha	EN % DEL TOTAL
NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTÍFICO		ABSOLUTA # INDIVIDUOS	RELATIVA EN %		
1. Guácimo Blanco	<i>Guazuma ulmifolia</i>	pot. comercial	248	40.26	1.239	40.20
2. Bototo	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	pot. comercial	71	11.53	355	11.52
3. Jobo	<i>Spondias mombis</i>	comercial	65	10.55	325	10.55
4. Tasajo Blanco	<i>Fissicalys fendleri</i>	pot. comercial	47	7.63	237	7.69
5. Yagrumo	<i>Cecropia sp</i>	Pot. comercial	35	5.68	175	5.68
6. Candilero	<i>Cordia sp</i>	Pot. comercial	15	2.44	76	2.47
7. Drago	<i>Pterocarpus vernalis</i>	comercial	12	1.95	62	2.01
8. Guamo Navajo	<i>Inga sp</i>	-	8	1.30	41	1.33
9. Urero Macho	<i>Pithecellobium guachapele</i>	pot. comercial	6	0.97	29	0.94
10. Guamo Blanco	<i>Inga sp</i>	-	5	0.81	23	0.75
11. Carabali	<i>Albizia caribaea</i>	-	3	0.49	15	0.49
12. Jebe	<i>Lonchocarpus margaritensis</i>	pot. comercial	3	0.49	15	0.49
Resto (39 especies)			98	15.91	489	15.87
<b>Total general (51 especies)</b>			616	100.00	3.081	100.00

Cuadro 4.4 Abundancia media por hectárea en los cinco levantamientos estructurales (5 ha.) de las especies arbóreas, tomando en cuenta únicamente los individuos con DAP igual o mayor a 10 cm. (Bosque Secundario de 15 años, El Caimital, Estado Barinas, Venezuela, 1987).

Nota: Datos tomados de Corredor J. R. (1987).

ESPECIE		ABUNDANCIA MEDIA POR ha				
NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTÍFICO	CALIFICACIÓN DE LA MADERA	ABSOLUTA #INDIVIDUOS	RELATIVA EN %	TOTAL DE INDIVIDUOS EN ha	EN % DEL TOTAL
Guamo	<i>Inga alba</i>	-	37	7.52	149	7.57
Cacho	<i>Chaetocarpus schomburgkianus</i>	pot. comercial	34	6.91	136	6.91
Caraño	<i>Tetragastris panamensis</i>	-	32	6.50	129	6.55
Clavellino	<i>Pentaclethra macroloba</i>	pot. comercial	30	6.10	120	6.10
Majaguillo	<i>Eschweilera subglandulosa</i>	pot. comercial	26	5.28	105	5.34
Mureillo	<i>Erisma uncinatum</i>	comercial	21	4.27	85	4.32
Palma Seje	?	-	21	4.27	84	4.27

Majagua	<i>Sterculia pruriens</i>	pot. comercial	18	3.66	72	3.66
Caicareño	<i>Clathrotompis brachypetala</i>	comercial	17	3.46	68	3.46
Alatrique	<i>Cordia fallax</i>	pot. comercial	14	2.85	56	2.85
Hierrito	<i>Licania densiflora</i>	pot. comercial	12	2.44	48	2.44
Caimito	<i>Chrysophyllum argenteum</i>	pot. comercial	12	2.44	48	2.44
Carapa	<i>Carapa guianensis</i>	comercial	11	2.24	44	2.24
Mora	<i>Mora gonggrijpii</i>	comercial	10	2.03	40	2.03
Porguo	<i>Manikara bidentata</i>	comercial	9	1.83	36	1.83
Carapo blanco	<i>Talisia guianensis</i>	–	7	1.42	28	1.42
Charo	<i>Brosimum alicastrum</i>	comercial	7	1.42	28	1.42
Pilón	<i>Stryphnodendron polystachyum</i>	comercial	7	1.42	28	1.42
Pata danto	<i>Terminalia guianensis</i>	comercial	6	1.22	24	1.22
Jabón	?	–	6	1.22	24	1.22
Laurel	<i>Ocotea glomerata</i>	pot. comercial	6	1.22	24	1.22
Tacamajaca	<i>Protium heptaphyllum</i>	comercial	5	1.02	20	1.02
San José	<i>Jacaranda obtusifolia</i>	–	5	1.02	20	1.02
Canjilón	<i>Aspidosperma macgravianum</i>	–	5	1.02	20	1.02
Guamillo	<i>Scierolobium guianensis</i>	–	5	1.02	20	1.02
Pilón rosado	<i>Pera glabrata</i>	comercial	5	1.02	20	1.02
Casabe	<i>Torrubia cuspidata</i>	–	5	1.02	20	1.02
Guamo colorado	<i>Inga alba</i>	pot. comercial	5	1.02	20	1.02
Pata paují	<i>Mabea piri</i>	–	5	1.02	20	1.02
Palma cucurito	<i>Attalea sp.</i>	–	4	0.81	16	0.81
Merecurillo	<i>Parinari excelsa</i>	–	4	0.81	16	0.81
Palma manaca	<i>Euterpe odoracea</i>	–	4	0.81	16	0.81
Yagrumo	<i>Cecropia peltata</i>	–	4	0.81	16	0.81
Rosa de montaña	<i>Brownea latifolia</i>	–	4	0.81	16	0.81
Trompillo	<i>Guarea trichilloides</i>	comercial	3	0.61	12	0.61
SUBTOTAL (35 especies más abundantes)			406	82.52	1628	82.72
RESTO (56 especies)			86	17.48	344	17.48
TOTAL GENERAL (91 especies)			492	100.00	1972	100.20

Cuadro 4.5 Abundancia media por hectárea y en los cuatro levantamientos estructurales (4 ha) de las especies arbóreas, tomando en cuenta únicamente los individuos con DAP mayor o igual a 10 cm (Bosque maduro, Unidad de Manejo C-3, Reserva Forestal Imataca, Estado Bolívar, 1995).

Nota: Datos tomados de Corredor J. R. (1995).

### *Coefficiente de Mezcla*

Es una relación o proporción entre dos variables significativas, cantidad de árboles y cantidad de especies botánicas diferentes que se registran en un área espacial determinada, por lo común una hectárea (superficie del LENR) y con una cierta base arbitraria y convencionalmente fijada, es decir,

considerando únicamente los árboles con DAP (Diámetro medido a la altura del pecho) igual o mayor de 10 centímetros.

$$\text{COEFICIENTE DE MEZCLA (C.M.)} = \frac{\text{CANTIDAD DE ESPECIES}}{\text{CANTIDAD DE ÁRBOLES}}$$

Este coeficiente mide la intensidad media de la mezcla y para su determinación se emplea la siguiente proporción: La proporción se simplifica hasta convertirla en una razón que tenga como numerador la unidad, es decir, en la forma de 1/X. Por ejemplo, partiendo de los datos contenidos en el cuadro 4.3, el coeficiente de mezcla sería igual a 1/34, lo cual significa que por cada 34 árboles medidos se registró una especie diferente para el LENR representado en ese cuadro. Más adelante, se ofrecerán otros detalles sobre la utilización del Coeficiente de Mezcla para determinar la diversidad florística de una formación.

ESPECIE		CALIFICACIÓN DE LA MADERA	CANTIDAD DE ÁRBOLES EN LAS 5 ha	CANTIDAD TOTAL DE PARCELAS DE OCURRENCIA DE LAS ESPECIES EN LAS 5 ha
NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTÍFICO			
Guácimo Blanco	<i>Guazuma ulmifolia</i>	pot. comercial	1239	98(*)
Bototo	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	pot. comercial	355	70
Jobo	<i>Spondias mombin</i>	comercial	325	71
Tasajo Blanco	<i>Fissicalyx fendleri</i>	pot. comercial	237	55
Yagrumo	<i>Cecropia sp.</i>	pot. comercial	175	56
Candilero	<i>Cordia sp.</i>	pot. comercial	76	34
Drago	<i>Pterocarpus vernalis</i>	comercial	62	34
Guamo Navajo	<i>Inga sp.</i>	–	41	19
Úrero Macho	<i>Pithecellobium guachapele</i>	pot. comercial	29	16
Guamo Blanco	<i>Inga sp.</i>	–	23	15
Carabalí	<i>Albizia caribaea</i>	–	15	13
Jebe	<i>Lonchocarpus margaritensis</i>	pot. comercial	15	9
RESTO (39 especies)			489	
TOTAL GENERAL (51 sp.)			3081	

(\*) Esta cifra corresponde exactamente a la Frecuencia Absoluta en por ciento, debido a que el total de parcelas muestreadas fue de 100 en 5 ha

Cuadro 4.6 Cantidad de árboles y parcelas de ocurrencia de las 12 especies arbóreas de mayor abundancia. (Dimensiones de la parcela: 20 x 25 m.) (Bosque Secundario de 15 años, El Caimital, Estado Barinas, Venezuela, 1987). Nota: Datos tomados de Corredor J. R. (2001).

ESPECIE		CALIFICACIÓN DE LA MADERA	CANTIDAD DE ÁRBOLES EN LAS 4 ha	CANTIDAD TOTAL DE PARCELAS DE OCURRENCIA DE LAS ESPECIES EN LAS 5 ha	FRECUENCIA ABSOLUTA EN PORCENTAJE DEL TOTAL DE 400 PARCELAS LEVANTADAS
NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTÍFICO				
Guamo	<i>Inga alba</i>	pot. comercial	149	105	26.25
Cacho	<i>Chaetocarpus schomburgkianus</i>	pot. comercial	136	91	22.75
Caraña	<i>Tetragastris panamensis</i>	comercial	129	93	23.25
Clavellino	<i>Pentaclethra macroloba</i>	pot. comercial	120	66	16.50
Majaguillo	<i>Eschweilera subglandulosa</i>	pot. comercial	105	82	20.50
Mureillo	<i>Erisma uncinatum</i>	pot. comercial	85	64	16.00
Palma Seje	?	comercial	84	58	14.50
Majagua	<i>Sterculia pruriens</i>	–	72	62	15.50
Caicareño	<i>Clathrotompis brachypetala</i>	pot. comercial	68	55	13.75
Alatrique	<i>Cordia fallax</i>	–	56	50	12.50
Hierrito	<i>Licania densiflora</i>	–	48	29	7.25
Caimito	<i>Chrysophyllum argenteum</i>	pot. comercial	48	39	9.75
Carapa	<i>Carapa guianensis</i>	pot. comercial	44	41	10.25
Mora	<i>Mora gonggrijpii</i>	pot. comercial	40	23	5.75
Purguo	<i>Manikara bidentata</i>	comercial	36	31	7.75
Carapo Blanco	<i>Talisia guianensis</i>	pot. comercial	28	24	6.00
Charo	<i>Brosimum alicastrum</i>	pot. comercial	28	24	6.00
Pilón	<i>Stryphnodendron polystachyum</i>	pot. comercial	28	27	6.75
Pata Danto	<i>Terminalia guianensis</i>	comercial	24	21	5.25
Jabón	?	–	24	18	4.50
Laurel	<i>Ocotea glomerata</i>	pot. comercial	24	22	5.50
Tacamajaca	<i>Protium heptaphyllum</i>	–	20	21	5.25
San José	<i>Jacaranda obtusifolia</i>	–	20	14	3.50
Canjilón	<i>Aspidosperma macgravianum</i>	pot. comercial	20	20	5.00
Guamillo	<i>Scierolobium guianensis</i>	pot. comercial	20	19	4.75
Pilón Rosado	<i>Pera glabrata</i>	pot. comercial	20	19	4.7
SUBTOTAL (26 especies más abundantes)			1476		
RESTO (65 especies)			496		
TOTAL GENERAL (91 especies)			1972		

Cuadro 4.7 Cantidad de árboles y de parcelas de ocurrencia de las 35 especies arbóreas de mayor abundancia. (Dimensiones de la parcela: 10x10 m). (Unidad de Manejo, C-3, Reserva Forestal de Imataca, Estado Bolívar, Venezuela, 1995).

Nota: Datos tomados de Corredor J. R. (1995).

### ***Frecuencia***

Mide la distribución horizontal de las especies en el espacio de un levantamiento estructural numérico. Ella expresa la regularidad con que están distribuidos los árboles de las especies en la parcela muestra del levantamiento.

Para la recolección de los datos en el campo, la superficie de una hectárea de la parcela-muestra se divide en subparcelas y en cada una de ellas se toman los datos correspondientes a los árboles con diámetros iguales o superiores a 10 cm.

Por lo general, las parcelas-muestra con dimensiones de 250 x 40 y de 500 x 20 m, se dividen en 20 subparcelas de 20x25 m. Sin embargo, la de 1.000 x 10, se divide en 100 subparcelas de 10 x 10 m.

En las dos primeras a cada subparcela de 500 m cuadrados se le asigna un valor porcentual igual a 5 %, mientras que, en la última, a cada una de las subparcelas corresponde un valor igual al 1 %.

La frecuencia absoluta se determina multiplicando la cantidad de parcelas donde se registra por lo menos un individuo de la especie considerada, por el valor de 5 % en el caso de las parcelas muestra con dimensiones de 250 x 40 y 500 x 20 m. Cuando la parcela muestra tiene dimensiones de 1000 x 10, basta con establecer la cantidad de subparcelas donde aparece por lo menos un árbol de la especie considerada para determinar la frecuencia absoluta.

<b>CLASE</b>	<b>FRECUENCIA ABSOLUTA</b>	<b>CANTIDAD DE ESPECIES</b>
I	0 - 20	N1
II	21 - 40	N2
III	41 - 60	N3
IV	61 - 80	N4
V	81 - 100	N5

Cuadro 4.8. **Tabla de clases de frecuencia de Raunkiaer.**

Nota: Datos tomados de Lamprecht (1964)

La frecuencia relativa es un porcentaje que se obtiene dividiendo la frecuencia absoluta de la especie considerada entre la sumatoria de las frecuencias absolutas de todas las especies registradas en el LENR y multiplicando la cantidad resultante por cien (100).

Las frecuencias absolutas, luego de calculadas, se pueden ordenar y analizar de acuerdo con la tabla de clases de frecuencia de Raunkiaer citado por Lamprecht (1964a).

### ***Dominancia***

La *dominancia absoluta* o expansión horizontal es “la sección determinada en la superficie del suelo por el haz de la proyección horizontal del cuerpo de la planta” (Font Quer, 2000). Es decir, que en un levantamiento estructural numérico y de regeneración, es la proyección horizontal sobre la superficie del suelo del área de la copa de cada árbol. No obstante, esta proyección horizontal es bastante difícil de observar en los bosques tropicales debido a la gran interferencia existente entre las copas de todos los árboles.

En sustitución de esta expansión horizontal se ha propuesto la utilización del área basal de cada árbol en lugar de la proyección de la copa (Lamprecht, 1964b). Según estos autores esta proposición supone la existencia de una relación estrecha entre el diámetro del fuste a la altura del pecho (DAP) y el diámetro de la copa ( $q$ ).

Dawkins (1963) menciona los resultados obtenidos por Heinsdijk para las selvas amazónicas, por Swellengrebel en la Guayana Inglesa y de Paijmans, en las Islas Célebres, calcula las regresiones entre DAP y diámetro de la copa, estudiando también por separado algunas especies de los bosques densos y semicaducifolios, por ejemplo, *Triplochiton*.

Encuentra que los coeficientes de correlación varían mucho de una especie a otra, pero la correlación es, generalmente fuerte. Este autor sugiere una regresión casi lineal durante la madurez del árbol, en época juvenil el

diámetro de la copa que crece más aprisa que el DAP y durante la vejez el incremento del (q) respecto al DAP es cada vez más pequeño. Es una relación de tipo sigmoide, si el DAP y el (q) se expresan en las mismas unidades, el cociente  $q / \text{DAP}$  oscila entre 16 y 27, con valores más frecuentes alrededor de 20.

NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTÍFICO	CALIFICACIÓN DE LA MADERA	DOMINANCIA MEDIA		ÁREA BASAL TOTAL EN 5 ha m <sup>2</sup>
			ABSOLUTA Área Basal m <sup>2</sup>	RELATIVA EN %	
1. Guácimo Blanco	<i>Guazuma ulmifolia</i>	pot. comercial	3,474	22.44	17.37
2. Bototo	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	pot. comercial	1,662	10.74	8.31
3. Jobo	<i>Spondias mombin</i>	comercial	2,346	15.16	11.73
4. Tasajo Blanco	<i>Fissicalyx fendleri</i>	pot. comercial	0,906	5.85	4.53
5. Yagrumo	<i>Cecropia sp</i>	pot. comercial	0,794	5.13	3.97
6. Candilero	<i>Cordia sp</i>	pot. comercial	0,288	1.86	1.44
7. Drago	<i>Pterocarpus vernalis</i>	comercial	0,724	4.68	3.62
8. Guamo Navajo	<i>Inga sp</i>	–	0,174	1.12	0.87
9. Urero Macho	<i>Pithecellobium guachapele</i>	pot. comercial	0,130	0.84	0.65
10. Guamo Blanco	<i>Inga sp</i>	–	0,110	0.71	0.55
11. Carabali	<i>Albizia caribaea</i>	–	0,078	0.50	0.39
12. Jebe	<i>Lonchocarpus margaritensis</i>	pot. comercial	0,042	0.26	0.21
Resto (39 especies)			4,757	30.71	23.77
Total General (51 sp.)			15,482	100.00	77.41

Cuadro 4.9. Dominancia media (Área Basal en m<sup>2</sup> por hectárea) y Área Basal total de las especies arbóreas en los cinco levantamientos estructurales (5 ha), tomando en cuenta únicamente los individuos con DAP igual o mayor a 10 cm. (Bosque Secundario de 15 años, El Caimital, Estado Barinas, Venezuela, 1987).

Nota: Datos tomados de Corredor J. R. (2001).

Rollet (1967) encontró cocientes  $q / \text{DAP}$  que variaban entre 13 y 18 para 1.500 árboles con altura mayor a 4 m. en la Guayana venezolana. El interés práctico de la relación entre  $q$  y DAP, reside en la posibilidad de predecir volúmenes maderables, además de poder establecer el distanciamiento mínimo entre las líneas o fajas de plantación de un enriquecimiento.

La sumatoria por hectárea de las áreas basales de cada una de las especies presentes, constituye una cifra indicadora de la productividad del sitio que puede tener aplicación en la prescripción y control de algunos tratamientos

silviculturales (aclareos, refinamientos). La dominancia relativa es la participación que corresponde a cada especie en la expansión horizontal total (Lamprecht, 1964) y se expresa en porciento.

ESPECIE		Dominancia Media por ha		ÁREA BASAL TOTAL (m <sup>2</sup> )
NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTÍFICO	Absoluta m <sup>2</sup>	Relativa %	
Alatrique	<i>Cordia fallax</i>	0,72	3,48	2,89
Cacho	<i>Chaetocarpus schomburgkianus</i>	1,66	8,03	6,65
Calcareño	<i>Clathrotompis brachypetala</i>	0,64	3,10	2,55
Caimito	<i>Chrysophyllum argenteum</i>	0,38	1,84	1,51
Canjilón	<i>Aspidosperma sp.</i>	0,72	3,48	2,86
Caraño	<i>Tetragastris panamensis</i>	0,93	4,50	3,70
Carapa	<i>Carapa guianensis</i>	0,60	2,90	2,40
Carapo blanco	<i>Talisia guianensis</i>	0,20	0,97	0,80
Casabe	<i>Torrubia cuspidata</i>	0,20	0,97	0,79
Charo	<i>Brosimum alicastrum</i>	0,11	0,53	0,44
Cavellino	<i>Pentaclethra macroloba</i>	0,85	4,11	3,40
Guamillo	<i>Sclerolobium guianensis</i>	0,27	1,31	1,09
Guamo	<i>Inga alba</i>	0,60	4,60	3,78
Guamo Col.	<i>Inga sp.</i>	0,42	2,03	1,68
Hierrito	<i>Licania densiflora</i>	0,42	2,03	1,66
Jabón	¿?	0,12	0,58	0,48
Laurel	<i>Ocotea glomerata</i>	0,32	1,55	1,28
Majagua	<i>Sterculia pruriens</i>	0,77	3,73	3,08
Majaguillo	<i>Eschweilera subglandulosa</i>	0,67	3,24	2,66
Merecurillo	<i>Parinari excelsa</i>	0,22	1,06	0,87
Mora	<i>Mora gonggrijpii</i>	0,43	2,08	1,70
Mureillo	<i>Erisma uncinatum</i>	1,27	6,14	5,07
Palma cucurito	<i>Attalea sp.</i>	0,28	1,35	1,12
Palma manaca	<i>Euterpe odoracea</i>	0,09	0,44	0,35
Palma Seje	¿?	0,56	2,71	2,24
Pata de danto	<i>Terminalia guianensis</i>	0,37	1,79	1,49
Pata de paují	<i>Mabea piriri</i>	0,15	0,73	0,59
Pilón	<i>Stryphnodendron polystachyum</i>	0,42	2,03	1,68
Pilón rosado	<i>Pera glabrata</i>	0,26	1,26	1,05
Purguo	<i>Manikara bidentata</i>	0,67	3,24	2,69
Rosa de montaña	<i>Brownea latifolia</i>	0,07	0,34	0,28
San José	<i>Jacaranda obtusifolia</i>	0,20	0,97	0,81
Tacamajaca	<i>Protium heptaphyllum</i>	0,08	0,39	0,33
Trompillo	<i>Guarea trichilloides</i>	0,28	1,35	1,10
Yagrumo	<i>Cecropia peltata</i>	0,20	0,97	0,80
SUBTOTAL 35 especies más abundantes		16,50	79,83	65,87
SUBTOTAL resto de 56 especies		4,17	20,17	16,91
TOTAL GENERAL (todas las especies)		20,67	100,00	82,78

Cuadro 4.10. Dominancia media por hectárea (m<sup>2</sup>/ha) y en los cuatro levantamientos estructurales (4 ha) de las 35 especies arbóreas de mayor abundancia, tomando en cuenta únicamente los individuos con DAP igual o mayor de 10 cm, en un bosque maduro. (Unidad de Manejo, C-3, Reserva Forestal de Imataca, Estado Bolívar, Venezuela, 1995).

Nota: Datos tomados de Corredor J. R. (1995).

### *Índice de valor de importancia*

Este término conforma un método o procedimiento para integrar en un solo número y sintetizar los resultados parciales de abundancia, frecuencia y dominancia para cada especie arbórea registrada en un levantamiento estructural numérico y de regeneración.

Fue propuesto por Curtis y McIntosh (1951) como Importance Value Index y consiste simplemente en la suma para cada especie de los valores de abundancia relativa (%), frecuencia relativa (%) y dominancia relativa (%).

Este valor integrado e interpretado nos daría hasta cierto punto una referencia muy aproximada de la estructura horizontal del bosque muestreado.

La idea surgió porque el estudio de la abundancia, frecuencia y dominancia, a pesar de que suministra datos sobre aspectos esenciales de la composición florística y de la estructura de un bosque, sin embargo, son solamente enfoques parciales que necesariamente deben ser integrados para que puedan servir como punto de partida para un análisis objetivo de la realidad global del bosque considerado.

IVI		ABUNDANCIA		FRECUENCIA		DOMINANCIA
(Índice de	=	RELATIVA	+	RELATIVA	+	RELATIVA
Valor		(%)		(%)		(%)
de						
Importancia						

En los cuadros 4.11 y 4.12, se pueden observar los valores correspondientes al Índice de Valor de Importancia “de las especies arbóreas presentes en un bosque secundario joven de los Llanos Occidentales (Estado Barinas, Venezuela) y de un bosque maduro de la Reserva Forestal Imataca (Estado Bolívar, Venezuela).

Nótese que las cifras del Índice de

Valor de Importancia para cada especie que aparece en la sexta columna en ambos cuadros, es el resultado de la suma de la abundancia, frecuencia y dominancia relativas.

ESPECIE (Nombre Vulgar)	ABUNDANCIA		DOMINANCIA		FRE. REL. (%)	VALOR (IVI)	P. SOC. REL (%)	REG. NAT. (%)	IVIA VALOR	(%)	IVIA RANGO
	NARB/ha	REL. (%)	m <sup>2</sup> /ha	REL. (%)							
Guácimo blanco	185	27,09	2,61	17,74	13,57	58,40	30,97	12,62	101,99	20,40	1
Jobo	126	18,45	3,91	26,58	14,29	59,32	16,28	8,96	84,56	16,91	2
Bototo	155	22,69	3,33	22,64	12,14	57,47	20,32	2,68	80,47	16,10	3
Tasajo blanco	64	9,37	1,34	9,11	10,00	28,48	9,59	20,35	58,42	11,69	4
Candilero	42	6,15	0,61	4,15	10,71	21,01	7,11	0,00	28,12	5,62	5
Erizo	38	5,56	1,18	8,02	8,57	22,16	5,90	0,00	28,06	5,61	6
Yagrumo	28	4,10	0,69	4,69	8,57	17,36	2,87	0,00	20,23	4,05	7
Carabalí	5	0,73	0,06	0,41	2,86	4,00	0,86	7,05	11,91	2,38	8
Urero macho	6	0,88	0,12	0,82	3,57	5,26	1,03	3,75	10,04	2,01	9
Erizo negro	10	1,46	0,30	2,04	1,3	4,93	1,45	0,00	6,38	1,28	10
Subtotal 10 Especies	659	96,49	14,15	96,19	85,71	278,39	96,38	55,41	430,18	86,05	
Mayor IVIA Subtotal 9 Especies comerciales	12	1,76	0,27	1,84	7,14	10,73	1,81	11,56	24,10	4,82	
Subtotal 4 especies Potencial comercial	3	0,44	0,09	0,61	1,42	2,47	0,51	5,75	8,73	1,75	
Resto de 15 especies	9	1,32	0,20	1,36	5,71	8,39	1,28	27,24	36,91	7,38	
Todas las 38 especies	683	100,01	14,71	100,00	99,98	299,98	99,98	99,96	499,92	100,00	

Los números entre paréntesis representan el rango.  
 Especies comerciales: Camoruco (13), Samán (14), Drago (16), Gateado (18), Chupón (24), Roble (27), Mora (29), Charo amarillo (29), Charo negro (29) Especies potencialmente comerciales: Araguato (15), Ceiba (25), Jebe (28), Guamo colorado (29).

**Cuadro 4.11. Cuadro resumen del IVI (Índice de Valor de Importancia), IVIA (Índice de Valor de Importancia Ampliado) y RANGO para las diez especies de mayor IVIA, las 9 especies comerciales, las 4 especies potencialmente comerciales y resto de especies agrupadas y registradas en un LENR (1ha) ejecutado en un bosque secundario joven del Estado Barinas, Venezuela.**

Nota: Datos tomados de Corredor J. R. (1987).

ESPECIE (Nombre Vulgar)	ABUNDANCIA		DOMINANCIA		FRE. REL. (%)	VALOR R (IVI)	P. SOC. REL (%)	REG. NAT. (%)	IVIA VALOR R	(%)	IVIA RANG O
	NARB/h	REL.	m <sup>2</sup> /h	REL.							
	a	(%)	a	(%)							
Mora	33	7,86	1,60	8,69	6,21	22,75	7,58	28,03	58,36	11,67	1
Guamo	34	8,10	1,32	7,17	8,70	23,96	8,37	13,97	46,30	9,26	2
Caraño	30	7,14	1,40	7,60	6,83	21,57	7,32	7,25	36,14	7,23	3
Clavellino	46	10,95	1,12	6,08	6,83	23,86	11,90	0,00	35,76	7,15	4
Hierrito	36	8,57	1,17	6,35	5,28	20,20	8,24	2,72	31,16	6,23	5
Majaguillo	34	8,10	1,00	5,43	8,07	21,59	8,76	0,79	31,14	6,23	6
Caicareño	26	6,19	1,23	6,68	6,52	19,39	5,88	1,50	26,77	5,35	7
Carapa	20	4,76	0,94	5,10	5,28	15,15	4,84	1,90	21,89	4,38	8
Majagua	16	3,81	0,47	2,55	4,04	10,40	3,92	1,86	16,18	3,24	9
Cacho	13	3,10	0,63	3,42	3,42	9,94	3,14	1,84	14,92	2,98	10
Subtotal 10 Especies Mayor IVIA	288	68,57	10,88	59,07	61,18	188,82	69,95	59,86	318,63	63,72	
Subtotal (19) Especies Comerciales	30	7,14	2,45	13,30	9,30	29,74	6,39	4,49	40,62	8,12	
Subtotal 19 Esp. Pot. Comerciales	36	8,57	1,85	10,04	9,30	27,91	8,62	8,72	45,25	9,05	
Subtotal Resto 33 Esp.	66	15,71	3,24	17,59	20,22	53,52	15,03	26,95	95,50	19,10	
Todas las 81 Especies	420	100,00	18,42	100,00	100,00	300,00	100,00	100,00	500,00	100,00	

**Especies Comerciales:** Caro (46), Cedro amargo (53), Cedro blanco (24), Ceiba (53), Charo (30), Capa tabaco (34), Guarapo (50), Guarataro (30), Murefillo (32), Pata danto (41), Pilón (18), Pilón rosado (27), Purguo (15), Puy (28), Roble (29), Samán (41), Tacamajaca (57), Yiguire (53), Zapatero (51).

**Especies Potencialmente Comerciales:** Alatrique (25), Bizcochuelo (45), Bocsuo (50), Cacu (16), Caimito (14), Guamillo (23), Guamo colorado (29), Hielillo (51), Jobo (53), Kerosen (49), Laurel (47), Pata Paují (19), Pata zamuro (31), Purguillo (36), Samán montañero (39), Simaruba (48), Si puede (53), Sunsun (41), Tinajito (26).

Cuadro 4.12. Cuadro resumen del IVI (Índice de Valor de Importancia), IVIA (Índice de Valor de Importancia Ampliado) y Rango para las diez (10) especies de mayor IVIA, las diecinueve (19) especies comerciales, las diecinueve (19) especies potencialmente comerciales y el resto de treinta y tres (33) especies en un LENR (1 ha), ejecutado en un bosque maduro (Imataca) del Estado Bolívar, Venezuela.

Nota: Datos tomados de Corredor J. R. (1995).

### ***Estructura diamétrica***

Es un término convencional y relativo. Se refiere a un arreglo en clases diamétricas de los árboles registrados, mayores de 10 cm de DAP para cada una de las especies en toda el área del levantamiento estructural numérico realizado, por lo general con una amplitud de 10 cm para cada clase diamétrica.

Comúnmente, los resultados numéricos son representados gráficamente en diferentes formas, curvas de distribución, gráfico piramidal, de barras o torta. Se estila también elaborar un diagrama representativo de todos los árboles hallados, independientemente de las especies registradas, lo cual nos daría una idea de la distribución diamétrica de la densidad (cantidad de árboles por unidad de superficie para cada clase diamétrica).

La determinación de la estructura diamétrica para cada una de las especies con valor actual y potencial en el mercado, registradas en un LENR, es uno de los aspectos más interesantes e importantes de los levantamientos y estudios estructurales.

La distribución de los diámetros de los árboles que tienen DAP superior a diez centímetros, hallados y medidos en toda el área del levantamiento, conforma una figura cuyo análisis revelará información importante sobre la estabilidad y permanencia de una especie y de la misma comunidad estudiada, además de servir de herramienta para la toma de decisiones en las operaciones de aprovechamiento y manejo forestal.

Las figuras 4.2, 4.3, 4.4 y 4.5 y los cuadros 4.13, 4.14 que aparecen a continuación, son un ejemplo de la representación de los resultados referentes a la estructura diamétrica incluida en el informe final de un levantamiento estructural numérico y de regeneración.

Las figuras corresponden a las curvas y dibujos piramidales de la distribución diamétrica de dos especies forestales, *Cochlospermum vitifolium* (Bototo) y *Erismia uncinatum* (Mureillo), la primera con una distribución

ecológica amplia en los Llanos Occidentales y la segunda en la región de la Guayana venezolana.

Categoría diamétrica		Cantidad de árboles
10,0-19,9	I	277
20,0-29,9	II	75
30,0-39,9	III	2
40,0-49,9	IV	1
50,0-59,9	V	0
60,0-69,9	VI	0
70,0 y +	VII	0

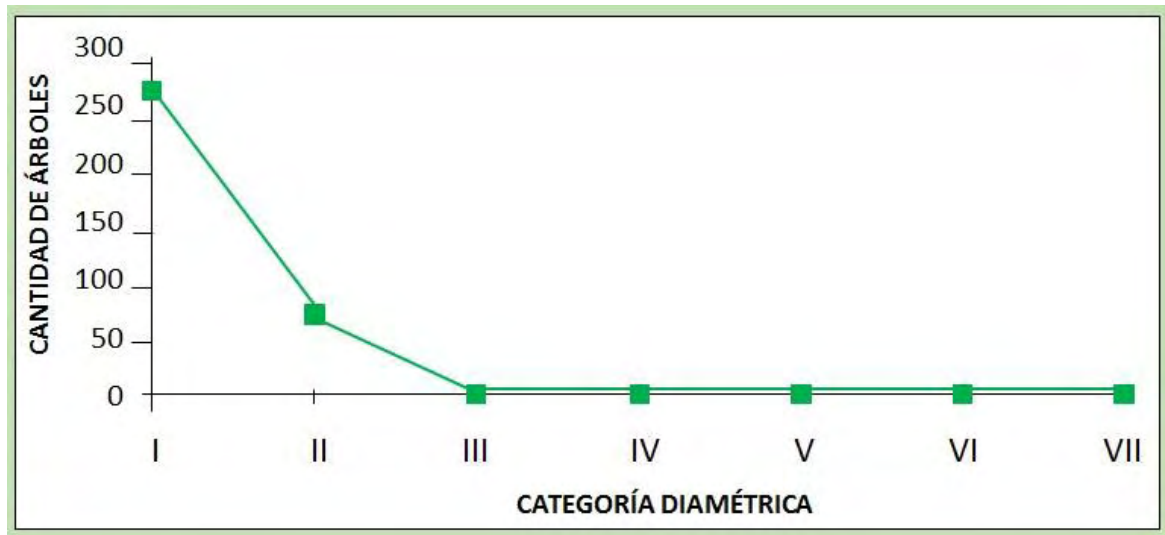


Figura 4.2. Curva de la distribución diamétrica de los árboles de Bototo, registrados en una hectárea de bosque secundario (Edo. Barinas).

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001).

Categoría diamétrica		Cantidad de árboles
10,0-19,9	I	41
20,0-29,9	II	26
30,0-39,9	III	9
40,0-49,9	IV	4
50,0-59,9	V	0
60,0-69,9	VI	0
70,0 y +	VII	0

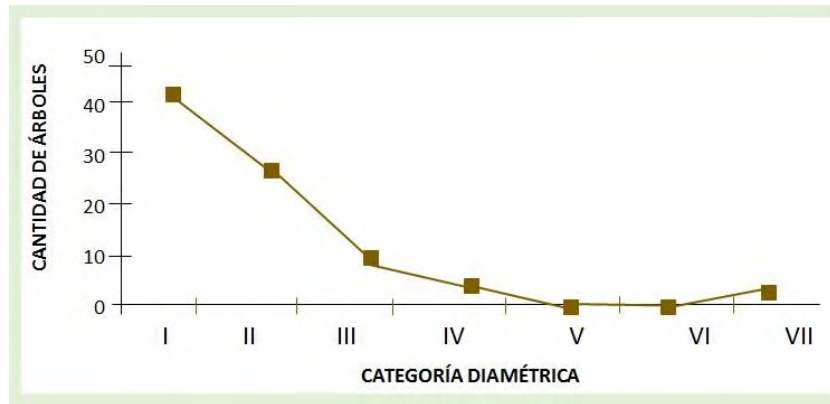


Figura 4.3. Curva de distribución diamétrica de los árboles de Mureillo en una hectárea de un Bosque Maduro (Reserva Forestal Imataca, Edo. Bolívar).

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001).

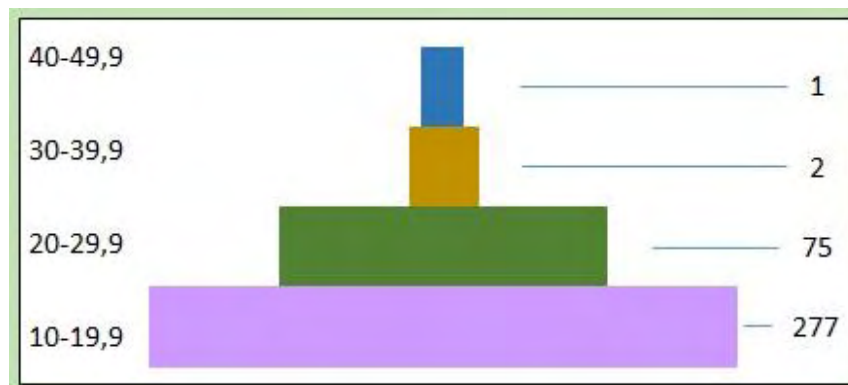


Figura 4.4. Distribución piramidal de los diámetros de los árboles de Bototo registrados en LeNR (1 ha) llevado a cabo en un Bosque Maduro de la Reserva Forestal de Imataca, estado Bolívar, Venezuela.

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001).

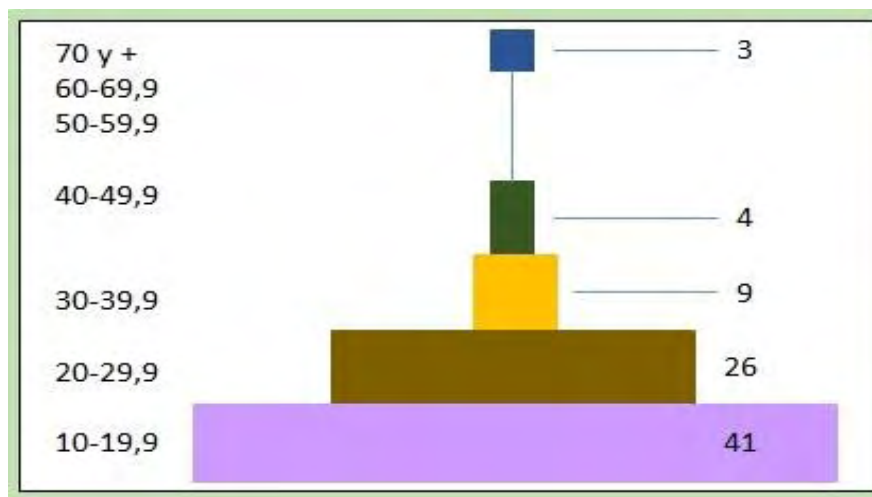


Figura 4.5. Distribución piramidal de los diámetros de los árboles de Mureillo registrados en LeNR (1 ha) llevado a cabo en un Bosque Maduro de la Reserva Forestal de Imataca, Estado Bolívar, Venezuela.

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (1995).

ESPECIE	10-19,9	20-29,9	30-39,9	40-49,9	50-59,9	60-69,9	70 y más	TOTAL
GUAMO ( <i>Inga alba</i> )	94	33	14	7	1	0	0	149
CACHO ( <i>Chaetocarpus chomburgkianus</i> )	62	45	23	4	2	0	0	136
CARAÑO ( <i>Tetragastris panamensis</i> )	94	26	5	3	1	0	0	129
CLAVELLINO ( <i>Pentaclethra macroloba</i> )	84	30	6	0	1	0	0	121
MAJAGUILLO ( <i>Eschweilera subglandulosa</i> )	74	27	3	1	0	0	0	105
MUREILLO ( <i>Erismia uncinatum</i> )*	41	26	9	4	0	0	3	83
MAJAGUA ( <i>Sterculia prurens</i> )	44	19	5	2	2	1	0	73
CAICAREÑO ( <i>Clathrotropis argenteum</i> )*	35	25	3	2	1	0	0	66
ALATRIQUE ( <i>Cordia fallax</i> )	27	18	8	3	1	0	0	57
CARAPA ( <i>Carapa guianensis</i> )*	32	12	9	3	1	0	0	57
MORA ( <i>Mora gonggrijpii</i> )*	23	8	4	2	1	0	0	38
11 especies de mayor IVIA	610	269	89	31	11	1	3	1014
RESTO DE ESPECIES (115)	606	189	85	38	17	9	5	949
TOTAL GENERAL (4 ha)	1216	4580	174	69	28	10	8	1963

(\*): Especies de valor comercial

Cuadro 4.13. Cantidad de árboles por categoría diamétrica y por especie, registrados en 4 levantamientos estructurales y de regeneración, efectuados en un bosque maduro de la Unidad C-3 de la Reserva Forestal de Imataca. Estado Bolívar, Venezuela.

Nota: Datos tomados de Corredor J. R. (1995).

ESPECIE	10-19,9	20-29,9	30-39,9	40-49,9	50-59,9	60-69,9	70 y más	TOTAL
GUÁCIMO BLANCO ( <i>Guazuma ulmifolia</i> )	1.202	34	2	1	0	0	0	1.239
BOTOTO ( <i>Cochlospermum vitifolium</i> )	277	75	2	1	0	0	0	355
JOBO ( <i>Spondias mombin</i> )	213	97	1	0	0	2	3	325
TASAJO BLANCO ( <i>Fissicalyx fendleri</i> )	211	25	0	0	0	0	0	237
YAGRUMO ( <i>Cecropia sp.</i> )	147	26	1	0	0	0	0	175
SUBTOTAL 5 ESPECIES DE MAYOR IVI	2.050	257	2	2	0	2	3	2.331
SUBROTAL 14 ESPECIES DE VALOR COMERCIAL (*) ANOTADAS EN LAS 5 ha	101	31	17	4	3	2	7	161
SUBTOTAL 9 ESPECIES DE VALOR POTENCIAL (**)	79	13	13	2	1	0	0	101
RESTOS DE 23 ESPECIES ARBÓREAS REGISTRADAS EN LAS 5 ha	335	99	6	14	2	1	0	488
TOTAL GENERAL	4.675	657	44	24	6	7	13	8.439
(*) Especies de valor comercial; balsa, camoruco, caracaro, charo amarillo, charo negro, chupón, drago, gateado, guayabón, mora, roble, samán, saqui-saqui, urero macho.								
(**) Especies de valor potencial comercial: araguato, bucare, carabalí, ceiba, guácimo, cimarrón, indio desnudo, jebe, majagua, palo de María.								

Cuadro 4.14. Cantidad de árboles por categoría diamétrica y por especie, registrados en las 5 ha correspondientes a levantamientos estructurales y de regeneración efectuados en un bosque secundario del Estado Barinas, Venezuela.

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001).

## Posición sociológica

### Concepto

Es el espacio que ocupan las copas de los distintos pies que componen el bosque tipo en su estratificación vertical, medidos a partir de 10 cm DAP. Para los bosques tropicales (irregulares y heterogéneos), se distinguen 3 estratos de copas: Superior, Medio e Inferior.

La posición sociológica relativa es el por ciento del valor absoluto de la posición sociológica de cada especie, en relación con la suma total de los valores absolutos de la posición sociológica de todos los individuos de muestra. Finol (1980).

La posición sociológica es un elemento importante en la estructura vertical de un bosque. Para la determinación de la posición sociológica, se toma información sobre la ubicación vertical de la copa de cada árbol con DAP igual o superior a 10 cm, anotando el estrato donde se encuentra ubicada su copa. Como puntos de referencias se consideran los tres estratos (inferior, medio y superior) en que previamente se ha dividido el espacio aéreo del bosque en estudio.

El estrato superior es el formado por los árboles cuyas copas forman el dosel más alto del bosque (techo). El estrato medio es el constituido por los árboles cuyas copas se encuentran bajo el dosel más alto, pero ocupando la mitad superior del espacio aéreo del bosque; y el estrato inferior es el compuesto por las copas de los árboles que se encuentran en la mitad inferior del espacio aéreo ocupado por el bosque en cuestión.

#### ***Procedimiento para el cálculo de la posición sociológica relativa***

Con los datos recolectados en el campo, se preparan tablas del número de árboles por especie y por estrato. Esta información es la base para el cálculo de la posición sociológica absoluta y relativa, de acuerdo con el procedimiento propuesto por Finol (1971). Mediante éste, el número total de pies en cada estrato determina su importancia.

A ésta se le da un valor numérico proporcional que se denomina “Valor Fitosociológico”. Este valor simplificado y redondeado, se multiplica por el número de individuos de la especie considerada presente en cada estrato. La suma de los tres productos obtenidos, es decir, uno por cada estrato, constituye la *Posición Sociológica Relativa* que se calcula partiendo de la sumatoria de las posiciones sociológicas absolutas, la cual se considera como el cien por cien.

ESPECIE	CANTIDAD DE ÁRBOLES EN LOS ESTRATOS			
	SUPERIOR	MEDIO	INFERIOR	TODOS
Guácimo blanco	2	13	278	294
Jobo	0	21	63	96
Tasajo blanco	9	6	82	88
Bototo	1	9	30	48
Yagrumo	25	15	31	47
SUBTOTAL	2	64	484	573
SUBTOTAL (6Esp.) de Valor Comercial (*)	0	1	10	13
SUBTOTAL (6 Esp.) Pot. Comerciales (**)	7	2	10	12
SUBTOTAL RESTO ESPECIES (9)	34	19	58	84
TODAS ESP. (26)	5,0	86	562	682
%	0,5	12,6	82,4	100,0
Valor Fitosociológico	1	1,3	8,2	10,00
V. F. redondeado	2	1	8	10

(\*) Drago; guayabón; mora; samán; saqui-saqui; urero macho.  
(\*\*) Bucare; carabalí; guácimo cimarrón; indio desnudo; jebe; palo de María.

Cuadro 4.15. Posición sociológica absoluta y cálculo del valor fitosociológico para cada estrato siguiendo el procedimiento propuesto por Finol, H. (1971).

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (1987).

ESPECIE	CÁLCULOS POS. SOC.			POS. SOCIOLÓGICA	
	ES*1	EM*1	EI*8	ABSOLUTA	RELATIVA
Guácimo blanco	3	13	2.224	2.240	48,53
Jobo	12	21	504	537	11,63
Tasajo blanco	0	6	656	662	14,34
Bototo	9	9	240	258	5,59
Yagrumo	1	15	248	264	5,72
SUBTOTAL	25	64	3.872	3.961	85,81
SUBTOTAL (6Esp.) de Valor Comercial (*)	2	1	80	83	1,8
SUBTOTAL (6 Esp.) Pot. Comerciales (**)	0	2	80	82	1,78
SUBTOTAL RESTO ESPECIES (9)	7	19	464	490	10,62
TODAS ESP. (26)	34	86	4.496	4.616	100,01

Cuadro 4.16. Cálculo de la posición sociológica relativa aplicando los valores fitosociológicos obtenidos en la tabla 4.15.

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001).

ESPECIE Nombre Vulgar	CANTIDAD DE ÁRBOLES EN LOS ESTRATOS				CÁLCULOS POS. SOC. ABS.			POSICIÓN SOCIOLOGICA	
	SUPERIO R	MEDI O	INFERIO R	TODO S (*)	ES* 2	EM* 4	EI* 4	ABSOLUT A	RELATIV A
Clavellino	1	13	32	46	2	52	128	182	11,90
Hierrito	9	14	13	36	18	56	52	126	8,24
Majaguillo	1	16	17	34	2	64	68	134	8,76
Guamo	4	17	13	34	8	68	52	128	8,37
Mora (POT. COM.)	8	14	11	33	16	56	44	116	7,58
Caraño	4	10	16	30	8	40	64	112	7,32
Caicareño	7	13	6	26	14	52	24	90	5,88
Carapa (COM.)	3	11	6	20	6	44	24	74	4,84
SUBTOTAL (8 esp >ab)	37	108	114	259	74	432	456	962	62,87
SUBTOTAL 9 ESP. COMERCIALE S	10	3	9	22	20	12	36	68	4,44
SUBTOTAL 10 ESP. POT. COMERCIALE S	5	9	7	21	10	36	28	74	4,84
SUBTOTAL RESTO DE 29 ESPECIES	23	45	50	118	46	180	200	426	27,84
TODAS LAS 56 ESPECIES	75	165	180	420	150	660	720	1.530	100,00
%	17,9	39,3	42,9	100,0					
Valor Fitosociológico	1,8	3,9	4,3	10,0					
V. F. redondeado	2	4	4	10					

(\*) = Cantidad de árboles con DAP igual o superior a 10 centímetros.  
 Comerciales: caro, mureillo, pata danto, pilón, pilón rosado, purguo, puy, roble, samán.  
 Potencialmente Comerciales: capa tabaco, cedro blanco, charo, alatrique, guamo colorado, pata pauji, purguillo, samán montañoero, sunsun, tinajito.

Cuadro 4.17. Posición sociológica absoluta y relativa de las especies arbóreas registradas en un LENR, ejecutado en un bosque maduro de la Reserva Forestal Imataca.

(Para obtener los valores se siguió el procedimiento propuesto por Finol, H. 1971).

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. 1995

### Regeneración natural

El inventario de la regeneración natural es un complemento importante de cualquier levantamiento estructural numérico. Finol (1971) considera como regeneración natural a todos los individuos de especies arbóreas encontrados en el suelo forestal y que tienen un DAP inferior a 10 cm.

El mismo autor indica tres categorías de tamaño para cada especie: a) menos de 1,00 m de altura; b) de 1,00 a 3,00 m de altura, y; c) mayores de 3,00 m de altura, pero menores de 10 cm de DAP. El levantamiento de la regeneración natural comprende la identificación (nombre vulgar), conteo y

anotación por categoría de tamaño de todos los individuos presentes en el área del inventario.

Para la recolección en el campo se ubican previamente 10 subparcelas de 100 m<sup>2</sup> dentro de la parcela muestra de una hectárea del levantamiento estructural. (Figura 4.1). Las dimensiones de las subparcelas de regeneración natural pueden ser de 10 x 10 m o de 5 x 20 m. En cada subparcela se toma la siguiente información: identificación de la plántula, anotando el nombre vernáculo de la especie con la ayuda de un “baqueano” y anotación de los individuos en la casilla correspondiente de la planilla de campo, de acuerdo con la categoría de tamaño en que se encuentre.

Con los datos tomados en el campo, se determinan posteriormente en la oficina: la abundancia, la frecuencia y la categoría de tamaño, absolutas y relativas de la regeneración natural, extrapolándolos a la hectárea.

Los cálculos de estos tres parámetros son idénticos a los realizados respectivamente para hallar la abundancia, frecuencia y posición sociológica de los árboles con DAP igual o superior a 10 cm.

### **Procedimiento para el cálculo de la Regeneración Natural Relativa**

Una vez hallada la abundancia, frecuencia y posición sociológica relativa se procede a calcular la “Regeneración Natural Relativa (RNR)” para cada especie aplicando la siguiente fórmula (Finol 1971):

$$RNR = \frac{ABR + FR + CTR}{3}$$

Donde:

RNR = Regeneración Natural Relativa (%)

ABR = Abundancia Relativa (%)

FR = Frecuencia Relativa (%)

CTR = Categoría de Tamaño Relativa (%)

CAPÍTULO IV Métodos y procedimientos para el estudio de la organización y estructura de un bosque

ESPECIE (Nombre Vulgar)	Pies por ha en la Categoría de Tamaño			ABUN. RELATIVA		CÁLCULOS			CATEGORÍA DE TAMAÑO		FRECUENCIA		REGENERACIÓN NATURAL RELATIVA (%)
	I	II	III	TODAS (%)		I * 4	II * 2	III * 4	ABS. REL. (%)		ABS. REL. (%)		
Tasaio blanco	150	120	90	360	26,47	600	240	360	1.200	24.5960	9,68	20,25	
Guácimo blanco	10	10	160	180	13,4	40	20	640	700	14,34	70	11,29	12,96
Jobo	60	0	40	100	7,35	240	0	160	400	8,20	70	11,29	8,95
Bototo	40	0	0	40	2,94	160	0	0	160	3,28	10	1,61	2,61
Yagrumo	0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,00
SUBTOTAL (5) ESPECIES >AB	260	130	290	680	50,00	1.040	260	1.160	2.460	50,41	210	33,87	44,76
SUBTOTAL (8) ESP. COMER.	110	0	60	170	12,50	440	0	240	680	13,93	120	19,35	15,26
SUBTOTAL (3) ESP. POT. COM.	70	30	40	140	10,29	280	60	160	500	10,25	110	17,74	12,76
SUBTOTAL (13) RESTO ESP.	140	120	110	370	27,21	560	240	440	1.240	25,41	180	29,03	27,22
TOTALES	580	280	500	1.360	100,00	2.320	560	2.000	4.880	100,00	620	100,00	100,00
%	42,6	20,6	36,8	100,00									
Índice	4,26	2,06	3,68	10,00									
Redondeado	4	2	4	10									

CATEGORÍAS DE TAMAÑO (BRINZALES MENORES DE 10 cm DAP)

I Individuos con altura menor de un (1) metro.  
 II Individuos con alturas comprendidas entre uno (1) y tres (3) metros.  
 III Individuos con más de tres (3) metros de altura, pero menores de 10 cm DAP.

Cuadro 4.18. Cálculo de la Regeneración Natural Relativa de las especies arbóreas registradas en un LENR (1ha) efectuado en un Bosque Secundario joven (13 años) del Estado Barinas, Venezuela.

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. 2001.

ESPECIE (Nombre Vulgar)	Pies por ha en la Categoría de Tamaño			ABUN. RELATIVA		CÁLCULOS			CATEGORÍA DE TAMAÑO		FRECUENCIA		REGENERACIÓN NATURAL RELATIVA (%)
	I	II	III	TODAS (%)		I * 7	II * 1	III * 2	ABS. REL. (%)		ABS. REL. (%)		
Clavellino	0	0	0	0	0,00	0	0	106	0	0,00	0	0,00	0,00
Hierro	53	50	53	156	2,01	371	50	20	527	1,33	32	4,81	2,72
Majaguillo	6	3	10	19	0,24	42	3	84	65	0,16	13	1,95	0,79
Guano	882	152	42	1076	13,85	6174	152	2924	6410	16,19	79	11,88	13,97
Mora (PC)	1532	495	1462	3489	44,92	10724	495	44	14143	35,72	23	3,46	28,03
Caraña	445	15	22	482	6,20	3115	15	20	3174	8,02	50	7,52	7,25
Caicareño (PC)	24	9	10	43	0,55	168	9	4	197	0,50	23	3,46	1,50
Caraca (Com.)	33	20	2	55	0,71	231	20	8	255	0,64	29	4,36	1,90
Majagua	48	38	4	90	1,16	336	38	2	382	0,96	23	3,46	1,86
Cacho	150	2	1	153	1,97	1050	2	3212	1054	2,66	6	0,90	1,84
SUBTOTAL (10) ESPECIES >AB	3173	784	1606	5563	71,61	22211	784	82	26207	66,19	278	41,80	59,87
SUBTOTAL (19) ESP. COM.	62	27	41	130	1,67	434	27	66	543	1,37	70	10,53	4,52
SUBTOTAL (9) ESP. POT. COM.	209	105	33	347	4,47	1463	105	114	1634	4,13	99	14,89	7,83
SUBTOTAL (28) RESTO ESP.	1571	100	57	1728	22,25	10997	100		11211	28,31	218	32,78	27,78
TODAS LAS ESPECIES (66)	5015	1016	1737	7768	100,00				39595	100,00	665	100,00	100,00
%	64,6	13,1	22,4	100									
Índice	6,46	1,31	2,24	10,00									
Redondeado	7	1	2	10									

CATEGORÍAS DE TAMAÑO (BRINZALES MENORES DE 10 cm DAP)

I Individuos con altura menor de un (1) metro.  
 II Individuos con alturas comprendidas entre uno (1) y tres (3) metros.  
 III Individuos con más de tres (3) metros de altura, pero menores de 10 cm DAP.

Cuadro 4.19 Cálculo de la Regeneración Natural Relativa de las especies arbóreas registradas en un LENR efectuado en un Bosque maduro de la Reserva Forestal Imataca, Estado Bolívar, Venezuela.

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. 1995.

**Índice de Valor de Importancia Ampliado (IVIA) y Rango**

Es un valor numérico que trata de resumir la importancia fitosociológica de cada especie arbórea registrada en un Levantamiento Estructural Numérico y de Regeneración (LENR) ejecutado en un determinado tipo de bosque.

Se calcula sumando la abundancia, frecuencia, dominancia, posición sociológica y regeneración natural relativas para cada una de las especies encontradas en la superficie del levantamiento.

Mediante este índice numérico se trata de sintetizar la contribución fitosociológica de cada especie en la estructura horizontal, vertical y hasta interna de la comunidad arbórea, considerada ésta como un todo. La fórmula empleada para el cálculo del IVIA se expone a continuación.

$$\text{IVIA} = \left( \begin{array}{ccc} \text{ABUNDANCIA} & \text{FRECUENCIA} & \text{DOMINANCIA} \\ \text{RELATIVA} & \text{RELATIVA} & \text{RELATIVA} \\ (\%) & (\%) & (\%) \end{array} \right) + \left( \begin{array}{cc} \text{POSICIÓN SOCIOLOGICA} & \text{REGENERACIÓN NATURAL} \\ \text{RELATIVA} & \text{RELATIVA} \\ (\%) & (\%) \end{array} \right)$$

IVIA = ESTRUCTURA HORIZONTAL + ESTRUCTURA INTERNA + ESTRUCTURA VERTICAL

Figura 4.6. **Fórmula del Índice de Valor de Importancia Ampliado (IVIA)**  
 Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001)

### *Calidad de los fustes*

En Silvicultura la “calidad” es un término cualitativo que se refiere básicamente al aspecto morfológico del tronco de un árbol, específicamente al fuste, que es la parte del tronco libre de ramas.

Convencionalmente y en forma general, se distinguen tres características diferenciales de los tallos de los árboles. A cada una de las características se le asigna la letra inicial de cada uno de los tipos de calidad.

Así, un tallo recto y cilíndrico, libre de ramas hasta cierta altura, desde el nivel del suelo, se puede apreciar que es un fuste de buena calidad y se señalará con la letra (B); un tallo algo torcido, pero del cual podría obtenerse una o más rolas de cierta uniformidad, se considera que es un fuste de calidad regular y se le asignará la letra (R); por último, un tallo muy torcido o deforme, ramificado y nudoso, que podría no producir ni siquiera una rola de madera, se debe considerar como un fuste de mala calidad y se registrará con la letra (M).

### Vitalidad de las copas

El término “vitalidad” en un Levantamiento Estructural Numérico y de Regeneración, se refiere al estado fitosanitario de la copa del árbol. La vitalidad es un concepto cualitativo que tiene que ver con el aspecto, tamaño y frondosidad de la copa.

En la planilla de campo se registra información sobre la vitalidad de cada árbol cuyo diámetro ha sido previamente medido.

Convencionalmente se distinguen tres tipos de vitalidad: a) Árboles sanos, de copa completa y proporcionada, sin rasgos visibles de ataques de plagas o enfermedades o defectos como consecuencia del daño provocado por cualquier agente natural, se distinguen con el número 1; b) Árboles aparentemente sanos, pero bien con la copa incompleta o con algunos signos visibles de ataque o enfermedad, se anotan con el número 2, y ; c) Árboles muy enfermos, atacados o moribundos, muertos o casi muertos, se les señala en la planilla con el número 3.

CALIDAD	CANTIDAD DE ÁRBOLES	%
Buena	333	48,76
Regular	292	42,75
Mala	58	8,49
Todas	683	100,00

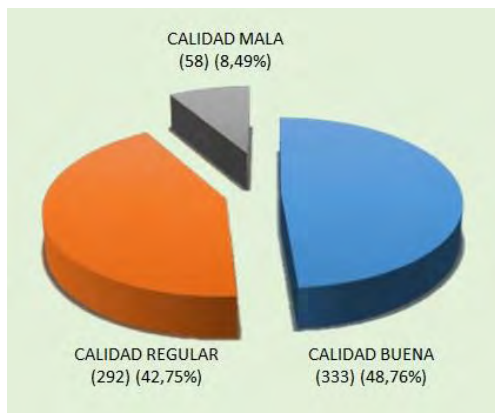


Figura 4.7. Calidad de los árboles.  
Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001)

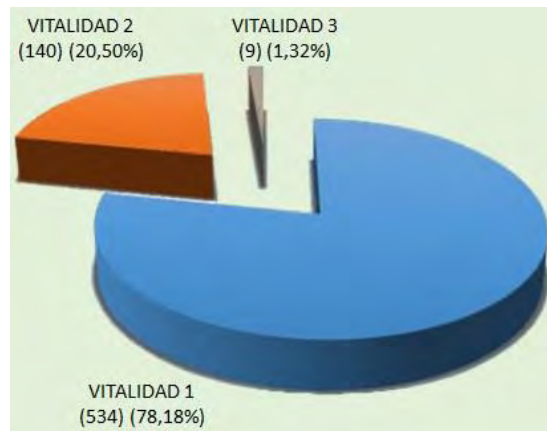


Figura 4.8. Cantidad de árboles en cada una de las clases de calidad registrada en un LENR de un bosque secundario joven del Estado Barinas, Venezuela.

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001)

### Riqueza florística y métodos para determinarla

La riqueza florística no es más que el número total de especies de cualquier tamaño que habitan en un lugar determinado. Casi todos los inventarios subestiman la riqueza florística de un bosque.

La diversidad florística viene dada por la distribución de los individuos entre las especies presentes. Los bosques tropicales en general son de una riqueza y diversidad florística extraordinaria. En el capítulo 3, especialmente dedicado al análisis de las principales características de estos bosques, mediante ejemplos reales se evidencia esta aseveración.

La riqueza florística de una formación se puede expresar mediante diferentes maneras y plantea problemas teóricos muy interesantes. A continuación, se detallan dos procedimientos empleados en los bosques tropicales para expresar la riqueza florística: La curva especies-área y la cantidad de especies diferentes en los primeros “n” individuos.

### Curva especies - área

En la naturaleza, el número de especies se incrementa con el aumento de tamaño del área de la muestra. Este fenómeno puede ser expresado en forma analítica a través de la formulación matemática:

$$s = c \cdot A^z \log(c) = \log(c) + z \log(A)$$

Donde:

S = número de especies

c = coordenada en el origen o intercepción

A = área

z = pendiente

Estas fórmulas generan una curva que se denomina “Curva especies-área”. (Figura 4.8).

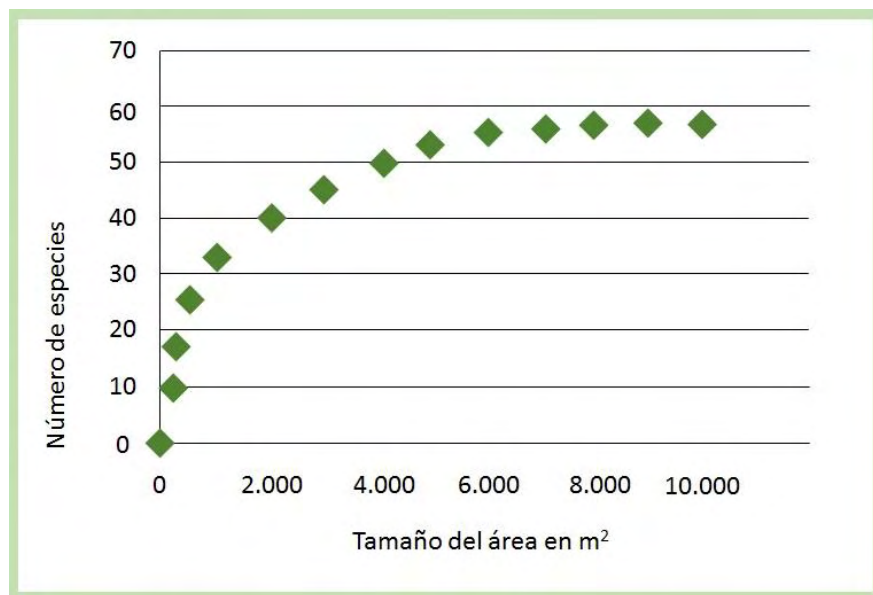


Figura 4.8. Ejemplo de una curva especies - área generada por la fórmula:  $S=c \cdot A^z$   
 Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (1987)

La curva especies-área es una de las formas utilizadas para expresar analíticamente la riqueza florística de un bosque o rodal. Pero además de ello, en los estudios estructurales la Silvicultura la utiliza para determinar el tamaño de la muestra representativa de la colectividad estudiada.

Se obtiene esta curva, llevando a un eje de coordenadas el número de especies en función del área de la muestra levantada. De esta manera se genera una serie de puntos que, al ser unidos, determinan una curva más o menos paraboloides. Al comienzo, esta curva se eleva bruscamente, pero a medida que aumenta el área el trazo se va aproximando a la horizontal con sólo ligeras desviaciones.

En la práctica, la toma de datos para la elaboración de la curva se realiza en parcelas lineales, cuadradas o redondas y su tamaño puede oscilar entre 0,1; 1 m<sup>2</sup> y 500 m<sup>2</sup>. El área mínima en una comunidad ecológica puede determinarse usando la Nested Plot technique. (determinación del área mínima de muestreo).

En la figura 4.8 y cuadro 4.20 se puede observar un ejemplo para ilustrar la técnica mencionada.

Inicialmente, se selecciona un área pequeña de 0,25 m<sup>2</sup>, como en el ejemplo de la figura 4.10, y se registran todas las especies en dicha área. Luego esta muestra se amplía a dos veces su tamaño, luego a cuatro veces su tamaño, luego a ocho, etc.

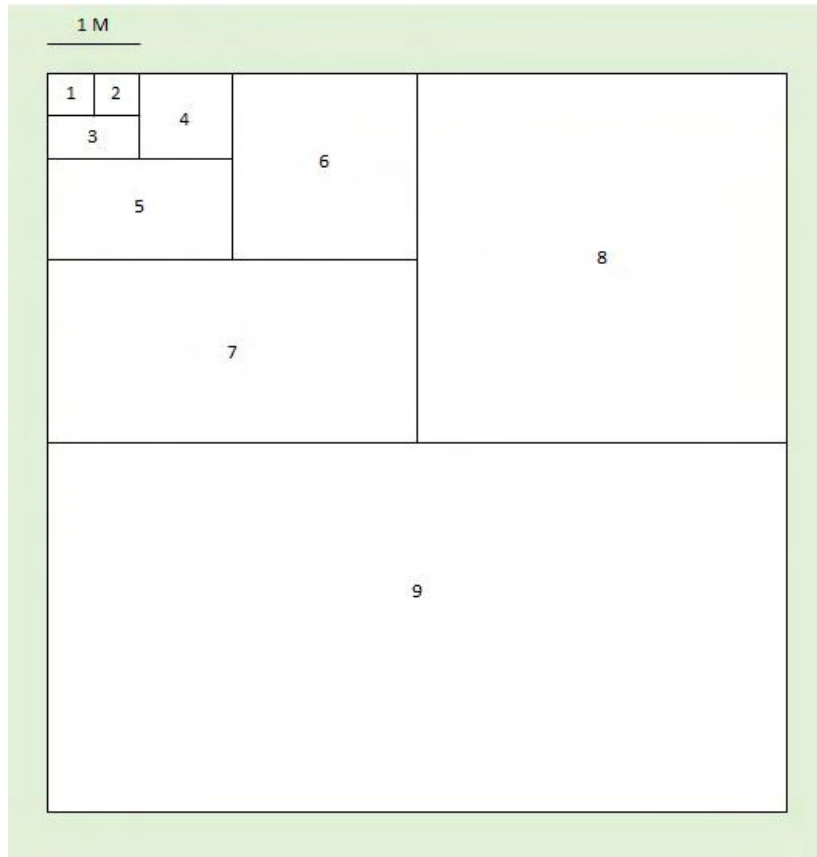


Figura 4.10. Sistema para la determinación del área mínima de muestreo. Cada subparcela numerada consecutivamente incluye el área de la subparcela precedente. Las subparcelas impares son cuadradas, mientras que las pares son rectangulares.

Nota: Datos tomados de [https://www.sscnet.ucla.edu/geog/walter/Nested\\_Plot](https://www.sscnet.ucla.edu/geog/walter/Nested_Plot)

Luego de varias duplicaciones en tamaño, el incremento en el número de especies aumenta marginalmente. Este fenómeno fue descubierto por Olaf Arrhenius en 1921; sus investigaciones se centraron principalmente en la ecología vegetal y el análisis del suelo. Su trabajo contribuyó al desarrollo de métodos para el análisis estadístico de la distribución de las plantas y la relación entre la vegetación y las propiedades del suelo, y ha sido validado por biólogos de todo el mundo para todos los ecosistemas.

Oosting (1951) y Lamprecht (1964), citados por Finol y Corredor (1980), indican que el tamaño de la muestra es suficientemente representativo

de la comunidad vegetal en estudio, cuando a un aumento de 10 % de la superficie muestreada, corresponde un número de nuevas especies inferior al 10 % del total de especies registradas.

La medida del tamaño de la parcela es el tamaño del área más pequeña después de la cual un incremento de la muestra no aporta nuevas especies, o aporta muy pocas, a la lista global. Naturalmente, es importante que el área bajo estudio sea homogénea, sin cambios dramáticos y obvios en la estructura del ecosistema, como pueden ser claros o arroyos, etc.

SUBPARCELA N°	TAMAÑO m <sup>2</sup>	ESPECIE
1	0,25	<i>Lolium perenne</i> <i>Poa pratensis</i> <i>Poa trivialis</i> <i>Festuca pratensis</i> <i>Trifolium repens</i> <i>Crysanthemum</i> <i>Leucanthemum</i> <i>Rumex acetosella</i> <i>Plantago lanceolata</i> <i>Bellis perennis</i> <i>Cirsium arvense</i> <i>Cynosurus cristatus</i>
2	0,50	<i>Trifolium pratense</i> <i>Cerastium fontanum</i> , <i>Centaurea jacea</i>
3	1	<i>Leontodon autumnalis</i> <i>Achillea millefolium</i>
4	2	<i>Holcus lanatus</i> <i>Vicia cracca</i> <i>Prunella vulgaris</i>
5	4	<i>Plantago major</i> <i>Festuca rubra</i> var. <i>Genui</i>
6	8	<i>Anthoxanthum odoratum</i>
7	16	<i>Trifolium dubium</i> <i>Taraxacum officinale</i>
8	32	<i>Rumex crispus</i>
9	64	<i>Lothyrus pratensis</i>

Cuadro 4.20. Ejemplo de datos recolectados en las subparcelas para determinar el área mínima de muestreo en un pastizal típico de Lolieto-Cynosuretum en el Noroeste de Alemania.

Nota: Datos tomados de [https://www.sscnet.ucla.edu/geog/walter/Nested\\_Plot](https://www.sscnet.ucla.edu/geog/walter/Nested_Plot)

El trazado de los números de especies con relación al tamaño de la muestra de área produce una curva especies/área. El tamaño mínimo de muestra es aquel punto en que la curva inicial ascendente y pronunciada se vuelve horizontal. Lamprecht (1964), sugiere usar el punto en la curva en donde un incremento del 10 por ciento de la muestra total de área produce menos de 10 especies nuevas y aumentar la superficie de muestreo hasta una hectárea.

Los diversos autores están de acuerdo con que, en la mayoría de los ecosistemas de bosques lluviosos tropicales, la diversidad de las especies de árboles tiende a nivelarse a la altura de 1 hectárea. En cuanto a la forma de la parcela consideran que los resultados difieren.

Por ejemplo, si sobre una misma área se establecen muestras comunes de una hectárea cada una: un cuadrado de 100 m X 100 m y un rectángulo 10 m X 1.000 m, en la segunda se registrará un número mayor de especies, debido a que hay un mayor efecto de borde, lo cual significa que debe tomarse un número mayor de decisiones subjetivas en relación a si un árbol está dentro o fuera de una muestra de área. Una forma intermedia sería un rectángulo 20 X 500 m.

Como ya se dijo antes, la curva especies-áreas representa la riqueza florística de un bosque o rodal. Los resultados de diferentes autores pueden representarse en un mismo gráfico si el límite inferior de tamaño es idéntico. De esta manera se tiene una idea de la riqueza florística de regiones distintas.

También pueden establecerse curvas referidas a una misma región, pero considerando diferentes límites de tamaño de los individuos incluidos en el censo.

Las curvas especies-área de los bosques húmedos tropicales son un tanto diferentes de las correspondientes a las formaciones de las regiones templadas. En las primeras hay un cierto límite de “saturación progresiva”

(Emberger, 1950, citado en Unesco/Cifca, 1980). En las segundas, por el contrario, el número de especies aumenta muy rápido al principio, pero no tarda en nivelarse, o al menos se incrementa con gran lentitud.

A partir de la familia de curvas especies–área puede deducirse cómo aumenta el número de especies de una superficie determinada cuando disminuye el límite del diámetro normal. Tal número parece variar según una función potencial del diámetro., tal como se evidencia en los cuadros 4.21 y 4.22. En el primero el número de especies se incrementa con el aumento de la superficie muestreada, mientras que en el segundo aumenta el número de especies con la disminución del diámetro.

***Número de especies presentes en los primeros “n” individuos***

Este es uno de los procedimientos más sencillos para explicar la riqueza florística de un bosque tropical. El valor de “n” es arbitrario y varía según los autores; Brunig (1968), en los bosques de sabana de Sarawak, considera los 100 primeros individuos; Rollet (1969), en el bosque húmedo perennifolio de la Guayana Venezolana, utiliza un número inferior.

<b>ÁREA (ha)</b>	1/8	1/4	1/2	1	2	4	8	16	32	64	128
<b>NÚMERO MEDIO DE ESPECIES</b>	24	42	62	81	117	151	194	236	284	355	442

Cuadro 4.21. Número medio de especies de árboles y lianas con DAP > 10 cm, en función de la superficie de un bosque de la Guayana venezolana.

Nota: Datos tomados de Rollet (1969).

<b>DIÁMETRO NORMAL (*) cm</b>	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
<b>NÚMERO DE ESPECIES (árboles y lianas)</b>	24	45	60	98	137	167	246	277	343	442
(*) DAP = Diámetro del fuste a 1,30 m del suelo Superficie del levantamiento = 128 ha bandas de 25 m x 51,2 m).										

Cuadro 4.22. Número de especies (árboles y lianas) en función del límite inferior del diámetro normal considerado, en un bosque ombrófilo de tierra baja de la Guayana Venezolana. 128 ha.

Nota: Datos tomados de Rollet (1969).

El método presenta el inconveniente que los «n» individuos ocupan una superficie variable. Siendo mucho más conveniente por su factibilidad de comparación, considerar la riqueza florística en un área determinada.

LUGAR	SUPERFICIE INVENTARIADA EN ha	NÚMERO DE ESPECIES	NÚMERO DE INDIVIDUOS	OBSERVACIONES
Brunei	45	760	30.000	DAP ≥ 10 cm
Sumatra	1	60	320	DAP ≥ 10 cm
Nigeria	18	170	2.000	DAP ≥ 10 cm
Camerún	1	230	1.300	DAP ≥ 30 cm
Amazonia, Belem	5	224	2.607	ALTURA ≥ 10 cm
Amazonia, Manaus	0,05	50	180	DAP ≥ 10 cm
Malasia	1	246	-	ALTURA
Manaus	0,2	502	-	≥ 1.5 cm

Cuadro 4.23. Número de especies diferentes y número total de individuos registrados en distintas áreas levantadas en algunas regiones tropicales.

Nota: Datos tomados de UNESCO/CIFCA, 1980.

TIPO DE COMUNIDAD	TAMAÑO REQUERIDO DE MUESTRA EN m <sup>2</sup>
Bosques tropicales (incluyendo estratos de árboles)	1.000-10.000
Bosques templados (incluyendo estratos de árboles)	200-500
Vegetación de matorrales en bosques templados	50-200
Graminoides secos	50-100
Comunidades de arbustos enanos y páramos	10-25
Pastos fertilizados	50-10
Comunidades de musgos	1-4
Comunidades de líquenes	0.1-1

Cuadro 4.24. Tamaños típicos de muestra para diferentes tipos de comunidades.

Nota: Datos tomados de [https://www.monitoring-ature.info/files/.../mon\\_dbase\\_manual\\_version\\_4\\_sp.pdf](https://www.monitoring-ature.info/files/.../mon_dbase_manual_version_4_sp.pdf)

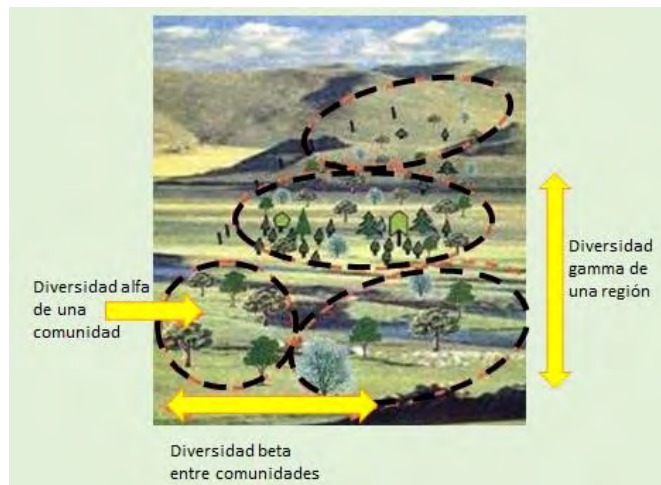


Figura 4.11. Dibujo esquemático de los tipos de diversidad: alfa, beta y gamma.

Nota: Datos tomados de <http://biocursounam.blogspot.com/2019/03/biodiversidad-alfa-beta-y-gama.html>

### ***Diversidad florística y métodos para determinarla***

Por diversidad florística se entiende la variedad de especies vegetales existentes en una región o localidad. Esa diversidad es definida con base a dos factores, número de especies y abundancia relativa de cada una de esas especies.

Puede medirse de muchas maneras, pero los científicos no se han puesto de acuerdo sobre cuál es el mejor método. El número de especies de una región, es decir, su riqueza en especies es una medida que a menudo se utiliza. Usualmente la diversidad de una comunidad es un parámetro que se obtiene a partir de un índice matemático que tiene dos componentes: la *riqueza florística* que es el número de especies y la *equidad* o *equitatividad* que es el grado en el que las diferentes especies son similares en cuanto a su abundancia.

Basado en la riqueza florística se consideran tres tipos de diversidad: *Alfa* o riqueza específica de una comunidad local; *Beta* o cambio de

composición específica a lo largo de un gradiente ambiental entre comunidades y *Gamma* o riqueza específica de una región o continente. (Ver figura 4.12).

La figura 4.12 representa un ejemplo hipotético de las diversidades alfa, beta y gamma de tres regiones montañosas, cada una con tres montañas. Cada letra representa la población de una especie. Para cada región, a la derecha se muestran las diversidades florísticas alfa, beta y gamma.

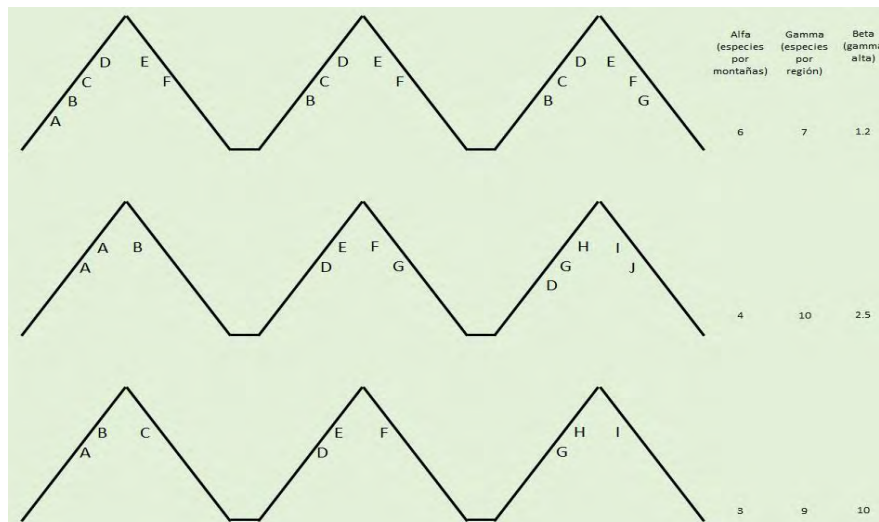


Figura 4.12. Índices de diversidad alfa, gamma y beta para tres regiones montañosas  
Nota: Datos tomados de <https://www.udc.es/dep/bave/jfreire/pdf>

El estudio y la determinación de las diversidades alfa, beta y gamma tiene interés en la toma de decisiones en relación con la aplicación de fondos para la protección de ambientes naturales.

Supongamos que en el caso representado en la figura 4.12 se debe tomar una decisión y solo se dispone de fondos para proteger una cordillera, debería protegerse la cordillera 2 porque es la que contiene la mayor diversidad total.

Sin embargo, si sólo se pudiera proteger una montaña, habría que elegir una de las montañas de la región 1, porque poseen la mayor diversidad alfa

(local), es decir, el mayor número medio de especies por montaña. En términos generales, la región 3 sería la de menor prioridad de conservación.

### ***Concepto de equidad o equitatividad y la diversidad florística***

El concepto de equidad se refiere a la abundancia relativa de cada especie y está relacionado con la riqueza florística. Es la forma como están distribuidos los individuos entre las especies y se puede medir comparando la diversidad observada en una comunidad con la diversidad máxima hipotética, con el mismo número de especies.

La equidad y la diversidad en la flora están estrechamente vinculadas. Un ecosistema que asegura la equidad, brindando a todas las especies la oportunidad de acceder a los recursos, tiende a ser más diverso. La equidad favorece la conservación de la diversidad florística, y a su vez, esta diversidad contribuye a la formación de ecosistemas más equitativos y resistentes.

Se ha demostrado que cuando  $P_i = 1/S$  para toda  $P_i$ , se alcanza la uniformidad máxima, siendo  $S$  la riqueza florística y  $P_i$  la proporción del número de individuos de la especie “i” con respecto al total general de individuos ( $n_i/N_t$ ).

Para realizar la determinación de la equidad a través del anterior procedimiento, se recurre al Índice de Shanon-Wiener por ser el método más apropiado, el cual se descubrirá más adelante.

PARCELA	N.E. (S)	DENSIDAD N.A./ha	ÁREA BASAL (m <sup>2</sup> )	ALTURA DOM. (m)	E	H	Hmáx
<b>Bosque semidecídúo</b>							
A	25	700	40,0	18	0,83	2,64	3,22
<b>Bosque decídúo</b>							
B	16	350	15,0	12	0,95	2,62	2,77
C	16	330	16,5	14	0,95	2,62	2,77
D	20	290	16,8	12	0,96	2,81	3,00
S = Riqueza (número de especies) E = Equidad = H/Hmax H = Índice de diversidad de Shanon-Wiener = - Sum (Pi *(lnPi)) Hmax = ln (S)							

Cuadro 4. 25. Ejemplo de cálculo de la equitatividad o equidad con el Índice de Shanon, en una parcela de un bosque semidecídúo y tres parcelas de bosque decídúo, ubicadas en el Noreste del Estado Bolívar límites con el Estado Delta Amacuro (Venezuela).

Nota: Datos tomados de Díaz, P., W. (2007)

En la figura 4.13 se representan dos ecosistemas con igual riqueza florística: 5 especies diferentes en cada uno. Sin embargo, en el ecosistema A una especie está representada por 21 árboles y las otras cuatro por un árbol cada una, lo que significa que una especie tiene una abundancia relativa igual a 84 %, mientras que para cada una de las cuatro especies restantes la abundancia relativa es igual a 4 % para baja equidad.

Por el contrario, en el ecosistema B, cada una de las cinco especies está representada por 5 árboles, de tal manera que la abundancia relativa para cada una de ellas es igual a 20%, se dice entonces que en este ambiente hay una alta equidad igual a 1 o 100%.

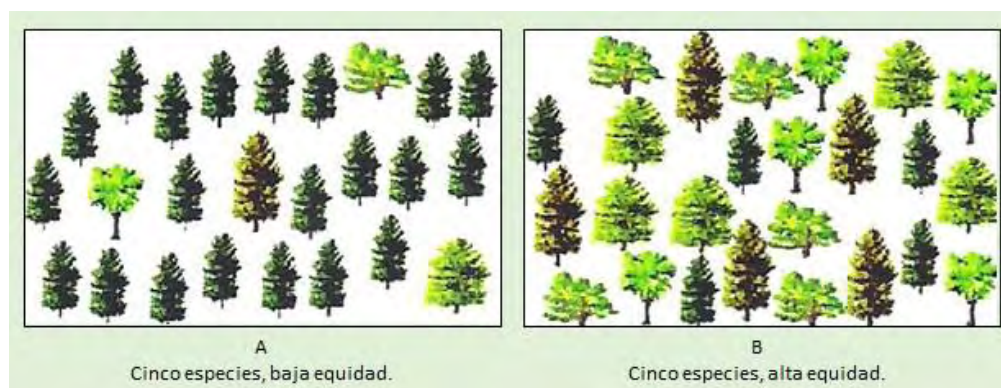


Figura 4.12. Ejemplo de alta y baja equidad en dos ecosistemas

Nota: Datos tomados de <https://www2.uah.es/TransparenciasTema14Introduccioncomunidad>

Existen varias formas que tratan de relacionar matemáticamente el número de individuos con el correspondiente número de especies. Entre los más conocidos y utilizados tenemos:

- Cociente o coeficiente de mezcla (CM)
- Índice de Shanon-Wiener (H)
- Índice de Simpson o concentración de la dominancia (C)
- Fórmula de Pielou (J)
- Índice de Margaleff (Dmg)
- Índice de Berger-Parker (B)
- Coeficiente de diversidad florística de Williams ( $\infty$ )

### *Coeficiente de mezcla (CM)*

Es uno de los métodos analíticos más utilizados en los estudios estructurales para determinar la diversidad florística de un bosque o una parte de él. Intenta relacionar matemáticamente el número de especies con el número de individuos, expresando esta relación mediante una razón o proporción entre la cantidad de especies y la cantidad de individuos presentes en un determinado ecosistema.

$$CM = \frac{NTE}{NTA}$$

Donde:

NTE = Número total de especies

NTA = Número total de árboles

La proporción siempre tendrá como numerador la unidad, de tal manera que se muestre claramente la cantidad media de individuos por cada especie registrada en el levantamiento o muestreo.

Algunos autores consideran que carece de significado si no se precisa la superficie de muestreo y el límite inferior de diámetro considerado, indicando

además que presenta el inconveniente de aumentar de manera constante con la superficie.

En el cuadro 4.26 se presentan los cocientes de mezcla de varios tipos de bosques venezolanos.

BOSQUE (REGIÓN)	NÚMERO DE ESPECIES	NÚMERO DE ÁRBOLES	COCIENTE DE MEZCLA
1. Bosque maduro Caimital, Dpto. Obispos, Estado Barinas (Lamprecht, 1964)	42 42 50	284 303 343	1/7 1/7 1/7
2. Reserva Forestal San Camilo, Dpto. Páez, Edo. Apure.	62	400	1/6
3. Reserva Forestal de Caparo, Dpto. Pedraza, Edo. Barinas (Finol, 1976)	42	367	1/9
4. Selvas de Manapiare, Dpto. Atures, Territorio Federal Amazonas.	47	357	1/8
5. Selvas de Ticoporo, Dpto. Pedraza, Edo. Barinas.	36	408	1/11
6. Selvas de San Eusebio, Dpto. Campo Elías, Edo. Mérida.	37	862	1/22
7. Selvas del Delta del Orinoco, Dpto. Tucupita y Antonio Díaz, Territorio Federal Delta Amacuro (Finol, 1980)	37	712	1/19
8. Bosque secundario joven, Caimital, Dpto. Obispos, Edo. Barinas.	(27)*	(616)*	(1/23)*
(*) Promedios aritméticos.			

Cuadro 4.26. Coeficiente de mezcla en varios bosques de Venezuela (parcelas de 1 ha dimensiones de 40 x 250 m, todos los árboles con DAP > 10 cm)

Nota: Datos tomados de Finol, H. (1980) y Corredor, J.R. (1987)

### *Índice de Shanon-Wiener*

Este índice mide la diversidad florística mediante el uso de los parámetros referentes a la abundancia y al número de especies. Aumenta en relación directa con el incremento del número de especies presentes y cuando la distribución de la abundancia entre las especies es más homogénea. Se determina, partiendo de la siguiente fórmula:

$$H = 3,32 \left( \log N - \frac{\sum ni \log ni}{N} \right)$$

Donde:

N = Número total de individuos  
ni = Abundancia absoluta de cada especie

El índice de Shannon se basa en la teoría de la información y por tanto en la probabilidad de encontrar un determinado individuo en un ecosistema. También se puede calcular mediante la siguiente expresión matemática:

$$H = - \sum Pi * \ln Pi$$

Donde:

Pi = ni/N = proporción  
ln = logaritmo natural

Este índice considera la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia).

Se representa normalmente como H y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 1 y 5. El índice de Shannon tiene como valores de referencia a 1 para alta diversidad y 5 para baja diversidad.

La mayor limitación de este índice es que no tiene en cuenta la distribución de las especies en el espacio.

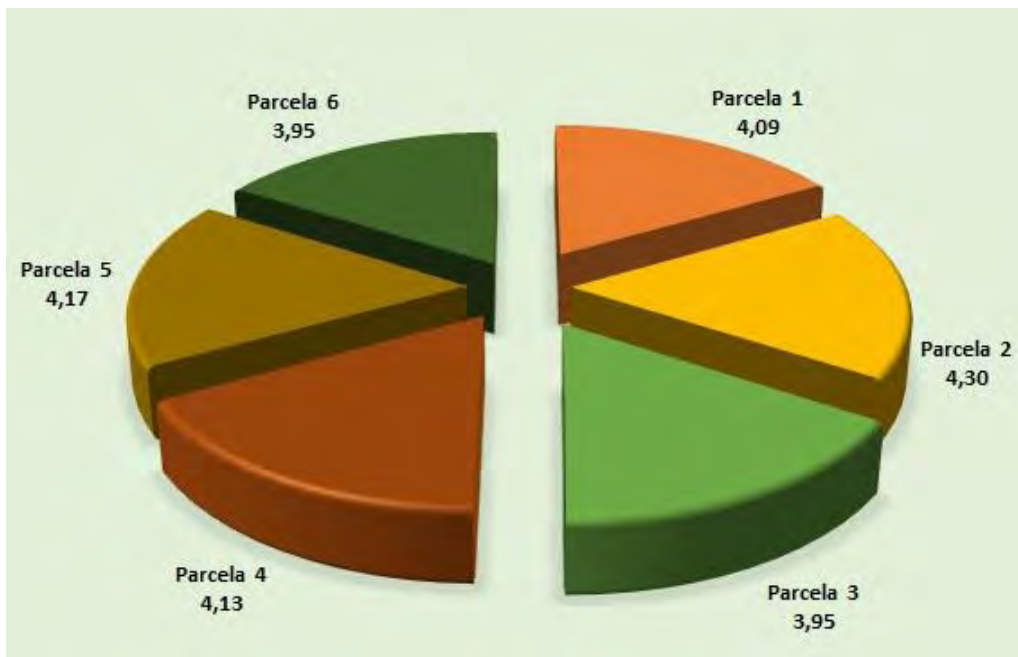


Figura 4.14. Índice de Shanon-Wiener calculado para cada una de seis parcelas muestreadas en un bosque tropical (Valle de Sacta, Bolivia). La parcela 2 con un valor de 4.30 resultó ser la de mayor diversidad. Las de menor diversidad serían las parcelas 3 y 6 con un valor de 3.95.

Nota: Datos tomados de Orellana, L. J. (2009).

### *Índice de Simpson o Concentración de la Dominancia*

La fórmula de Simpson trabaja con el IVI (Índice de Valor de Importancia), el cual hasta cierto punto revela el grado de dominio de cada especie en la comunidad.

Valores mayores del Índice de Simpson revelan una mayor concentración de la dominancia, al contrario, valores menores señalan menor concentración. Para determinar el Índice de Simpson se utiliza la siguiente fórmula:

$$C = \frac{\sum (IVI_i)^2}{IVI}$$

Donde:

IVli = IVI de cada especie

IVI = Suma de los IVI de todas las especies

A medida que el índice se incrementa, la diversidad decrece. Estima que, si en un área determinada hay especies muy dominantes, al sumar términos al cuadrado le da importancia a las especies muy abundantes y por tanto la dominancia dará una cifra alta; si la dominancia es alta la diversidad será baja. (Lamprecht, 1962).

El índice da también una idea de homogeneidad general, partiendo de la base de que un sistema es más diverso cuanto menos dominancia de especies hay, y la distribución es más equitativa. Tomando en cuenta que el valor mínimo para este índice es 1; indica que no hay diversidad y que la dominancia es alta. (Lamprecht, 1990).

El Índice de Simpson basándose en el principio de riqueza y abundancia, también puede obtenerse mediante la siguiente fórmula que calcula la dominancia:

$$\lambda = -\sum pi^2$$

Donde:  $\lambda$  = dominancia  
 $pi$  = proporción del número de individuos de la especie  $i$   
con respecto a  $N$  (número total de individuos)

“ $pi$ ” se calcula dividiendo el número de individuos de una especie entre la sumatoria del número total de individuos; realizando la misma operación se repite para cada una de las especies.

En principio se obtiene el grado de dominancia que representa cada una de las especies dentro de cada parcela y en segundo lugar se obtiene el grado de dominancia de las especies para el total del área.

El índice de Simpson representa la probabilidad de que dos individuos, dentro de un hábitat, seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie.

### ***Fórmula de Pielou (J)***

Pielou (1966), basándose en la teoría de la información, propuso la siguiente fórmula para el cálculo de la diversidad florística de un ecosistema:

$$H = \frac{1}{N} \log \frac{N!}{N_1! N_2! \dots N_S!}$$

Donde:

N1 = Número de individuos de la especie 1

N2 = Número de individuos de la especie 2

Ns = Número de individuos de la especie

El índice de Pielou también se puede calcular de la forma siguiente:

$$J = \frac{H}{\text{Log}_2 S}$$

Donde:

H = Índice de Shanon-Wiener

Log<sub>2</sub>S = Hmax = Diversidad máxima

S = cantidad de especies

La diversidad máxima (Log<sub>2</sub>S) o (Hmax) es la que se obtendría si la distribución de las abundancias de las especies en la comunidad fuese perfectamente equitativa y se calcula con la fórmula:

$$\text{Log}_2 S = Hmax = -S \left( \frac{1}{S} \times \text{Log}_2 \frac{1}{S} \right)$$

Donde:

Log<sub>2</sub>S = Hmax = Diversidad máxima

S = cantidad de especies

El índice de Pielou también se emplea como estimador del componente de equidad de la diversidad. Para ello se cuantifica el desorden teórico máximo que ocurriría si todas las especies presentes “S” estuviesen representadas por el mismo número de individuos N/S.

Debido a que  $H_{max} = \log S$ , el cociente  $H/H_{max}$  parece casi independiente de la superficie, mientras que  $H$  aumenta lentamente al incrementarse el área considerada.

En la Guayana venezolana sobre áreas que varían de 4 a 128 ha, se encontraron valores del desorden relativo  $H/H_{máx}$  fluctuando entre 76,3 y 78,6 % para las especies arbóreas con  $DAP \geq 10$  cm.

Otros estudios más sistemáticos podrían demostrar que  $H/H_{máx}$  presenta un valor característico para cada tipo importante de bosque tropical (Unesco/Cifca, 1980).

### ***Índice de Margaleff (Dmg)***

Es un parámetro utilizado en ecología para estimar la biodiversidad de una comunidad con base a la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada.

Para calcularlo se utiliza la siguiente fórmula:

$$Dmg = \frac{S - 1}{\ln(N)}$$

Donde:

S = número de especies

N = número total de individuos

Valores inferiores a 2,0 en el Índice de Margaleff se consideran relacionados con zonas de baja diversidad, mientras que valores superiores a 5,0 se consideran indicativos de alta biodiversidad.

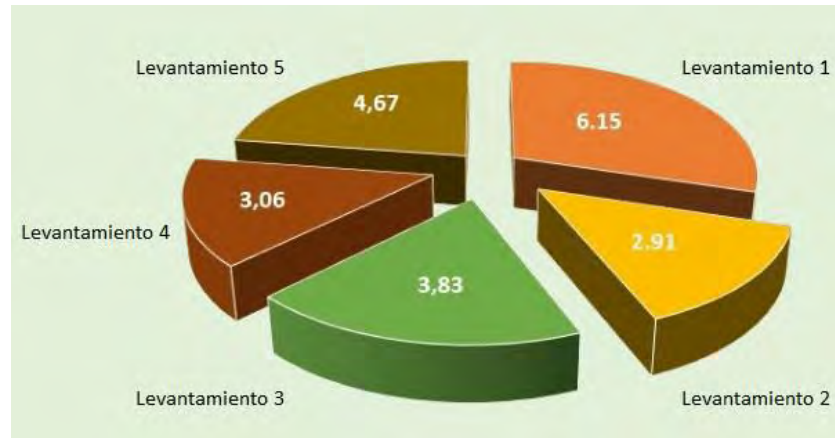


Figura 4.15. Índice Margaleff para cada uno de cinco levantamientos estructurales realizados en un área de bosque secundario. Caimital, Edo Barinas, Venezuela.

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (1987)

### Índice de Berger-Parker (B)

Este índice mide la dominancia de las especies más abundantes, al mismo tiempo que expresa su importancia proporcional. Es una forma simple de medir la dominancia en una comunidad.

Es indicador de los mismos impactos que el índice de Simpson: polución orgánica, degradación en la morfología y degradación general. Se puede calcular de acuerdo con la siguiente expresión:

$$B = \frac{N_{max}}{N}$$

Donde:

$N_{max}$  = número máximo de individuos de la especie más abundante  
 $N$  = número total de individuos de la parcela

Este parámetro de la dominancia de las especies, tiene un rango de valores comprendido entre 0 y 1, es decir, entre 0 y 100 %. Cuanto más se

acerca a 1 significa que mayor es la dominancia y menor la diversidad. (Magurran, 1988).

### ***Coefficiente de diversidad florística***

Williams (1964), basándose en los estudios teóricos de Fisher *et. al.* (1942), generalizó los resultados obtenidos con numerosas poblaciones donde el número de especies con “n” individuos es igual a  $\alpha X^n/n$ , estando X comprendido entre 0 y 1. De tal manera que el número de especie con 1, 2, 3 individuos sería:  $\alpha X$ ,  $\alpha X^2/2$ ,  $\alpha X^3/3$ , y así sucesivamente. El número total de especies es la suma de una serie convergente y equivalente a la siguiente expresión:

$$S = \alpha \log[1 + (n/\alpha) ]$$

Donde:

n = Número total de individuos  
 $\alpha$  = Constante (Coeficiente de diversidad florística)

Debido a que  $(n/\alpha)$  es mucho mayor que 1, puede deducirse que el número de especies es proporcional al logaritmo del número de individuos y, por tanto, prácticamente proporcional a la superficie inventariada.

La hipótesis de Williams subestima el número de especies en las comunidades forestales tropicales. A este inconveniente se une el hecho de que muchos de los términos de la serie mencionada no se hallan representados por datos de campo y cuando aumenta el tamaño de la muestra, las especies con un solo individuo suelen hacerse raras.

## Métodos para medir la similitud

Los coeficientes de similitud o similaridad se han utilizado especialmente para comparar comunidades con atributos similares (diversidad Beta). Sin embargo, también son útiles para otro tipo de comparaciones, por ejemplo, para comparar las comunidades de plantas de estaciones diferentes o para comparar micrositios con distintos grados de perturbación (por ejemplo: bosque perturbado vs. bosque poco perturbado).

Existen muchos índices de similitud, sin embargo, los más utilizados son los de mayor antigüedad. Entre éstos tenemos el de Sorensen, el de Jaccard y el de Morisita-Horn. Pueden ser calculados con base a datos cualitativos (tabla de contingencia: presencia/ausencia) o datos cuantitativos (abundancia).

### *Coefficiente de similitud de Sorensen (S<sub>s</sub>)*

Este índice es uno de los más utilizados para el estudio y análisis de comunidades. Permite comparar dos de ellas mediante el registro de la presencia/ausencia de especies en cada una de tales comunidades. Expresa el porcentaje de similitud entre dos comunidades, analizando la presencia de las especies que viven en ellas.

Se calcula por medio de la siguiente expresión matemática:

$$S_s = \frac{2C}{A + B}$$

Donde:

- C = número de especies comunes a las dos comunidades
- A = número total de especies presentes en la comunidad A
- B = número total de especies presentes en la comunidad B

### *Coefficiente de comunidad de Jaccard (S<sub>j</sub>)*

Muy similar al de Sorensen, es otro de los índices que utiliza datos cualitativos. Relaciona la cantidad de especies comunes con el total de las

especies encontradas en las dos muestras que se comparan. El valor obtenido con este índice mientras más se aproxime a 100%, mayor similitud habrá entre las comunidades contrastadas.

El índice de Jaccard se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$Sj = \left( \frac{C}{A + B + C} \right) \times 100$$

Donde:

- A = número total de especies presentes en la muestra A
- B = número total de especies presentes en la muestra B
- C = número total de especies presentes en la muestra C

### ***Índice de Morisita (Im)***

Este índice mide la diversidad  $\beta$ , que es una medida de la diferencia entre serie de muestras en términos de las especies que lo componen, toma valores cuantitativos y tiene la ventaja de no ser influenciado por la riqueza de especies ni por el tamaño de la muestra. Le da mucho peso a la abundancia de la especie más común, constituyendo este principal cuestionamiento que se le hace. El Índice de Morisita está basado en el de dominancia de Simpson.

$$Im = \frac{2 \sum XiYi}{(l_1 + l_2)N_1N_2}$$

Donde:

- C = número de especies comunes a las dos comunidades
- A = número total de especies presentes en la comunidad A
- B = número total de especies presentes en la comunidad B

Los términos  $l_1$  y  $l_2$  se calculan de acuerdo con las siguientes fórmulas: Escriba aquí la ecuación.

$$l_1 = \frac{\sum Xi(Xi-1)}{N_1x(N_1-1)} \qquad l_2 = \frac{\sum Xi(Xi-1)}{N_2x(2-1)}$$

Donde:

- $X_i$  = número de individuos de la especie  $X_i$  en la comunidad A.
- $N_1$  = número total de individuos de la comunidad A.
- $X_j$  = número de individuos de la especie  $X_j$  en la comunidad B.
- $N_2$  = número total de individuos de la comunidad B.

Las expresiones matemáticas  $l_1$  y  $l_2$  representan la probabilidad de que, al extraer dos individuos de la muestra, pertenezcan a la misma especie.

**(Ejemplos de Cálculo)**

*Riqueza y diversidad*

*Coefficiente de mezcla*

$C_m = \frac{\text{número de especies}}{\text{número de árboles}}$	Sitio 1		Sitio 2	
	38/409	1/11	26/683	1/26

**Índice de Shanon-Wiener**

$$H = \sum P_i * \ln P_i$$

$$P_i = n_i/N$$

Nombre vulgar	ni	Ni/N	lnPi	Pi*lnPi
Araguato	13	0.0318	-3.45	-0.11
Bototo	64	0.1565	-1.85	-0.29
Bucare	1	0.0024	-6.01	-0.01
Candilero	24	0.0587	-2.84	-0.17
Carabalí	1	0.0024	-6.01	-0.01
Caracaro	4	0.0098	-4.63	-0.05
Casabe	4	0.0098	-4.63	-0.05
Ceiba	1	0.0024	-6.01	-0.01
Charo negro	4	0.0098	-4.63	-0.05
Chupón	7	0.0171	-4.07	-0.07
Cojón de verraco	2	0.0049	-5.32	-0.03
Cuero de sapo	20	0.0489	-3.02	-0.15
Drago	24	0.0587	-2.84	-0.17
Gateado	14	0.0342	-3.37	-0.12
Guácimo blanco	67	0.1368	-1.81	-0.30
Guácimo marrón	3	0.0073	-4.92	-0.04
Guamo blanco	1	0.0024	-6.01	-0.01
Guamo colorado	2	0.0049	-5.32	-0.03
Guamo navajo	2	0.0049	-5.32	-0.03

Guayabón	1	0.0024	-6.01	-0.01
Huyito	5	0.0122	-4.40	-0.05
Indio desnudo	3	0.0073	-4.92	-0.04
Jebe	6	0.0147	-4.22	-0.06
Jobo	19	0.0465	-3.07	-0.14
Lechoso	27	0.0660	-2.72	-0.18
Mamón	34	0.0831	-2.49	-0.21
Mora	3	0.0073	-4.92	-0.04
Naranjillo	3	0.0073	-4.92	-0.04
Palma sarare	4	0.0098	-4.63	-0.05
Palo de María	4	0.0098	-4.63	-0.05
Paraparo	1	0.0024	-6.01	-0.01
Sangrito	9	0.0220	-3.82	-0.08
Saquisaqui	4	0.0098	-4.63	-0.05
Tasajo blanco	1	0.0024	-6.01	-0.01
Urero macho	16	0.0391	-3.24	-0.13
Uverote	2	0.0049	-5.32	-0.03
Yagrumo	8	0.0196	-3.93	-0.08
Zorroclocho	1	0.0024	-6.01	-0.01
	409			-2.93

$$H_A = -(-2.93) = 2.93$$

$$H_B = -(-1.98) = 1.98$$

Nombre vulgar	ni	Ni/N	lnPi	Pi*lnPi
Bototo	48	0.07	-2.66	-0.19
Bucare	2	0.00	-5.83	-0.02
Candilero	4	0.01	-5.14	-0.03
Carabalf	3	0.00	-5.43	-0.02
Cuero de sapo	3	0.00	-5.43	-0.02
Drago	4	0.01	-5.14	-0.03
Erizo	23	0.03	-3.39	-0.11
Gateado	0	0.00	0.00	0.00
Guácimo blanco	294	0.43	-0.84	-0.36
Guácimo marrón	3	0.00	-5.43	-0.02
Guamo blanco	10	0.01	-4.22	-0.06
Guamo colorado	14	0.02	-3.89	-0.08
Guamo navajo	9	0.01	-4.33	-0.06
Guayabón	2	0.00	-5.83	-0.02
Huyito	1	0.00	-6.53	-0.01
Indio desnudo	1	0.00	-6.53	-0.01
Jebe	2	0.00	-5.83	-0.02
Jobo	96	0.14	-1.96	-2.28
Lechoso	17	0.02	-3.69	-0.09
Mora	1	0.00	-6.53	-0.01
Palma de agua	3	0.00	-5.43	-0.02
Palo de María	2	0.00	-5.83	-0.02
Samán	3	0.00	-5.43	-0.02

Saquisaqui	1	0.00	-6.53	-0.01
Tasajo blanco	88	0.13	-2.05	-0.26
Urero macho	2	0.00	-5.83	-0.02
Yagrumo	47	0.07	-2.68	-0.18
	683			-1.98

### Índice de Simpson o de la concentración de la dominancia

$C = \frac{\sum (IVI_i)^2}{IVI}$	IVI		(IVI) <sup>2</sup>		SITIO	SITIO
	A	B	A	B	A	B
	2.92	2.99	0.55	1.26	0.19	0.42
$\lambda = - \sum P_i^2$					0.19	0.42
	Abundancia Relativa (proporción)		$\sum p_i^2$			

(IVI)		Abundancia		Frecuencia		Área
Índice de valor de importancia	=	relativa	+	Relativa	+	basal relativa

### Métodos para el estudio de las distribuciones espaciales

Los individuos pertenecientes a todas las especies de una población forestal o a cualquiera de ellas en particular, pueden ser estudiados refiriéndose a su distribución horizontal en áreas reducidas.

El número de individuos de todas las especies, individuos en una determinada clase diamétrica, se ajusta a leyes de distribución y se presenta una variabilidad que depende del tamaño de las parcelas; mientras más pequeñas éstas sean, más se acercan las distribuciones a un modelo de Poisson.

Lo que se persigue con los estudios de la distribución espacial (horizontal) de las especies arbóreas de un bosque, es apreciar el grado de “gregarismo” u “homogeneidad” que ellas presentan.

Por definición, se dice que una especie presenta una distribución espacial gregaria cuando sus individuos no se hallan esparcidos al azar.

Por el contrario, la distribución espacial homogénea de una especie indica que sus individuos se hallan distribuidos en forma aleatoria (al azar). En este caso, la probabilidad de encontrar tal especie en una parcela es constante e independiente de su presencia o ausencia en parcelas contiguas.

Yendo a la parte práctica de las distribuciones espaciales de las especies arbóreas se sabe, que una de las mayores dificultades para el aprovechamiento de los bosques tropicales, es el poco conocimiento sobre la forma de dispersión de las especies forestales en esos bosques.

Si existiera una información previa sobre la distribución de las especies forestales en un bosque sometido a manejo, facilitaría enormemente su aprovechamiento y los trabajos posteriores de ordenación y silvicultura, al mismo tiempo que disminuirían considerablemente los costos de extracción y los de operaciones silviculturales.

Los estudios acerca de gregarismo (ausencia de homogeneidad) son importantes. Manifiestan el comportamiento de las especies respecto a la regeneración natural y a la competencia interespecífica. Además, es bien conocido el hecho de que una de las mayores dificultades para el aprovechamiento de los bosques tropicales, es la forma en que las especies están distribuidas dentro del bosque, es decir, su dispersión.

No obstante, estos estudios son muy escasos debido al elevado costo de los inventarios. Las empresas forestales los consideran demasiado académicos y, por consiguiente, muestran cierta prevención hacia esos inventarios exhaustivos.

Sin embargo, parece conveniente que la regeneración de los bosques tropicales y el comportamiento de las especies deban estudiarse empleando métodos precisos como los esbozados a continuación.

Entre los métodos más usados para el análisis espacial de las comunidades forestales tenemos:

- Índice de dispersión de Hazen
- Grado de agregación de McGuines
- Distribución de Poisson
- Teoría de las sucesiones continuas
- Método gráfico

### ***Índice de Dispersión de Hazen***

En 1966, Hazen realizó sus investigaciones analizando la distribución espacial de epífitas, concluyendo que tal análisis puede aplicarse a poblaciones forestales, para lo cual sugiere dos procedimientos: a) el de las distancias y, b) el método de relación: varianza/promedio. Este último es el que ofrece mayores ventajas para su aplicación en el campo forestal.

La fórmula de Hazen, utilizada por Malleux (1969) para hallar el índice de dispersión de 10 especies forestales en un bosque húmedo tropical, es la siguiente:

$$ID = \frac{S^2}{X} n - 1$$

Donde,  $S^2$  es la varianza de la distribución de Poisson:  $\Sigma X^2 \varphi(X) - X^2$

Cuando los valores de ID son mayores de 100, indican tendencia al agrupamiento y menores de 50, poca o nula tendencia al agrupamiento.

### ***Grado de agregación de McGuines***

Este método mide la tendencia al agrupamiento de las especies forestales encontradas en un bosque. McGuines (1974) presentó un método simple para determinar el grado de agregación.

Sugirió el uso de la siguiente fórmula:

$$GA = \frac{DO}{DE}$$

Donde:

GA = Grado de Agregación

DO = Densidad Observada

DE = Densidad Esperada

La Densidad Esperada (DE) se calcula por la fórmula siguiente:

$$DE = \frac{N}{P}$$

$$N = 2,5 \frac{\log(1 - F)}{\log 0,99}$$

Donde:

N = Número de individuos de la especie considerada

P = Número de parcelas muestreada

F = Frecuencia absoluta (%) de la especie considerada en fracciones de la unidad.

De acuerdo con el método:

Valores de DO/DE mayores a 1 indican una tendencia al agrupamiento.

Valores DO/DE mayores de 2 significa que la especie está agregada.

Cuando DO/DE es igual a 1 o muy cerca de este valor, indica que la especie tiene una distribución al azar.

Cuando DO/DE es menor que 1, es claro indicio de que la especie se halla muy dispersa en el área.

### ***Distribución de Poisson***

Para la aplicación del Modelo de Poisson al estudio de la distribución espacial del número de árboles por especie, se supone que la cantidad de

individuos por agregado (especie) constituyen una variable aleatoria que sigue la Ley de Poisson.

Malleaux (1969), sugirió el siguiente procedimiento:

- Graficar mediante un sistema de ejes de coordenadas, la información de campo obtenida para cada especie referente al número de árboles por número de parcelas, con el fin de observar la tendencia o tipo de distribución de referencia, y;
- Con base en la interpretación del gráfico realizar una prueba de significación de Chi cuadrado por cada especie.

La Distribución de Poisson es un trabajo complicado y laborioso, y no da una información directa sobre agrupamiento o tendencia al agrupamiento, sino que detecta la presencia de factores influyentes que diferencian a la especie de una distribución al azar.

### **Teoría de las sucesiones continuas**

Este es un método mayormente utilizado en estudios cuantitativos de praderas de la zona templada. Se ha empleado poco en los bosques tropicales debido a que para su aplicación requiere de largas bandas continuas o de grandes superficies de muestreo. La homogeneidad (distribución al azar) de una especie se cuantifica mediante el número de sucesiones continuas de su presencia o ausencia a lo largo de parcelas adyacentes.

La presencia en una parcela se designa por “P” y la ausencia por “a”. Por ejemplo, si para una especie se han hecho las siguientes anotaciones: PPPaaaa PaaaPPaaaaPPPPaa; ello muestra 8 sucesiones continuas para la especie considerada.

Para cada especie se anota el número de presencias “m”, el de ausencias “n” y el de sucesiones continuas U, debe aproximarse a:

$$\frac{2mn}{m+n} + 1$$

U fluctúa alrededor de esta media, con una varianza igual a:

$$\frac{2mn(2mn - mn)}{(m+n)^2(m+n-1)}$$

La tendencia al gregarismo se manifiesta por valores bajos de U. Por el contrario, valores altos de U indican una “superhomogeneidad”.

### ***Método gráfico***

Este procedimiento ofrece una información completamente objetiva, por lo que se puede considerar el más real. Su aplicación o ejecución es sencilla y basándose en sus resultados se pueden planificar sistemas de aprovechamiento, manejo y silvicultura. La única dificultad estriba en la interpretación de los gráficos, ya que, sin apoyo estadístico, la decisión de considerar a una especie como agrupada (gregaria) o no, queda a criterio del técnico.

A continuación, se presenta un ejemplo hipotético de la aplicación de los tres primeros métodos para estudiar la distribución espacial de las especies forestales en un bosque.

### **Ejemplo de cálculo de índices espaciales**

#### ***Índice de dispersión de Hazen***

De acuerdo con el cuadro 4.27, se obtiene el promedio del número de árboles por parcela.

ESPECIE	Número de árboles											X*
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	Cantidad de parcelas											
A	17	13	156	2	3	1	1	1	1	0	1	1.91
B	19	20	10	8	3	0	0	0	0	0	-	1.27
C	35	15	5	3	1	0	0	1	0	0	0	0.75
D	8	18	9	10	3	4	3	2	3	0	0	2.57
E	16	24	7	6	3	2	1	0	1	0	0	1.53

Cuadro 4.27. Cantidad de parcelas por frecuencia de árboles.

Nota: Datos tomados de Malleaux, J. (1969).

Luego se obtienen los valores de la varianza  $S^2$  y del *Índice de dispersión* de acuerdo con la fórmula, los cuales aparecen en el cuadro 4.28. que se transcribe a continuación.

ESPECIE	S <sup>2</sup>	Índice de Hazen
A	5,059	155,7 <sup>(1)</sup>
B	1,035	47,8 <sup>(2)</sup>
C	1.155	90,8 <sup>(3)</sup>
D	2,016	46,0 <sup>(4)</sup>
E	1,408	54,3 <sup>(5)</sup>
(1) y (3) Tendencia al agrupamiento (2), (4) y (5) Baja tendencia al agrupamiento		

Cuadro 4.28. Valores de la varianza y del índice de dispersión.

Nota: Datos tomados de Malleaux, J. (1969).

### *Grado de agregación de McGuines*

En el cuadro que se transcribe a continuación se dan los resultados de acuerdo con este método aplicado a un ejemplo hipotético para cinco especies, registradas en un área de estudio dividida en 60 parcelas.

ESPECIE	Número de parcelas	Número de árboles	Frecuencia (%)	Densidad esperada	Densidad observada	Grado de agregación
A	42	116	70	1,20	1,93	1,78
B	39	78	65	1,05	1,30	1,12
C	26	45	43	0,56	0,75	1,47
D	52	153	87	2,04	2,58	1,46
E	42	92	70	1,20	1,53	1,02

Cuadro 4.29. Cantidad de parcelas por frecuencia de árboles para la determinación del Índice de Dispersión de Hazen.

Nota: Datos tomados de Malleaux, J. (1969).

Todas las especies excepto la “E” revelan, de acuerdo con el *Índice de McGuines* una cierta tendencia al agrupamiento.

## Técnicas de síntesis

### *Perfil estructural*

#### *Definición, ventajas e inconvenientes*

Un perfil estructural es una representación gráfica a escala de una sección de un bosque. Consta de dos partes: Un corte vertical de una transacción de largo y ancho variable y la proyección horizontal o en planta de las copas de los árboles.

Los parámetros dimensionales, como la anchura y longitud del perfil o el tamaño mínimo de los árboles, varían de unos autores a otros.

Lamprecht (1964) sostiene que autores ingleses desde 1940 han realizado perfiles con ancho de 25 pies (7,62 m) y un largo de 200 pies (60,96 m), estableciendo la altura mínima de los individuos considerados en 15 pies (4,57 m).

Este investigador en 1962, recomendó un ancho de 10 m y una longitud de 80 a 100 m para el perfil estructural. En lugar de la altura, sugiere la utilización de un diámetro mínimo igual a 10 cm para la inclusión de los árboles en el perfil.

El grado de precisión y el detalle con que se representan las copas determinan el tiempo requerido para el establecimiento y la toma de datos en el campo para la elaboración de un perfil. Por ejemplo, el establecimiento y la recolección de información en un perfil de 10 x 100 m, puede durar entre 4 y 8 días.

El perfil estructural es un complemento importante del levantamiento estructural numérico y de regeneración. Describe aspectos importantes de la arquitectura de los bosques y de la geometría de la población arbórea.

También aporta información valiosa sobre las características morfológicas del bosque, así como la situación de las copas, la distribución de tamaño de los árboles y los tipos biológicos más conspicuos (helechos arborescentes, palmas, coníferas, lianas epífitas y morfología de la base de los troncos).

Sin embargo, el área que cubre es muy pequeña en relación con la variabilidad del bosque, lo cual los hace poco representativos.

Los perfiles estructurales pueden utilizarse con una precisión aceptable para describir la morfología y la arquitectura de las formaciones boscosas tropicales.

## Procedimiento para la elaboración de un perfil estructural

### *Recolección de la información en el campo*

La Cátedra de Silvicultura ha acogido el procedimiento empleado por Lamprecht (1964) para la elaboración de perfiles estructurales. Se ha establecido la conveniencia de utilizar una banda de 10 m de ancho por 100 de largo y el registro de todos los árboles que tengan 10 o más centímetros de diámetro a la altura de pecho (1.30 m del nivel del suelo). En el campo se siguen los siguientes pasos:

- Se selecciona una banda continua de 10 x 100 m. ( $1.000 \text{ m}^2 = 0,1 \text{ ha}$ ) dentro del rectángulo correspondiente al LENR (40 x 250 m) y a cualquiera de los lados de la pica central que divide al rectángulo señalado en dos bandas de 20 x 25 m.
- Se divide la faja arriba mencionada en 10 parcelas de  $100 \text{ m}^2$  (10 x 10 m cada una). Se colocan estacas en cada punto del cuadrado para señalar los límites de la parcela y facilitar las labores en el campo.
- Para cada una de las parcelas y para todos los árboles con DAP igual o mayor de 10 cm se recolecta la siguiente información:
  - ✓ Nombre vulgar de la especie a la cual pertenece.
  - ✓ Circunferencia o diámetro a la altura del pecho.
  - ✓ Altura total.
  - ✓ Altura del fuste (hasta la base de la copa).
  - ✓ Ubicación del árbol, midiendo mediante dos ejes coordenados la distancia del tronco a la estaca colocada en la pica principal.
  - ✓ Diámetros perpendiculares a la proyección de la copa sobre el suelo forestal. Partiendo del tronco del árbol y en sentido paralelo a cada uno de los ejes de coordenadas se miden cuatro radios, dos por cada eje, determinándose cuatro puntos de referencia para el dibujo de la proyección ortogonal de la copa.

En una planilla especialmente diseñada se registra la información recolectada. Al mismo tiempo, en una hoja de papel milimetrado, utilizando una escala de 1:100, habiendo delimitado previamente la parcela en el centro de la hoja y colocado los números de cada estaca como número de referencia, se plasman las mediciones correspondientes a la ubicación del árbol y la proyección horizontal de su copa.

A cada parcela corresponderá una hoja de papel milimetrado. Cada árbol se señala con un número, repitiéndolo por lo menos en dos sitios de la línea que marca la proyección de la copa. Se debe utilizar numeración corrida para todo el perfil.

En hojas de papel milimetrado adicionales, se dibuja el corte vertical para cada árbol del perfil. En este gráfico se emplea una escala de 1:200, llevando al papel las mediciones de altura total y altura del fuste registradas en la planilla y teniendo cuidado de señalar cada árbol con el número que le correspondió cuando se determinó su ubicación.

### ***Dibujo del perfil***

Posteriormente, se acoplan en un solo dibujo en escala 1:200, las 10 hojas de papel milimetrado correspondientes a la ubicación y la proyección horizontal de las copas de los árboles en las 10 parcelas medidas en el campo, y el corte vertical correspondiente a cada uno de los árboles ubicados y medidos.

Un perfil estructural bien elaborado puede aportar la siguiente información concluyente:

1. Estructura vertical del área en consideración.
2. Abundancia.
3. Frecuencia y distribución espacial.
4. Dominancia (cobertura).
5. Estimación aproximada del volumen de madera en pie.
6. Índice del Valor de Importancia (IVI).

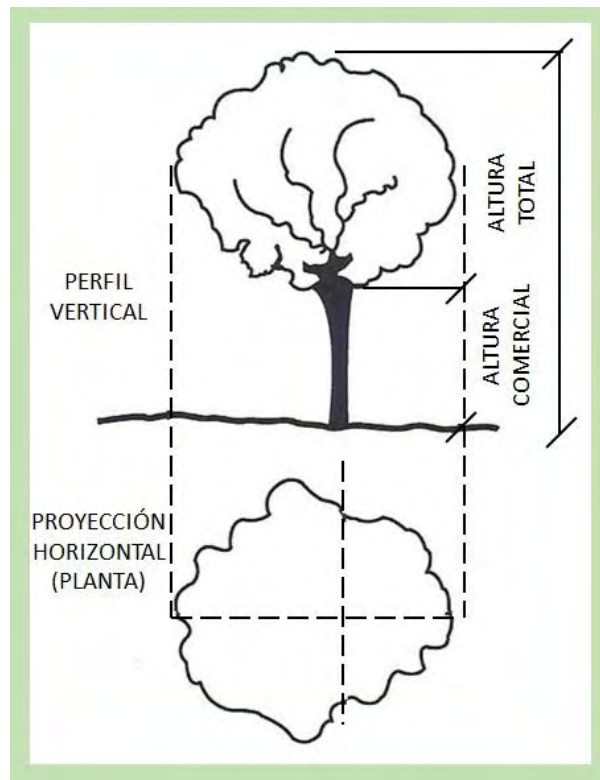


Figura 4.16. Dibujo esquemático de un árbol en un perfil estructural.

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (1987)

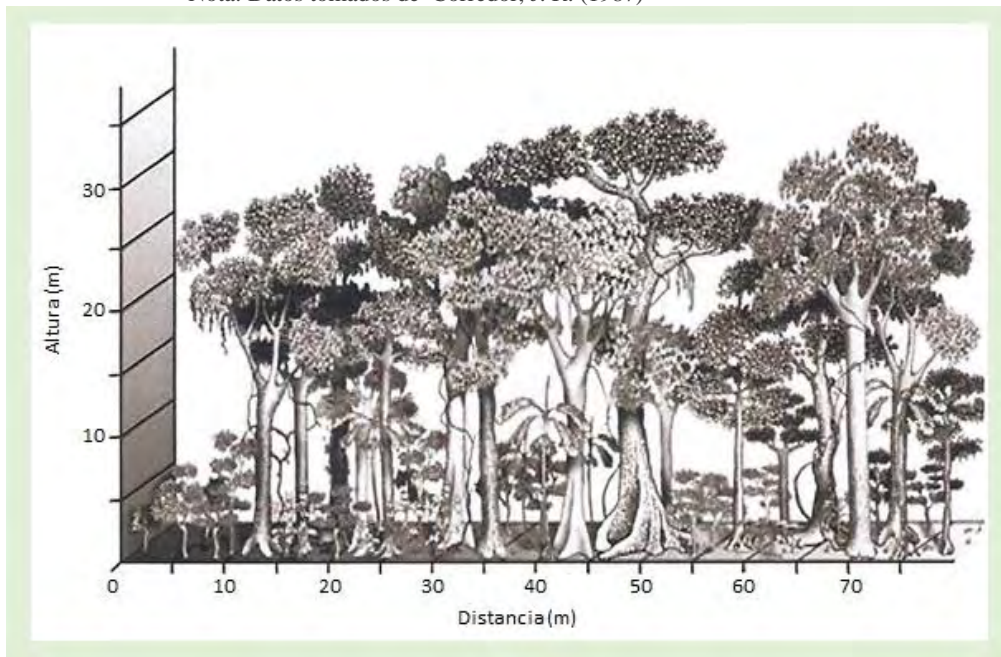


Figura 4.17. Perfil de un bosque basal (Ilustración Francisco Quesada)

Nota: Datos tomados de [www.inbio.ac.cr](http://www.inbio.ac.cr)

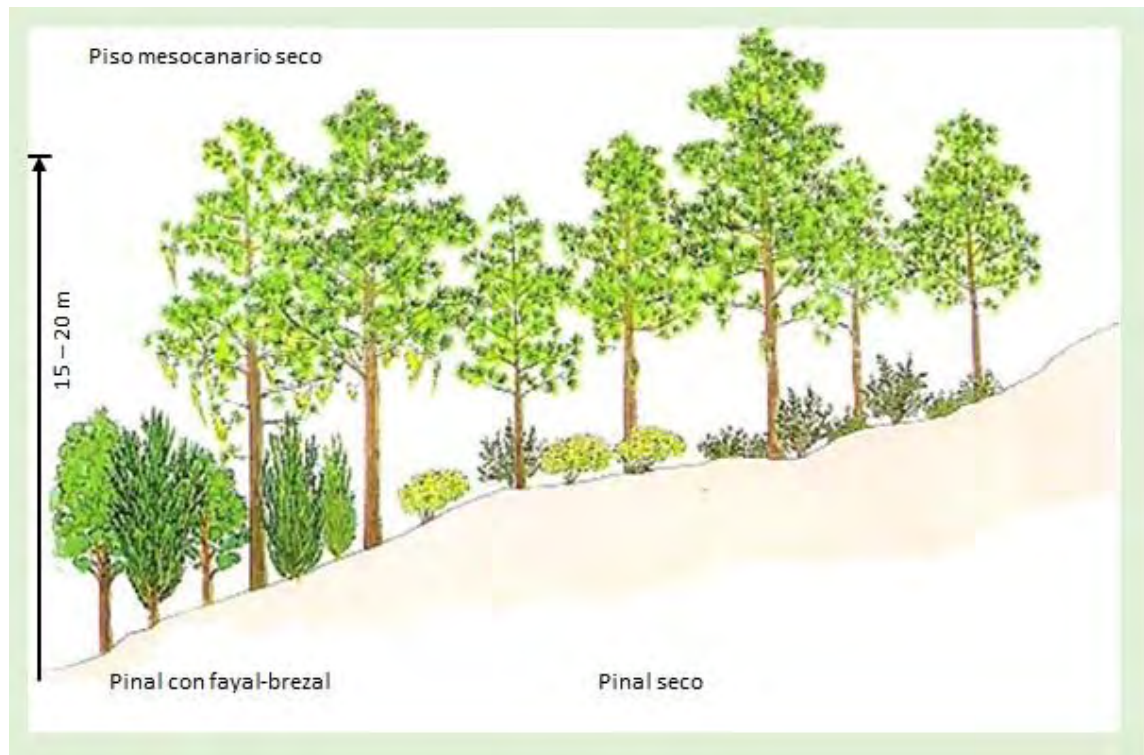


Figura 4.18. Perfil de un bosque mediterráneo. Vegetación de Canarias

Nota: Datos tomados de [pakiperezmedina.blogspot.com](http://pakiperezmedina.blogspot.com)

# Capítulo 5

## El crecimiento de los árboles y de las masas forestales



La lección más importante de nuestra vida la dan los árboles: crecen y hacen frente a todas las tormentas, vientos, inundaciones, etc. Con todo su valor, nos enseñan que necesitamos tener la fortaleza suficiente para hacerle frente a todas las vicisitudes de nuestra existencia.

*Anónimo*

**SAUCE LLORÓN**  
(*Salix babylonica*)

<https://pixabay.com/es/illustrations/ia-generado-sauce-llor%C3%B3n-sauce-7586654/>



## Crecimiento de árboles y masas forestales

La herramienta principal en el manejo de un bosque es la silvicultura. Ella es esencial debido a que estudia y proporciona las medidas necesarias para controlar y dirigir la reproducción y el crecimiento, dos procesos fundamentales en la vida de un árbol y por consiguiente en la formación de una masa forestal, ecológica y económicamente deseable. Mediante técnicas silviculturales especiales, como las cortas de regeneración y las cortas intermedias, el forestal puede influir sobre tales procesos.

Las *cortas de regeneración* van dirigidas a crear las condiciones adecuadas para el establecimiento del repoblado natural de un bosque, empleando la plantación o siembra directa de semillas para complementar la regeneración natural o simplemente la creación de un bosque en donde no existía arbolado.

Las *cortas intermedias* propician las condiciones adecuadas para el crecimiento del repoblado natural o plantado, mediante la eliminación de los competidores más fuertes de los árboles comerciales más valiosos que quedan en pie luego de cada intervención periódica.

A la cosecha de la máxima cantidad de madera de satisfactoria calidad en el menor tiempo posible de manera sostenible, se le une el reto del aprovechamiento múltiple de otros productos del bosque, la satisfacción de ciertas exigencias sociales de la población rural y el cumplimiento de la protección ambiental de los recursos, conformando así el desafío que en los comienzos de este siglo debió enfrentar la Silvicultura.

Cumplir con ese compromiso requiere que el profesional forestal conozca y entienda los hábitos de crecimiento del árbol y de las masas forestales en general, los factores que afectan ese proceso y la manera como este podría ser controlado y dirigido para obtener los fines específicos que persigue la Silvicultura.

En este capítulo, se tratará en forma detallada lo concerniente al desarrollo individual del árbol, cuyo agregado determina a su vez la evolución de la masa forestal.

### **Concepto de Crecimiento Biológico**

No es fácil definir el crecimiento biológico. Usualmente pensamos en el crecimiento como un aumento de peso o un aumento de volumen. Sin embargo, un niño puede crecer y alcanzar mayor estatura sin un apreciable aumento de su peso. Una planta puede crecer en forma muy rápida y, sin embargo, aparte del agua que contiene, el peso de sus sustancias componentes está disminuyendo constantemente a medida que crece.

Un embrión de rana puede haber desarrollado varios cientos de células y todavía no ser más grande que el huevo fertilizado del cual provino. En sentido estricto Font-Quer (*Diccionario de Botánica*, 1963) indica que: “El crecimiento es el desarrollo de cualquier organismo u órgano”.

El desarrollo de un órgano básicamente se genera a partir del proceso de crecimiento celular. Este comienza cuando una célula joven se divide (división celular). Una de las células derivadas de esta división denominadas *células hijas*, conserva las cualidades de la *célula madre*, mientras que la otra crece y se diferencia. El proceso se repite infinidad de veces, tantas como sean necesarias.

Greulach y Adams (1976) definen el crecimiento biológico como: “Un incremento en la cantidad de protoplasma de un organismo, usualmente acompañado de un incremento, irreversible en talla y peso, implicando la división, el agrandamiento y usualmente la diferenciación de las células”.

Molish (1945) define más sencillamente el crecimiento como: “El aumento definitivo e irreversible del tamaño de un organismo causado por la actividad vital”.

Sintetizando, en sentido biológico, el crecimiento no es otra cosa que el aumento del tamaño celular, del número de células o de ambas. Aun los organismos unicelulares crecen, las bacterias duplican su tamaño antes de dividirse nuevamente. El crecimiento puede durar toda la vida del organismo como en los árboles, o restringirse a cierta etapa y hasta cierta altura, como en la mayoría de los animales.

### **Características del crecimiento**

El crecimiento biológico comprende dos grandes tipos: el de las plantas y el de los animales. Existen diferencias notables entre ambos.

El crecimiento celular en los vegetales es ilimitado y tiene lugar en áreas o zonas de crecimiento por medio de células meristemáticas que pueden ser apicales o cambiales. Cuando el crecimiento ocurre en el ápice del vástago o yema terminal se denomina crecimiento apical o primario. Cuando se origina por la acción de las células del Cambium en el tallo de una planta leñosa, se denomina *cambial, diametral o secundario*.

El crecimiento biológico ilimitado, que solamente ocurre en las plantas, trae como consecuencia que las partes de un vegetal puedan morir separadamente sin que esta pérdida afecte el todo. Esta característica fisiológica vegetal permite la aplicación de tratamientos silviculturales como el *tallar simple* y la *poda* a los árboles de una masa forestal.

En contraste, el crecimiento celular en los individuos del reino animal es limitado. A una determinada edad del individuo, cesa todo tipo de

crecimiento. Hay un límite en talla y peso para cada individuo, que ha sido fijado genéticamente.

Los animales no tienen zonas de crecimiento ni meristemas, las partes no son independientes y al morir lo hacen como un todo. El crecimiento en el reino animal se manifiesta por un aumento en el tamaño y no en el número de sus células.

### **Factores que influyen en el crecimiento de los árboles**

El crecimiento de un árbol, cuando se supone que el proceso normal de asimilación fisiológica se efectúa en condiciones normales, depende de dos clases de factores: internos y externos.

Los factores internos corresponden a las características genéticas propias de la especie y del árbol: tamaño de la superficie foliar total o de la copa del árbol, capacidad de las hojas para llevar a cabo la fotosíntesis, patrón de distribución del crecimiento entre las diferentes partes del árbol, tasa y cantidad de producción fotosintética asimilable, disponible para su transformación en tejidos y órganos, edad del árbol.

Los factores externos comprenden dos grandes grupos, los que se refieren a la calidad de sitio: disponibilidad del agua, luz solar y nutrientes, y los que tienen que ver con la densidad de la masa forestal.

En la silvicultura práctica, el forestal está muy limitado para la modificación de los factores internos o genéticos, pero si puede intervenir en los factores externos, especialmente en la densidad del arbolado a través del espaciamiento de la repoblación y de las cortas intermedias tanto en bosques naturales como en plantaciones.

## Asimilación

Se entiende por *asimilación* el conjunto de procesos que permiten a los vegetales superiores captar, incorporar, transformar y utilizar los nutrientes necesarios para su subsistencia. La asimilación involucra la fotosíntesis que realizan las hojas y la absorción de elementos por las raíces.

La fórmula básica de la fotosíntesis la siguiente:



Los principales procesos de asimilación por las plantas se refieren a cuatro elementos: carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno.

La asimilación del carbono es precisamente lo que se denomina fotosíntesis, un proceso químico mediante el cual los árboles y otros vegetales verdes, captan la energía de la radiación solar y la utilizan para transformar la materia inorgánica de su medio externo en materia orgánica que les resultará fundamental a la hora de su crecimiento y desarrollo (ver figura 5.1).

Evidentemente, el crecimiento de un árbol depende de la asimilación, la que a su vez está influenciada por la disponibilidad de nutrientes, agua, energía, y de la capacidad del árbol para hacer uso de tales materiales. Ese crecimiento está representado por el aumento en las dimensiones de altura, diámetro, área basal y volumen, lo cual según (Klepac, 1983) significa un incremento en la cantidad de tejido acumulado de floema y xilema en forma de corteza y madera, respectivamente.

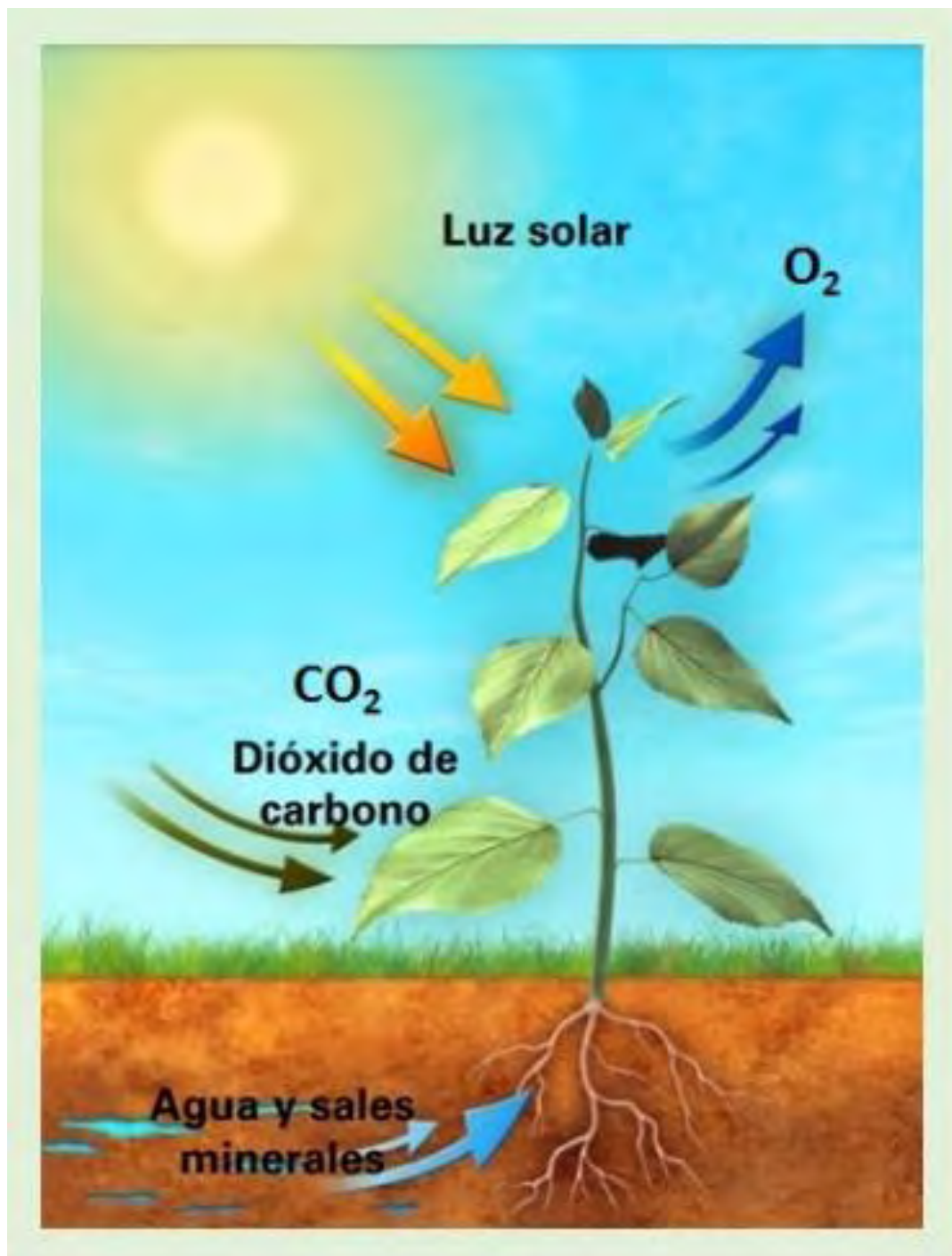


Figura 5.1. Dibujo esquemático de la fotosíntesis.

Nota: Datos tomados de [https://www.colegio-marcelapaz.cl/D-7/images/CORMUN\\_ESTUDIA/CURSOS/6\\_SEXTO/CIENCIAS\\_NATURALES/SEM13/Ciencias\\_6%C2%B0basico\\_ppt\\_semana13.pdf](https://www.colegio-marcelapaz.cl/D-7/images/CORMUN_ESTUDIA/CURSOS/6_SEXTO/CIENCIAS_NATURALES/SEM13/Ciencias_6%C2%B0basico_ppt_semana13.pdf)

De acuerdo con la figura 5.2, el 36 % de la asimilación en el árbol se dedica al crecimiento en altura y en diámetro, es decir a la formación de la parte aérea del árbol, incluida en ella el tronco o la madera. Al primero corresponde el 0,1 %, mientras que al segundo el 35,9 % restante.

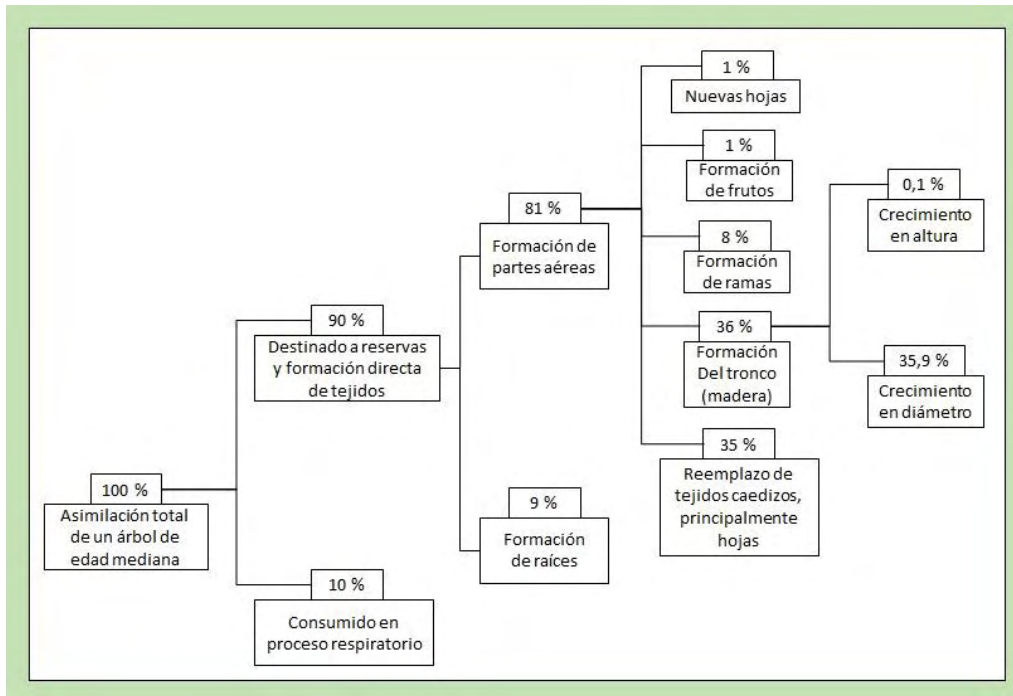


Figura 5.2 **Distribución general del material asimilado (Fotosíntesis) en un árbol de mediana edad.**  
 Nota: Datos tomados de Baker, F. (1950).

A continuación, se analizan algunos factores tanto internos como externos que influyen en el crecimiento de los árboles y de las masas forestales, los cuales podrían ser utilizados en las prácticas por el silvicultor para un incremento en la producción o para cualquier otro fin de manejo forestal.

### **Tamaño de la copa del árbol**

La relación entre el tamaño de la copa y la velocidad de crecimiento es evidente. Estudios realizados en los Estados Unidos por (Baker 1950), bajo un amplio espectro de sitios, especies, grados de tolerancia, y climas diferentes, mostraron una variación del volumen del tronco, oscilante entre 70 y 180 cm<sup>3</sup> por cada m<sup>2</sup> de superficie foliar.

Pero no solamente basta que la copa del árbol sea grande, es decir, que la superficie foliar sea alta, sino que además debe estar provista de condiciones adecuadas de luz y cantidades suficientes de agua y nutrientes para alcanzar un elevado crecimiento.

En la mayoría de los casos la relación entre el tamaño de la copa y las cantidades óptimas de luz, agua y nutrientes es directamente positiva y lineal. La copa es grande porque se ha desarrollado en condiciones de plena luz y en suelos húmedos y ricos en nutrientes. Bajo tales circunstancias es difícil afirmar si el árbol crece rápidamente como consecuencia de su gran área fotosintética o porque la copa está bien provista de los nutrientes, agua y luz necesarios.

El tamaño de la copa, así como la tasa de producción fotosintética tienen un efecto directo sobre el crecimiento bruto del árbol. Ambas son fundamentales para el crecimiento del árbol y varían de acuerdo con la especie, la edad, las condiciones del sitio y otros factores físicos externos.

### **Características biológicas y fisiológicas de la especie**

De acuerdo con el crecimiento en altura, tenemos árboles de crecimiento rápido, más de 50 cm en altura por año y árboles de crecimiento lento, menos de 50 cm de altura anual.

Las especies arbóreas denominadas pioneras o invasoras poseen un crecimiento muy rápido, 1 metro o más por año, además de estar en el grupo de especies heliófilas o no tolerantes. Estas dos características las facultan para dominar los claros del bosque en las primeras etapas de la sucesión vegetal secundaria.

Como ejemplo, en el bosque tropical se pueden citar los balsales, donde el balso (*Ochroma lagopus*) es la especie dominante apoyada en su rápido crecimiento que le permite emerger por encima de las demás especies, mientras que, en el bosque templado, el ejemplo lo constituye los pinares, donde domina una o varias especies del género *Pinus*.

En los bosques tropicales, un grupo de especies arbóreas, aunque heliófilas, tienen un crecimiento moderadamente rápido, entre 0,5 y 1 metro por año, son las denominadas secundarias tardías, porque aparecen después de las pioneras. En este grupo se encuentran la mayoría de las especies forestales comerciales, tales como cedro (*Cedrela odorata*), caoba (*Swietenia macrophylla*) y pardillo (*Cordia alliodora*).

El cuadro 5.1 muestra el crecimiento en m<sup>3</sup>/ha/año de varias especies en particular de acuerdo con el tipo de bosque (zonas de vida de Holdridge) donde ocurren en forma natural o introducida y para comparar se anota el crecimiento promedio en m<sup>3</sup>/ha/año del tipo de bosque en Venezuela.

ESPECIE FORESTAL	TABLA DE PRODUCCIÓN		ZONA DE VIDA	CRECIMIENTO TOTAL m <sup>3</sup> /ha/año
	PAÍS (SITIO)	Edad (años o s/e)		
<i>Tectona grandis</i>	India	50	BHT	10
	India	50	BST	7
	India	50	BMST	4
<i>Pinus caribaea</i>	Trinidad I	50	BST	8,3
	Trinidad II	50	BST	6,4
	Trinidad I	25	BST	20
	Trinidad II	24	BST	15
<i>Eucalyptus robusta</i>	Venezuela	50	BSPM	16
<i>Cupressus spp.</i>	Venezuela	40	BSPM	9
<i>Aucomea</i>	Gabón	Dawkins (1963)	BHT	8,5
<i>Swietenia</i>	Islas Caribe	Dawkins (1963)	BHT	7,8
<i>Triplochiton</i>	West Africa	Dawkins (1963)	BST	9,2
<i>Dryobalanops</i>	Malaya	Dawkins (1963)	BHT	11,4
<i>Shorea spp.</i>	Malaya	Dawkins (1963)	BHT	8,5
<i>Maesopsis</i>	Uganda	Dawkins (1963)	BHPM	10,0
Para comparación	Venezuela	Bosques naturales Veillon (1985)	BHT	11,5
			BST	7,3
			BMST	4,5

Cuadro 5.1. Crecimiento total en m<sup>3</sup>/ha/año para varias especies forestales en diversos tipos de bosque tropical.

Nota: Datos tomados de Veillon, J. P. (1957).

Las especies forestales de crecimiento lento, menos de 50 cm en altura por año, por lo general se encuentran en el sotobosque, donde pueden permanecer varios años esperando por una oportunidad para emerger. Son especies tolerantes y ello les permite desarrollarse, aunque muy lentamente en condiciones de baja luminosidad. El pino laso (*Decusocarpus rospigliosii*), la carapa (*Carapa guianensis*) y el charo (*Brosimum alicastrum*) constituyen un ejemplo en los bosques tropicales. Mientras que en los templados tenemos a varias especies de los géneros *Abies*, *Picea* y *Quercus*.

El cuadro 5.2 resume los resultados de la evaluación hecha para determinar el crecimiento anual en altura, diámetro y volumen de especies arbóreas nativas: *Tabebuia rosea*, *Bombacopsis quinata* y *Cordia alliodora*, plantadas bajo cubierta en fajas, así como el de las especies introducidas: *Tectona grandis* y *Gmelina arborea* plantadas a campo abierto. El mayor crecimiento anual entre las especies nativas fue de *Tabebuia rosea*, mientras que de las introducidas lo consiguió la *Gmelina arborea*. Las dos especies exóticas tienen mayor tasa de crecimiento que las nativas.

ESPECIE	INCREMENTOS		
	Diámetro (cm)	Altura (metros)	Volumen (m <sup>3</sup> /ha/año)
<i>Tabebuia rosea</i>	1,50	1,10	2,07
<i>Anacardium excelsum</i>	1,12	0,91	0,79
<i>Bombacopsis quinaca</i>	1,08	0,91	0,69
<i>Cardia alliodora</i>	1,13	0,92	0,95
<i>Tectona grandis</i> (*)	2,01	1,45	3,42
<i>Gmelina arborea</i> (*)	2,88	1,67	10,76
(*) Campo abierto			

Cuadro 5.2. Resumen de algunos resultados de las evaluaciones hechas a las plantaciones bajo cubierta (Enriquecimiento en Fajas) y campo abierto, efectuadas en las unidades de Manejo de Reserva Forestal de Ticoporo, por las empresas concesionarias.

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001).

## Edad del árbol

La edad del árbol es otro factor que influye sobre la tasa de crecimiento. La tasa de crecimiento diamétrico en los primeros años de vida de un árbol es menor que la tasa de crecimiento en altura.

A partir de cierta edad, cuando comienza a consolidarse la formación de madera, se invierten los papeles y resulta con una tasa de crecimiento diamétrico mayor que la tasa de crecimiento en altura; finalmente en la edad madura del árbol ambas tasas se estabilizan y se van haciendo menores, pero la tasa de crecimiento diamétrico continúa siendo ligeramente superior a la de crecimiento en altura.

En rodales muy densos, luego de una liberación de los árboles comerciales seleccionados, la capacidad de respuesta de estos generalmente declina con la edad. Los árboles maduros que han alcanzado un máximo desarrollo de la copa, tienen muy poca oportunidad de desarrollar una copa nueva más grande.

## **Calidad de sitio**

Se entiende por calidad de sitio la capacidad productiva de un lugar que habitualmente se refiere al volumen de madera producido por una masa forestal coetánea cuando llega a la edad del turno, con referencia a una determinada especie.

Debido a que el rendimiento en volumen es muy influenciado por las prácticas silvícolas, lo cual puede confundir resultados, se utiliza un indicador muy relacionado y menos influenciado, denominado Índice de Sitio (IS). Éste se estima como el promedio de las alturas de los 100 árboles con mayor diámetro de una hectárea, al alcanzar una cierta edad de referencia.

La calidad del sitio tiene entonces una doble utilidad práctica: como herramienta para estimar la producción y como base para construir instrumentos prácticos de gestión de plantaciones forestales comerciales.

Las tasas de crecimiento en las diferentes dimensiones, altura, diámetro y volumen, varían de acuerdo con las diferentes calidades de sitio.

A pesar de que el ambiente, reflejado en la calidad de sitio, afecta tanto al crecimiento en altura como al diamétrico, sin embargo, la altura alcanzada en un determinado tiempo, es un mejor indicador de la calidad de sitio, ya que refleja mejor y en forma más evidente, la influencia de los diferentes factores ambientales y su tasa de crecimiento es independiente de la densidad del rodal.

Por el contrario, el crecimiento diamétrico es altamente sensible a la densidad del rodal, factor que el forestal puede controlar más fácilmente a través de los llamados aclareos (Ver capítulo 7, tratamientos intermedios de la masa forestal).

## **Densidad de la masa forestal**

En silvicultura la densidad se refiere al número de individuos o árboles presentes en una unidad de superficie.

El crecimiento diamétrico de un árbol se ve afectado notablemente por la densidad del rodal. En rodales muy densos se presenta una fuerte competencia aérea por la luz solar y una competencia radicular en el subsuelo por los nutrientes.

Cuando se procede a la liberación de los árboles deseables, su crecimiento diamétrico se acelera luego de la liberación, debido a que la copa dispondrá de una mayor cantidad de luz, agua y nutrientes, originándose una mayor actividad fotosintética asimilativa.

La densidad poblacional de un bosque, que por lo general se refiere al número de árboles por hectárea, debe ser mantenida en un rango óptimo de producción mediante la corta y la extracción de los árboles de menor rendimiento, de tal manera que disminuya el número de individuos, pero al mismo tiempo aumente la cantidad de madera para la cosecha final, debido al mejor aprovechamiento del espacio aéreo y de los nutrientes por parte de los mejores árboles.

Se debe recordar que tanto la densidad excesiva como la defectiva inciden negativamente sobre el valor final producido. La baja densidad, resultante de una mala preparación del sitio no permite el aprovechamiento total del espacio disponible ocasionando vacíos improductivos, al mismo tiempo que los árboles con demasiado espacio entre ellos, se ramifican y producen madera de mala calidad.

La alta densidad origina la repartición de la productividad potencial entre demasiados individuos y por lo tanto pérdida del valor final de la madera.

Resumiendo, en la silvicultura práctica el forestal está muy limitado para la modificación de los factores internos o genéticos, pero sí puede intervenir en los factores externos, especialmente en la densidad del arbolado a través del espaciamiento de la repoblación y de las cortas intermedias tanto en bosques naturales como en plantaciones.

Hay dos grupos de factores que regulan el crecimiento individual de los árboles de un bosque, los genéticos o internos y los ambientales o externos. Los internos o genéticos concurren a que el árbol tenga una mayor o menor asimilación, mientras que los externos o ambientales se manifiestan a través de la calidad de sitio. La acción de ambos determina la tasa de crecimiento que a su vez se ve afectada por el grado de tolerancia y competencia de la especie. (ver figura 5.3)

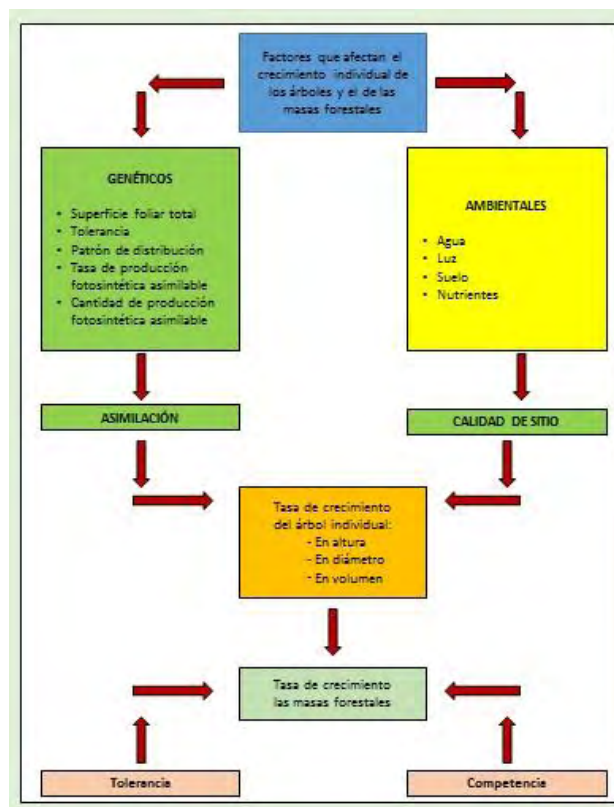


Figura 5.3. Esquema de los factores que influyen en el crecimiento individual de los árboles y de las masas forestales.

Nota: Datos tomados de Corredor J.R. (2024)

## Fases del crecimiento del árbol

En general, en el crecimiento de un árbol se presentan tres etapas bien definidas: un primer período o etapa de formación, cuando la tasa de crecimiento es relativamente pequeña, observándose un crecimiento lento, pero continuo; un segundo período de crecimiento o etapa juvenil, en el que la tasa de crecimiento aumenta considerablemente determinando una fase de rápido crecimiento, y; una tercera etapa llamada comúnmente de “maduración”, cuando la tasa de crecimiento disminuye ostensiblemente, presentándose una fase característica de crecimiento progresivo muy lento, a medida que el árbol se acerca a la sobremadurez. (Ver Figura 5.4).

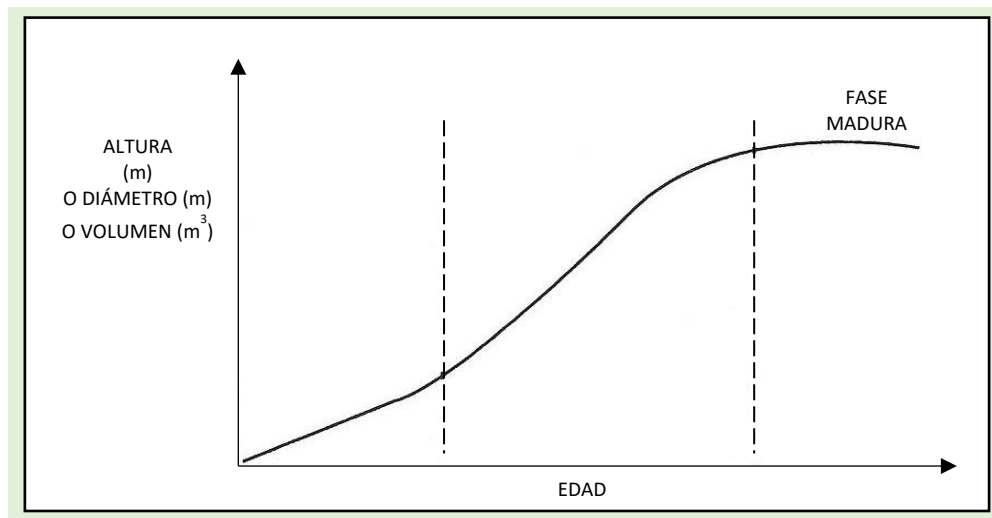


Figura 5.4. Fases (períodos) del crecimiento de un árbol.

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001)

Al silvicultor le interesa, por supuesto, predecir la extensión probable del período juvenil de crecimiento, la tasa de crecimiento durante ese período y el punto en que esta tasa comienza a disminuir. Además, necesita conocer hasta qué punto estas tres características están bajo el control de factores genéticos y ambientales.

La duración del periodo de crecimiento juvenil es importante para evaluar el grado de competencia que puede ser capaz de soportar una especie sin la ayuda de tratamientos silviculturales o los daños ocasionados por enfermedades. La tasa de crecimiento en este período se relaciona directamente con el tiempo que puede tardar un árbol para alcanzar un diámetro mínimo comercial de cortabilidad.

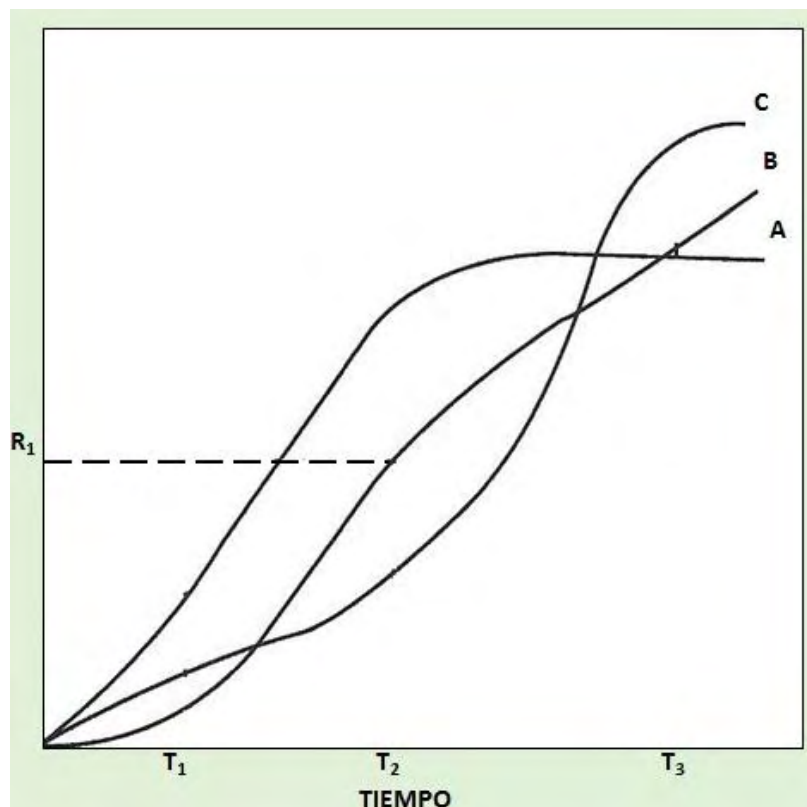


Figura 5.5. Patrones teóricos de crecimiento que representan a tres especies (genotipos) diferentes o a tres diferentes grados de tratamientos silviculturales para una misma especie.

Nota: Datos tomados de Daniels, *et. al.* (1982)

Las curvas de la Figura 5.5 representan el patrón teórico de crecimiento de tres especies diferentes, o podría ser la representación también de tres diferentes grados de tratamiento silviculturales en una misma especie.

En el primer caso, las curvas A, B y C representan el crecimiento acumulado de tres especies diferentes durante cada uno de los periodos de

tiempo T1, T2 y T3. En el período T1, el mayor crecimiento lo experimenta la especie A, seguida en orden de importancia por la especie C, y por último, la especie B. En el periodo T2, la especie A sigue siendo la de mayor crecimiento, pero seguida por la especie B en lugar de la C. Al final, en el periodo T3, la especie C es la de mayor importancia.

No obstante, para que el resultado anterior a largo plazo se haga realidad, se requiere un control eficiente de la maleza y de los ataques de plagas y enfermedades para que la especie C pueda competir exitosamente en los primeros años de vida y alcanzar al final el mayor rendimiento. Evidentemente, en este caso las intervenciones silviculturales significan una mayor inversión inicial.

Sin embargo, la toma de una decisión también dependerá del tiempo que requiere el árbol para alcanzar un tamaño comercial aceptable. Si R1 en la figura 5.5 representa el primer aclareo comercial, se puede observar que existe una diferencia apreciable en el tiempo que requiere cada especie para alcanzar el tamaño conveniente para la realización del primer aclareo comercial, el cual se podrá hacer en un tiempo menor en la especie A.

Por su parte, será necesario esperar más tiempo para realizarlo en la especie B y mucho mayor tiempo para la especie C. Este detalle será relevante para la determinación de ingresos adicionales a la cosecha final, con el costo de la plantación a una tasa de interés muy alta.

Suponiendo que las curvas de la figura 5.5, representen tres tipos de tratamiento aplicados a una misma especie, por ejemplo: preparación del terreno o espaciamiento y su efecto sobre el crecimiento de una especie determinada, el silvicultor podría evaluar los costos biológicos y económicos, así como las ganancias que puedan ofrecer los tratamientos alternativos.

### **Crecimiento del árbol individual**

El crecimiento de un árbol en el bosque depende de su capacidad para expresar su potencial genético, a través de su fisiología dentro del medio a que está expuesto. En otras palabras, está determinado por factores genéticos y factores ambientales externos (sitio).

Este crecimiento de los árboles individuales ocurre por medio de las células apicales o cambiales, y tiene lugar en las áreas o zonas de crecimiento del árbol, en el ápice o yema y en el cambium.

Las yemas apicales o terminales determinan el crecimiento primario en sentido vertical o longitudinal, mientras que las cambiales determinan el aumento de tamaño secundario en sentido horizontal.

El tronco de un árbol crece en ambos sentidos. En la dirección vertical hacia arriba, se denomina crecimiento en altura y en dirección horizontal ocurre el aumento de grosor del tronco y se llama crecimiento diamétrico. Ambos incrementos se combinan para producir un cuerpo sólido tridimensional; este crecimiento se denomina volumétrico.

A su vez el crecimiento diamétrico genera un aumento del área basal que se conoce con el nombre de crecimiento basimétrico o crecimiento de área basal.

Todos estos parámetros son susceptibles de medición y constituyen elementos de primer orden para establecer el manejo silvicultural, fundamental para los planes de manejo forestal.

### **Curvas representativas del crecimiento del árbol individual**

En un árbol es posible hacer mediciones periódicas de alturas y diámetros y de ellas derivar estudios sobre el crecimiento del árbol en altura, en

diámetro, en volumen y en área basal. Siempre relacionando tales parámetros con la edad del árbol.

El resultado de las mediciones se utiliza para elaborar gráficos. Por lo general el gráfico resultante de los datos recabados en una curva sigmoidea, es decir, en forma de S alargada.

Los gráficos son de tres tipos: el que representa la altura, el diámetro o el volumen acumulados a través de los años y está representado por una curva que parte del punto (0,0). El primero, muestra la altura, diámetro y volumen total que alcanza un árbol a una edad determinada; el segundo, representa la relación entre el aumento en cada uno de los anteriores parámetros y la edad y, el tercero, representa el crecimiento promedio, es decir, la relación entre el total acumulado y la edad el árbol para ese momento.

Aunque las curvas del literal (a) de la figura 5.6 reciben el nombre de *Curvas de Crecimiento*, lo que en verdad representan es la relación entre altura, diámetro y volumen con la edad.

La verdadera curva de crecimiento es la que presenta la relación entre aumento en altura, diámetro y volumen y la edad. Este aumento anual se llama crecimiento anual corriente (Figura 5.6, literal b). Por lo general las curvas de crecimiento anual corriente se derivan de las llamadas curvas de crecimiento acumulado (Figura 5.6, literal a). El procedimiento de derivación es muy sencillo, por ejemplo, a la altura alcanzada en el año 10 se le resta la altura alcanzada en el año 9, de tal manera que esta diferencia es el crecimiento corriente del año 10.

A veces es difícil leer datos tan cercanos en la curva original acumulada, por lo tanto, es necesario valerse de un periodo de 10 años, por ejemplo, se establece la diferencia entre el año 25 y el año 15 y esta cantidad se divide entre 10. Algunos piensan que debería llamarse *Crecimiento Anual Periódico* en lugar de crecimiento anual corriente. A veces es conveniente expresar el crecimiento

por periodos de 10 años, en lugar de hacerlo uno a uno. Esto es lo que se llama *Crecimiento Periódico*.

Otro método utilizado frecuentemente para expresar el crecimiento, consiste en hallar el promedio para la vida de un árbol. Esto es lo que se denomina *Crecimiento Anual Medio* (Figura 5.6, literal c).

Algunas veces se utiliza también el *Porcentaje de Crecimiento* para expresar el crecimiento de un árbol. Se obtiene dividiendo el crecimiento anual corriente de altura, diámetro o volumen entre la altura, diámetro o volumen alcanzados y luego multiplicando el resultado por cien.

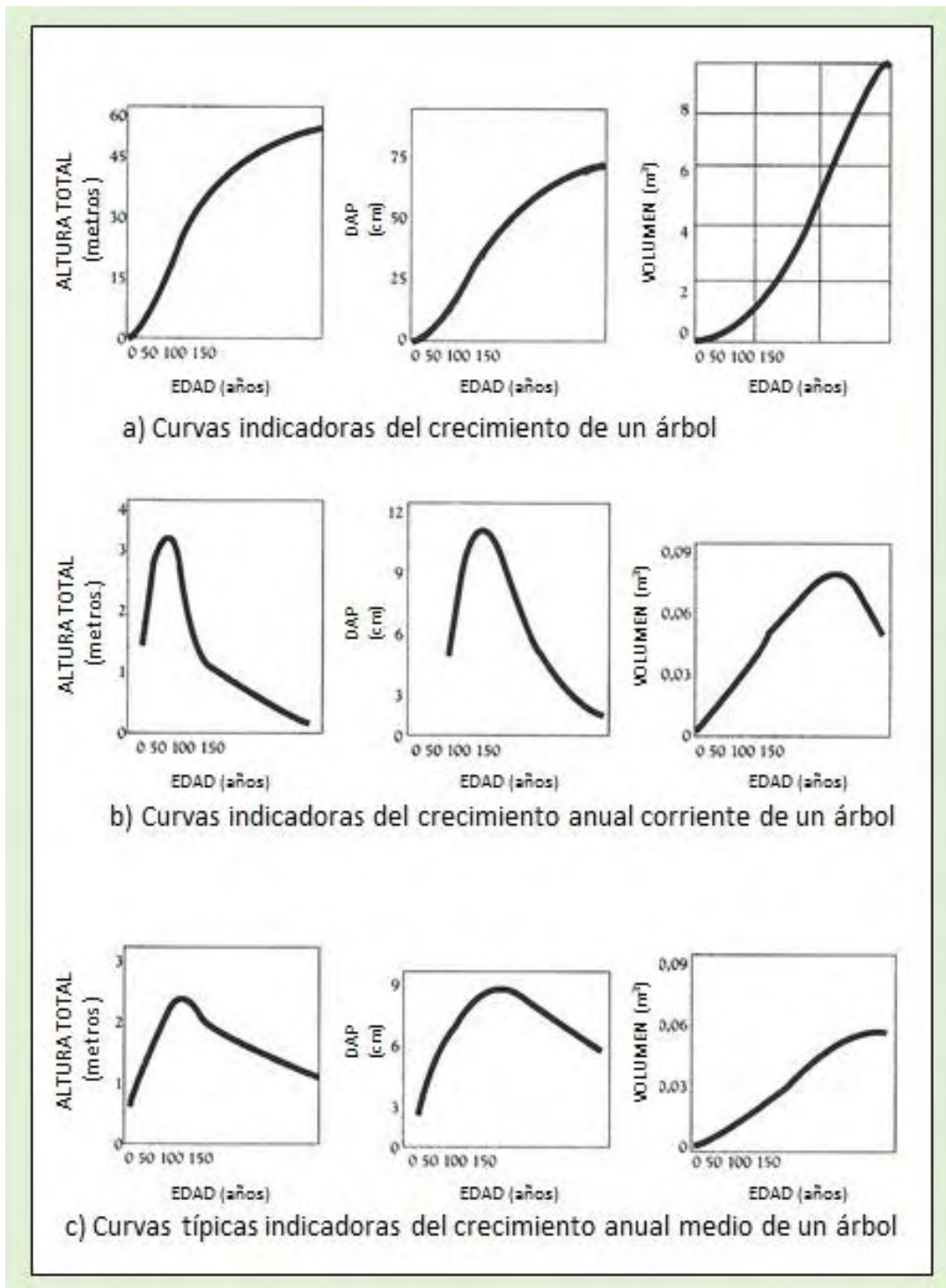


Figura 5.6. Curvas típicas indicadoras del: (a) crecimiento acumulado, (b) crecimiento anual corriente y (c) crecimiento anual medio.

Nota: Datos tomados de Bruce, D. y Schumacher, F.X., Medición Forestal, 1965.

**Crecimiento en altura**

### ***Relación con la competencia***

La sobrevivencia de los brinzales de la misma o diferentes especies, en la dura lucha por la existencia que se presenta en un bosque, luego de una corta de regeneración o de aprovechamiento, depende básicamente de su tasa o ritmo de crecimiento en altura, que se inicia en el primer año de vida y continúa hasta que el árbol asegura su completo dominio sobre sus competidores más cercanos.

El crecimiento en altura es determinante de la futura composición florística de un rodal mixto y de la selección de los individuos sobrevivientes más aptos y vigorosos, en un rodal puro. Solamente si un árbol tiene éxito en sobrepasar en altura a sus competidores inmediatos, podrá obtener el espacio libre vital requerido para la expansión lateral de la copa, es decir, para la provisión de la superficie foliar suficiente para satisfacer la creciente actividad cambial en el tronco del árbol y su crecimiento radicular.

Si la tasa de crecimiento longitudinal no es lo adecuadamente elevada para alcanzar y retener una posición dominante, al árbol sólo le quedaría la alternativa de soportar condiciones de escasa luminosidad, hasta que los competidores que le están haciendo sombra alcancen madurez y sean eliminados. En estas últimas condiciones sólo los individuos y especies más tolerantes pueden sobrevivir con tasas o ritmos de crecimiento muy lentos.

Después que una semilla germina, la plántula crece al principio con bastante lentitud, pero luego entra en un período de crecimiento más acelerado que se va haciendo menor a medida que el árbol o la planta se aproxima a la madurez.

Si la altura de tal planta es medida a intervalos y con los datos se elabora una gráfica, la curva de crecimiento tiene una forma parecida a “S” alargada. Esta curva, sin embargo, puede modificarse considerablemente si una

planta es tratada con un “inhibidor” del crecimiento o si el crecimiento es inhibido por carencia de algún factor ambiental mineral.

La mayor parte de las plantas crecen menos de 2,5 cm en altura por día, sin embargo, el espárrago puede crecer hasta 30 cm en un día y el bambú hasta 60 cm.

### ***Relación con la luz solar y la tolerancia***

La luz determina, hasta cierto punto, la presencia de varios tipos de vuelos en masas coetáneas de acuerdo con la posición de las copas de los árboles. Básicamente se distinguen arboles dominantes, codominantes, intermedios y suprimidos o dominados.

El ritmo de crecimiento de los dominantes difiere muy poco de la tasa de crecimiento de los codominantes. De ahí que el promedio de crecimiento de estas dos clases proporciona un índice confiable de la tasa de crecimiento en altura para todo el rodal.

El promedio así determinado varía en relación directa con la fertilidad y la presencia de una adecuada humedad del suelo. Se observa que, en suelos extremadamente secos, muy húmedos o sumamente pobres, el crecimiento en altura es deficiente, al mismo tiempo que la máxima altura alcanzada es menor que en otros sitios. Este hecho se utiliza para distinguir diferencias en calidades de sitio para la misma especie, o para tipos de bosque de composición similar.

El concepto de tolerancia es importante en la Silvicultura. El término se usa en sentido un poco diferente a como se hace generalmente en Biología, donde se acostumbra hablar de la tolerancia de una planta o de un animal, a la acidez, a la alcalinidad, al calor, al frío o a cualquier otro factor externo.

En Dasonomía cuando no se especifica el factor, se refiere a la habilidad de una especie arbórea para sobrevivir en condiciones de escasa luz. Los árboles que tienen esta capacidad se denominan *Tolerantes* o *Esciófilos*;

los que no lo poseen se llaman *no Tolerantes* o *Heliófilos*. Hay muchas especies, sin embargo, que no son claramente tolerantes o intolerantes, en cuyo caso se habla de tolerantes intermedios, semi-esciófilos o semi-heliófilos.

La mayor o menor tolerancia de una especie depende de su plasticidad innata para adaptarse a condiciones de poca luz. y esa plasticidad está en función de la mayor o menor proporción de hojas de luz y de sombra que el árbol posea. Las primeras tienen un tejido empalizada que las distingue de las segundas. Todos los árboles pueden producir hojas de luz y de sombra. Tradicionalmente en las especies heliófilas hay una mayor proporción de hojas de luz; por el contrario, en las esciófilas existe una mayor proporción de hojas de sombra.

Sin embargo, las especies heliófilas son incapaces de transformar sus hojas de luz en hojas de sombra. Por el contrario, las esciófilas sí pueden gradualmente ir adaptándose a condiciones de mayor luminosidad por la transformación paulatina de sus hojas de sombra en hojas de luz.

### ***Criterios para determinar la tolerancia***

Existe una serie de criterios para determinar la tolerancia de una especie. Lamentablemente todos son subjetivos, no muy exactos y basados fundamentalmente en las observaciones sugeridas por las experiencias de los silvicultores. Estos criterios sólo sirven para determinar los dos grupos extremos: Especies Tolerantes (Esciófilas) y Especies Intolerantes (Heliófilas), no siendo muy útiles para las especies de tolerancia intermedia, en cuya determinación resultan vagos y contradictorios.

Por otra parte, las características utilizadas para la determinación de la tolerancia, varían con las fases o etapas de crecimiento del árbol. Los árboles jóvenes siempre dan una imagen de mayor tolerancia que los viejos, siendo la diferencia algunas veces muy pronunciada entre las etapas de un mismo árbol. Los árboles que crecen sobre suelos ricos y húmedos aparecen más tolerantes

que el promedio de su misma especie. De tal manera que bajo estas circunstancias es difícil establecer grados o tasas de tolerancia.

Los criterios más comunes para diferenciar los árboles con base en su tolerancia se fundamentan en la observación de los siguientes aspectos:

- Densidad de la copa.
- Determinación de la luz mínima necesaria para el funcionamiento de la hoja.
- Capacidad de autopoda.
- Determinación de número de verticilos y ramas.
- Determinación del ritmo tasa de crecimiento juvenil.
- Observación del establecimiento y desarrollo de la regeneración bajo la cubierta de estratos o dosel superior.

Existen diferencias importantes entre las especies tolerantes y no tolerantes, que deben ser tomadas en cuenta a la hora de proyectar intervenciones silviculturales y que son mostradas en el Cuadro 5.3.

TOLERANTES (ESCIÓFILAS)	NO TOLERANTES (HELIÓFILAS)
Se reproducen y pueden formar pisos o estratos bajo la cubierta de árboles menos tolerantes o aún bajo su propia sombra.	Solamente se reproducen y desarrollan con éxito a plena luz.
Cuando forman parte de los estratos inferiores y el sotobosque, son muy persistentes, se mantienen vivos por muchos años a pesar de haber reducido fuertemente su crecimiento. Al ser liberados, se desarrollan muy bien a menos que el período de supresión haya sido muy largo.	Cuando forman parte de estratos inferiores o el sotobosque bajo cubierta, disponiendo de muy poca luz, probablemente mueran rápidamente. Si son liberados antes de morir, a menudo responden tardíamente o muy lentamente a la liberación.
Poseen copas grandes y densas, con una gran proporción de hojas de sombra dispuestas en varias capas interiores, lo que les permite mantener una actividad funcional vital permanente con escasa luz.	Poseen copas densas, más bien ralas o abiertas, constituidas en una mayor proporción por hojas de luz.
Por lo general, sus hojas son grandes y delgadas, de consistencia blanda, de epidermis lisa y opaca.	Comúnmente sus hojas son pequeñas, duras, coriáceas, brillantes, a veces transformadas en espinas.
Su autopoda natural es lenta debido a que las hojas realizan sus funciones fotosintéticas con muy escasa luz, manteniendo vivas las ramas más inferiores del tronco.	Su autopoda natural es rápida, aun en condiciones de plena luz. Tienden por consiguiente a producir una proporción más alta de madera libre de nudos.
Tienden a formar rodales más densos que las intolerantes bajo las mismas condiciones de calidad de sitio.	Tienden a formar rodales menos densos que las tolerantes bajo las mismas condiciones de calidad de sitio.
El tronco tiende más hacia la forma cónica en condiciones de igual densidad a los rodales de las intolerantes.	El tronco tiende a ser más cilíndrico que el de las especies tolerantes, bajo condiciones de igual densidad.
Crecimiento juvenil lento.	Crecimiento juvenil más rápido que el de las especies tolerantes asociadas.

Cuadro 5.3 **Diferencias importantes entre las especies tolerantes (Esciófilas) y las no tolerantes (Heliófilas).**

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001)

A) Especies no tolerantes o heliófilas		
Nombre vulgar	Zona Vida	Nombre científico
Apamate	Bst	<i>Tabebuia rosea</i>
Balso	Bht	<i>Ochroma pyramidal</i>
Caramacate	Bht	<i>Piranhea longepedunculata</i>
Carreto	Bst	<i>Tabebuia sp.</i>
Cedro	Bst	<i>Cedrela adorata</i>
Ceiba	Bst, Bht	<i>Ceiba pentandra</i>
Curarire	Bst	<i>Tabebuia sp.</i>
Drago	Bst, Bht	<i>Pterocarpus vernalis</i>
Guapo	Bht	<i>Qualea dinizii</i>
Jabillo	Bst	<i>Hura crepitans</i>
Mijao	Bst	<i>Anacardium excelsum</i>
Mora	Bst	<i>Chlorophora tinctoria</i>
Mureillo	Bht	<i>Erisma uncinatum</i>
Pardillo	Bst	<i>Cordia alliodora</i>
Puy	Bht	<i>Tabebuia serratifolia</i>
Roble	Bst, Bht	<i>Plattymiscium pinnatum</i>
Samán	Bst, Bht	<i>Pithecellobium saman</i>
Saqui-saqui	Bst	<i>Bombacopsis quinata</i>
Simaruba	Bht	<i>Simaruba amara</i>
B) Especies tolerantes o esciófilas		
Algarrobo	Bht	<i>Hymenaea courbaril</i>
Baramán	Bht	<i>Catostema commune</i>
Carapa	Bht	<i>Carapa guianensis</i>
Charo	Bst, Bht	<i>Brosimum alicastrum</i>
Chupón	Bst	<i>Poureria sp.</i>
Gateado	Bst	<i>Astronium graveolens</i>
Mora de Guayana	Bht	<i>Mora gonggripii</i>
Pata de danto	Bht	<i>Terminalia guianensis</i>
Perhuétamo	Bst	<i>Mouriri guianensis</i>
Pilón rosado	Bht	<i>Pera glabrata</i>
Pino laso	Bhm	<i>Decusocarpus rospigliosii</i>
Quindú	Bhm	<i>Laplacea fruticosa</i>
Zapatero	Bht	<i>Peltogyne porphyrocardia</i>
Bhm = Bosque húmedo montano, Bht = Bosque húmedo tropical, Bst = Bosque seco tropical		

Cuadro 5.4. Algunas especies forestales autóctonas heliófilas y esciófilas.

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001)

## Crecimiento en diámetro

### *Concepto*

Es el aumento en grosor del tronco de cada árbol ocasionado por la actividad del *Cambium*, mediante la cual se genera *líber* hacia afuera y leño o madera hacia adentro.

El *Cambium* es una capa muy fina de células indiferenciadas y en actividad ubicadas entre el leño (madera) y el líber (corteza secundaria). Debido a que el *cambium* es un meristema secundario, al crecimiento diametral se le llama *crecimiento secundario*.

El *líber* es una membrana de blanda consistencia, ubicada entre el *cambium* y la corteza, constituida por un conjunto de tejidos producidos hacia fuera y como consecuencia de la actividad de aquel meristema.

Los tejidos de *líber* son:

- Tubos cribosos y células anexas excepto en la Gimnospermas;
- Fibras liberianas, generalmente muertas;
- Parénquima liberiano parecido al leñoso, pero con las membranas delgadas y sin lignificar;
- Parénquima radiomedular, distinto del que se halla en el leño por la sutilidad de las membranas, por su falta de significación y porque a menudo contiene algo de clorofila;
- Recipientes o células secretorias diversas, tubos laticíferos, células cristalíferas, etc.

### *Importancia del crecimiento diamétrico*

El crecimiento diametral de un árbol es de importancia fundamental en la silvicultura y el manejo forestal, porque mediante él es como se constituye la madera de las rolas que van al aserradero.

Excepto en algunos casos cuando los árboles pequeños o de poco grosor se utilizan para obtener postes, estantillos, viguetas, varas de encofrado, soportes del techo de minas o cualquier otro uso de madera redonda, sin aserrar, el valor de un metro cúbico de madera en el tronco aumenta claramente con el crecimiento diamétrico del árbol.

En Venezuela, los árboles de las especies deben alcanzar un diámetro mínimo de cortabilidad legal y rentable. Por otro lado, el crecimiento diamétrico tiene gran interés en la práctica silvicultural porque es muy sensible a los cambios de densidad de un rodal, factor que el forestal puede controlar muy bien, lo cual contrasta agudamente con el crecimiento en altura, que depende primordialmente de los factores del sitio, muy difíciles de controlar por el silvicultor.

### ***Anillos de crecimiento***

La periodicidad del crecimiento diamétrico se expresa a través de los llamados *Anillos de crecimiento*, que son estratos o capas concéntricas de tejido leñoso que corresponden a períodos de desarrollo de la xilema. Estos anillos tienen una regularidad anual en la Zona Templada, debido a la ocurrencia de las cuatro estaciones. Los elementos celulares que los integran varían en cuanto al diámetro y color de acuerdo con la estación coincidente con su formación.

Así tenemos que el leño o madera temprana con una coloración clara, se forma en primavera y está constituido por elementos celulares con lumen ancho y paredes delgadas. Esta capa se forma hacia el inicio del período de crecimiento que invariablemente ocurre en forma coincidente con la primavera.

El leño o madera tardía, con una coloración más oscura, por el contrario, se forma en verano y está constituido por elementos celulares con lumen estrecho y paredes gruesas. Esta capa concéntrica se forma hacia el final del período de crecimiento.

Las coníferas y latifoliadas de la Zona Templada presentan una periodicidad anual en sus anillos de crecimiento, fáciles de determinar a simple vista por la apariencia diferente del leño temprano y leño tardío. Esto tiene aplicación práctica importante en la determinación de la edad de los árboles constituyentes de una masa forestal.

Buena parte de las especies latifoliadas tropicales presentan anillos de crecimiento. Sin embargo, la amplitud cronológica del período de crecimiento se desconoce hasta el momento; en otras palabras, la formación de los anillos de crecimiento en las especies tropicales que los tienen depende de la intensidad y frecuencia de las lluvias y su alternancia con períodos de extrema sequía, cuando la tasa de crecimiento disminuye hasta el nivel mínimo.

Los anillos de crecimiento como los que se observan en la figura 5.7, en el corte transversal de un tronco de árbol constituyen un registro histórico natural. Cada anillo simboliza un año en la vida del árbol, donde la madera más clara se forma durante la fase de crecimiento activo (primavera y verano), mientras que la madera más oscura se desarrolla en la fase de crecimiento más lento (otoño e invierno). El grosor de los anillos puede fluctuar en función de las condiciones climáticas del año, siendo los anillos más anchos indicativos de años de crecimiento óptimo y los más estrechos de años de sequía o estrés. A través del análisis de estos anillos, los investigadores pueden obtener información valiosa sobre la edad del árbol, las condiciones climáticas pasadas y los eventos ambientales que han influido en su desarrollo.

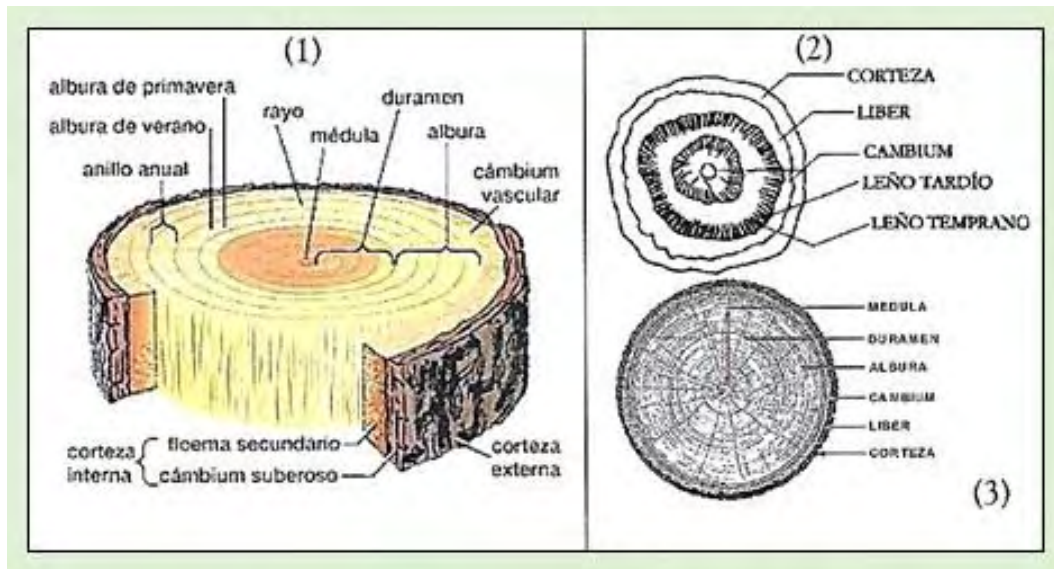


Figura 5.7. Dibujo esquemático del corte transversal del tronco de un árbol de la región templada, mostrando los anillos de crecimiento.

Nota. Datos tomados de (1) <https://www.bosques-naturales.com>; (2) Corredor, J. R. (2001) y (3) <https://www.solociencia.com>

En las regiones donde las lluvias ocurren con más o menos similar intensidad durante todo el año, es difícil distinguir los anillos de crecimiento en los troncos de los árboles que se desarrollan bajo tales condiciones.

### Crecimiento en volumen

El crecimiento volumétrico de un árbol depende de la acción conjunta del crecimiento longitudinal o en altura, del crecimiento diamétrico o basal y del factor de forma del árbol.

En la primera etapa de la vida de un árbol el crecimiento en altura es el factor más importante para el incremento volumétrico, pero cuando se aproxima a la madurez, el crecimiento diamétrico es el responsable principal del aumento en volumen del árbol considerado.

La forma del árbol considerándolo como un sólido geométrico varía relativamente muy poco con la edad, siendo aproximadamente cónico en la edad juvenil y tendiendo hacia la forma paraboloide hacia la madurez.

El crecimiento diamétrico es muy importante en el incremento anual de madera; más de un 90 % de este último depende del primero. El crecimiento diamétrico se puede controlar fácilmente por la regulación de la densidad y por lo tanto está el alcance del manejo forestal.

Comúnmente los patrones de crecimiento volumétrico de árboles individuales no son considerados. El volumen por unidad de superficie tiene una mayor significancia y utilidad práctica. Por lo general, el crecimiento cúbico permanecerá muy pequeño hasta la edad en que el árbol ha desarrollado una gran copa. El crecimiento volumétrico varía aproximadamente con el cubo del diámetro.

### **Crecimiento de las masas forestales**

El propósito de la Silvicultura se concentra en el crecimiento de las masas antes que el del árbol individual.

A pesar de que ciertamente los árboles conforman el bosque, dos consideraciones importantes hacen que el crecimiento de la masa forestal sea de alguna manera diferente al crecimiento del árbol individual.

La primera es que el valor y volumen máximo por hectárea antes que el volumen por árbol constituye el usual criterio en el manejo forestal. Muchas veces, el crecimiento demasiado rápido de árboles individuales puede ser inconveniente porque no se aprovecha completamente el espacio ambiental. Se hace necesario buscar la mejor combinación de número y tamaño de los árboles.

La segunda es que el incremento anual de una masa forestal, rara vez es ganancia clara y total. En un bosque coetáneo el número de árboles por hectárea disminuye con la edad. Debido a que hay una mortalidad anual o periódica, el incremento acumulado de madera de muchos años se pierde.

En el crecimiento de las masas forestales se observan dos casos: Incremento en masas coetáneas e Incremento en masas disetáneas.

En los bosques coetáneos el crecimiento de los árboles individuales es gobernado por la capacidad de las plántulas o brinzales para aumentar su área fotosintética y por el poder de competencia exitosa con la vegetación herbácea y el matorral del sotobosque.

Posteriormente, ellos entran en competencia entre sí. Comienza la competencia fuerte por el espacio aéreo vital y por el espacio para la extensión radicular. Más tarde se establece una diferenciación en clases de copa. Los individuos más débiles son forzados a ocupar posiciones de copas intermedias y puede ser suprimidos o hasta eliminados más tarde. Es una etapa de rápido crecimiento en altura y disminución crítica del número de árboles por hectárea.

Después sigue la primera etapa madura. Los árboles prácticamente han alcanzado su máximo crecimiento en altura y la competencia se reduce a una expansión lateral de la copa. Los codominantes e intermedios son forzados a ocupar posiciones de supresión. Luego de este período se entra en la etapa de plena madurez. El ritmo de crecimiento comienza a disminuir hasta estabilizarse en un punto muy bajo, es cuando se entra en la etapa de la sobremadurez.

El *Decussocarpus rospigliosii*, conocido como Pino laso, de acuerdo al cuadro 5.5, ha sido objeto de estudio en una plantación bajo cubierta establecida en 1971 en tres localizaciones del Bosque San Eusebio, La Carbonera, Estado Mérida. A lo largo del tiempo, se ha documentado un aumento progresivo en la altura de los árboles, lo que indica su capacidad de

adaptación a las condiciones propias de la selva nublada andina. Asimismo, el diámetro de los ejemplares ha mostrado un crecimiento constante, lo que refleja su evolución estructural. De manera paralela, el área basal, que representa la superficie ocupada por los troncos, ha experimentado un notable incremento, lo que sugiere una expansión significativa de la biomasa forestal en estas áreas. Estos hallazgos apuntan a un desarrollo positivo de la plantación, influenciado por las condiciones microclimáticas y edáficas del Bosque San Eusebio.

CRECIMIENTO MEDIO ANUAL				
EDAD (Años)	CALIDAD DE SITIO	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (mm)	ÁREA BASAL (mm <sup>2</sup> /ha)
5	I	2,99	-	-
	II	2,38	-	-
	II	1,33	-	-
15	I	27,99	3,23	2,25
	II	23,60	2,58	0,80
	III	17,15	1,87	0,42

Cuadro 5.5. Crecimiento en altura, diámetro y área basal del *Decusocarpus rospigliosii*

(Pino laso) en una plantación bajo cubierta efectuada en 1971 en 3 sitios del Bosque San Eusebio, La Carbonera (Selva Nublada Andina), Estado Mérida.

Nota: Datos tomados de Márquez, J. y Márquez, O. (1986).

En las masas disetáneas el proceso de crecimiento sigue un patrón diferente. Es como un circuito cerrado, sin principio ni fin. En cada porción del bosque sometido a una intervención se establece un proceso de crecimiento semejante al de las masas coetáneas. Es bastante difícil tratar de establecer un patrón de crecimiento para una masa disetánea.

En los bosques tropicales naturales se presentan dos situaciones: El crecimiento en bosques clímax o sobremaduros, y el de los bosques secundarios jóvenes.

En el caso de los bosques tropicales clímax o primarios, el crecimiento, o sea, la producción, es muy reducida. El bosque no quiere producir sino

mantenerse indefinidamente en estado de equilibrio, ya que se limita únicamente a sustituir las pérdidas por muerte natural.

Lamprecht, H. (1964) reporta dos casos para ilustrar el crecimiento del bosque climácico: bosques vírgenes de la India que registran un crecimiento de 0,43 m<sup>3</sup>/ha/año y bosque maduros del Brasil que presentan un incremento igual a 0,09 m<sup>3</sup>/ha/año.

Veillon, J. P. (1957) determinó para dos tipos de bosques venezolanos lo siguiente: un crecimiento de 3,023 m<sup>3</sup>/ha/año para el bosque nublado de La Mucuy (Estado Mérida) y 2,91 m<sup>3</sup>/ha/año para un Bosque Tropófito Macrotérmico (Estado Barinas).

El mismo autor publicó en 1985 datos sobre crecimiento medio anual en diferentes tipos de bosque correspondiente a las Zonas de Vida de Holdridge, obtenidos por este mismo autor en sus diferentes estudios realizados en bosques venezolanos primarios. Los resultados aparecen en el Cuadro 5.7.

ZONA DE VIDA (HOLDRIDGE)	Porcentaje medio anual del crecimiento de fustes %	Crecimiento medio anual diamétrico (CMAD) (cm)
BET (Bosque espinoso tropical)	1.00	0.10
BMST (Bosque muy seco tropical)	2.00	0.25
BST (Bosque seco tropical)	2.00	0.35
BHT (Bosque húmedo tropical)	2.50	0.42
BHPM (Bosque húmedo premontano)	1.70	0.25
BHMB (Bosque húmedo montano bajo)	1.40	0.20
BHMB (Bosque húmedo montano)	1.50	0.22
BHSA (Bosque húmedo subalpino)	0.80	0.20

Cuadro 5.6. **Porcentaje medio anual de crecimiento en altura y crecimiento medio anual diamétrico (cm) en Zonas de Vida de Venezuela.**

Nota: Datos tomados de Veillon, J.P. (1985).

En el caso de los bosques secundarios jóvenes, el crecimiento y la tasa de crecimiento son bastante elevados. Siguen un patrón muy parecido al de los bosques coetáneos de la Zona Templada, aunque con un ritmo mucho más acelerado. En el cuadro 5.7 aparecen las determinaciones del crecimiento en bosques secundarios de diferentes edades de la India (Lamprecht, 1964).

EDAD (años)	CRECIMIENTO (m <sup>3</sup> /ha/año)
10 – 25	9,2
15 – 20	9,0
20 – 25	9,0
25 – 30	9,2
30 – 55	9,0

Cuadro 5.7. Crecimiento anual periódico en volumen en un bosque secundario de La India.

Nota: Datos tomados de Lamprecht (1964).

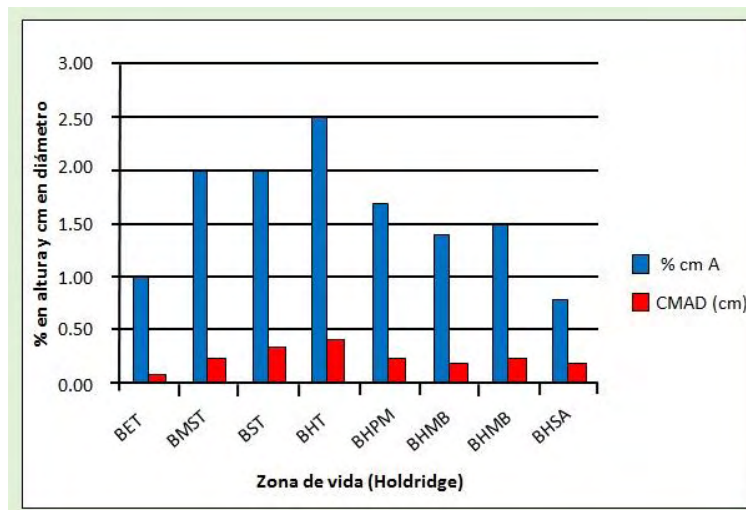


Figura 5.8. Representación gráfica del cuadro 5.6 Porcentaje medio anual de crecimiento en altura y crecimiento medio anual diamétrico (cm) en Zonas de Vida de Venezuela.

Nota: Datos tomados de Veilon (1985)

Corredor, J. R. (1987) encontró en un bosque secundario joven de 13 años de edad (El Caimital, Estado Barinas) un crecimiento anual medio de 5,7 m<sup>3</sup>/ha.

El crecimiento en las plantaciones forestales tropicales es bastante elevado. Por lo general se estima un incremento medio anual para plantaciones con *Pinus* spp y *Eucalytus* spp. entre 10-17 m<sup>3</sup>/ha/año.

Mediciones realizadas en plantaciones de 10 años de edad en la estación experimental “El Irel” ubicada en Barrancas, estado Barinas (Venezuela), revelaron que la especie *Gmelina arbórea* alcanzó un crecimiento volumétrico de 19,1 m<sup>3</sup>/ha/año, *Pinus caribaea* entre 9,7 y 17,9, y la *Tectona grandis* 10,0.

### **Consideraciones prácticas aplicables en las intervenciones silviculturales**

1. La tasa de crecimiento en altura influye sobre los siguientes aspectos de interés en las intervenciones silviculturales:
  - En la composición florística del sotobosque y de cada uno de los pisos de un bosque natural heterogéneo. Cada uno de ellos está conformado por diferentes especies con similar tasa de crecimiento en altura y casi idénticas exigencias en luz. Los individuos de las especies heliófilas tienen alta tasa de crecimiento en altura durante su fase juvenil, el cual cesa a edad temprana. Por el contrario, los árboles de las especies esciófilas presentan menor tasa de crecimiento en la edad juvenil, alcanzan tarde el máximo, en o cerca del cual permanecen mayor tiempo, disminuyendo luego poco a poco el ritmo de crecimiento. En el sotobosque las especies de crecimiento lento son dominadas y hasta eliminadas si no son tolerantes, hecho que debe tomarse en cuenta para el establecimiento de plantaciones con dos o más especies y en la programación de las intervenciones en la regeneración natural (limpias, cortas de liberación y despeje).

- En la determinación de la calidad e índice de sitio para una especie considerada. La tasa de crecimiento en altura es un parámetro que se utiliza para elaborar las tablas de rendimiento de madera. En una hectárea del bosque plantado se selecciona un centenar de árboles, los más altos y de mejor forma, periódicamente se hacen mediciones de altura y diámetro que determinan la necesidad o no de la intervención silvicultural. Específicamente los aclareos o raleos.
2. La tasa de crecimiento diamétrico tiene una gran importancia en la determinación del rendimiento forestal debido a que es el parámetro fundamental para calcular la producción de madera. El incremento anual de este material, participa con el 90 % en la formación de madera. El forestal debe tomar en consideración que la tasa de crecimiento es muy sensible a la densidad de un rodal a la hora de calcular el espaciamiento para el establecimiento de una plantación comercial. El incremento anual diamétrico forma los llamados anillos de crecimiento, de gran importancia en la Zona Templada para determinar la edad de los árboles debido a su periodicidad anual por la existencia de las cuatro estaciones climáticas. En los árboles de la Zona Tropical, también se forman anillos de crecimiento, pero no son anuales porque obedecen a la alternancia de los períodos de lluvia y sequía que son muy variables.
  3. La silvicultura utiliza la fuerte correlación existente entre la tasa de crecimiento de los árboles y las masas forestales con los factores ambientales: suelo, luz, agua y nutrientes, reflejados todos por la calidad de sitio, la tasa de crecimiento en altura, diámetro y volumen, la densidad de población de los árboles de un bosque natural o plantado, la competencia y los factores genéticos inherentes a la especie, para programar los tratamientos tendentes a lograr los objetivos y metas previstas.

## Capítulo 6

### Los sistemas silviculturales clásicos



**La imaginación es  
más importante  
que el conocimiento.  
El conocimiento es  
limitado, mientras que la  
imaginación no.**

*Albert Einstein*

THUYA  
(*Thuja occidentalis*)  
[https://mexico.inaturalist.org/taxa/54037-  
Thuja-occidentalis](https://mexico.inaturalist.org/taxa/54037-Thuja-occidentalis)



## Introducción

La diferencia entre la explotación minera e irracional y el aprovechamiento racional de un bosque reside en la Silvicultura. En anterior capítulo se estableció que, esta rama de la Dasonomía atiende dos procesos fundamentales en la vida de un bosque: el establecimiento de la regeneración en cuantía y calidad suficiente para sustituir la masa vieja extraída y el crecimiento o desarrollo posterior de los brinzales establecidos.

El primero, es decir la sustitución de los árboles maduros aprovechados, se hace por medio de los llamados *Métodos de Regeneración*.

El segundo proceso objeto de la Silvicultura, es decir, al crecimiento y desarrollo de la regeneración establecida, lo hace por medio de los llamados *Tratamientos Intermedios*, que serán considerados en el Capítulo 7.

Los bosques de todo el continente americano han sido explotados a lo largo de varias centurias, sin que hubiese preocupación por su futuro. La naturaleza, aunque lentamente y en los sitios donde se ha permitido o la intervención no ha sido muy drástica, se ha encargado de reforestar los sitios denudados. Sin embargo, han venido quedando áreas no productivas o insuficientemente repobladas.

En la antigüedad no existía inquietud por la regeneración de un bosque luego de su explotación, porque se creía que la expansión de las selvas era ilimitada, y además porque las presiones de la especie humana eran todavía muy reducidas.

Los primeros métodos de regeneración surgieron en Europa. Complementados con tratamientos intermedios dieron lugar a los sistemas Silviculturales Clásicos o Típicos que hoy conocemos, a los cuales se le han agregado algunos métodos (sistemas) comúnmente utilizados en los bosques norteamericanos, y los aplicados a los bosques tropicales.

En la actualidad, la demanda cada vez mayor de productos forestales por parte de la población, así como la necesidad vital de la permanencia física del recurso bosque como fuente de bienes y servicios, hace indispensable tomar en consideración todos los aspectos relacionados con la repoblación de un bosque manejado en forma técnica y científica.

Modernamente es posible la regeneración inmediata de un bosque. Los conocimientos silvícolas que antes no existían y el aumento de los precios de la madera permiten tal acción. Sin embargo, es necesario invertir tiempo y dinero, aplicando los tratamientos silviculturales adecuados a las masas forestales bajo manejo.

### Concepto de Regeneración

La regeneración es el proceso que permite el reemplazamiento de la masa forestal madura extraída de un rodal o bosque, por una nueva de mayor calidad y valor. En la naturaleza la regeneración de la cubierta arbórea es un proceso muy lento, ello es suficiente para reemplazar los árboles viejos que también desaparecen muy lentamente.

A. CORTAS DE REGENERACIÓN
1. EN BOSQUE ALTO
1.1. Corta total o matarrasa
1.2. Modificaciones de la corta total
1.2.1. En fajas alternas
1.2.2. En fajas progresivas
1.2.2.1. Sistema original
1.2.2.2. Sistema Wagner
1.2.2.3. En forma de cuñas
1.2.2.1. Sistema original
1.3. Árboles semilleros
1.4. Cortas uniformes
1.5. Cortas por bosquetes
1.5.1. Sistema clásico
1.5.2. Sistema suizo
1.5.3. Combinación con fajas en forma de cuñas
1.6. Cortas selectivas o por entresaca

2. EN BOSQUE MEDIO
2.1. Tallar compuesto
3. EN BOSQUE BAJO
3.1. Tallar simple
<b>B. CORTAS Y TRATAMIENTOS INTERMEDIOS</b>
1. CORTAS
1.1. Fomento y cuidado de la regeneración recién establecida
1.2. Limpias
1.3. Limpiezas
1.4. Cortas de liberación
1.5. Cortas de mejora
1.6. Podas
1.7. Aclareos
1.8. Cortas sanitarias y de protección

Cuadro 6.1. **Clasificación general de las cortas de regeneración y de las cortas intermedias, incluidas en un sistema silvicultural.**

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (1987)

Cuando ocurre una catástrofe natural, tal como un incendio, una tormenta o un huracán que destruye la cubierta vegetal sobre superficies de cierta extensión, muy a menudo las especies que se establecen naturalmente en un primer momento son diferentes de aquellas que constituían los estratos superiores o dominantes del bosque primario.

Esta nueva vegetación es, sin embargo, transitoria y a través del tiempo mantiene un “equilibrio dinámico” con las condiciones ambientales locales.

Cuando no se presenta una catástrofe natural, el proceso de regeneración en un bosque ocurre principalmente por la emergencia de pimpollos o brinzales en los pequeños claros que se originan por la muerte y caída de los árboles individuales dominantes y sobremaduros.

En los bosques productores ordenados, evidentemente debido a la intervención humana, la caída de los grandes árboles es mucho más rápida que la originada en condiciones naturales. En consecuencia, se hace necesario aplicar métodos y procedimientos que restituyan la regeneración sin ocasionar restricciones indebidas para el aprovechamiento forestal, y este es uno de los problemas más importantes que la Silvicultura debe resolver.

En la figura 6.1 se representan, esquemáticamente, las formas de reproducción o regeneración de un bosque.

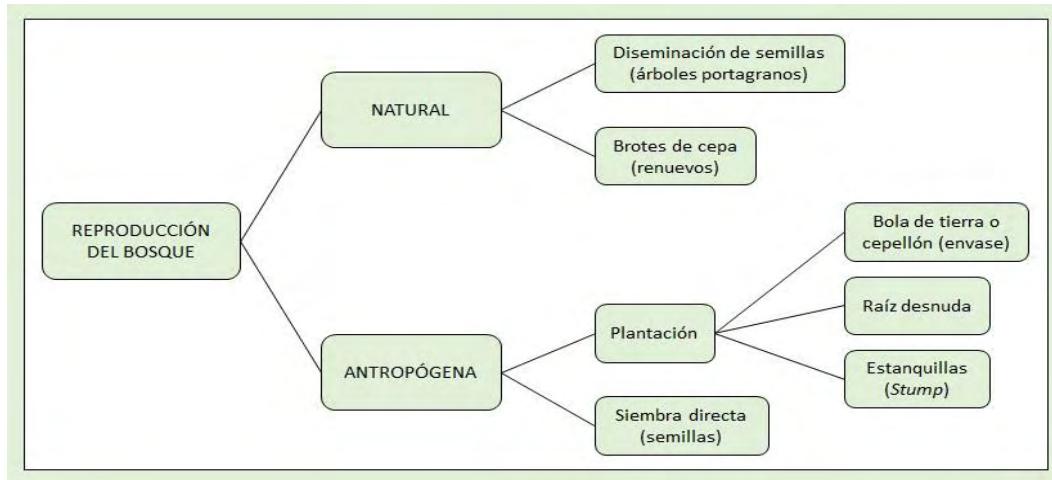


Figura 6.1. Esquema de los tipos de reproducción para restituir una masa forestal.  
Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001)

### Método de regeneración y sistema silvicultural

Es muy común que se confunda método de regeneración con sistema silvicultural. Esta apreciación resulta hasta cierto punto incorrecta debido a que el método de regeneración es un procedimiento específico para lograr el establecimiento de la regeneración de un bosque y una vez logrado este propósito finaliza su acción. El cuidado posterior de la nueva masa regenerada ya no será competencia del método empleado para obtenerla.

Por su parte, el Sistema Silvicultural, también llamado Sistema de Regeneración, comprende toda una serie de procedimientos encadenados, que ajustados a principios silvícolas aceptados, tratan de concentrar su atención en los árboles que constituirán la cosecha final, brindándoles las condiciones más favorables para su regeneración y crecimiento o desarrollo, mediante la aplicación de cortas de regeneración, cortas y otros tratamientos intermedios (limpias, cortas de liberación, protección, saneamiento y aclareos).

En otras palabras, un Sistema Silvicultural está constituido por el método de regeneración que le da el nombre al Sistema y por cadenas de métodos o tratamientos intermedios. Troup (1952) define el Sistema Silvicultural como: “El proceso por el cual se atiende, extrae y sustituye la producción de un bosque por nuevos cultivos, dando lugar a masas de un tipo característico”.

## **Los métodos de regeneración**

### ***La elección del método***

La mayor parte de las veces, la elección de un método de regeneración es un compromiso entre el aspecto biológico y lo que social y económicamente resulte conveniente. Es decir, la toma de decisiones en cuanto al método y sistema silvicultural de regeneración, adecuado para un determinado sitio o lugar estará fundamentada en los siguientes factores o condicionamientos:

- Factores biológicos silviculturales (características de la especie en cuanto a fenología, caducifolia, tolerancia, forma, tamaño y peso de la semilla, patrón de diseminación, capacidad de competencia);
- Factores climáticos y edáficos (precipitación, temperatura, fisiografía del terreno, textura y composición de suelos, altitud);
- Factores económicos (valor comercial del bosque, precios de la madera, accesibilidad, existencia de mercados seguros, preparación de especies comerciales, patrón de dispersión de los árboles a extraer, dimensiones de los productos obtenidos, objetivos de manejo);
- Factores sociales (disponibilidad de mano de obra, grado de aceptación por la población de las actividades de corta y extracción, maquinaria disponible, impacto ambiental, presión sobre las tierras forestales, otros usos o actividades en conflicto).

### ***Propósitos u objetivos***

En líneas generales, los propósitos perseguidos con la aplicación de cualquier método de regeneración son los siguientes:

- Corta y extracción de los árboles aprovechables de tal manera que se pueda garantizar el establecimiento de la especie o especies deseables, por lo común las más valiosas en un lapso prudencial de tiempo predecible.
- Garantía de la existencia de un mínimo de condiciones para la satisfacción de ciertos requerimientos estéticos, recreativos y de protección de la fauna silvestre, la conservación de cuencas de captación y del suelo durante el manejo del rodal.
- Adaptación del método elegido a la existencia de riesgos ocasionados por los vientos, las enfermedades, el ataque de plagas y los incendios forestales.

### ***Clasificación de los métodos***

Un método de regeneración no es más que un procedimiento ordenado mediante el cual se renueva o establece una masa, sea natural o artificial.

Los diversos métodos existentes contemplan la corta y extracción de los árboles comerciales maduros y el establecimiento de la regeneración suficiente en cantidad y calidad para iniciar de nuevo el ciclo de tratamiento a la masa forestal.

En la práctica, los detalles de aplicación de cada método pueden variar mucho de acuerdo con las especies, los tipos de bosque, las regiones y los objetivos del manejo forestal.

Los fundamentos para la clasificación de los métodos de regeneración son los siguientes:

- Manera como se origina la regeneración, así como el orden de las cortas;
- Tiempo de establecimiento de la regeneración (período);
- Espacio (superficie) de las cortas y del establecimiento de la regeneración.

Con relación al primer criterio se distingue entre métodos de regeneración del bosque alto, procedente de semillas y métodos de regeneración del bosque bajo, procedentes de brotes de cepa.

Referente al segundo criterio, la distribución de las cortas en el tiempo debe distinguirse, entre los métodos que utilizan cortas de regeneración durante todo un turno, llevando a la creación de masas disetáneas y los métodos que concentran las cortas de repoblación al final de cada turno, dando lugar a masas coetáneas. Sin embargo, los últimos se diferencian a su vez entre ellas de acuerdo con el número de cortas requeridas para substituir la masa vieja por una nueva.

El criterio de distribución de las cortas en el espacio, afecta la dimensión horizontal y vertical de la estructura de la masa creada por la alternancia de claros y árboles en pie.

Un cuarto criterio se agrega a los anteriores, las condiciones ambientales de la regeneración establecida. En este sentido habría que distinguir entre los métodos que propician condiciones de campo abierto para la regeneración, los que dan lugar a condiciones combinadas de sombra y protección parcial, siguiendo los límites entre claros y áreas sin cortar, y los que originan condiciones de sombra fuerte, es decir, protección casi total.

Los métodos (1), (2) y (3) originan masas uniformes o coetáneas, mientras que el (4) origina masas irregulares o disetáneas.

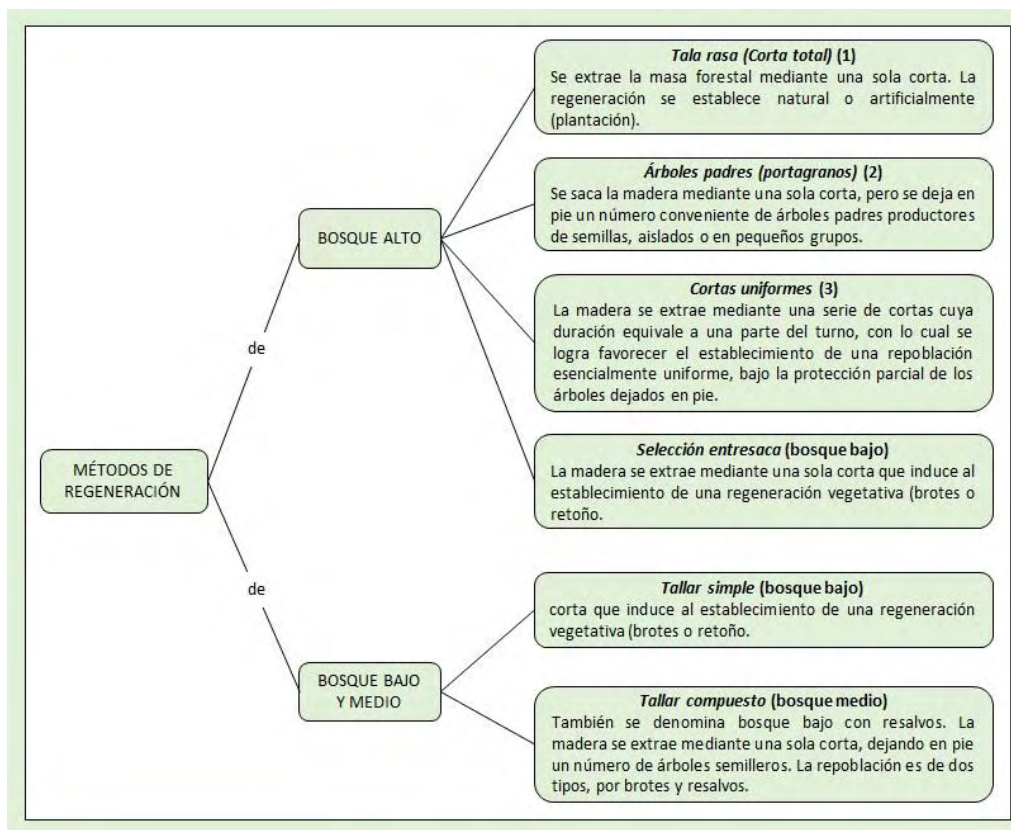


Figura 6.2. Clasificación de los métodos de regeneración según Hawley y Smith, (1972).  
Nota: Datos tomados de Corredor J. R. (2001)

## Tala rasa, corta total o corta matarrasa

### *Método original o clásico*

#### *Definición*

Es un método de regeneración del bosque alto que consiste en el corte y extracción de toda la masa forestal de una determinada sección del bosque en una sola intervención. en este método, el área intervenida es talada a rasa, en el sentido literal del término, quedando desprovista de toda vegetación arbórea.

Prácticamente todos los árboles, grandes o pequeños, son extraídos durante el proceso. El método original cuando es aplicado estrictamente deja

“desnuda” la superficie tratada, donde se supone deberá establecerse un repoblado de árboles que conducirán a la formación de un bosque alto uniforme (regular o coetáneo). Al agregársele las cortas intermedias y de protección se originan un sistema silvicultural que toma el mismo nombre del método de regeneración.

### ***Procedimiento***

En su forma más sencilla de aplicación, el método de la corta total implica una sola intervención para el derribo y extracción de todos los árboles en la superficie seleccionada. El procedimiento seguido se expone a continuación.

En la oficina, utilizando el inventario forestal y los rodales establecidos por el plan de ordenación o manejo, previa a la extracción de todos los árboles se determina el cupo anual, es decir, la superficie por intervenir, mediante la siguiente fórmula:

$$a = \frac{A}{T}$$

Donde:

a = cupo anual en hectáreas

A = área total del bosque

T = turno en años

Los árboles extraídos de una o más de estas áreas constituirán la corta o cupo anual. En teoría, uno o más rodales y un volumen igual de madera deberían alcanzar cada año la edad del turno después, que el método de tala rasa ha sido aplicado durante un período igual a un turno.

6	31	26	13	22	19	29	12
18	43	..... ..1.. .....	40	36	45	.. 3 :::	34
49	24	37	14	8	48	39	27
	46	33	38	30		9	11
15	7	21	32	..... ...2... .....	50	23	16
28	47		10	17	41		..... 4 .....
42	..... 5 .....		20	25	44	35	

Figura 6.3. Dibujo mostrando en forma esquemática y teórica la organización de un bosque alto manejado por el sistema de corta total, con turno de 60 años. Los números indican la edad de cada rodal y los puntos la densidad de la regeneración natural, hasta el rodal de 5 años.

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001).

En el área tratada, luego de extraídos todos los árboles, grandes o pequeños, se prevé el establecimiento de la regeneración natural o en su defecto, se recurre a la repoblación mediante la plantación de ejemplares producidos en el vivero forestal. La regeneración natural proviene de las semillas dejadas en el suelo por los árboles extraídos y de la suministrada por los adyacentes al área de corta.

Con el fin de evitar grandes claros en el bosque, los rodales deberían mantenerse relativamente pequeños, o por lo menos, estrechos. Los rodales cortados en años consecutivos deberán estar espaciados en el bosque y ordenados de forma que, adyacentes a uno o más de sus lados, haya árboles en edad de producir semillas, y que los rodales talados recientemente no sean continuos (ver figura 6.4).

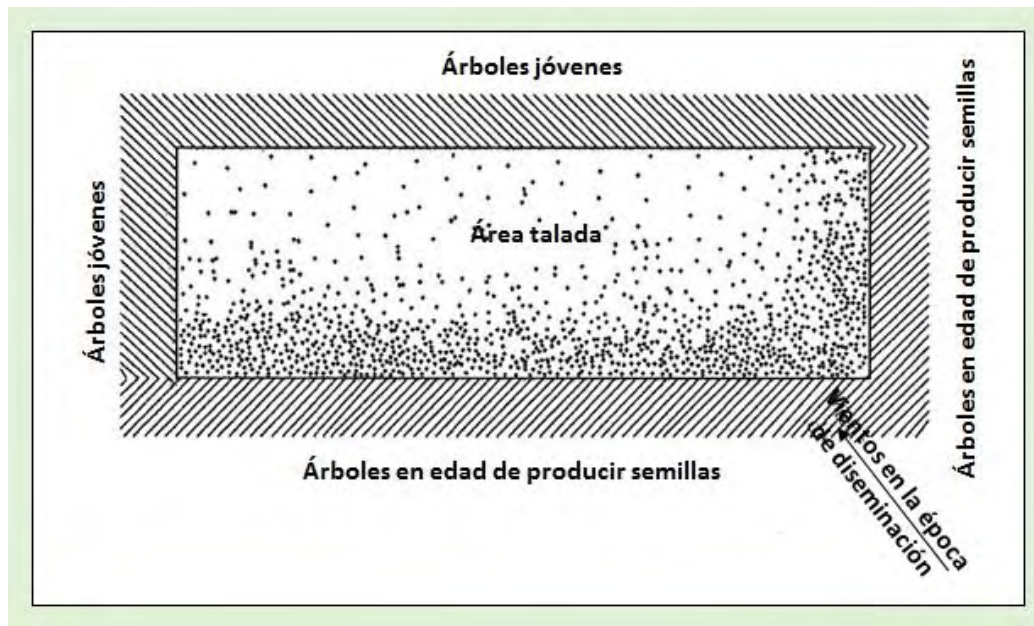


Figura 6.4. Corta Total aplicada en un rodal de un bosque regenerado por este método. Los puntos indican la densidad de la regeneración natural varios años después de la aplicación de la corta total.

Nota: Datos tomados de Hawley y Smith (1972, p. 70).

En el manejo de masas coetáneas, los árboles se renuevan durante un período relativamente breve, creando condiciones de campo abierto y soleado, lo cual conduce al desarrollo de bosques regulares o coetáneos. El ambiente es propicio para el establecimiento de especies heliófilas o no tolerantes.

La corta total o matarrasa, es uno de los tres métodos de regeneración existente para generar rodales coetáneos. Los otros dos son, el de los árboles padres y el de cortas de protección o también llamado cortas uniformes o bajo cubierta protectora.

Un método de regeneración se reconoce como Corta a Matarrasa o Corta Total, cuando cada una de las superficies tratadas sea superior a 0,25 ha.

Fundamentalmente se distinguen las siguientes variantes de este método: corta en fajas alternas, corta en fajas progresivas, corta en fajas en forma de cuña y la corta por grupos o bosquetes. Algunos autores consideran

este último, no como una variante de la corta total sino más bien como un método aparte.

Una vez determinado el cupo anual y seleccionado el rodal a intervenir, se procede con la ejecución en el campo de las operaciones silviculturales, tal como aparece en la figura 6.5 que a continuación se muestra.



Figura 6.5. Secuencia de las operaciones silviculturales en una corta total.

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001).

### *Calificación del método original*

En el cuadro 6.2 que aparece a continuación, se muestran las ventajas e inconvenientes del método original de corta total.

VENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es un método sencillo y poco costoso debido a su simplicidad, pues permite mecanizar las operaciones con la consiguiente reducción de gastos.</li> <li>• La concentración de labores en un área determinada facilita la utilización de maquinaria y, en consecuencia, aumenta la capacidad de aprovechamiento y rendimiento, lo que a su vez disminuye el costo por mano de obra.</li> <li>• La administración es sencilla ya que el apilado de madera en un solo sitio facilita su manejo, transporte y venta, con la consecuente economía de escala.</li> <li>• Es un método de regeneración adecuado para manejar repoblados de especies “no tolerantes”.</li> <li>• Las operaciones de extracción de madera ocurren antes del establecimiento de la regeneración y por lo tanto el repoblado obtenido no sufre daños mecánicos.</li> <li>• En las regiones tropicales habría limitaciones en su aplicación, restringiendo su uso a los arboricultivos (plantaciones forestales) y para la transformación de bosques naturales improductivos en productivos, en combinación con el sistema <i>Taungya</i>, o cualquier otro sistema agrosilvicultural.</li> </ul>
INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La matanza prefijada ocasiona la pérdida de individuos en plena producción en el área intervenida y la conservación de otros no productivos en el resto del bosque.</li> <li>• El establecimiento de la regeneración natural en muchos casos es complicado y difícil, teniendo que recurrirse a métodos costosos para lograrlo, o a la plantación, lo cual implica costos muy elevados.</li> <li>• Los productos resultantes de una corta total en la intervención inicial del método, poseen características tecnológicas de forma, tamaño y resistencia muy disímiles y, por consiguiente, son difíciles de colocar, en su totalidad en el mercado. Sin embargo, esta situación se corregirá en el turno siguiente mediante la plantación de una sola especie.</li> <li>• Su aplicación involucra un alto riesgo bio-ecológico para muchas especies forestales y para la masa boscosa en su totalidad, debido al cambio abrupto en las condiciones del suelo que ella provoca.</li> </ul>

- La acumulación de los desechos de los árboles extraídos, estimula una mayor actividad de la población de insectos, lo cual puede originar plagas y enfermedades.
- Cuando los turnos son cortos, el suelo tiende a empobrecerse debido a la enorme cantidad de nutrientes requerida por las cosechas forestales continuas.

Cuadro 6.2. **Ventajas del método de regeneración corta total.**

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001).

### ***Comentario sobre la aplicación del método original***

Este método de reproducción está mejor adaptado para su uso, con especies que pueden reproducirse bajo condiciones naturales después de un incendio u otras perturbaciones drásticas. Estas son especies, casi invariablemente, de semillas ligeras y de dispersión por el viento. En las regiones tropicales habría posibilidades de aplicar este método en arboricultivos (Plantaciones forestales) y en la conversión de bosques naturales improductivos en bosques productores, en combinación con el Sistema Taungya, o cualquier otro sistema agrosilvicultural.

La evolución de una masa forestal en un rodal, bajo un régimen de corta total con un ciclo de 60 años, se presenta en la figura 6.6 como un proceso cíclico de renovación. Después de la corta total, se inicia una nueva generación de árboles que experimentan un crecimiento acelerado en altura y diámetro, favorecido por la disponibilidad de luz y nutrientes.

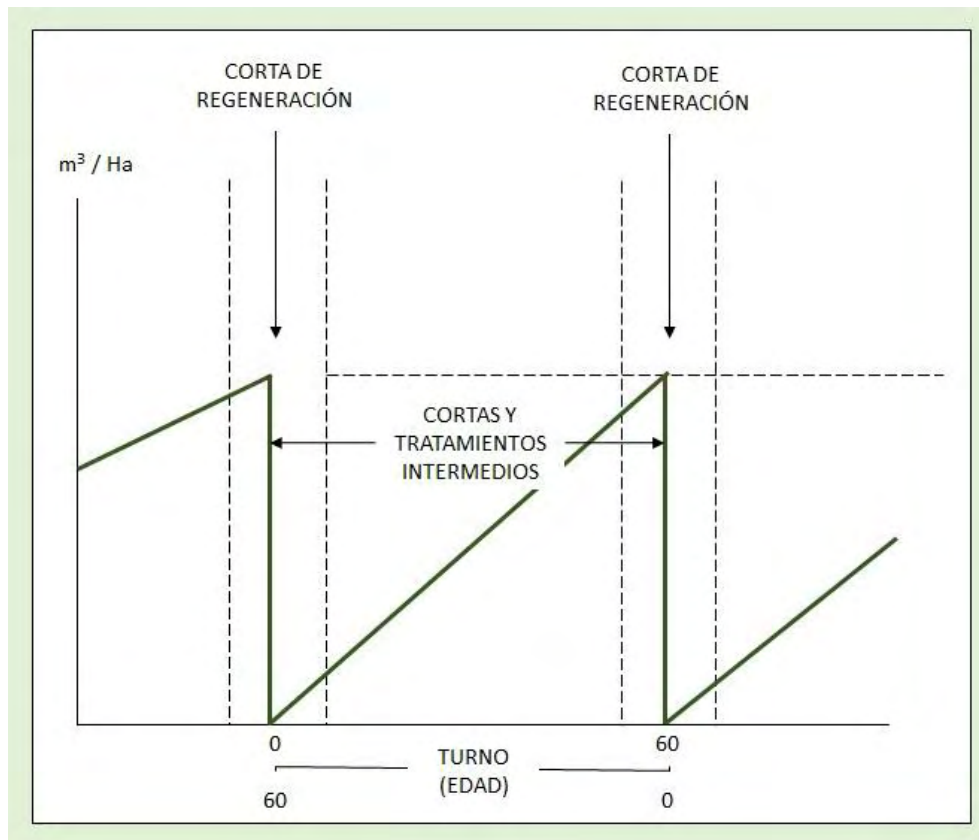


Figura 6.6. Representación del desarrollo de la masa forestal en un rodal de un bosque alto organizado para producir madera con turnos de 60 años y con repoblación obtenida por el método de corta total.

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001).

### Modificaciones del método de corta total

Considerando las exigencias ecológicas de las distintas especies forestales que pueden ser tratadas por tala rasa y teniendo en cuenta sus características biológicas, el método se ha modificado para disminuir al mismo tiempo los riesgos evidentes bioecológicos sobre extensas superficies. Las fajas alternas y las fajas progresivas con sus modalidades constituyen las variantes más importantes del sistema original.

### ***Corta total en fajas alternas***

#### ***Definición***

Es un método de regeneración del bosque alto que consiste básicamente en la ejecución de cortas totales, de manera alterna, sobre un rodal cuya superficie ha sido previamente dividida en áreas menores que tienen forma de fajas, por lo general, alargadas y estrechas.

Con esta variante de la tala rasa, se intenta atenuar o disminuir los riesgos bioecológicos del sistema original, además de que se trata de conseguir condiciones microclimáticas más favorables para el establecimiento y desarrollo de la regeneración.

#### ***Procedimiento***

Como en el sistema original, también es un método sencillo. Se divide el rodal en un número de fajas. Se ejecutan las cortas totales en todas las fajas impares, quedando en pie las fajas pares.

Antes de llevar a cabo la segunda intervención, es decir, la ejecución de cortas totales en las fajas de número par, es indispensable comprobar que la regeneración natural se haya establecido satisfactoriamente en las fajas impares, intervenidas en la primera oportunidad.

El número de años entre la primera y la segunda corta total no debe sobrepasar un quinto del turno, para que el bosque conserve su carácter coetáneo; las semillas que originan la regeneración en las primeras fajas intervenidas provienen de los árboles ubicados en las fajas pares que permanecieran en pie.

El ancho de las fajas oscila entre una y cinco veces la altura de los árboles dominantes, dependiendo de la distancia de dispersión eficaz de las semillas, lo cual varía de acuerdo con la especie y las características propias de

las simientes. Es conveniente la extracción de más del 50 % de la masa forestal en la primera intervención.

Un diagrama esquemático, como el de la figura 6.7, ilustra la implementación de cortas totales en franjas alternas dentro de un rodal de bosque alto, presentando tanto la vista en planta como el perfil vertical. En la representación en planta, se pueden observar franjas rectangulares que se intercalan con áreas deforestadas, donde se aprecia la regeneración temprana, y franjas de bosque en pie que sirven como fuente de semillas. El perfil vertical muestra la estructura del bosque, con árboles de diversas edades en las franjas en pie y la carencia de árboles maduros en las áreas taladas, donde predomina la vegetación joven. Este diagrama refleja la distribución espacial de las cortas y la dinámica de regeneración, facilitando la visualización de la evolución del método a lo largo del tiempo.

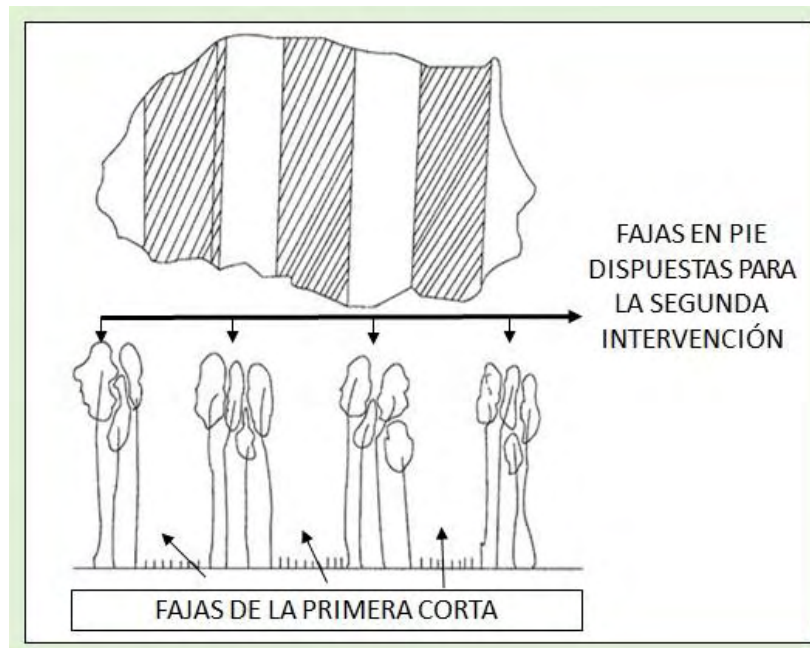


Figura 6.7. Dibujo esquemático en planta y perfil vertical de un rodal de bosque alto sometido a la aplicación de cortas totales en franjas alternas.

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001).

### ***Calificación de la corta total en fajas alternas***

Con la aplicación de este método se obtienen mayores volúmenes de madera. Disminuyen los riesgos bioecológicos del sistema original, pero las fajas que permanecen en pie se vuelven susceptibles a ser derribadas por el viento.

Se presenta el problema del establecimiento de la regeneración cuando estas fajas en pie sean cortadas, siendo necesario recurrir a la regeneración artificial, lo que aumenta los costos de establecimiento.

Desde el punto de vista estético se mantiene la imagen de la naturaleza arruinada, presente en la aplicación del sistema original.

### ***Corta total en fajas progresivas***

#### ***Definición***

Es una modificación del sistema original de corta total que consiste en la ejecución de talas rasas progresivas, sobre superficies en forma de fajas, en las que previamente se ha dividido el rodal que se proyecta aprovechar.

Los europeos distinguen tres variantes: El *Sistema Original*, el de *Wagner* y el de *fajas en forma de cuñas*. El sistema de Wagner se distingue del original porque cuenta con una faja “exterior” que se corta al mismo tiempo que se preparan varias fajas interiores para su corta futura y para asegurar mejor la repoblación. En el tercer sistema las fajas se establecen de tal modo que las zonas regeneradas adquieren forma de cuña.

En la figura 6.8, se presenta un rodal de bosque alto que ha sido sometido a cortas totales en fajas progresivas (sistema original) proporciona una representación clara de la dinámica inherente a este método. En la proyección horizontal, se pueden observar fajas de tala dispuestas de manera sucesiva, avanzando en una dirección determinada, lo que genera un patrón de regeneración gradual. El perfil vertical muestra la organización del bosque, con

fajas en diversas etapas de desarrollo: desde la regeneración inicial en las áreas recién taladas, hasta la presencia de árboles jóvenes y maduros en las fajas más antiguas. Este esquema pone de manifiesto la evolución de la corta y la regeneración a lo largo del tiempo, destacando cómo el sistema original de fajas progresivas busca asegurar una producción continua de madera al mismo tiempo que fomenta la regeneración natural del bosque.

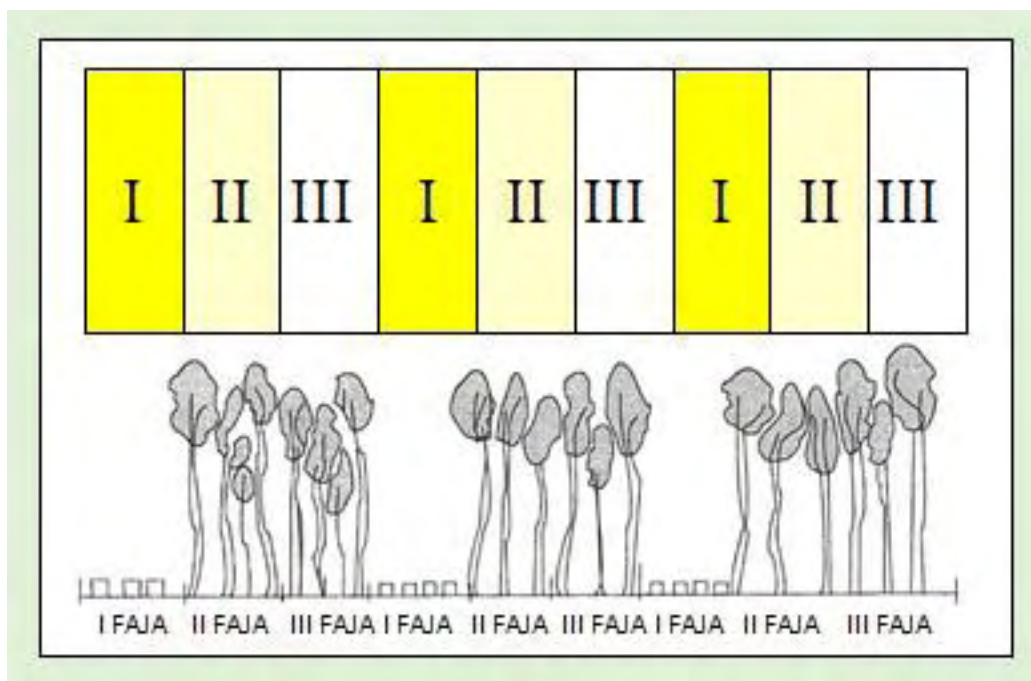


Figura 6.8. Dibujo esquemático en planta y perfil vertical de un rodal de bosque alto sometido a la aplicación de cortas totales en fajas progresivas (sistema original).

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001).

### ***Procedimiento***

En el *sistema original* se requieren tres o más operaciones para extraer la totalidad del rodal. En su aplicación más sencilla, se talan fajas a cortos intervalos de tiempo, empezando por un extremo del rodal y avanzando progresivamente hacia el otro extremo.

Si quiere crearse un rodal uniforme por este método, la serie completa de cortas deberá terminarse en un período de 10 a 20 años, según la duración del turno.

En rodales grandes esta forma sencilla de avance no es practicable, ya que el área entera no puede ser talada en un intervalo lo bastante corto como para producir masas forestales regulares, sin hacer las fajas individuales demasiado anchas para que la regeneración sea satisfactoria.

Para superar esta dificultad, se establecen varias secciones de corta y se llevan a cabo las operaciones simultáneamente en cada sección. Sea cual fuere el número de secciones de corta, cada una puede ser realizada tan pronto como la repoblación se establece en la faja adyacente previamente cortada.

El intervalo entre las cortas puede variar entre 2 y 5 años. Si la regeneración natural no se ha iniciado de modo satisfactorio al cabo de 5 años, deberá programarse el establecimiento de la regeneración artificial, por cualquier método de plantación o siembra.

### **Calificación de la corta total en fajas progresivas**

Efectuando las cortas rasas de manera parcial y distribuidas en franjas estrechas, se aminoran las consecuencias más graves de las cortas totales en su forma original, como es la alteración del microclima y la falta de protección al suelo forestal. El método, en sus diferentes modalidades, es bastante elástico y puede adaptarse hasta cierto punto a las condiciones locales. Sin embargo, la aplicación práctica, especialmente la del Sistema Wagner es bastante complicada. El método de corta total en fajas progresivas no es aplicable en la mayoría de los bosques tropicales, por las mismas razones que hacen muy difícil aplicar el método de corta total original.

El diagrama esquemático de un rodal de bosque alto, representado en la figura 6.9, sometido a cortas totales en franjas progresivas, tanto en el sistema Wagner como en el de cuñas, representa tácticas de aprovechamiento forestal que buscan una regeneración controlada del bosque. El sistema Wagner se caracteriza por la extracción de madera en franjas paralelas y sucesivas, lo que permite la regeneración natural en las franjas ya intervenidas, mientras que el sistema de cuñas se basa en la tala en áreas con forma de cuña, avanzando progresivamente a través del rodal. Ambos métodos tienen como finalidad optimizar la regeneración y el uso de los recursos, minimizando el impacto ambiental y promoviendo la sucesión ecológica.

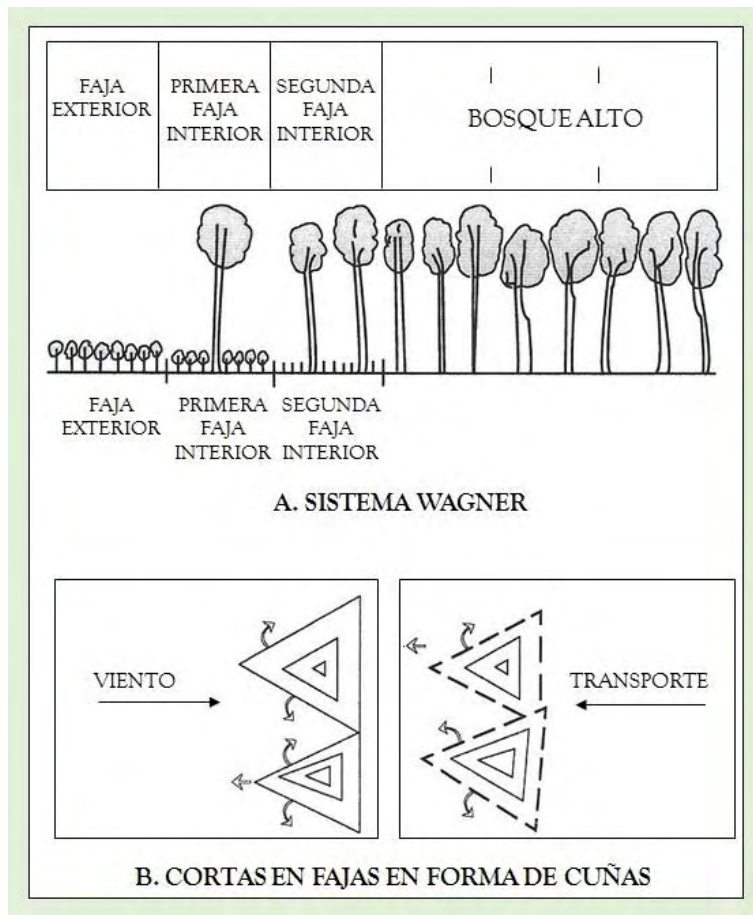


Figura 6.9. Dibujo esquemático de un rodal de bosque alto sometido a la aplicación de cortas totales en franjas progresivas: (A) Sistema Wagner y; (B) en forma de cuñas.

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001).

## **Método de los árboles padres o semilleros**

### ***Definición***

Es un método que consiste en talar el bosque respetando ciertos árboles denominados *árboles padres* o *portagranos*, que quedan en pie aislado o formando grupos, con la finalidad de proporcionar las semillas para la regeneración. La cantidad de árboles padres no debe ser superior al 10 % del volumen original.

### ***Procedimiento***

Se eligen las plantas madres (árboles padres), y se corta la masa restante; la regeneración se produce alrededor de tales árboles y el éxito depende especialmente de la abundante producción de semillas y condiciones climáticas favorables.

La base del método estriba en los árboles padres y por tanto éstos deben seleccionarse tomando en cuenta las siguientes características:

- **Sean resistentes al viento.** Son más resistentes al viento, los árboles con sistema radicular profundo, copas anchas y altura relativamente baja.
- **Tener edad suficiente para producir abundantes semillas fértiles.** En algunos casos se puede favorecer la producción de semillas mediante aclareos. Los buenos productores de semillas son los árboles cuya copa muestra mejor desarrollo y ocupa los estratos dominantes en el bosque.

Una vez que se haya determinado el tipo de árboles padres que se tienen que dejar, hay que fijar su número por hectárea. Para ello se toman en cuenta los siguientes factores:

- Cantidad de semillas viables producidas por árbol y capacidad germinativa.

- Proporción probable de árboles padres que sobrevivirán.
- Distancia a la que pueden ser diseminadas las semillas en cantidad suficiente para asegurar una espesura completa.

Como regla general, en espacios con semillas relativamente ligeras, puede considerarse que la distribución será satisfactoria a una distancia del árbol por lo menos igual a su altura, y en algunas ocasiones de 2 a 5 veces ésta. En términos generales se acepta una variación que va de 3 a 25 árboles por hectárea, como necesarios para asegurar la regeneración natural del área tratada.

### ***Calificación y aplicación del método de árboles padres o semilleros***

Este método presenta las mismas ventajas e inconvenientes de la corta total, aunque ofrece una mayor protección al suelo forestal y una mayor seguridad para el establecimiento de la regeneración natural. En general es aplicable solamente a las especies de diseminación por el viento, que con frecuencia producen grandes cantidades de semillas y pueden establecerse en situaciones expuestas.

## **Método de cortas uniformes**

### ***Definición***

Es un método de regeneración del bosque alto que consiste en la extracción gradual de la masa completa en una serie de cortas parciales que se extienden durante una parte del turno. De acuerdo con Hawley y Smith (1972), las cortas uniformes se definen como cortas continuas que generan masas regulares, las cuales se obtienen mediante la extracción total de los pies de la masa principal de manera gradual y en un intervalo temporal que no exceda la duración de una clase artificial de edad.

La ejecución de las cortas procede en orden ascendente, es decir, de abajo hacia arriba, comenzando por estratos inferiores (árboles dominados) pasando por los estratos medios (árboles intermedios y codominantes) hasta concluir en el estrato superior (resto de codominantes y dominantes). Las cortas se hacen al mismo tiempo sobre todo el conjunto o parte de una masa arbórea y los diseminados deben aparecer al mismo tiempo sobre toda la superficie.

Este método de regeneración también recibe el nombre de corta bajo *cubierta protectora* o *corta de protección* o *Shelterwood* y es aplicable generalmente a bosques regulares, pudiendo serlo también para bosques irregulares, donde predominan las clases de edades de dimensiones aprovechables.

En el método de las cortas de protección, como su nombre lo indica, se asegura la reproducción bajo la protección de una parte de la masa vieja. La primera corta crea huecos en el espacio de crecimiento de la masa en los que puede empezar a establecerse la nueva población. Al tiempo que proporciona semillas, la masa vieja da protección a las jóvenes plántulas.

No obstante, llega un momento en que la protección se convierte en un estorbo, más que en un beneficio para el desarrollo de las plántulas, entonces es necesario eliminar el resto de la masa vieja, tratando de darle todo el espacio a la masa nueva y brindándole condiciones para desarrollarse en forma uniforme.

### ***Procedimiento***

La secuencia de operaciones puede comprender tres clases diferentes de cortas aplicadas en el orden siguiente:

- I. Cortas preparatorias, aplicadas en la fase preparatoria.
- II. Cortas diseminatorias durante la fase diseminatoria.
- III. Cortas de extracción durante la fase final.

Las *cortas preparatorias* tienen la finalidad de preparar los árboles padres para la producción de semillas, fomentar condiciones del suelo favorables a la recepción del diseminado, y secundariamente, habituar los árboles al aislamiento y hacerlos resistentes al viento; deben comenzar cuando los árboles han alcanzado su mayor altura y vigorosidad. En bosques densos pueden extenderse por un período de 3 a 10 años. La intervención se dirige a los pisos inferiores, eliminando árboles suprimidos, dominados, enfermos y defectuosos, y a los pisos superiores eliminando árboles inútiles e indeseables. El volumen de la masa extraída oscila entre un 10 y 30 %.

Las *cortas diseminatorias* comienzan a efectuarse aproximadamente dos años después de las cortas preparatorias, cuando los árboles padres y el suelo han sido preparados cuidadosamente. El objetivo de las cortas diseminatorias es ampliar la entrada de luz, estimular la germinación y el establecimiento de las plántulas. Para realizar las cortas diseminatorias se espera un año de abundante fructificación. La intensidad de las cortas diseminatorias depende de la tolerancia de las especies. Se interviene eliminando árboles enfermos y defectuosos, en el piso inferior y superior. El volumen de masa extraído oscila entre 25 % y 50 %.

Las *cortas finales de extracción* o de *explotación*, se realizan en intervalos de 2 a 5 años y tienen como finalidad, extraer el resto de la masa forestal vieja, asegurar la repoblación y fomentar su desarrollo.

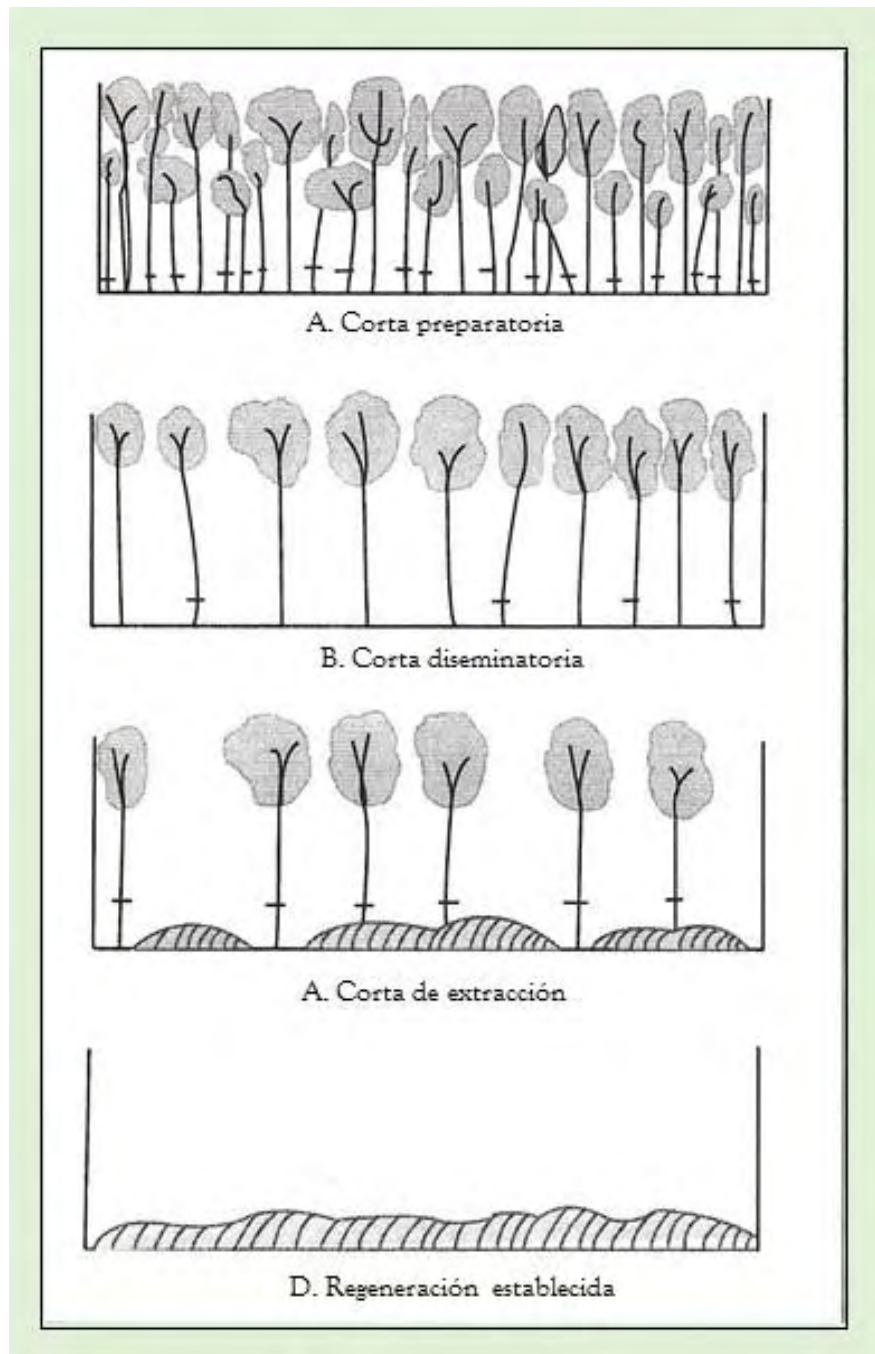


Figura 6.10. Dibujo esquemático de la secuencia de operaciones en un bosque alto sometido al método de regeneración de cortas uniformes (*Shelterwood*).  
Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001)

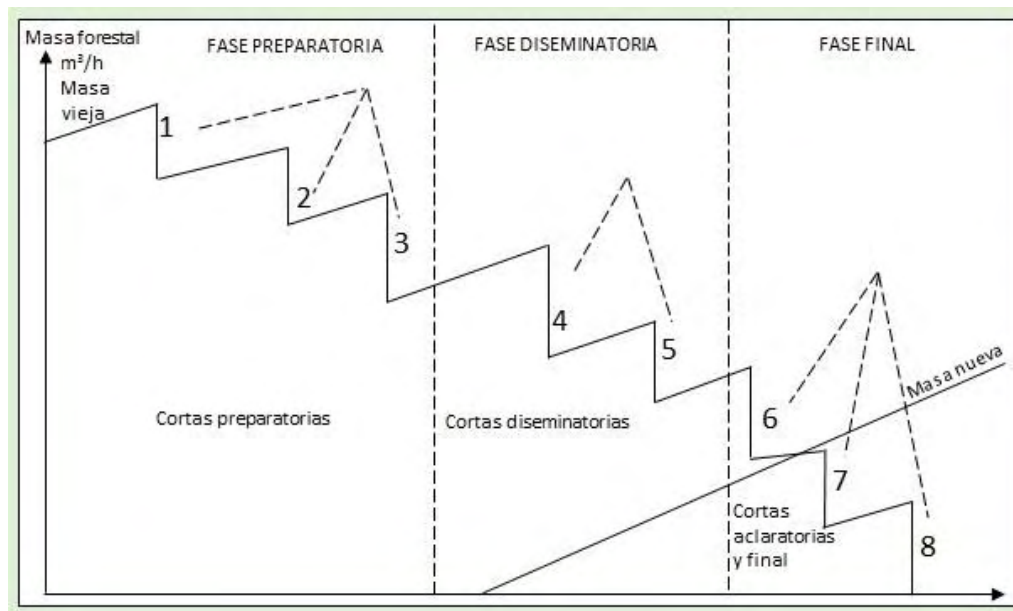


Figura 6.11. Dibujo esquemático teórico del desarrollo de la masa forestal vieja y nueva, originado por la aplicación del método de regeneración de cortas uniformes o Shelterwood.

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001).

### *Calificación de las cortas uniformes*

Es un sistema lógico y sencillo en su aplicación, sobre todo para la regeneración de especies tolerantes de semillas pesadas, aunque se puede trabajar con especies no tolerantes, aumentando la intensidad de la extracción en las primeras fases. La reproducción es más completa y segura, porque se trabaja con especies y razas locales.

La aplicación de este método de regeneración, garantiza la protección del suelo durante todo el proceso, además de que se aprovecha el incremento prolongado de los mejores árboles y el bosque tratado por este sistema tiene un aspecto estético mejor que el de la corta total y el de los árboles semilleros.

El método de cortas uniformes produce masas regulares y árboles con fustes más cilíndricos y menos ramificados, originando así un mayor volumen comercial forestal.

Sin embargo, entre los principales inconvenientes del método de cortas uniformes, tenemos:

- Las operaciones realizadas durante las cortas de extracción causan daños y hasta destruyen una parte de la regeneración. Debido a ello, los trabajos cuidadosos para prevenir o reparar los daños causados por estas operaciones tienden a aumentar los costos de explotación.
- El éxito del método depende del periodo de fructificación de los árboles forestales.
- Cuando la aplicación es intensiva, se requiere mercado para la colocación de los productos más pequeños y de menor calidad, resultantes durante las fases preparatoria e intermedia.
- La aplicación del método requiere más habilidad técnica y mayores conocimientos que la de los métodos de corta total y árboles semilleros.

### ***Resultados de la aplicación de las cortas uniformes***

Las amplias posibilidades de variación que ofrece el método de cortas bajo cubierta protectora en cuanto al número, orden y severidad de las cortas, lo hacen adaptable a una gran cantidad de especies. Con este método se puede trabajar tanto con especies heliófitas como con especies esciófitas, dependiendo del grado de luz que se le dé al suelo forestal, lo que a su vez es consecuencia de la mayor o menor intensidad de las cortas.

De acuerdo con la disposición de las cortas en el espacio, existen dos variantes del método:

- Cortas uniformes, dispuestas en fajas y,
- Cortas uniformes, dispuestas en grupos o bosquetes.

El método original modificado ha sido ampliamente aplicado en varios países tropicales donde se conoce con el nombre de *Tropical Shelterwood* (cortas tropicales bajo cubierta protectora).

En Asia Tropical la adaptación recibe el nombre de Sistema Uniforme Malayo y es practicado en los bosques de dipterocarpáceas, que se caracterizan por la gran proporción de especies comerciales pertenecientes a esta familia, que conforman su composición florística.

En esta variante del método, en las cortas preparatorias se elimina material de calidad inferior y se provoca la formación de masas forestales más homogéneas, ricas en especies comerciales. Sin embargo, cuando se abre el dosel, todavía persiste el problema de la invasión explosiva de matorral, malas hierbas, arbustos y árboles de calidad inferior.

En Birmania y las Indias Occidentales (Trinidad) se obtuvieron en el siglo pasado resultados satisfactorios con la aplicación del método. No obstante, a mediados del siglo XX, se trataron 200 mil hectáreas del bosque natural en Nigeria y unos cientos de hectáreas a escala experimental en Ghana, sin resultados aparentemente satisfactorios debido a que la aplicación del *Tropical Shelterwood* implicaba uso extensivo de la tierra, poco competitivo con otras formas de uso intensivo, como por ejemplo el cacao, la palma aceitera y otros cultivos agrícolas de alto rendimiento.

En 1963, a manera experimental, una modificación del método fue ensayada en una sección de ocho (8) hectáreas en el bosque “El Caimital”, estado Barinas, Venezuela. Esta área fue explotada comercialmente, cuando se extrajeron árboles maduros de Caoba, Cedro, Saqui-Saqui y Samán. Luego se realizó una corta del sotobosque, se eliminaron árboles de calidad inferior existentes en el estrato, acompañada de una quema controlada de los desechos originados por la eliminación del sotobosque y la dispersión de las cenizas en la superficie tratada.

La quema se realizó tres semanas antes de la diseminación de los árboles presentes en el área o sus alrededores. Se dejaron en pie 131 árboles portagranos pertenecientes a las siguientes especies: Araguato (40); Charo

Amarillo (32); Chupón (11); Guayabón (15); Gateado (8); Jabillo (9); Laurel (5); Jobo (4); Urero Macho (3); Carabalí (1); Camoruco (1) y; Samán (1).

Evaluaciones posteriores indicaron el establecimiento de la regeneración natural de las especies arbóreas en la forma que aparece en la siguiente tabla:

ESPECIE NOMBRE COMÚN	ABUNDANCIA		FRECUENCIA	
	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa
	(a)	(b)	(c)	(d)
Mora	58	20,94	0,38	19,39
Araguato	52	18,77	0,25	12,76
Jabillo	40	14,44	0,27	13,78
Jobo	27	9,75	0,17	8,67
Gateado	20	7,22	0,18	9,18
Urero macho	14	5,05	0,13	6,63
Guayabón	13	4,69	0,12	6,12
Charo negro	13	4,69	0,11	5,61
Cedro	10	3,61	0,08	4,08
Aceituno	8	2,89	0,07	3,57
Indio desnudo	4	1,44	0,03	1,53
Laurel	3	1,08	0,03	1,53
Saqui-Saqui	3	1,08	0,03	1,53
Carabalí	2	0,72	0,02	1,02
Chupón	2	0,72	0,02	1,02
Jebe	2	0,72	0,02	1,02
Apamate	2	0,72	0,02	0,51
Samán	1	0,36	0,01	0,51
Charo amarillo	1	0,36	0,01	0,51
Trompillo	1	0,36	0,01	0,51
Camoruco	1	0,36	0,01	0,51
TODAS	277	100,00		100,00
(a) = Cantidad de individuos por hectárea (b) = Porcentaje del total (c) = Superficie de distribución espacial en hectáreas (d) = Frecuencia relativa				

**Cuadro 6.4. Cantidad de árboles con DAP menor de 10 cm por especie y por hectárea registrados en una evaluación efectuada en una sección de 8 hectáreas, donde se empleó un método modificado, derivado del *Tropical Shertelwood*.**

Nota: Datos tomados de Corredor J. R. Informe preliminar sobre algunos resultados de un censo sobre regeneración natural y árboles portagranos, realizado en el Bosque Experimental "El Caimital" (Estado Barinas-Venezuela), abril 1972.

## **Corta por bosquetes o grupos aclareo sucesivo uniforme**

### ***Definición***

Hawley y Smith (1972) definen la corta por bosquetes como un método de regeneración del bosque alto que pretende lograr la repoblación mediante el empleo de cortas totales en manchas o pequeños grupos de árboles, con el propósito de establecer una serie de núcleos de regeneración irregularmente esparcidos por todo el bosque (versión original).

La regeneración natural, se establece en forma irregular y dispersa en todo el bosque, rodal o sección, garantizándose de esta manera la heterogeneidad y disetaneidad de la nueva masa establecida. Este método se aplica en Europa, donde se considera diferente al de la corta total o matarrasa, debido a que da origen a masas forestales mixtas e irregulares.

### ***Procedimiento***

En la aplicación práctica del método se distinguen tres modalidades:

- El método clásico empleado en Alemania, crea núcleos pequeños de regeneración en cualquier parte del bosque, donde las condiciones sean adecuadas para su establecimiento. Queda a criterio del Técnico Silvicultor la ampliación de los núcleos existentes y la creación de nuevos, no existe ningún patrón que guíe estas acciones formándose por consiguiente una regeneración irregular y desordenada.
- La *corta por bosquetes en fajas progresivas*, modalidad muy parecida al Sistema Wagner, pero mucho más flexible. En este método el rodal o la sección del bosque donde se aplica se divide en fajas estrechas. En la faja inicial se abren varios núcleos de regeneración que se van ampliando, al mismo tiempo que se establecen otros grupos de regeneración en dos o tres fajas siguientes y así sucesivamente, de tal manera que hay un “frente” y una dirección de avance de la

regeneración, por consiguiente, también habrá una dirección fija de transporte a través de la masa vieja sin afectar la nueva.

El método suizo de corta por bosquetes, se basa en el clásico, que fue mejorado biológica y económicamente a través de las siguientes medidas:

- Planificación detallada de los grupos de regeneración estableciéndolos en la línea límite de transporte.
- Ensanchamiento de los grupos de regeneración a discreción del técnico encargado de la aplicación del método.
- Establecimiento de una buena red vial interna, de tal manera que el transporte se haga a través de la masa vieja y no de la nueva, para no causar daño a los regenerandos.
- Adopción de un turno nominal de 100 años.
- Enmarcación del método de regeneración dentro de un sistema integral y continuo de manejo de la masa forestal.

### ***Calificación y aplicación de las cortas por bosquetes***

La corta por bosquetes es un procedimiento de regeneración natural muy elástico, que permite ajustarse a las condiciones locales y deja gran libertad de acción en su aplicación. Debido a que el periodo de regeneración es muy prolongado, entre 20 y 40 años, garantiza eficientemente la protección del suelo y el mantenimiento del microambiente forestal natural.

De la misma manera, los peligros bióticos y climáticos son muy reducidos ya que los núcleos de regeneración son pequeños, irregulares y heterogéneos. Adicionalmente presenta la ventaja biológica de propender al establecimiento de masas mixtas e irregulares.

En contrapartida, la corta por bosquetes presenta las siguientes desventajas:

- Es un método de regeneración complicado en su aplicación y difícil de controlar, requiere imprescindiblemente de una buena red vial en el

bosque y de una atenta y completa administración técnica, con personal bien formado y competente.

- Los costos de explotación son elevados.
- Se requieren especies muy resistentes a la acción del viento.
- Son inevitables los daños causados a la masa forestal residual y a la regeneración durante las operaciones de explotación.
- Los árboles no tolerantes que se establecen en la regeneración requieren de una rápida eliminación de los estratos superiores para su exitoso o normal desarrollo.

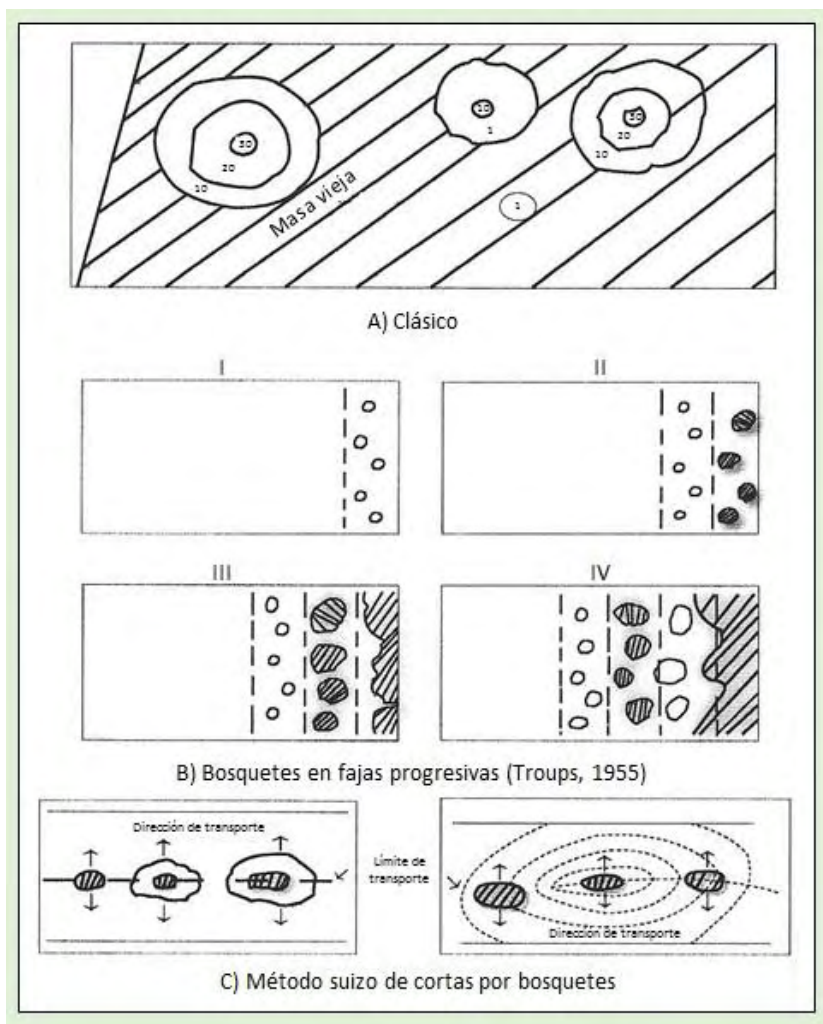


Figura 6.12. Dibujo esquemático de una sección de bosque donde se está aplicando una de las variantes de la corta por bosquetes.

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001).

## **Cortas por entresaca o de selección**

### ***Definición***

Las cortas por entresaca son cortas discontinuas que generan y mantienen masas irregulares, de acuerdo con Madrigal (1994); este tipo de cortas se aplica para obtener masas en el tercer grado de irregularidad.

Es un método de regeneración del bosque alto que consiste en la extracción de los árboles más viejos maduros y sobremaduros, o mayores de una masa forestal en intervalos repetidos a lo largo del turno.

Su aplicación se caracteriza por dos condiciones: origina masas forestales disetáneas y la regeneración establecida siempre está protegida, al mismo tiempo que compite con los individuos de mayor edad que están en sus alrededores.

### ***Procedimiento***

La característica principal del método es la sustitución de la masa forestal vieja, árbol por árbol. Esto quiere decir que en todo momento en un mismo sitio del bosque manejado por este sistema habrá brinzales de todos los tamaños y árboles jóvenes, medianos y maduros.

El procedimiento consiste en sacar los árboles más viejos o mayores de una masa, con intervalos repetidos a lo largo del turno. Los árboles tomados en una sola corta pueden presentarse aisladamente o en pequeños grupos, pero el rodal nunca es talado completamente.

Después de cada corta la repoblación se iniciará en los pequeños claros que han sido creados aquí y allá por todo el rodal. Pueden hacerse cortas intermedias para mitigar la competencia entre los árboles más jóvenes, al mismo tiempo que se extraen los más viejos o mayores.

Anualmente se cortan los árboles correspondientes a la clase de edad más vieja, continuando así año tras año, procurando que en los claros que se producen con tales extracciones se obtenga la reproducción.

Esto significa que un bosque sometido a cortas de selección, debe ofrecer todos los años una clase de edad para su corta, representada por árboles maduros y distribuidos por toda la superficie; el volumen de esta clase de edad corresponde al incremento anual del bosque.

Puesto que los árboles que constituyen la clase de más edad son individuos aislados y dispersos, es preciso trabajar por toda la masa para encontrarlos y talarlos cada año. Si todo el bosque es administrado como una sola masa completa, las operaciones deben cubrir anualmente toda la propiedad.

En la práctica, es necesario realizar varios cambios en este programa teórico por consideraciones relacionadas con las operaciones de silvicultura y explotación, debido a que tener que trabajar cada año en toda el área del bosque para asegurar una pequeña corta por hectárea encarece las operaciones de tala.

Superficies boscosas muy extensas deben ser divididas para la aplicación del método de cortas selectivas, en tantos tramos como años sean asignados al ciclo de cortas. La corta anual se circunscribe a un solo tramo, pasando de uno a otro en años sucesivos, para regresar al primero al terminar el ciclo.

### ***Ciclo de cortas o período de recorrido***

Es el tiempo que tarda la ejecución de una corta en ser aplicada de nuevo sobre la misma superficie o, en otras palabras, es el periodo entre dos cortas consecutivas sobre una misma superficie.

La duración de un ciclo de cortas es directamente proporcional al cupo anual, es decir, la superficie a recorrer cada año. Tanto más corto es el tiempo de recorrido tanto más reducida es la explotación por hectárea y tanto más rápido deberá efectuarse el recorrido sobre la misma superficie.

### ***Elección de los árboles que deben ser talados***

Previamente se establece un diámetro límite; los árboles mayores de este diámetro deberán ser cortados, mientras que aquellos con diámetro igual o menor a esta medida deberán ser conservados.

En el campo se procede al marcaje de los árboles que deben ser talados. Este se concentra en los siguientes individuos:

- Árboles comerciales para llenar el cupo anual.
- Pies aprovechables con crecimiento deficiente o nulo.
- Enfermos, defectuosos o indeseables.
- Aquellos que impiden el desarrollo normal de la regeneración y de otros más prometedores.

En la práctica más intensiva, suelen llevarse a cabo en forma simultánea los aclareos y las cortas de regeneración, los cuales se planifican de acuerdo con la edad de los árboles en pie. Teóricamente los primeros se concentran en los individuos jóvenes, mientras que las segundas se dirigen hacia los árboles maduros. Debido a la dificultad para determinar la edad de los árboles en pie, se recurre al diámetro como indicador más conveniente de la edad, y los árboles son asignados a clases de edad sobre la base de su diámetro.

### ***Calificación y aplicación del método de selección***

Las masas forestales tratadas por este método ofrecen una máxima resistencia a los ataques de los agentes exteriores climáticos y biológicos. Los riesgos de erosión son mínimos porque el suelo siempre permanece protegido. Se aprovechan al máximo las fuerzas naturales de producción. Se pueden

obtener productos de cualquier tamaño, en cualquier momento y en cualquier parte, lo cual indica una gran flexibilidad de la producción.

No obstante, el método presenta algunos inconvenientes: la supervisión y el control son complicados debido a lo esparcido de las intervenciones lo que ocasiona operaciones descentralizadas y costosas que pueden ocasionar daños a la regeneración pre-existente y a la masa residual. Por otra parte, se requiere personal altamente calificado y competente, desde el profesional jefe hasta el último obrero.

### ***Comentarios sobre la aplicación del método de selección***

Este método de regeneración se aplica generalmente a bosques mixtos e irregulares, con buena proporción de especies tolerantes y origina bosques heterogéneos y disetáneos.

Es ideal para aquellos bosques que tienen función protectora en suelos erosionables. También resulta muy conveniente para los pequeños propietarios, ya que por lo general es el método más adecuado para los bosques particulares, de pequeñas superficies.

Lamprecht (1964) considera como una corta por *entresaca negativa* el procedimiento usual de explotaciones madereras en Venezuela porque las empresas madereras extraen los mejores árboles aislados. No afectan en mayor escala la futura producción cuantitativa del bosque, pero sí tienden a empobrecerlo porque no se considera su valor cualitativo futuro.

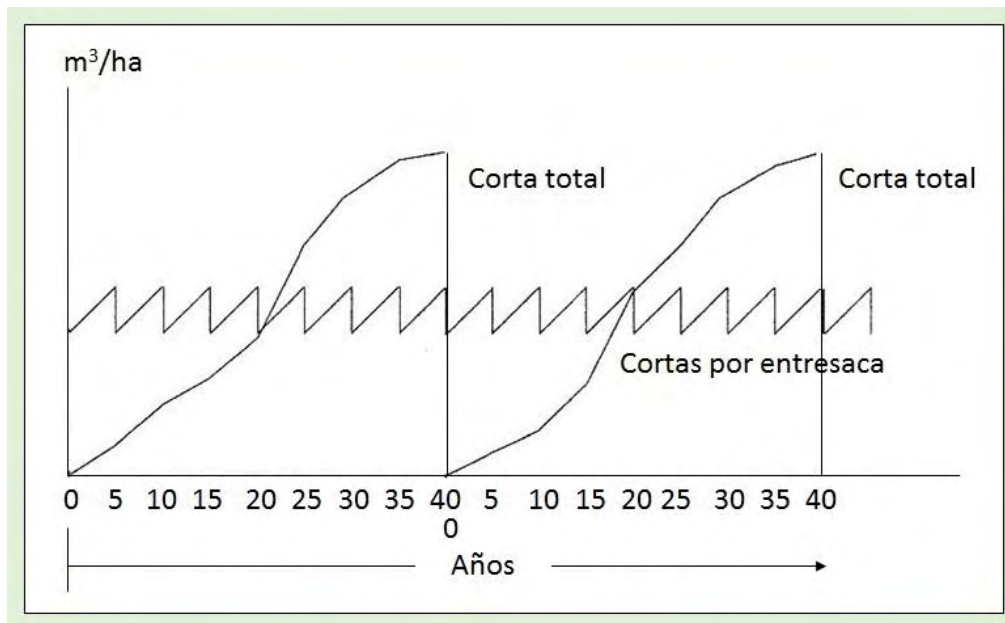


Figura 6.13. Esquema comparativo del desarrollo de la masa y aplicación de los sistemas Corta Total y Cortas por Entresaca.

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001)

A partir de 1970 se impuso la obligatoriedad de establecer *planes de manejo en las Reservas Forestales* y en los bosques particulares de grandes superficies en beneficio de la regeneración del bosque y por lo tanto la producción forestal futura.

Además de no permitirse la extracción de árboles por debajo de un diámetro mínimo de cortabilidad, se estableció la norma obligatoria de dejar en pie un árbol portagranos por cada diez árboles de la misma especie extraída.

Para los bosques tropicales ordenados, Corredor (2001) propuso la extracción de una masa forestal máxima permisible, es decir, un 60 o 70 % de la máxima aprovechable, de tal manera que el sistema de aprovechamiento se aproxime cada vez más a la corta de *selección* o por *entresaca*.

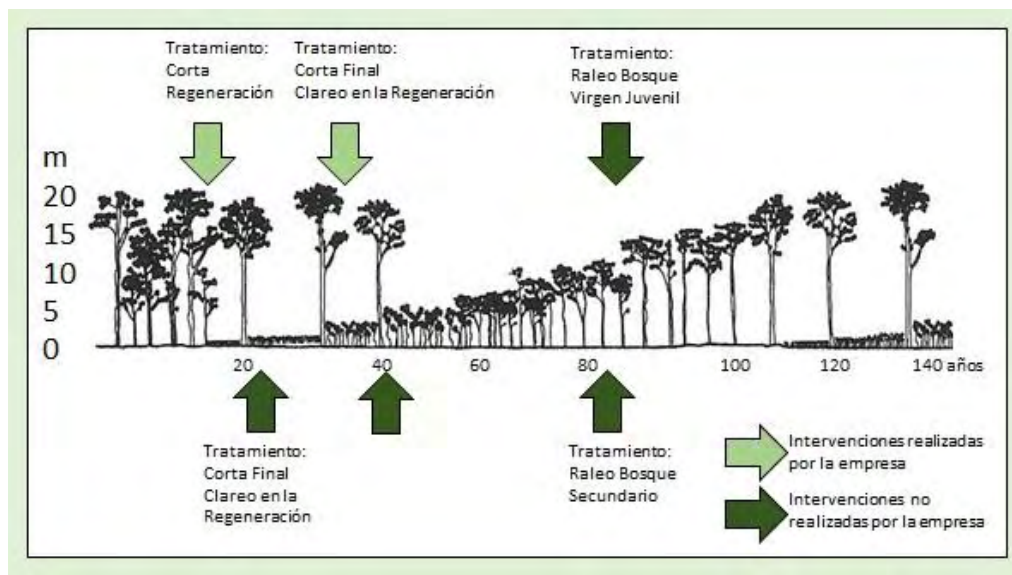


Figura 6.14. Esquema de desarrollo del bosque manejado por cortas de protección y las intervenciones para entrar al sistema en función de las distintas estructuras del bosque.  
Nota: Datos tomados de Cruz M., G.; Schmidt van M., H.; Bromis B., A. y Caldentey P., J. (2003).

En Chile, Cruz M, G., *et al* (2009) dan cuenta de un esquema silvicultural para el manejo sustentable de los bosques de *Nothofagus pumilio* (Lenga) en la Región de Magallanes, basado en el método de cortas de protección con regeneración natural y la manera específica de aplicarlos según las distintas estructuras y estados de desarrollo del bosque para iniciar el manejo forestal. El sistema silvicultural desarrollado considera la conversión de estos bosques naturales en bosques manejados a través de dos vías: *Cortas Sucesivas con Regeneración Natural bajo un Dosel de Protección* y *Cortas por Entresaca*.

La aplicación de los sistemas silviculturales a los bosques primarios comenzó en 1992, mientras que a los bosques ya explotados o intervenidos en el pasado se inició en 2000. En estos últimos se cortan los árboles maduros remanentes en los rodales donde se ha establecido una abundante regeneración y ha alcanzado alturas de brinzal. Bajo este sistema la masa forestal se maneja como bosque alto regular, compuesto por rodales más o menos coetáneos, con una superficie de 5 a 50 hectáreas, en una rotación de entre 100 a 160 años.

Características	Corta total (incluye original y fajas)	Corta total con árboles padres	Cortas uniformes (Shelterwood)	Cortas por bosquetes (Femelschlag)	Entresaca (Selección)
Porcentaje de masa vieja extraída en cada corta	100%	90 % más. La masa que queda en pie (100 %) es extraída posteriormente en una sola intervención.	a) cortas preparatorias (25-40 %) b) cortas diseminatorias (25-50 %) c) cortas aclaratorias y final (Resto de la masa vieja)	Variable dependiendo del tamaño de los grupos de regeneración diseminados en el área intervenida	Generalmente cerca del 10 %
Masa Nueva Regenerada (Edad)	Coetánea	Coetánea	Cerca de coetánea	Disetaneas (pequeños grupos coetáneos)	Disetanea completamente
Periodo de Regeneración	1 a 10 años	1 a 10 años	3 a 20 años.	20 a 40 años	Toda la vida del bosque
Clase de árboles dejados en el área después de cada corta	Ninguno	Algunos árboles maduros bien formados productores de semillas, y algunos árboles jóvenes de excelente parte (fenotipo)	a) árboles robustos de especies valiosas resistentes al viento (Dominantes, Codominantes) e intermedios con copas muy bien desarrolladas b) la mayoría de los árboles moderadamente grandes y resistentes al viento (Dominantes y Codominantes) c) ninguno	Ninguno	Árboles por debajo del diámetro mínimo de cortabilidad, excepto cuando son árboles suprimidos y enfermos
Clase de árboles mejor adaptados a cada sistema	No Tolerantes (Heliófilos)	No tolerantes (Heliófilos)	Tolerantes o semitolerantes (esciófilos y heliófilos)	Tolerantes y no tolerantes (esciófilos y heliófilos)	Tolerantes (esciófilos)
Protección de los sitios contra la erosión y malas hierbas	Muy pobre	Pobre	Buena a excelente	Moderada a buena	Excelente
Costos de explotación	Muy bajo	Bajo	Alto	Mediano hasta alto	Muy alto
Promedio de corta por ha en cada intervención	Muy alto	Alto	Mediano a bajo	Mediano a bajo	Bajo a muy bajo
Grado de habilidad requerida.	Muy pequeña	Pequeña	Elevada	Elevada	Elevada
Frecuencia de retorno a la misma área	Una vez durante el turno	Una o dos veces durante el turno	Varias veces durante el periodo de regeneración (1/4 turno)	Varias veces durante periodo de regeneración	No hay turno (Ciclo de cortas)
Tipo de mercado deseable	Para todas las dimensiones y clases de productos	Para todas las dimensiones y clases de material	Para todas las dimensiones y clases de material	Para todas las dimensiones y clases de material	Mercado para material pequeño no es requerido

Cuadro 6.5. Cuadro comparativo de once características de cinco métodos de regeneración de bosque alto.  
Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001)

## Métodos del talar simple

### *Definición*

De acuerdo con Leidbundgut (1981), el concepto de corte de tala rasa o método de talar simple, se refiere a la eliminación del bosque antes de que se haya producido su regeneración natural, lo que genera condiciones ecológicas de campo abierto tras la intervención.

Este es un método de regeneración que consiste en la realización de cortas totales al final de cada turno, propiciando la sustitución de la masa vieja por una nueva, originada primordialmente por medios vegetativos o agámicos, a partir de brotes o renuevos que forman una masa forestal denominada *bosque bajo*.

Entre las características características principales de este método, se pueden mencionar la eliminación total de todos los árboles, la regeneración natural que podría permitir que el bosque se recupere a partir de semillas existentes o brotes, y la generación de condiciones necesarias para el crecimiento de especies pioneras.



Figura 6.15. Imagen de bosque manejado por el método de talar simple.

Nota: Datos tomados de <https://eos.com/es/blog/tala-rasa/>

## Detalles del método

Para tener éxito en la aplicación del método es necesario conocer los siguientes detalles:

### *Características de las especies en torno a su capacidad para retoñar*

Las coníferas raramente se reproducen por brotes; sin embargo, entre ellas existen excepciones, por ejemplo: *Sequoia sempervirens*, *Taxodium distichum*, *Pinus echinata*, *P. rígida*, *P. radiata*, *Araucaria araucana*.

La mayoría de las especies tropicales latifoliadas tiene capacidad para emitir brotes. En tal sentido brotan rápido y con facilidad: *Tectona grandis*, *Eucalyptus spp*, *Acacia spp*, *Spondias mombin*, *Cochlospermum vitifolium*, *Callycophyllum candidisimum*, *Bombacopsis quinata*, etc. Emiten brotes, pero pierden esa capacidad con la edad: *Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla*, *Laplacea fruticosa*, etc.

### *Estación del año en que se corta*

La época aconsejable para la corta a fin de conseguir buenos brotes es cuando el árbol se encuentra en reposo, o sea, en invierno para las regiones templadas y frías, y en la época seca para las regiones tropicales y subtropicales.

### *Edad y diámetro del árbol padre*

La capacidad para retoñar o brotar, disminuye con la edad y con el aumento de tamaño del árbol. Los mejores renuevos se obtienen, cortando los árboles en el período de su más vigoroso crecimiento.

### ***La altura y el carácter del tocón***

Lamprecht (1962) sugiere que el corte debe ser bajo para estimular el rápido desarrollo radicular, inclinado para evitar acumulación del agua de lluvia; y liso para facilitar la cicatrización rápida.

### **Calificación y aplicación del método de tallar simple**

Por este método, el establecimiento de la regeneración es sencillo, barato y seguro. Las ganancias económicas son relativamente altas, debido a que no exige gran inversión, el turno es corto y el manejo sencillo. Se obtienen elevados rendimientos de volumen por hectárea. Sin embargo, la calidad de la producción es inferior y requiere la existencia de un mercado seguro que la absorba.

No es recomendable para bosques con funciones protectoras y causa agotamiento o empobrecimiento de los suelos, porque el turno es corto y las plantas jóvenes consumen grandes cantidades de sales minerales.

El tallar simple se aplica para la obtención de productos, tales como: leña, carbón, madera para la producción de papel, estantillos, postes, y similares, es decir, de diámetro reducido y que es posible alcanzar en turnos cortos.

### **Método del Tallar Compuesto**

#### ***Definición***

El Método del Tallar Compuesto, también conocido como Técnica de Regeneración por Monte Medio, de acuerdo con Hernández (2001), se basa en la eliminación del arbolado, salvo algunos árboles elegidos, conocidos como resalvos. Estos resalvos, preferentemente originados de semillas, continuarán

su desarrollo en un monte bajo simple. Así, el renuevo se producirá a partir de las semillas de los resalvos y de los brotes que surgen de las cepas que quedan tras la corta combinada.

Es un método de regeneración semejante al tallar simple, del cual se diferencia porque en el área cortada se conserva cierto número de árboles (resalvos), provenientes de semillas o renuevos, los cuales quedan en pie por uno o más turnos, dando origen a un bosque medio constituido por una combinación de los anteriores elementos.

### ***Procedimiento***

En algunos aspectos, un bosque donde se ha practicado el tallar compuesto se parece a un bosque de selección irregular superpuesto a un bosque bajo absolutamente uniforme. El bosque bajo subyacente se produce en un turno corto, talando todos los árboles, excepto algunos cuidadosamente escogidos como resalvos.

Los individuos conservados en el primer turno deberán ser de especies valiosas dominantes, de buen porte y de preferencia provenientes de brinzales (semillas).

Luego de un segundo turno de bosque bajo se escogen de nuevo los resalvos entre los mejores árboles del bosque y los restantes son cortados. Algunos de los resalvos dejados al final del primer turno del bosque bajo pueden ser extraídos, pero los mejores se dejan. Después de esta corta quedan representadas tres clases de edad o estratos:

- Los resalvos más viejos, que ahora tienen dos veces el turno del bosque.
- Los resalvos más jóvenes, de una edad equivalente al turno del bosque,  
y
- La nueva generación de brotes que se produce a partir del bosque bajo cortado recientemente.

Este proceso puede continuarse durante tantos turnos de bosque bajo como se deseen; el número de clases de edad aumentará en uno por cada corta del bosque bajo. El número de resalvos dependerá en gran parte de las cantidades relativas de madera pequeña y troncos que se deseen, aunque también hay que prestar atención a los hábitos silvícolas.

### ***Calificación y aplicación del método de tallar compuesto***

Económicamente hablando, se obtienen mayores ganancias a plazo corto porque el incremento anual es elevado. Se obtiene el desarrollo rápido de árboles seleccionados y aislados sin exponer mucho el suelo a los agentes atmosféricos. En comparación con el tallar simple, se dispone de semillas provenientes de los resalvos, se obtiene madera aserrable, y los peligros de erosión e invasión de maleza, son más reducidos.

Sin embargo, los resalvos pueden resultar ramificados, de fuste corto y copa ancha. Con su aplicación, todavía ocurre empobrecimiento del suelo, aunque en menor grado que el tallar simple y requiere cierta habilidad y conocimientos técnicos por parte del personal.

El tallar compuesto se ha aplicado en Europa desde hace siglos. No obstante, en la década de los sesenta se presentaron tendencias hacia la transformación de los bosques altos por razones de índole económica, y por lo tanto el tallar compuesto cayó en desuso.



## Capítulo 7

### Tratamientos intermedios



Buena parte de los árboles  
luego de que se cortan,  
crecen otra vez rápidamente,  
pero si se destruye a los  
hombres, no es fácil  
conseguirlos de nuevo.

*Pericles*

**FRESNO AMERICANO**

*(Fraxinus americana)*

<https://free3d.com/es/modelo-3d/white-ash-fraxinus-americana-28.html>



## Introducción y generalidades

Hawley y Smith (1972) establecen que el campo de la práctica silvicultural comprende tres clases de actividades: a) Las cortas de regeneración que tienen lugar en un intervalo conocido con el nombre de *período de regeneración o reproducción* que por lo general coincide con la etapa madura o sobremadura del rodal. En este período los árboles producen las semillas, se establecen las condiciones ambientales para su germinación y el desarrollo inicial de los regenerandos; b) las cortas intermedias a las que se agregan otros tratamientos intermedios durante el período intermedio, y; c) las cortas de protección, que ocurren en cualquier momento de la vida del bosque, cuando sea necesario efectuarlas para proteger la masa forestal contra diversos tipos de perjuicios, tales como incendios, factores atmosféricos y ataques de plagas y enfermedades.

El período de las cortas de regeneración constituye sólo una parte del turno en un bosque regular o coetáneo sometido a manejo forestal. Por el contrario, en bosques irregulares o disetáneos el período se extiende durante toda la vida de la masa forestal.

En resumen, a partir del establecimiento de la regeneración y hasta el comienzo del próximo período de reproducción, el repoblado necesita una serie de cuidados y tratamientos, a intervalos variables y con diferentes fines especiales, aunque siempre con el propósito de corregir sus defectos o anomalías y él de aumentar la cantidad y valor de los productos maderables. Todas las operaciones realizadas en este lapso reciben el nombre de tratamientos intermedios. Por supuesto, esta secuencia de operaciones tiene lugar en una masa forestal coetánea ordenada, donde se puede hablar del llamado turno, es decir, el lapso transcurrido entre dos cortas de explotación (Ver figura 7.1).

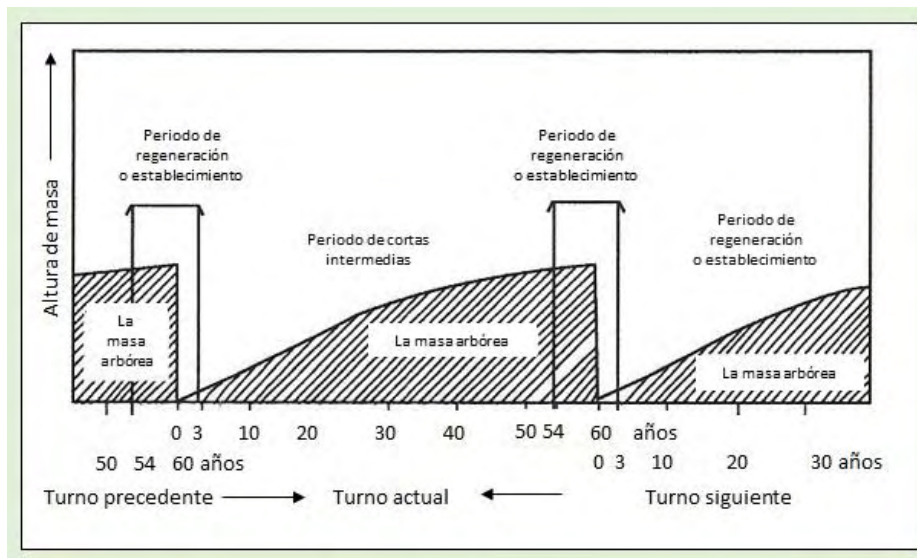


Figura 7.1. Ejemplo basado en una masa forestal de *Pinus strobus*, aplicando el Sistema Silvicultural de Cortas Uniformes, con turno de 60 años, mostrando la relación entre el periodo de regeneración y el periodo de cortas intermedias.

Nota: Datos tomados de Hawley y Smith (1972).

## Concepto de tratamientos intermedios

Según Daniel *et al.* (1982), los tratamientos intermedios se refieren a las diversas actividades de manejo que se implementan entre la formación de la masa forestal y el tratamiento de regeneración que le sigue. El objetivo de estas intervenciones es influir en las tasas de crecimiento, así como en la composición y distribución de las distintas clases de productos de la masa forestal.

Un tratamiento intermedio es cualquier técnica silvicultural que se aplica a un rodal durante el lapso que transcurre entre dos periodos de regeneración. Se efectúan con el propósito de regular la composición y el espaciamiento, así como él de brindar las condiciones más favorables para el crecimiento de los árboles y el mejoramiento de la calidad de los productos cosechados al final del turno. Una finalidad adicional se llenaría con los

aclareos comerciales, con cuya aplicación se obtienen ingresos monetarios antes de la cosecha final, que de otra manera se perderían.

Los tratamientos intermedios forman parte del plan de ordenación forestal, deben tener en cuenta los aspectos sociales, económicos y ambientales, y su elección, frecuencia e intensidad, estará determinada por una evaluación total de los aspectos ecológicos y por los objetivos del manejo que se manifiestan a través de la estructura y composición del rodal. En casos especiales, los tratamientos intermedios se emplean en forma aislada con la finalidad de solventar algún problema silvicultural restringido o localizado.

TRATAMIENTO	INTERVALO DE APLICACIÓN		OBSERVACIONES
	ZONA TEMPLADA	ZONA TROPICAL	
LIMPIA	Del 1° al 20° año	Del 1° al 3° o 4° año	Necesarias en la Tropical. Se aplica a rodales naturales con la finalidad de regular la composición y eliminar la competencia de individuos indeseables o eliminar árboles valiosos enfermos y de mala calidad.
LIMPIEZA	Del 1° al 20° año	Del 1° al 3° o 4° año	Innecesarias en las zonas templadas y necesarias en la tropical. Se aplica a rodales obtenidos por plantación, para favorecer los plantones eliminando la maleza que les hace fuerte competencia. En algunas ocasiones. En algunas localidades se pueden requerir hasta 2 y 3 intervenciones por año.
CORTAS DE LIBERACIÓN	Del 1° al 20° año	Del 1° al 3° o 4° año	Más frecuentes y necesarias en la Zona Tropical con la finalidad de liberar a la regeneración natural de la influencia negativa de árboles maduros remanentes de extracciones anteriores.
PODA	Primer cuarto o primera mitad del turno.	Primer cuarto o primera mitad del turno.	Aconsejable solo en casos especiales. Se justifica económicamente cuando los costos acumulados del tratamiento son menores de la diferencia entre el valor final de los árboles podados y no podados al final del turno.
ACLAREOS	Desde edad temprana hasta el comienzo del período de regeneración.	Desde edad temprana hasta el comienzo del período de regeneración.	Necesarios en ambas zonas. Se eliminan árboles para favorecer y concentrar la producción en los mejores residuales. Regulan la densidad del rodal para aumentar la producción de Necesarios en ambas zonas. Se eliminan árboles para favorecer y concentrar la producción en los mejores residuales. Regulan la densidad del rodal para aumentar la producción de la producción de madera. A partir de cierta edad proporcionan ingresos económicos adicionales.
CORTAS DE MEJORA	Desde el 20° año hasta el inicio del período de regeneración.	Desde el 10° año hasta el inicio del período de regeneración.	Generalmente son necesarias en rodales mixtos coetáneos o disetáneos en los que, a una edad temprana, se dejaron de hacer las intervenciones anteriores. Su propósito es mejorar la composición, la forma y el crecimiento del rodal.
CORTAS	Desde el 20° año	Desde el 10° año	Se emplean solamente en aquellos casos donde se

DE SALVAMENTO	hasta el inicio del período de regeneración.	hasta el inicio del período de regeneración.	perciben daños ocasionados por agentes naturales nocivos al rodal (incendios, ataques de plagas, etc.).
MEJORAMIENTO DEL SITIO	Primeros años del rodal	Primeros años del rodal	Se aplican en algunos casos especiales. Por lo general consiste en <i>fertilización e irrigación</i> . La finalidad es estimular el crecimiento y la producción de madera.

Cuadro 7.1. **Intervalos y criterios prácticos para la aplicación de los tratamientos intermedios.**

Nota: Datos tomados de Fors y Reyes (1947), Corredor J. R. (2001)

### **Clasificación de los tratamientos intermedios**

Los tratamientos intermedios son de varias clases y dependen del desarrollo o edad y de las características de la masa en pie. A cada etapa de la vida de un rodal corresponde un tratamiento, formando una secuencia lógica en la cual cada intervención se efectúa basándose en los resultados de la anterior y con miras a la próxima. No obstante, en algunas ocasiones es necesario realizar varios tipos de tratamientos intermedios al mismo tiempo. De manera general los tratamientos más comunes son: Limpias, Limpiezas, Cortas de Liberación.

A continuación, se describen los tratamientos silviculturales intermedios más comunes.

#### ***Limpias***

Son cortas intermedias que se efectúan en un rodal joven que aún no ha superado la etapa de brinjal (arbolitos con un diámetro a la altura del pecho inferior a 5 cm). Se aplican en bosques naturales desde el momento mismo en que se nota una competencia por el espacio, la luz y los nutrientes provenientes del suelo. Tienen como finalidad, aprovechar y dirigir el proceso de selección natural hacia la obtención de la mayor proporción de individuos valiosos del total de “vencedores”. En las masas mixtas o heterogéneas, el propósito adicional consiste en la regulación de la composición, mediante la eliminación de todos los individuos pertenecientes a especies inútiles e indeseables.

La ejecución de una limpieza en una masa forestal que se encuentra en regeneración natural es una práctica silvícola crucial, orientada a mejorar la composición, la estructura y la salud del bosque, como se aprecia en la figura 7.2.

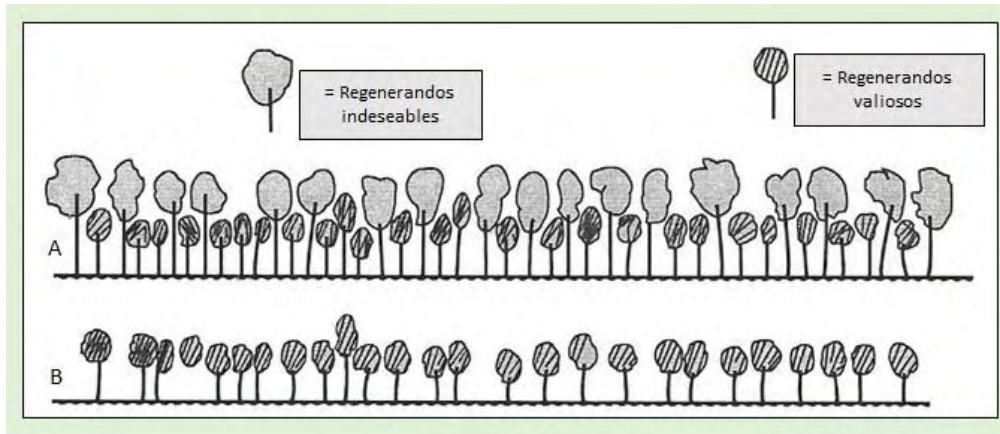


Figura 7.2. **Aplicación de una limpieza a una masa forestal de regeneración natural.**

A = Masa total de la regeneración natural originalmente establecida.

B = Masa residual luego de la ejecución de la limpieza.

Nota: Datos tomados de Corredor J. R. (2001)

En climas tropicales y subtropicales las limpiezas son necesarias desde el primer año, requiriéndose en algunos sitios dos o más limpiezas por año para controlar la vegetación indeseable espontánea, que le hace fuerte competencia y amenaza con suprimir la regeneración de las especies más valiosas. En climas templados, Fors y Reyes (1947) establece que la necesidad de una limpieza podría sentirse hacia el tercer año después de establecida la regeneración.

Cuando se realice una limpieza, se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El material a ser extraído podrá estar conformado por arbolitos de especies indeseables o inútiles y defectuosos, enfermos, de tallo corto o inclinado, con varios tallos o de vitalidad reducida de especies valiosas o comerciales.

- Es una operación que implica un gasto sin retorno económico inmediato y por consiguiente debe hacerse de la manera más barata y efectiva.
- La intervención se puede realizar en forma manual con machete o por aspersión de compuestos químicos - herbicidas o matamalezas -.
- Donde se empleen procedimientos manuales se debe tener cuidado de no causar grandes claros. Se debe planificar detenidamente los trabajos, limitarse a lo estrictamente necesario y asignar la tarea a un equipo bien entrenado.
- Por lo general, en los bosques templados, una sola corta emplea de 10 a 20 hombres-hora por hectárea, aproximadamente de 2 a 4 jornales por hectárea. Un solo tratamiento con silvicidas pulverizados, cuesta aproximadamente igual a una operación de corta manual (Hawley y Smith, 1972).
- En Venezuela de acuerdo con información recabada en los Llanos Occidentales, se estima que una operación de limpia tenga un costo de 10 a 15 jornales por hectárea.

### ***Limpiezas***

Son cortas intermedias que se realizan en un rodal joven originado por plantación o siembra y tienen como finalidad liberar los plántones de la competencia de malezas, trepadoras, hierbas, indeseables, etc., que dominan o amenazan con dominar los arbolitos recién establecidos (Figura 7.3). La limpieza puede ser hecha en forma manual o mecanizada, empleándose algunas veces medios químicos como la aplicación de herbicidas por fumigación o espolvoreo.

En las regiones tropicales el procedimiento para la ejecución de una limpieza depende de la localidad. En los sitios planos con topografía regular, se puede emplear maquinaria especial (segadoras) debido a que los arbolitos en el momento de plantación, se distribuyen en forma cuadrada o rectangular, dejando un espacio conveniente entre las hileras de plantación para el paso de

la máquina segadora, completando luego la limpieza en forma manual, mientras que, en los sitios montañosos con relieve accidentado, las plantas se distribuyen irregularmente y por consiguiente, la limpieza debe hacerse manualmente, ya que la conformación del terreno no permite la utilización de maquinaria. Datos experimentales revelan que, en las reservas forestales de los Llanos Occidentales, el costo promedio de una limpieza en plantaciones a campo abierto, oscila entre 9 y 15 jornales por hectárea, mientras que en plantaciones bajo cubierta está entre 3 y 5 jornales por hectárea.

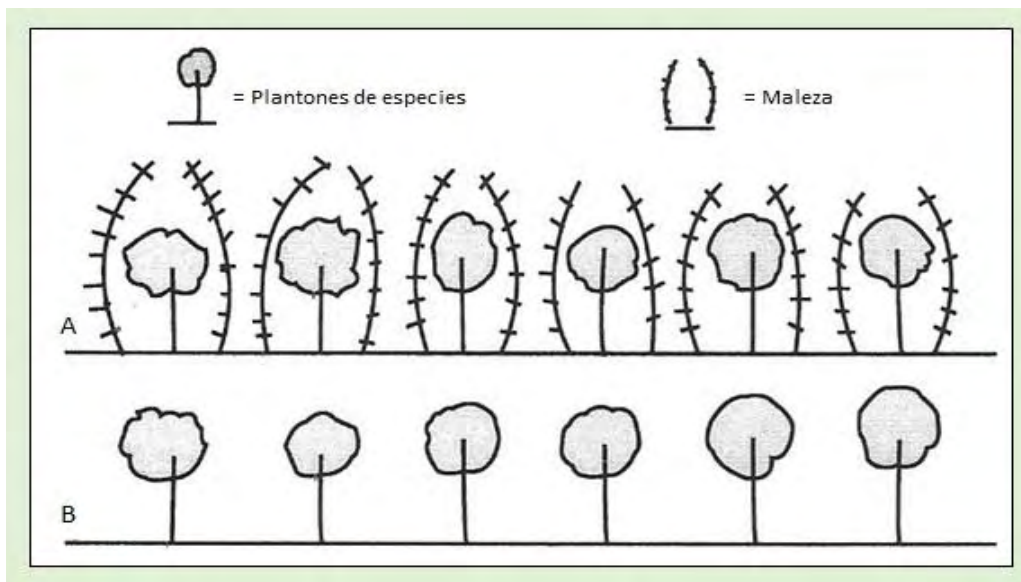


Figura 7.3. Aplicación de una limpieza a una masa forestal proveniente de repoblación artificial.

A = plantones compitiendo con matorral y malas hierbas

B = plantones luego de aplicada la limpieza y libres de competencia

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001)

### ***Cortas de liberación***

Son tratamientos intermedios que se hacen para liberar una masa joven que no haya superado la etapa de regeneración (brinjal), de la competencia que le hacen árboles más viejos que la cubren y están causando efectos negativos impidiendo su desarrollo (Figura 7.4).

Se hacen al mismo tiempo que las limpias, pero difieren de éstas en que los individuos eliminados son de una edad superior y mayor tamaño, es decir,

remanentes de una masa vieja, cuyos árboles en gran proporción ya fueron extraídos.

Las cortas de liberación son muy parecidas a las cortas finales de los métodos de regeneración: la de *árboles padres* y la *uniforme* o *bajo cubierta protectora*. Difieren de ellos en cuanto a los árboles eliminados o extraídos. En las cortas de liberación, los pies afectados son, por lo general, individuos indeseables o no comerciales, mientras que en las cortas de regeneración todos los árboles extraídos en la corta final son comerciales.

El propósito fundamental de una corta de liberación es despejar el espacio de crecimiento para que la masa joven pueda desarrollarse sin la influencia negativa de los árboles más viejos remanentes de una explotación anterior. Por lo general, estos árboles al crecer aislados tienden a poseer tallo corto y a ramificarse a baja altura convirtiéndose en los llamados “árboles lobos”.



Figura 7.4. Masa joven de regeneración natural compitiendo desfavorablemente con árboles adultos residuales, los cuales deben ser extraídos en una corta de liberación necesaria.

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001)

La sombra y protección que al principio es beneficiosa pronto se convierte en una causa de estancamiento, deformación y hasta muerte de los brinzales. Los individuos jóvenes en esta condición de “ahogamiento” y sombra reaccionan desfavorablemente mediante un crecimiento excesivamente lento, perdiendo hojas o curvándose hacia la luz.

Las cortas de liberación deben efectuarse cuando sean necesarias, tan pronto como se pueda. Por lo general, en los bosques de la Zona Templada del Hemisferio Norte, se realizan cuando los brinzales tienen solo de 30 a 60 cm de altura, a fin de causar el menor daño posible a la regeneración y ocasionar el mínimo de gastos.

### ***Procedimiento para la realización de una corta de liberación***

Los procedimientos más comunes para la ejecución de una corta de liberación son los siguientes:

- Por corta y extracción
- Por estrangulación o anillamiento
- Por tratamientos químicos

La elección del procedimiento depende del valor actual o potencial de la madera de la especie en consideración, del riesgo que implica dejarlos en pie, de la capacidad de brotar y del diámetro individual.

### ***Eliminación de árboles por corta y extracción***

La corta y extracción se reserva para aquellos árboles aprovechables de gran valor comercial, cuando la diferencia entre el precio en el mercado menos el costo de extracción es positiva para aquellos individuos que constituyen grave riesgo de incendio o foco de infección, su diámetro es inferior a 15 cm y tienen capacidad alta para producir brotes o retoños.

Los otros dos procedimientos de liberación se utilizan cuando se estima que la corta y extracción de tales árboles “lobos” puede producir graves daños a la regeneración ya establecida y además representa un alto costo. Por ello se prefiere el estrangulamiento o el tratamiento químico.

### ***Eliminación por estrangulación o anillamiento***

Éste es un método tradicional para eliminar árboles que consiste en cercenar la corteza, el *cambium* y algunas veces la albura, formando un anillo alrededor del tronco del árbol.

El corte en forma de anillo tiene como propósito impedir que los productos de la fotosíntesis lleguen a la raíz y sean almacenados para su uso posterior. Sin embargo, los materiales ya existentes en las raíces pueden todavía ascender a la copa por el *xilema*, a menos que se haya cortado la albura. Las raíces mueren cuando se hayan agotado los hidratos de carbono que tienen almacenados. Este proceso puede durar varios años.

La mejor época del año para el anillamiento es durante el período de más activo crecimiento, cuando las reservas de azúcar de las raíces están en su punto más bajo, a comienzos o mediados de la estación lluviosa.

La eficacia del tratamiento depende de:

- La especie, pues algunas son más resistentes que otras.
- La técnica de corte: entalladura, sencillo, doble o descortezamiento.
- La profundidad del corte.
- Diámetro del árbol a eliminar.
- La época del año en que se hace el anillamiento.

Hawley y Smith (1972) distinguió cuatro tipos de estrangulación o anillamiento:

- *Entalladura*, cuando se corta un anillo entallado alrededor del árbol, abarcando la corteza y de 1 a 5 cm de madera. Es un método caro pero eficaz, utilizable en árboles de corteza gruesa.
- *Corte sencillo o en collar*, cuando se hace una sola línea de cortes de hacha que se superponen en la corteza y madera. Es un método barato,

pero de resultados inferiores a los otros procedimientos. Los cortes a menudo se cicatrizan, y es difícil verlos porque no se sacan astillas.

- *Doble corte*, cuando se saca una línea de astillas asestando dos golpes hacia abajo, el segundo 7 u 8 cm por encima del primero, de forma que la astilla se puede arrancar enteramente. Suele ser el más eficaz de todos, aunque con un costo ligeramente superior.
- *Descortezado o desnudado*, cuando se quita la corteza en una banda de 20 cm de ancho alrededor del árbol. Afecta el *floema*, pero no interrumpe el flujo hacia arriba de sustancias almacenadas en las raíces.

El tiempo necesario para la ejecución de una operación de anillamiento fue determinado por Yeom (1952) citado por Hawley y Smith (1972). En un bosque frondoso de Alabama (Estados Unidos) encontró éste, multiplicando la suma de los diámetros de los árboles a estrangular por el factor 0,005, despreciando el efecto variable del número de árboles por hectárea.

### ***Eliminación por tratamiento químico***

Este procedimiento consiste sencillamente en el envenenamiento de árboles de mayor edad y tamaño que la regeneración, mediante la aplicación de sustancias químicas directamente a la superficie del tallo, en los cortes previamente realizados sobre la corteza del árbol. Se utilizan entre otros, Ammate (Sulfamato de Amonio), y ésteres de 2,4,5-T (agente naranja defoliador) y arsénico sódico, muy eficaz pero sumamente tóxico.

En el bosque experimental Caimital, Distrito Obispos, Estado Barinas, Venezuela, además del 2,4,5-T se emplearon otros productos como el "gasoil" (derivado de la gasolina) y el aceite lubricante para motores de combustión luego de desechado. No existe mayor información sobre la eficacia y costo del método empleado que consistió en una combinación de anillamiento por corte sencillo y aplicación de 2,4,5-T.

El tratamiento químico parece ser la técnica más segura para la eliminación de árboles indeseables porque a los efectos de la estrangulación mecánica une los de las sustancias químicas tóxicas transportadas.

King (1965) expresa que de acuerdo con experimentos llevados a cabo en Guyana (antes Guayana Británica) el anillamiento y envenenamiento de árboles con arsénico de sodio disuelto en agua, es más efectivo que la rociadura del tronco del árbol con soluciones de los ésteres butílicos 2,4,5-T y 2,4-D. Comparando los costos señala que el anillamiento y envenenamiento con arsenito sódico tiene un costo de U.S.\$ 26,79 por hectárea, la aplicación con brocha de ésteres butílicos US. \$ 27,75 por hectárea y la aplicación de ésteres butílicos con rociador, US\$ 13,17 por hectárea.

TRATAMIENTO	HORAS/HOMBRE	KG. DE AMMATE	COSTO TOTAL (US \$0,85/hora)
Por corte sencillo	5,55	-	6,08
Por corte doble	9,63	-	10,50
19 % de Ammate en los anillos	9,18	3,50	11,19
38 % de Ammate en los anillos	9,18	8,70	12,92
Cristales de ammate en copas	7,50	14,00	12,83

Cuadro 7.2. **Tiempo y material que se necesitan para una corta de liberación de una hectárea en un bosque de pinos y frondosas del Sur de Arkansas.**

Nota: Datos tomados de Hawley y Smith (1972), *Silvicultura Práctica*, Pág. 361.

### ***Cortas de salvamento***

Son tratamientos intermedios realizados en el bosque alto y que comprenden dos tipos de cortas: las de saneamiento y las de recuperación.

Las primeras se refieren a la eliminación de árboles enfermos o moribundos con el fin de evitar focos de infección, manteniendo de esta forma la buena salud de toda la comunidad. Las segundas van dirigidas hacia la extracción de ciertos árboles pertenecientes a especies comerciales, que puedan haber sufrido daños por el ataque de plagas, enfermedades, rayos, incendios, viento, etc., con el fin de obtener de ellos una cierta ganancia económica antes de que se pierda su posible valor.

Por lo general, las cortas sanitarias y de recuperación van dirigidas hacia la eliminación de árboles maduros o de corta edad que presentan un vigor muy bajo y un aspecto poco saludable, cuya extracción es importante para que los árboles de la cosecha final mantengan un estado saludable.

Sin embargo, tales árboles enfermos, dañados o decrepitos, pueden tener un cierto valor ecológico imponderable. Pueden ser refugio de muchas especies de la fauna silvestre que forman parte integral del ecosistema; por ejemplo, pueden servir de nido a ciertas aves que controlan la población de insectos en el bosque, de modo que no se conviertan en una plaga. Por esta razón, el forestal debe proceder con sumo cuidado cuando haya necesidad de un tratamiento consistente en cortas de salvamento.

### ***Podas***

Es un tratamiento intermedio que consiste en la eliminación de las ramas inferiores de los árboles jóvenes en el primer cuarto o la primera mitad del turno, con la finalidad de obtener en la cosecha final madera libre de nudos. En otras palabras, la poda es una técnica silvicultural cuyo único propósito es aumentar el valor y la calidad de la madera que se extrae en la cosecha final (Figura 7.5). En consecuencia, requiere de una importante inversión que se realiza durante el primer cuarto, tercio y algunas veces hasta la primera mitad del turno. Para que resulte provechosa debe ir acompañada de otros tratamientos silviculturales intensivos, especialmente de los llamados *aclareos*.

En la naturaleza, el vigor de un árbol está en relación directa con su ramificación. La economía humana exige madera de alta calidad sin nudos, especialmente las industrias de aserrado y contraenchapado. La madera de este tipo solamente puede obtenerse de fustes rectos y libres de ramas a baja altura.

Un árbol puede eliminar sus ramas más bajas por efecto de los factores físicos y bióticos del ambiente. En este caso se habla de *poda natural* o *autopoda*.

Algunas especies como las de los géneros *Agathis* (Nueva Zelanda) y *Eucalyptus* (Australia) forman una capa de tejidos de abscisión (separación) en los puntos donde las ramas se fijan al tronco. Cuando las ramas inferiores pierden su vigor y se vuelven caducas, caen de modo natural en forma semejante a la caída de las hojas de las especies deciduas (Daniel *et al*,1982).



Figura 7.5. Podas de las ramas de un árbol con serrucho y con tijeras.

Nota: Datos tomados de Poda en [www.cosasverdes.es](http://www.cosasverdes.es) y Consejos básicos sobre la poda en <https://www.bulhufas.es>



Figura 7.6. Algunas herramientas especiales para podar árboles.

Nota: Datos tomados de <https://www.library.stihl.com.ar>

Una buena parte de nuestras especies valiosas (*Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla*, *Cordia alliodora*, *Anacardium excelsum*, *Bombacapsis quinnata*, *Tabebuia spp.*, etc.) al mismo tiempo heliófilas (no tolerantes) tienen tendencia a la autopoda cuando están creciendo con espaciamiento estrecho o elevada densidad. Una vez que las ramas superan su utilidad fisiológica, por lo general, es después de mucho tiempo cuando se desprenden de forma natural. De tal manera que cuando se quiere producir madera de alta calidad, libre de nudos, en turnos más cortos, es necesario recurrir a la llamada poda artificial. La mayoría de los autores prescinden del calificativo “artificial” y se refieren a ella simplemente como “poda”.

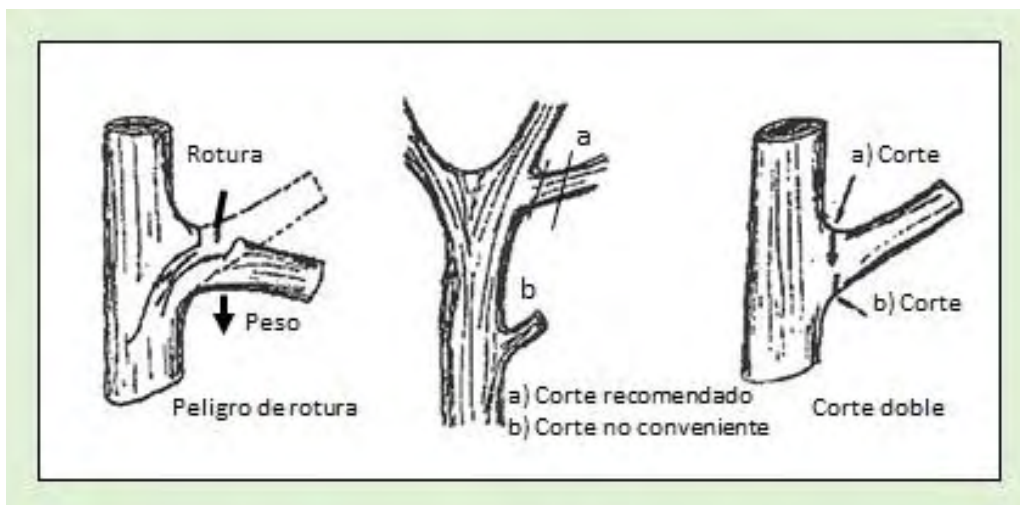


Figura 7.7. Ilustración gráfica sobre el corte correcto o incorrecto en una operación de poda.

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001) y <https://www.corazonverdecr.com>

El propósito fundamental de la poda es incentivar la producción de madera de alta calidad en turnos más cortos que los requeridos por la poda natural. Sin embargo, algunas veces se trata de conseguir ventajas adicionales con la aplicación de una poda, así por ejemplo: extracción de ramas infestadas, eliminación de ramas más altas que “ahogan” árboles de menor tamaño,

mejoramiento del acceso a los rodales durante las operaciones de aclareo y mejoramiento del aspecto estético o visual.

De acuerdo con la clase de rama eliminada, existen dos tipos de poda. Cuando se eliminan ramas vivas se denomina poda verde. Cuando se eliminan ramas muertas se denomina poda seca. Esta última es muy practicada en Europa y tiene un carácter más bien conservador. Los forestales europeos, en su mayor parte, atribuyen a la poda de ramas verdes efectos negativos sobre el crecimiento de los árboles podados. Lo cierto del caso es que, si se extraen demasiadas ramas vivas al mismo tiempo, disminuye ostensiblemente la superficie de la copa y por ende se reduce la actividad fotosintética, lo cual puede ocasionar retraso del crecimiento en altura y diámetro.

No obstante, autores norteamericanos citados por Hawley y Smith (1972), concuerdan en afirmar que los efectos desfavorables de podas severas de ramas vivas sobre el crecimiento en altura, diámetro y volumen son compensados, hasta cierto punto, por el mejoramiento de la estructura en la madera. Otros investigadores han encontrado que en rodales de coníferas todavía sin cerrar, puede ser eliminado de 35 a 30% de copa viva sin que se manifieste reducción en el crecimiento en altura y disminución grave del crecimiento en diámetro.

CRECIMIENTO EN 5 AÑOS		
TIPO DE PODA	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (m)
Sin podar	3.25	2.74
Ligera	3.25	2.77
Moderada	3.15	2.77
Fuerte	2.99	2.65

Cuadro 7.3. Efecto de la poda sobre el crecimiento en diámetro y altura del *Pinus strobus* (Pino Blanco del Este).

Nota: Datos tomados de Baker, F. (1950) Principles of Silviculture. Pag. 286.

ARGENTINA					CHILE		
PODA	DAP (1)	AP (2)	NAP (3)	C.S. (4)	EDAD (5)	AP (2)	NAP (3)
1ª	8,5	2,5	Todos	I II III	6-7 8-9 11-12	1/3 1/3 1/3	1200 1200 1200
2ª	12,5	4,5	Todos	I	Cada 4 años reduciendo el número de árboles a 700, 600, o 500/ha, con una altura de poda primero a 1/2 y después a 8 metros.		
3ª	16,0	7,0	Todos	II	Cada 5 años, última a los 3 años		
4ª	18,0	9,0	Todos	III	Cada 7 años		

ÁFRICA TROPICAL				NUEVA ZELANDIA		
PPDA	AMA (6)	AP (2)	NAP (3)	EDAD (5)	AP (2)	NAP (3)
1ª	6,0	2,5	Todos	7	3,0	
2ª	9,0	4,5	Todos			
3ª	12,0	6,6	150	8-12	5,5 a 6,5	312
4ª			seleccionados			

QUEENSLAND				SUDÁFRICA		
PPDA	AMA (6)	AP (2)	NAP (3)	AMA (6)	AP (2)	NAP (3)
1ª	6,0	2,6	600	6,0	1/3 Altura	Todos
2ª	Posteriormente se podan 400 de los árboles ya tratados (600) a una altura 6,6 m. OBJETIVO FINAL: 400 árboles o más por hectárea con troncos libres de ramas (madera limpia)			10,0	1/2 altura	Todos
3ª				13,0 a 15,0		375 mejores
4ª					7,0	

(1) DAP = Diámetro a la altura del pecho (1,30 m) en centímetros.  
 (2) AP = Altura de Poda en metros  
 (3) NAP = Cantidad de árboles a podar por hectárea  
 (4) CS = Calidad del Suelo: I) Primera; II) Segunda; III) Tercera  
 (5) EDAD = Edad de la plantación  
 (6) AMA = Altura Media de los Árboles en metros

Cuadro 7.4 Regímenes de poda en varias partes del mundo.

Nota: Datos tomados de García, J. R. *Técnicas intermedias aplicadas en plantaciones forestales*. Apuntes de clase. Mérida, 1979, pp: 6-8.

Luckhoff (1949), citado por Hawley Smith (1972), encontró en un estudio sobre la poda de coníferas en Sudáfrica, que las masas más viejas y las que se hallan en sitios pobres pueden ser podadas de manera más severa que las masas jóvenes y las que se hallan en los mejores sitios. También demostró que la disminución del ritmo de crecimiento en altura es menos acentuada y de importancia práctica menor, cuando se podaba la totalidad de los pies de una masa, en lugar de individuos seleccionados.

García, J. R. (1971, 1979) expresa que en Suráfrica hubo disminución de entre 18 y 25% expresa que en Suráfrica hubo disminución de entre 18 y

25% del rendimiento de una plantación de *Eucalyptus grandis* con un 50 % de copa viva resultante de la aplicación de una poda, siendo afectado también el crecimiento en altura y en diámetro. El efecto de una poda del 33% de copa viva en árboles de *Pinus patula* fue menor, hubo una pequeña disminución del rendimiento, pero al poco tiempo se habían recuperado definitivamente.

### ***Consideraciones importantes para la ejecución de una poda***

La poda es el tratamiento intermedio más costoso, cuando se estima sobre una base individual. No ofrece un retorno inmediato del costo que ocasiona, ya que el resultado de la inversión solo se reflejará en el aumento del valor del producto final. Los costos deben ser capitalizados y llevados al final del turno. De tal manera que el costo total final de la poda es el resultado de capitalizar el costo de la primera y siguientes intervenciones, aplicando el interés compuesto y estimando un 20 % de pérdidas por mortalidad de árboles podados.

La toma de decisión en torno a la ejecución de la poda se hace comparando los rendimientos probables estimados y los gastos que se deben efectuar para obtener tales rendimientos. Para la toma de la decisión se debe sopesar: a) El costo inicial de la poda; b) La mortalidad; c) La duración del período necesario para producir el volumen de madera limpia deseado; d) El interés que se aplicará al costo de la poda; y, e) El valor obtenido de madera limpia al final del período (Shaw y Staebler, 1952).

- El costo inicial de una poda dependerá de los siguientes factores:
  - Número de árboles a podar por unidad de superficie.
  - Diámetro de las ramas que se deben eliminar.
  - Número de ramas por verticilo.
  - Número de verticilos que se deben podar.
  - Altura de poda.

- Calidad del sitio directamente relacionada con la tasa de crecimiento.
- Tasa de interés que se cargará sobre la inversión.
- Tiempo que es necesario esperar para la explotación.
- Uno de los aspectos más influyentes sobre el costo inicial es la altura de poda. Las experiencias realizadas con coníferas norteamericanas han demostrado que es posible podar los primeros 16 pies (4,88 m) de madera de cuatro a ocho árboles por hora/hombre de trabajo. Y en condiciones favorables pueden llegarse a podar hasta 20 árboles por hora. Estos resultados también pueden expresarse en términos de 75 a 125 pies (22,86 a 38,10 metros) de tronco por hora.
- El costo final de una poda es el resultado de capitalizar el costo de la primera y siguientes podas aplicando el interés compuesto y previendo las pérdidas por mortalidad. Se estima en un 20% la pérdida de árboles podados.
- Es bastante difícil y se diría que casi imposible estimar el beneficio o ingreso que se obtendría por la madera de los árboles podados extraídos en la explotación final, varias décadas más tarde. Por lo general se considera, aunque en forma conservadora que los precios se mantendrán por lo menos igual en el futuro. Datos experimentales demuestran, en resumidas cuentas, que la poda si se realiza de manera inteligente, cuidando de seguir ciertas normas y criterios fundamentales, bajo condiciones favorables (mejores calidades de sitio y especies más valiosas) es rentable como cualquier otra clase de inversión en tratamientos silviculturales.
- Si se decide realizar la poda, deben tomarse en cuenta los aspectos técnicos siguientes:
  - Se deben seleccionar pocos árboles jóvenes por unidad de superficie, con pocas y pequeñas ramas, con alta tasa de crecimiento y ubicados en las mejores calidades de sitio.

- Las podas deben realizarse a “savia parada”, es decir, cuando la actividad fisiológica sea menor, pero lo más cerca posible del próximo período vegetativo o de crecimiento.
- No se deben hacer podas muy fuertes que podrían causar un gran desequilibrio entre el sistema radicular y la parte aérea del árbol. La reducción de más de la mitad de la copa viva pone el árbol en desventaja competitiva, ya que el crecimiento en altura se detiene temporalmente.
- Se debe empezar a podar cuando las ramas sean delgadas y el diámetro del fuste sea aproximadamente igual a 6 cm. Conviene luego aplicar un aclareo.
- En la primera poda, la hilera exterior de una plantación o una faja estrecha de un rodal natural no debe podarse, para que esta banda sirva de protección contra el viento.
- En las podas posteriores nunca debe cortarse más de un tercio de la copa viva.
- En todas las intervenciones se debe podar lo más cerca posible del tronco, evitando causar desgarrones o rotura de la corteza (doble corte), empleando herramientas especiales como serruchos y tijeras de poda.
- Los cortes deben ser limpios para impedir que retengan y se acumule en ellos el agua de lluvia ocasionando focos de infección.

En la actualidad se cuestiona el valor futuro de una poda para obtener madera limpia para aserrar, debido a que el avance tecnológico ha ocasionado que sea más barato mejorar la calidad de la madera al aserrarla que la realización de un programa de podas.

## **Aclareos, raleos o clearcuttings**

### ***Definición***

Los aclareos son tratamientos intermedios que se aplican a una masa coetánea joven, después de las limpias en el bosque natural o de las limpiezas en el bosque plantado y que se repiten periódicamente hasta el comienzo de las cortas de regeneración. Consisten en la tala y extracción de un conveniente número de árboles, dejando en pie una masa residual constituida por los mejores individuos dominantes.

La selección de los árboles que deben ser favorecidos y que constituye la masa remanente o residual y de los que hay que cortar, que forman la masa por extraer, se basa en tres características:

- Posición de la copa (vuelo);
- Estado del fuste (calidad), y;
- Salud del árbol (vitalidad de la copa).
- En las masas coetáneas mixtas se agrega un cuarto elemento: el valor económico de la especie.

### ***Bases naturales de los aclareos***

La teoría de los aclareos se fundamenta en el proceso natural de la vida del bosque, es decir, en la disminución progresiva del número de individuos por unidad de superficie durante el transcurso de la vida del bosque.

En los primeros años de vida del bosque hay una gran densidad, decenas de millares de individuos por hectárea en muchos casos. Este número se va reduciendo paulatinamente debido a la intensa competencia entre ellos por la luz, la humedad y las sustancias nutritivas del suelo (Figura 7.8). La naturaleza deja sobrevivir en este proceso de selección, solamente el material de mayor vitalidad y robustez; sin embargo, estos vencedores presentan a

menudo las huellas de la lucha inexorable que han sostenido por su sobrevivencia.

La competencia entre los individuos tiene su expresión en los cambios constantes de sus posiciones relativas en el vuelo de copas. Los árboles más débiles son "arropados" por los más fuertes (altos), sus copas se tornan cada vez más pequeñas y deformes. Es una lucha constante e intensa en la que los árboles más débiles son dominados, ahogados y hasta suprimidos por los más fuertes.

Este proceso se conoce con el nombre de diferenciación de las copas en clases de vuelo, distinguiéndose cuatro tipos: dominantes, codominantes, intermedios y dominados (oprimidos o suprimidos).

La lucha por la existencia, denominada competencia en las masas densas no intervenidas, es tan fuerte que se traduce en una disminución del crecimiento y vigor de todos los árboles de la masa, inclusive en los más grandes y vigorosos de los sobrevivientes.

Sin embargo, la competencia intraespecífica no es del todo perjudicial porque los individuos se ven obligados a desarrollar fustes más rectos y cilíndricos que en condiciones donde el espacio de crecimiento hubiese sido menos limitado.

En la práctica, los aclareos pueden aprovechar las ventajas del proceso competitivo mediante un intervalo de tiempo adecuado para cada intervención.

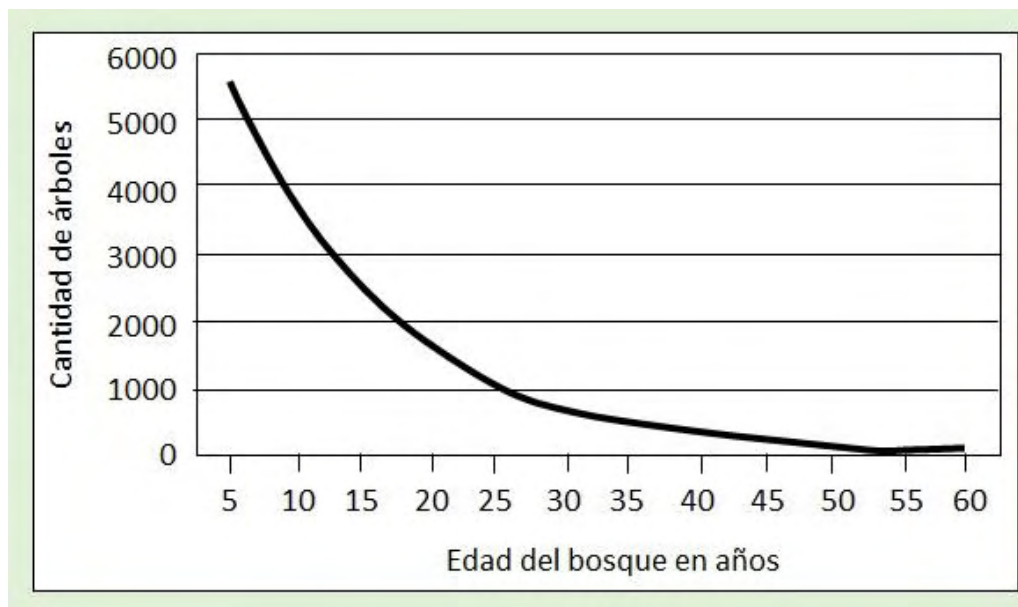


Figura 7.8. Curva hipotética que muestra la reducción en la cantidad de árboles por hectárea al aumentar la edad, debido al proceso de selección natural en un bosque coetáneo.

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001)

### ***Finalidad de los aclareos***

Los aclareos tienen como finalidad concentrar la producción en los pies más valiosos, brindándoles las mejores condiciones para su desarrollo óptimo. Por esta razón se extraen los árboles en exceso tratando de favorecer el desarrollo de un limitado número de árboles escogidos. Estos árboles indudablemente crecen más rápido de lo que lo harían sin el aclareo.

En otras palabras, los objetivos fundamentales del aclareo son: a) redistribuir el crecimiento potencial de la masa de un modo que resulte óptimo, y; b) utilizar todo el material comerciable producido por la masa durante un turno.

### ***Aplicación práctica de los aclareos***

La aplicación práctica de las técnicas de los aclareos a bosques coetáneos, se basan en la formación de los vuelos o pisos debido a la posición sociológica de los árboles, partiendo de la hipótesis de que la salud y

vigorosidad de un individuo está en relación directa con la posición de su copa en el techo del bosque. En otras palabras, las copas más altas y desarrolladas corresponden a los individuos más vigorosos, luego, la producción está íntimamente ligada con la posición sociológica del árbol.

La selección de los árboles que deben ser favorecidos (masa remanente o residual) y de los que hay que cortar (masa por extraer), se basa en tres características:

- Posición de la copa (vuelo);
- Estado del fuste (calidad); y
- Salud del árbol (vitalidad de la copa).

En las masas coetáneas mixtas se agrega un cuarto elemento: el valor económico de la especie.

Para clasificar los árboles de una masa coetánea basándose en los tres aspectos arriba mencionados (Vuelo, fuste y copa), en 1931 Schaedelin creó un sistema decimal (Ver cuadro 3.1, Capítulo 3), según el cual, cada árbol puede ser descrito con un número de tres cifras, la primera refiriéndose a la clase vuelo (posición de la copa), la segunda a la calidad del fuste y la tercera al vigor o vitalidad de la copa.

La Comisión Forestal Británica ha modificado la clasificación, agregando dos clases adicionales, árboles muertos y árboles enfermos, atribuyéndoles los números 500 y 600, respectivamente.

Una vez clasificados, se seleccionan los árboles que deben ser favorecidos, los cuales constituirán la masa residual o remanente que queda en pie y los que hay que cortar que conformarán la masa extraída. Para la selección se utiliza la clasificación de Schaedelin mencionada anteriormente.

### ***Ventajas de la aplicación de los aclareos***

La aplicación de aclareos a una masa forestal tiene las siguientes ventajas:

- Se rescatan y utilizan recursos maderables, que de otra manera se perderían debido a la mortalidad natural. Los aclareos generan un promedio de entre 25 y 35% de la producción total. En ciertos casos exceden este promedio.
- Acortan notablemente el tiempo que se necesita para la obtención de productos maderables de dimensiones especificadas, debido a que su aplicación trae como consecuencia un incremento de la tasa de crecimiento en altura y en diámetro, y por ende en volumen.
- Permiten un rápido retorno económico del capital invertido e incrementan la tasa de retorno con respecto a la inversión inicial.
- Tienden a elevar el valor del producto final del bosque en varias formas, porque se suprimen individuos defectuosos y el potencial de crecimiento es distribuido entre unos cuantos árboles, los mejores, de fuste recto y de gran tamaño.
- Hacen los rodales más resistentes al viento porque fortalecen el sistema radicular de los árboles dejados en pie.
- Previenen contra el ataque de agentes perjudiciales, como plagas y enfermedades debido a la extracción de árboles enfermos que podrían convertirse en foco de infección.

### ***Tiempo para iniciar la aplicación de los aclareos***

Los aclareos deben ser aplicados tan temprano como sea posible y luego repetirse por lo menos durante la primera mitad de la vida del bosque. Esta ejecución es periódica y sistemática hasta el siguiente período de regeneración.

En algunas regiones los primeros aclareos se hacen en los años iniciales de la vida del bosque para disminuir la densidad sin propósitos comerciales. Reciben el nombre de *precomerciales*, son muy necesarios en rodales naturales resemebrados o donde existen condiciones óptimas de diseminación de árboles portagranos, excelente calidad de sitio y condiciones ambientales favorables. El procedimiento seguido en un aclareo temprano no comercial, generalmente consiste en una combinación de maquinaria y mano de obra.

Craib, citado por Fors y Reyes (1947), para *Acacia mollissima* manejada en turnos de 16 años, en África del Sur para la obtención de curtientes, recomienda un primer aclareo al mes o a los dos meses, cuando las plántulas miden de 10 a 30 centímetros de altura; un segundo aclareo antes de los seis meses y tres aclareos más dentro de los dos y medio años siguientes. Cuando las acacias cuenten tres años de edad habrán quedado reducidas de 120.000 plántulas de 30 cm por hectárea a 500 árboles de 12 metros de altura. Los rodales de *Acacia mollissima* se establecen por siembra directa.

En regiones del Sureste de Estados Unidos, se practica un aclareo temprano con la finalidad de disminuir el número de individuos en rodales densos o muy densos de *Pinus taeda* y *Pinus elliottii* a una edad promedio de cinco años. A tal edad, los rodales de estas coníferas pueden tener entre 3.700 y 12.300 individuos por hectárea, de tal manera que es recomendable efectuar un aclareo precomercial reduciendo la población de árboles a una cantidad entre 1.200 y 1.850 individuos por hectárea, con la finalidad de estimular el crecimiento volumétrico comercial a temprana edad para acortar el inicio de los aclareos comerciales.

En las regiones tropicales, sobre todo, en plantaciones con especies de rápido crecimiento, por ejemplo: *Tectona grandis*, *Cordia sp.*, *Cedrela sp.*, y *Pinu ssp.*, los aclareos deben comenzar a los tres o cinco años de edad.

La decisión de ejecutar el primer aclareo comercial depende del ritmo de la especie, el espaciamiento inicial, de la densidad en el caso de bosques naturales, de la calidad del sitio, del producto de la cosecha final y del costo.

En Europa, el primer aclareo comercial suele realizarse entre los quince y treinta años (Daniels *et al*,1982). En Estados Unidos, el primer aclareo comercial por lo general se ejecuta entre los diez y veinte años de edad.

En plantaciones de *Pinus radiata* en Chile (Espinoza, 1993), el primer aclareo ocurre entre los diez y doce años. Se dejan en pie aproximadamente de 800 a 1.000 árboles por hectárea, con un distanciamiento de alrededor de los 5 metros. Los aclareos siguientes se hacen con intervalos de cuatro años, persiguiendo la meta de obtener los mejores ejemplares en la cosecha final, entre 250 y 350 árboles seleccionados al cabo de 25 a 30 años de edad. Si el primer aclareo se efectúa a la edad de doce años, su rendimiento por hectárea es de aproximadamente:

- 55 m<sup>3</sup> de madera para pulpa, procedente de árboles con DAP entre 10 y 20 cm.
- 30 m<sup>3</sup> de trozas para aserrar, proveniente de árboles con DAP igual o mayor a 20 cm.
- 15 m<sup>3</sup> de leña y postes, procedente de árboles con DAP menor a 10 cm.

DESPUÉS DEL ACLAREO									
TRATAMIENTO	EDAD (7 AÑOS)			EDAD (19 AÑOS)					
	Cantidad de árboles	DAP	Área Basal	Cantidad de árboles	DAP	Área Basal	Altura de los árboles	Volumen	IDR
	por ha	cm	(m <sup>2</sup> )	por ha	cm	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m <sup>3</sup> )	(*)
Aclareo a mano y mecánico	4.771	0,15	0,49	1.352	15,0	9,57	15,85	33,62	554
Aclareo mecánico	13.343	0,13	1,07	4.168	8,9	10,22	14,63	19,64	796
Control (testigo)	75.415	0,13	4,75	6.174	7,1	11,15	13,41	8,52	922

(\*) IDR = Índice de Densidad de Reinecke

Cuadro 7.5. Crecimiento del *Pinus taeda* (*Loblolly pine*) como resultado de los aclareos precomerciales.

Nota: Datos tomados de García, J.R. 1979.

### ***Clases de aclareos***

Se reconocen cinco tipos de aclareos: a) Inferiores; b) Superiores; c) Selectivos; d) Mecánicos, y; e) Libres. En los tres primeros métodos, el criterio primordial de selección es la posición o el desarrollo relativo de las copas de los árboles individuales. En el cuarto, el espaciamiento entre los individuos es la consideración fundamental. El quinto es una combinación de los tres primeros.

### ***Aclareos inferiores***

Se denominan también: “aclareos desde abajo”, "método ordinario" o "método alemán". Es un procedimiento práctico y técnico para la realización de una corta a una masa arbórea en el lapso intermedio comprendido entre dos periodos de regeneración.

En esta técnica, la clase de vuelo inferior, es decir, la formada por los árboles dominados, suprimidos u oprimidos, es la primera en eliminarse; procediéndose luego a la extracción en orden ascendente de los árboles pertenecientes a las siguientes clases de vuelo: intermedios, codominantes y dominantes.

El aclareo inferior progresa de abajo hacia arriba, y de ahí el nombre que recibe, su objetivo fundamental es la liberación de los mejores árboles dominantes y codominantes, eliminando los peores de estas clases de vuelo y todos los demás de las clases inferiores: Intermedios y Dominados, en su modalidad más severa.

Los aclareos inferiores o desde abajo, se fundamentan teóricamente en el criterio de que las copas de los árboles ubicadas en los vuelos inferiores consumen importantes cantidades de agua y nutrientes del suelo, de modo que ejercen influencia competitiva para el crecimiento de los árboles cuyas copas están ubicadas en los vuelos superiores (Figura 7.9).

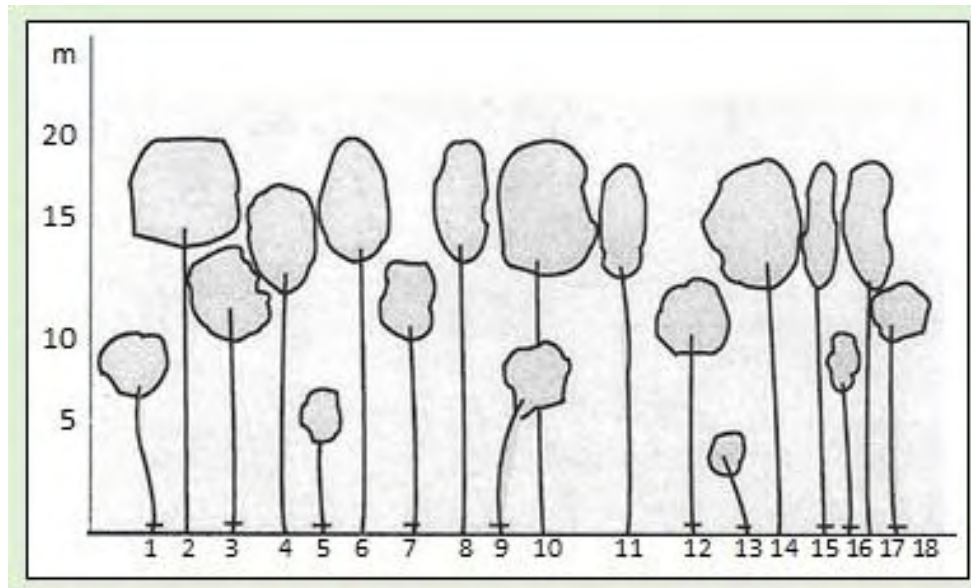


Figura 7.9. Masa forestal dispuesta para la aplicación de un aclareo inferior con un grado de intensidad D, severo y conservador, según lo establecido en el cuadro 7.5. Los árboles por extraer serían los señalados con los números: 1, 3, 5, 7, 9, 12, 13, 15, 16 y 18. Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001)

La intensidad de los aclareos inferiores puede ser desde ligera hasta severa y la elección de esta depende de los objetivos perseguidos y del grado de desarrollo de la masa forestal (ver Cuadro 7.6).

Grado de intensidad de la corta	Árboles extraídos	
	Conservadora	Radical
A.- Ligero	Suprimidos.	Dominados.
B.- Moderado	Dominados e intermedios más pobres.	Dominados e intermedios.
C.- Intenso	Dominados, intermedios y codominantes más pobres.	Dominados, intermedios y algunos codominantes.
D.- Severo	Dominados, intermedios y muchos codominantes.	Dominados, intermedios y casi todos los codominantes .

Cuadro 7.6. Grados de intensidad en la aplicación de un aclareo inferior.

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001)

En los Estados Unidos se reconocen sólo tres grados: ligero, en el que se eliminan aquellas clases de copas de árboles suprimidos y moribundos o cuya posición es intermedia baja; medio, en el que se eliminan los mismos

tipos de árboles del aclareo ligero, más todos los intermedios; y el intenso, en el que se eliminan los mismos árboles del aclareo medio más una buena parte de los codominantes.

Según experiencias efectuadas en varios países europeos, la cantidad de madera extraída durante los aclareos, puede variar entre un 5% en una corta de grado A, hasta un 40% del volumen total en el grado D. En general, el grado A da resultados más bajos que los grados B y C. Esto se debe a que la intervención en los aclareos de grado A es tan suave, que influye muy poco sobre el control de la lucha entre los árboles del bosque.

En algunos casos el grado D también produce resultados bajos, precisamente porque aclara demasiado el rodal. En términos generales, los aclareos de grado B y C en conjunto son los que pueden producir mayor desarrollo en altura y mayor producción en volumen por unidad de superficie.

### ***Calificación de los aclareos inferiores***

Los aclareos bajos se pueden hacer durante toda la duración del turno. Para ejecutarlos se puede capacitar con rapidez a un equipo de obreros para que ejecuten esta operación, hasta cierto punto uniforme, en todo un rodal.

Los aclareos inferiores poseen las ventajas siguientes:

- Son un método sencillo y claro en su aplicación,
- Evitan la pérdida de madera debido a que los árboles se extraen antes de morir, y,
- Previenen la constitución de focos de infección debido a que eliminan árboles enfermos.

Sin embargo, tienen los inconvenientes que a continuación mostramos:

- Constituyen una intervención pasiva, pues se ocupan de material prácticamente ya eliminado que no influye sobre el mejoramiento de la producción,

- No fomentan directamente el desarrollo de individuos prometedores, y,
- Promueve la destrucción del sotobosque con las conocidas consecuencias desfavorables.

### *Aclareos superiores*

También denominados “aclareo de copas”, "aclareos por lo alto" y "método francés", son cortas intermedias que se efectúan en los vuelos superiores, extrayendo árboles dominantes y codominantes de inferior calidad que afectan el desarrollo de individuos mejores de los mismos vuelos. Estos últimos son dejados en pie para concentrar en ellos la máxima capacidad productiva del sitio. En los pisos inferiores se cortan solo aquellos individuos que no podrán vivir hasta el próximo aclareo, es decir, moribundos o de vitalidad muy reducida (Figura 7.10).

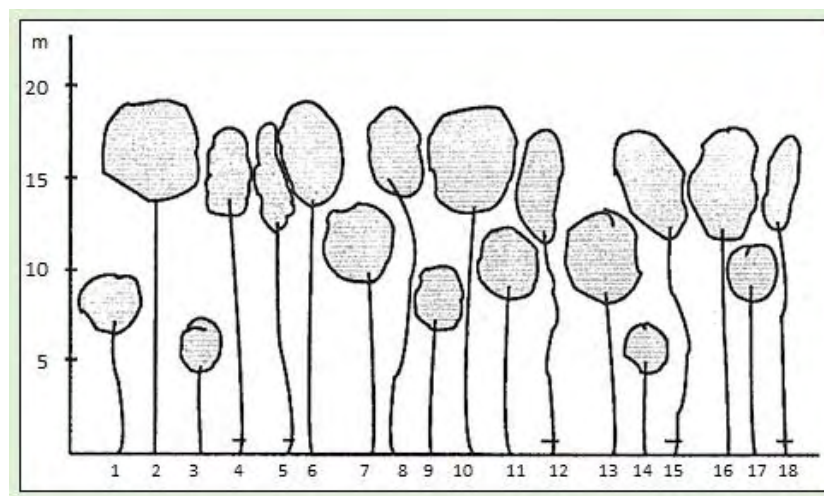


Figura 7.10. Masa forestal dispuesta para la aplicación de un aclareo superior. Los árboles por extraer serán los señalados con los números: 3, 5, 7, 9, 12, 13, 15, 16 y 18.

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001)

El método de aclareo superior se diferencia básicamente del método inferior debido a que por muy ligera que sea su aplicación, las cortas tienen

lugar entre dominantes y codominantes, quedando en pie después de la corta la mayor parte de los intermedios y los mejores de los dominados.

Con este procedimiento se crea una oportunidad a los mejores árboles para que crezcan en forma continua y rápida, asegurando al mismo tiempo una densidad de follaje adecuada a la protección del suelo por la permanencia de los árboles intermedios y los dominados.

Los aclareos superiores teóricamente se basan en la suposición de que las copas de los árboles ubicadas en los vuelos inferiores utilizan cantidades insignificantes de agua y nutrientes, de modo que la competencia real por la utilización de los recursos, la luz y el espacio ocurre entre los árboles ubicados en los vuelos superiores constituidos por los dominantes y codominantes. Por consiguiente, la eliminación de árboles intermedios y dominados no altera grandemente los efectos de la competencia en los estratos superiores.

### **Aplicación práctica de los aclareos superiores**

El procedimiento práctico para la ejecución de un aclareo superior ofrece dos opciones: El *método de selecciones repetidas* y el llamado método *danés*.

<b><i>Selecciones repetidas</i></b>	<b><i>Danés</i></b>
<p>En esta opción el primer aclareo tiende a dar condiciones óptimas al mayor número de árboles prometedores. En cada "unidad" o grupo de árboles se escoge el mejor individuo entre los dominantes y codominantes; se observan las copas y se busca el competidor o los competidores más fuertes; se pregunta ¿Qué consecuencia traería la extracción de su competidor o competidores? si las consecuencias son favorables, se marcan y se extraen; en el próximo grupo se repite el procedimiento. En cada aclareo se procede en la forma descrita anteriormente.</p>	<p>En esta alternativa se hace un esfuerzo por escoger desde un primer momento los árboles que constituirán la <i>cosecha final</i>. Cada corta se encamina a dar a estos pocos árboles, el espacio suficiente alrededor de ellos. Los árboles que se mantendrán pueden ser marcados con pintura o de cualquier otro modo. Los árboles dominantes o codominantes que interfieren con su desarrollo son talados y extraídos. En cortas subsiguientes, se siguen extrayendo los restantes árboles competidores; también estos pueden ser extraídos dejando finalmente sólo los árboles de la <i>cosecha final</i>.</p>

## Calificación de los aclareos superiores

La aplicación de un aclareo de copa encuentra condiciones ideales en masas coetáneas mixtas, donde la futura cosecha final está constituida por árboles pertenecientes a especies de crecimiento rápido y el sotobosque está formado por especies de crecimiento lento, densamente foliadas, capaces de proteger el suelo y funcionar eficazmente como agentes podadores de las ramas bajas de los árboles dominantes.

Un aclareo superior no es recomendable en aquellos rodales donde no hay una buena representación de árboles intermedios y dominados, apropiada para la formación de un sotobosque protector satisfactorio.

Dado que no es posible distinguir distintos grados de aclareo superior, le severidad o intensidad de la corta debe ser regulada en términos de área basal o de algún otro índice de la densidad de la masa.

### Ventajas

- Permiten el mejoramiento activo de la calidad de la producción, debido a que fomenta el crecimiento de los mejores individuos presentes en el racial. La intervención se realiza en los vuelos superiores; se extraen árboles dominantes y codominantes y por consiguiente se obtienen mayores ganancias inmediatas con el producto de las cortas.
- En los vuelos inferiores (intermedios y dominados) se extraen únicamente los árboles moribundos o de vitalidad muy reducida y por lo tanto se garantiza la protección del suelo en todo momento y no se afecta la producción potencial de los árboles ubicados en estos niveles inferiores.

### Inconvenientes

- Resultan costosos porque las operaciones de corta son bastante esparcidas.
- Exigen una mayor habilidad técnica, conocimiento y cuidado que el Método de Aclareos Inferiores.

## *Aclareos selectivos*

Este método de aclareos, ideado por Borggreve (Hawley y Smith, 1972, *ob. cit.*) difiere radicalmente del principio que rige los anteriores tipos de

aclareos. En el aclareo selectivo, los árboles dominantes son extraídos con el fin de estimular el crecimiento de los pies de las clases de copas inferiores.

Los árboles dominados, que probablemente mueran antes de la clara siguiente, también son cortados con el fin de utilizarlos antes de que se conviertan en una pérdida total.

En una serie de aclareos selectivos es posible teóricamente promocionar pies dominados hasta clases de copa sucesivamente más elevadas. Las clases intermedias son las destinadas a producir la mayor proporción de madera limpia. Todos los árboles de esta clase tienen un fuste elevado, oportunamente despojado de sus ramas antes del crecimiento diametral.

El éxito de los aclareos selectivos depende de que los árboles de la clase intermedia e inferior que se encuentren en condición de asumir un crecimiento rápido y alcanzar una posición ventajosa en el bosque. Esto dependerá además de las condiciones del suelo, de que las especies sean tolerantes y los individuos de clases de copa inferiores sean capaces de responder a la liberación.

Lograr el aumento de la producción esperado con la aplicación del aclareo selectivo ideado por Borggreve está sujeto a permitir que el rodal se desarrolle hasta que los dominantes adquieran un tamaño comerciable (10 a 20% del área basal total), a partir del cual se cortan y extraen.

En el próximo aclareo los nuevos dominantes, es decir, los codominantes e intermedios que se han desarrollado hasta alcanzar el vuelo dominante, tienen de un 10 a 20% del área basal total, se procede a su extracción y así sucesivamente, hasta el punto en que una mayor reducción del número de árboles no permitirá seguir teniendo control del sitio. Llegado este momento, una vez que los árboles residuales alcancen el tamaño comercial se hace una corta a matarrasa y se replanta el área.

Para el éxito del método se requieren especies tolerantes, cuyos individuos de clases de copa inferiores sean capaces de responder a la liberación.

En la aplicación práctica, existen dos variantes:

- La aplicada a rodales jóvenes coetáneos en los que un grupo de árboles ha sobrepasado en crecimiento a los demás y amenazan convertirse en árboles lobo por la ausencia de presiones laterales. Todos estos árboles son eliminados en un primer aclareo selectivo. Los aclareos posteriores pueden ser inferiores con algunos aclareos superiores ocasionales.
- Cuando se comienza por aplicar aclareos inferiores hasta que los codominantes y algunos árboles intermedios tengan troncos de alta calidad. En este momento se cortan los dominantes (Aclareo selectivo). Los codominantes de buena calidad se convierten en dominantes.

### ***Calificación de los aclareos selectivos***

Este método de aclareo requiere que en el bosque o rodal donde se va a ejecutar, esté constituido por una buena proporción de especies tolerantes cuyos individuos ubicados en los vuelos inferiores, sean capaces de responder a su liberación. A continuación, se muestran las ventajas e inconvenientes que presenta este tipo de aclareo.

<b>Ventajas</b>	<b>Inconvenientes</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las cortas producen mayores ganancias porque los árboles cortados son de gran tamaño y calidad.</li> <li>• Los árboles que permanecen hasta la cosecha final son de fuste grande y limpio de ramas gruesas, produciéndose madera de gran calidad en la extracción al final del turno.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se alarga el turno para obtener maderas de las dimensiones requeridas. Esto se debe a que los árboles mayores son cortados y los de las clases inferiores requieren más tiempo para formar la cosecha final.</li> <li>• Reduce la tasa de crecimiento del rodal.</li> <li>• La extracción de árboles grandes causa daños a los árboles que deben permanecer en pie.</li> </ul>

En el cuadro 7.7 se muestran los resultados de un ensayo sobre el efecto de tres métodos de aclareo diferentes: superior, inferior y selectivo, en una parcela de *Picea sitchensis*. La parcela del aclareo selectivo representado por ese cuadro, se intervino cada año. Los aclareos superiores e inferiores se ejecutaron en las respectivas parcelas cada dos años. Las rotaciones repetidas de los raleos de selección ofrecieron mejores rendimientos que los otros métodos, es decir, mayores retornos económicos. El intenso corte de los dominantes en el aclareo selectivo disminuyó de modo significativo el incremento y el volumen total.

Parcela	1959			Después del raleo de 1965			
	Diámetro promedio del rodal	Área basal m <sup>2</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	Número de troncos	Volumen m <sup>3</sup>	Incremento Anual promedio (7 años) m <sup>3</sup>	Porcentaje de crecimiento en volumen
Control	10.5	34.64	184	4.033	374	35	9
Raleo bajo	10.4	34.32	178	4.060	325	38	12
Raleo alto	10.5	35.15	185	4.085	258	38	15
Raleo de selección	11.1	37.82	206	4.019	173	30	18

Cuadro 7.7. Efecto de tres diferentes métodos de aclareo en rodales de "Sitka Spruce" (*Picea sitchensis*) en Dinamarca, sobre: (A) el crecimiento, el rendimiento y, (B) las ganancias económicas. Ingresos por la venta de los productos del raleo, convertidos a metros cúbicos a razón de 75 coronas danesas por metro cúbico.

Parcela	Neto en coronas danesas, 7 años	Volumen m <sup>3</sup>	Volumen en 1965	Volumen total	Altura promedio en 1965, por encima de 14 m.
Control	400	5	374	379	
Raleo bajo	4.000	53	325	378	
Raleo alto	8.000	107	258	375	
Raleo de selección	12.000	160	173	333	

Ingresos aproximados, ya que se trata de cifras redondeadas.  
Nota. Elaboración propia.

### *Aclareos mecánicos*

En este método, los pies que hay que cortar o conservar se escogen sobre la base de un espaciamiento determinado o un patrón de procedimiento,

con escasa o ninguna consideración de su posición en el vuelo de copas. En otras palabras, en el aclareo mecánico se eliminan los árboles sin tomar en cuenta la clase de copa, y la cantidad y la calidad o el carácter general de estos.

Existen tres formas básicas para la aplicación práctica del aclareo mecánico:

- *Aclareo de espaciamiento*, en el que se utilizan guías de espaciamiento, eligiéndose árboles a intervalos regulares para conservarlos, eliminando todos los demás que se encuentran dentro del radio determinado.
- *Aclareo en hilera*, en el cual se cortan los árboles en líneas o fajas estrechas a intervalos fijos para toda la masa. Por ejemplo, cada segunda a séptima hilera se elimina, y luego con maquinaria pesada se ralea entre las rutas de circulación.
- *Aclareo en cuadros o retazos*, utilizado en rodales muy jóvenes, cuya densidad es excesiva, donde los arbolitos son eliminados mediante “bulldozers” en franjas o retazos a modo de un tablero de ajedrez, y luego los retazos o cuadros formados por los individuos dejados en pie se ralean a mano.

Los aclareos mecánicos, en general, se emplean para tratar masas jóvenes que no han sido aclaradas previamente y que tienen una densidad muy fuerte. En estas masas altamente uniformes, todavía no ha habido una diferenciación en clases de copa.

Los aclareos de espaciamiento y en retazos o cuadro son mayormente aplicados en masas de espesura excesiva que se ha formado a partir de una regeneración natural excesivamente densa. Por lo general los árboles tienen entre 2 y 4 metros de altura cuando se realizan estos aclareos.

Los aclareos en hilera son aplicados con más facilidad en plantaciones que ya han sido establecidas en hileras rectas. El método más sencillo y

expedito consiste en sacar arbitrariamente cada tercera hilera de árboles. La masa extraída en términos de cualquier unidad de medida, se fija en un tercio.

Algunas veces, el aclareo en hilera ha sido combinado con eficacia con otros métodos para la simple creación de vías de acceso al rodal. En esta técnica, se abren fajas a intervalos convenientes y las fajas intermedias son raleadas por otros métodos.

### ***Calificación de los aclareos mecánicos***

La principal desventaja consiste en la selección arbitraria de los individuos, lo cual trae como consecuencia la extracción de árboles prometedores, dejando los indeseables. Podría darse el caso de la eliminación de una proporción elevada de los pies dominantes con las consecuencias negativas para el desarrollo y la producción del rodal. Por consiguiente, se recomienda su aplicación a masas jóvenes, antes de que los árboles dominantes queden limitados en número y las copas en general no hayan alcanzado un tamaño demasiado grande para que su eliminación no produzca huecos grandes.

### ***Aclareos libres***

Cuando se utilizan varios métodos de aclareo con una sola intervención en las masas que son algo irregulares en edad, densidad y composición, se dice que se ha practicado un aclareo libre (por ejemplo, el Método de Harct-Becking es un "Aclareo libre por lo alto"). En otras palabras, el método de aclareo libre es una combinación de los anteriores métodos.

### **Régimen de espesura o programa de aplicación de los aclareos**

La inclusión de un programa de aclareos en un plan de ordenación es un tema muy debatido, ya que depende del espaciamiento inicial, de la calidad del sitio, de la topografía del terreno, de la producción, de los objetivos del manejo

forestal, de la disponibilidad de mano de obra y equipo, y de la cercanía respecto al mercado.

No obstante, por lo general, en un bosque ordenado se requiere una secuencia de raleos para que la producción sea de alto valor y el volumen comercial, máximo.

En un programa de aclareos, estos deben ser aplicados tan temprano como sea posible durante la vida de la masa. Su ejecución debe ser sistemática desde los primeros años de existencia del bosque, hasta el inicio del período de regeneración.

En las mejores calidades de sitio los aclareos pueden ser repetidos con frecuencia. Desde el punto de vista silvícola cada aclareo debe ser lo más ligero posible. Sin embargo, generalmente ocurren condiciones económicas limitantes que no permiten aclareos ligeros y frecuentes, sino más bien demorados, espaciados e intensivos.

De todos modos, los aclareos pueden hacerse a intervalos de 2 a 10 años o más, dependiendo de la intensidad de la corta, la calidad de sitio, y habilidad inherente de la especie para aprovechar la oportunidad que se le da de crecer libremente.

Tres consideraciones principales intervienen en el desarrollo de un programa eficaz de aclareos:

- Primero, es necesario decidir si se hace o no el aclareo. En caso de respuesta positiva, se debe seleccionar el método o los métodos de aclareo que van a utilizarse en cada etapa del turno, con el fin de lograr los objetivos elegidos y cubrir las limitaciones naturales que prevalecen en cada situación.
- Segundo, se requerirá considerar la ordenación cronológica del primer aclareo y de los posteriores, y;
- Tercero, se hará necesario determinar aproximadamente que cantidad de masa debe extraerse y qué cantidad de reserva debe dejarse en cada aclareo.

Todos estos factores son interdependientes, y su ajustamiento debe ser realizado a la luz de los objetivos económicos y de las limitaciones naturales que prevalecen en cada situación.

### Cortas de mejora

Es una intervención que se realiza en un bosque ya pasada la etapa de *latizal*, con el fin de mejorar su composición y estado fisionómico. Consiste en la extracción de árboles dominantes de especies indeseables, de mala forma y condición.

*Las cortas de mejora* son necesarias en aquellos bosques en los que no se practicaron las limpieas a su debido tiempo. La mayor parte de los bosques heterogéneos naturales necesitan cortas de mejora. Éstas se dirigen principalmente a la extracción de los árboles dominantes de especies indeseables, y de los enfermos y los dañados por agentes naturales (Figura 7.11).



Figura 7.11. Aclareo en una plantación de *Gmelina arborea* (Melina).

Nota: Datos tomados de <https://mlr.com.ni/raleo-de-la-teca-asi-se-obtienen-solo-los-mejores-arboles/>

La característica fundamental de las cortas de mejora, junto con el hecho de que son retrasadas hasta que el cultivo principal ha superado la etapa juvenil, es la eliminación de los pies defectuosos en favor de los buenos.

Los individuos extraídos incluyen:

- especies inferiores;
- árboles torcidos, inclinados y extremadamente ramificados, o con otras deformaciones;
- individuos viejos;
- árboles con lesiones graves debidas a factores bióticos o atmosféricos y;
- trepadoras leñosas.

Las cortas de mejora son muy semejantes a los aclareos selectivos y en algunos casos tienden a confundirse con las cortas de liberación.

Los aclareos selectivos, como todos los aclareos, se aplican a masas o grupos coetáneos, mientras que las cortas de mejora se ejecutan en masas que tienen una distribución irregular por edades. No obstante, esa diferencia es especialmente difícil de precisar en masas uniformes o en grupos. En dichos casos, la corta de mejora incide en la extracción de los dominantes de especies indeseables, mientras que un aclareo de selección se concentra en eliminar a los dominantes de especies valiosas, con porte defectuoso.

Por su parte, las cortas de liberación se aplican en rodales jóvenes para extraer árboles dominantes maduros más viejos que el rodal tratado, mientras que las cortas de mejora tienen lugar en rodales de mayor o menor edad que los árboles eliminados.

Las cortas de mejora cumplen con el propósito asignado a las limpiezas, las cortas de liberación y los aclareos, en aquellos rodales donde estas operaciones silviculturales no se ejecutaron en su debido momento.

## **Mejoramiento del sitio**

Reciben este nombre ciertos tratamientos intermedios que son dirigidos hacia el acondicionamiento de las características físicas de un determinado lugar, especialmente las edáficas, con miras a obtener una mayor productividad del sitio.

El mejoramiento del sitio depende de los objetivos del manejo forestal. Cuando la finalidad es la producción de madera se recurre a la fertilización e irrigación como acciones efectivas para aumentar la tasa de crecimiento.

Cuando se trata de bosques manejados con fines de recreación, protección de la fauna silvestre y preservación de valores estéticos y culturales, el mejoramiento del sitio puede realizarse a través de plantaciones adecuadas de arbustos o mezclas de árboles.

## **Fertilización**

Es un tratamiento que se le da a un suelo empobrecido y que consiste en la adición de los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas (Cuadro 7.8). La fertilización se ha convertido en uno de los medios más importantes para elevar la productividad agrícola en todo el mundo.

El uso de la fertilización en la producción forestal está comenzando. En casi todos los países desarrollados, se utiliza una dosis media de más de 200 kg de nutrientes por hectárea, mientras que en los países en desarrollo varía en menos de 10 kg por hectárea (Bolivia, Nepal y Etiopía) a 60 kg por hectárea (Kenya, México y Colombia).

NUTRIENTES		
PRIMARIOS	SECUNDARIOS	MICRONUTRIENTES
Nitrógeno (N) Fósforo (P) Potasio (K)	Calcio (Ca) Magnesio (Mg) Azufre (S)	Hierro (Fe) Zinc (Zn) Cobre (Cu) Molibdeno (Mo) Cloro (Cl)

Cuadro 7.8. Principales elementos nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas.

Nota: Datos tomados de Corredor, J. R. (2001).

En la agricultura las repercusiones del uso de fertilización sobre el rendimiento y los beneficios económicos varían considerablemente con las cantidades aplicadas y depende básicamente del suelo, del agua, de las condiciones climáticas, de la variedad del cultivo, del momento de aplicación y del tipo de fertilizante.

La fertilización sigue la ley de los rendimientos decrecientes. La aplicación de cantidades iniciales de fertilizantes a tierras que son carentes de algunos nutrientes, normalmente produce una generosa respuesta en forma de rendimiento adicional. Con aplicación de cantidades adicionales, el rendimiento de los cultivos aumenta significativamente, pero se llega a un punto en que la aplicación de dosis elevadas tiende a disminuir el rendimiento de los cultivos hasta límites no permisibles.

En líneas generales, la productividad o la calidad del sitio de una cierta área es función de diversos factores biológicos (especie, genotipo, densidad, enfermedades) y factores físicos (características físicas y químicas del suelo y la topografía del terreno).

Sin embargo, la productividad real de un sitio puede ser alterada, bien mediante la acción de agentes o procesos negativos, como en el caso de la erosión o el agotamiento del suelo para su real uso o sobreuso, o por tratamientos que tratan de aumentar esa productividad mediante la

modificación positiva o favorable de cualquiera de los factores biológicos o físicos.

PAÍS	CULTIVO	SIN FERTILIZANTES	CON FERTILIZANTES	
		Sin fertilizantes	Mejor tratamiento (1)	Rendimiento
Kilogramos por hectárea				
Ghana	Maíz	1.110	23-23-23	2.010
Indonesia	Arroz	3.830	122-55-0	5.403
Guatemala	Papas	4.510	109-82-50	11.890
Colombia	Tomates	32.800	46-0-43	56.700

Cuadro 7.9. **Ejemplos de reacción de los cultivos a los fertilizantes.**

Nota: Datos tomados de Wierer y Abbot, *Mercadeo de Fertilizantes*, Colección FAO, Roma, 1978, pág. 7.

El aumento de la productividad de un sitio, comúnmente se alcanza mediante la modificación positiva o favorable de cualquiera de los factores biológicos o físicos. La fertilización cumple con tal propósito. Mediante ella se pueden incorporar nutrientes a un suelo para que haya mayor disponibilidad de los elementos indispensables para el crecimiento de las plantas (Cuadro 7.9).

La fertilización requiere conocer básicamente tres cosas:

- La cantidad total de nutrientes necesaria para un sitio;
- La demanda de nutrientes por la vegetación;
- El ciclo de nutrientes dentro del ecosistema.

Todos los tratamientos silvícolas modifican el ecosistema. Algunos en forma relativamente insignificante, pero otros, como la extracción de madera y la preparación del sitio, pueden producir cambios muy significativos en el balance de los nutrientes de determinado lugar.

Por otra parte, cada especie tiene un requerimiento distinto de nutrientes y, en consecuencia, su capacidad de responder ante la aplicación de fertilizantes también es distinta.

Por lo general, la aplicación de fertilizantes se hace con el propósito de acelerar el crecimiento de los árboles. Sin embargo, es necesario recordar que la incorporación de nutrientes a un sistema forestal tiende a producir modificaciones en las cadenas alimenticias y los niveles tróficos del sistema; los ecosistemas son muy complejos y, por ello, resulta muy difícil anticipar el efecto total que produce la aplicación de fertilizantes.

Existen cinco objetivos principales para el uso de la fertilización como instrumento del manejo forestal, según Stone (1973):

- Producción de cantidades cada vez mayores de madera de buena calidad.
- Rápido establecimiento de los bosques, el cultivo más intenso y una posibilidad mayor de elección de especies.
- Reparación, protección e incremento de la cubierta vegetal, como ocurre con los sitios desnudados, quemados o degradados, así como en las áreas muy esquilmadas.
- Garantía de una mayor cantidad de alimentos y refugio para la fauna silvestre.
- Producción de rubros especiales, por ejemplo, arbolitos de navidad.

El incentivo más importante para la fertilización de los bosques es la producción de mayores cantidades de madera en un espacio más reducido. Este incentivo toma cada día mayor importancia debido a que las tierras forestales comerciales existe la tendencia muy acentuada de destinarlas a otros fines especiales. Por ejemplo, producción de alimentos, parques nacionales y áreas sin caminos.

En ciertos lugares de Europa, Estados Unidos (Sur, Costa Noreste del Pacífico), del Noreste de Canadá y del Hemisferio Sur, la fertilización es una práctica común. En esas regiones, el fertilizante más común es el Nitrógeno, aplicado en forma de un granulado de urea, debido a que esta contiene la

mayor proporción de nitrógeno (46 %). Las aplicaciones por lo general, se hacen mediante helicópteros.

Las tasas de aplicación de los elementos comunes N, P y K son por lo común del orden de 50 a 300 kg de elemento activo por hectárea. La urea se aplica en dosis de 200 kg por hectárea. Estas proporciones se han considerado adecuadas para un periodo de al menos cinco a siete años y son suficientes para complementar la cantidad de nutrientes que ya estaba presente en los suelos y satisfacer los requerimientos anuales de los árboles.

Gessel *et al* (1960) citado por Daniels (1982) establece que en el caso del Douglas fir (*Pseudotsuga taxifolia*) los requerimientos son los que aparecen en el cuadro 7.10

NUTRIENTES	REQUERIMIENTO ANUAL (kg/ha)
Nitrógeno (N)	15-60
Fósforo (P)	2-30
Potasio (K)	5-50
Calcio (Ca)	20-100

Cuadro 7.10 **Requerimientos anuales de *Pseudotsuga taxifolia*.**  
Nota: Datos tomados de Gessel *et al* (1960)

Los resultados de la aplicación de fertilizantes son muy variables y van desde respuestas negativas hasta incrementos de crecimiento de 200 a 300 %, según la especie y el sitio. En general se obtiene una mejor respuesta en los sitios de baja calidad, pero en el caso de los sitios de buena calidad, los incrementos de crecimiento son usualmente suficientes para justificar la aplicación de fertilizantes.

La fertilización debe hacerse al principio de la rotación, debido a que en el periodo anterior al cierre del dosel es cuando se tienen los mayores requerimientos de nutrientes en el sitio.

La fertilización tiene efectos sobre el árbol, la masa, la maleza, las poblaciones de insectos, el microclima, el ataque de plagas y enfermedades, la

micorriza, la cantidad y calidad de las corrientes de agua, las poblaciones de peces y algas y la generación de procesos eutotróficos.

## **Irrigación**

La irrigación de los bosques o plantaciones forestales no es una práctica muy común; por ejemplo, se emplea en Italia en el caso especial del *Populus spp.* En los últimos años se ha pensado emplear aguas residuales, cuya eliminación es una necesidad ambiental, para regar bosques plantados. Se trata de cumplir con un doble interés: riego y fertilización, aprovechando el hecho de que los desechos industriales pueden ser ricos en nutrientes.

En el Sur de Estados Unidos ya se han venido realizando experimentos con el propósito de indagar sobre la máxima cantidad de agua residual que puede ser utilizada, sin que aparezcan los efectos nocivos para la estructura de la comunidad vegetal.

Hasta el momento, las perspectivas son satisfactoras; sin embargo, el hecho de que las fuentes de aguas de desperdicio estén relativamente muy distanciadas de los bosques o plantaciones, hace prohibitiva su utilización desde el punto de vista económico.

No obstante, el aumento de la demanda de madera y energía puede hacer que la utilización de las aguas de desecho sea con fines de riego en el futuro, cuando su uso sea rentable económicamente.

## **Quema prescrita**

La quema prescrita es una práctica silvicultural común en muchas partes del mundo y se utiliza cada vez más para el control de la vegetación del

sotobosque lo cual faculta al forestal para controlar algunas especies animales, hongos, insectos y agentes patógenos.

Es una herramienta de trabajo muy útil que requiere gran habilidad técnica para garantizar que el fuego se extienda a nivel del sotobosque (rastrero), sin que llegue a alcanzar una excesiva intensidad como para convertirse en un incendio de copas, que pueda afectar la capacidad productiva de los árboles del sitio (Figura 7.12).



**Figura 7.12 Aplicación de una quema prescrita con el uso controlado de fuego, para reducir la vegetación bajo unas condiciones específicas.**

Nota: Datos tomados de <https://novaciencia.es/quemas-prescritas-en-almeria/>

## Bibliografía

- Agroterra. (sf). Especies de *Aspergillus niger* si tienen la capacidad de infectar el maíz. <https://blog.agroterra.com/actualidad/especies-de-aspergillus-niger-si-tienen-la-capacidad-de-infectar-el-maiz/24039/>
- Antonio Solera Asamblea RM. (2015, abril). Propuestas de reducción de la problemática y/o adaptación a la biodiversidad terrestre. <https://antoniosolerasamblearm.wordpress.com/2015/04/30/propuestas-de-reduccion-de-la-problematika-yo-adaptacion-biodiversidad-terrestre/>
- Banister, J. y Pyttel, P. (2010). **Silvicultura cercana a lo natural (SCN): ¿Una nueva visión para el sector forestal chileno?** *Bosque Nativo* 46, 26-34.
- Biblioteca Stihl. (sf). Stihl. <http://www.biblioteca.stihl.com.ar>
- Bio Apuntes. (sf). Apuntes. <http://bioapuntes.cl>
- Biodiversidad Alfa, Beta y Gama. (2019). *Biocurso UNAM*. <http://biocoursounam.blogspot.com/2019/03/biodiversidad-alfa-beta-y-gama.html>
- Biodiversidad. (sf). *Universidad de La Coruña*. [http://www.udc.es/dep/bave/jfreire/pdf.../2\\_Biodiversidad%20\(1\).pdf](http://www.udc.es/dep/bave/jfreire/pdf.../2_Biodiversidad%20(1).pdf)
- Biota. (2008, marzo). Victoria alada de los murciélagos en Panamá. <https://biota.wordpress.com/2008/03/09/victoria-alada-de-los-murcielagos-en-panama/>
- Bioteoria. (2015, Octubre). Sucesión ecológica. <https://bioteoria.wordpress.com/2015/10/18/ecological-succession/>
- B-log-ia20*. (2015, junio). Estructura y dinámica de los ecosistemas. <http://b-log-ia20.blogspot.com/2015/06/estructura-y-dinamica-de-los-ecosistemas.html>

## BIBLIOGRAFÍA

- Brünig, E. (1968). Fisonomía de la estructura del rodal y factores ambientales en algunos bosques de tierras bajas de Sarawak. *Ecología Tropical*, 9 (1), 26-43.
- Bulhufas. (sf). Consejos básicos sobre la poda. <http://www.bulhufas.es>
- Caine, SA, y Castro, GM de O. (1956). Application of some Phytosociological techniques to Brazilian Rain Fores. *American Journal of Botany*, 43 (3), 205-207.
- Campbell, N.A. and Reece, J.B. (2005) *Biology*. Benjamin Cummings, San Francisco.
- Campbell, NA y Reece, JB (2005). *Biología*. Pearson Educación.
- Carass, A., Roy, S., Gherman, A., Reinhold, J. C., Jesson, A., et al. (2020). Evaluating White Matter Lesion Segmentations with Refined Sørensen-Dice Analysis. *Scientific Reports*, 10(1), 8242. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64803-w>
- Chugani, V. (2025). *How to calculate and interpret the Berger-Parker index*. <https://www.statology.org/how-to-calculate-interpret-berger-parker-index/>
- Ciclo del nitrógeno. (sf). *Ecología y Ambiente José y María*. [http://ecologiayambientejoseymaria.epizy.com/ciclo\\_del\\_nitrgeno.html](http://ecologiayambientejoseymaria.epizy.com/ciclo_del_nitrgeno.html)
- Codina, J. (2003). El índice de Hart-Becking y su justa medida. Ediciones *Aula Silvicultura*.
- Collier, BD, Cox, GW, Johnson, AW y Miller, PC (1973). *Ecología dinámica*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Corredor T., JR. (1995). *Plan de Ordenación y Manejo Forestal de la Unidad C-3 (120.000 ha), Capítulo de Silvicultura. Reserva Forestal de Imataca. Estado Bolívar*.
- Corredor T., JR. (2001). *Silvicultura Tropical*. Mérida, Venezuela: Universidad de Los Andes, Consejo de Publicaciones, Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico.

- Corredor, T., J. R. (1987). *Estudios silviculturales sobre la estructura y composición de una formación arbórea secundaria del bosque "El Caimital" (Distrito Obispos, Estado Barinas)* (Trabajo de ascenso). Universidad de Los Andes, Escuela de Ingeniería Forestal.
- Correo Huffington*. (sf). Estos son los árboles que dan sombra y sus raíces levantan el suelo. <https://www.huffingtonpost.es/life/estos-son-arboles-dan-sombra-raices-levantan-suelobr.html>
- Cosas Verdes. (sf). <http://www.cosasverdes.es>
- Cown, DJ (1981). Densidad de la madera de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* cultivada en Fiji. *Revista de Ciencias Forestales de Nueva Zelanda*, 11, 244-253.
- Cown, DJ y Kibblewhite, RI (1980). Efectos de la variación en la calidad de la madera de pino radiata de Nueva Zelanda en las propiedades del papel kraft. *Revista de Ciencias Forestales de Nueva Zelanda*, 10 (3), 521-532.
- Craib (1939), Thining, pruning and management studies on the main exotic conifers grown in South Africa. Dept. of Agric. And Forestry Sc Bull N° 196. Pretoria, Union of South Africa Govt. Printer. 179 pp
- Craib, I. J. (1934). *The Silviculture of the Indigenous Trees of the South African Forests*. Union of South Africa, Department of Forestry.
- Cruz, G., Bravo, R. y Anguita, F. (2009). *Silvicultura para el uso industrial Quillay. Informe Gestión 2007. Descripción y Resultados*. Convenio CONAF VI.
- Curtis, J. T., & McIntosh, R. P. (1951). An upland forest continuum in the Prairie-Forest Border Region of Wisconsin. *Ecology*, 32(3), 476-496.
- Daniels, PW, Helms, JA y Baker, F. (1982). *Principios de silvicultura* (R. Elizondo Mata, Trad.). McGraw-Hill.
- Dawkins, H. (1963). Diámetros de copa: Su relación con el diámetro del fuste en árboles de bosques tropicales. *Commonwealth Forestry Review*, 42, 318-333.

## BIBLIOGRAFÍA

- De Jovellanos, G. M. (1795). Informe sobre la Ley Agraria | Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes [https://www.cervantesvirtual.com/obra-visor/informe-sobre-la-ley-agraria--0/html/fedbbe9c-82b1-11df-acc7-002185ce6064\\_6.html](https://www.cervantesvirtual.com/obra-visor/informe-sobre-la-ley-agraria--0/html/fedbbe9c-82b1-11df-acc7-002185ce6064_6.html)
- Díaz, P., WA (2007). Composición florística y estructura de bosques en los asentamientos campesinos Las Delicias, El Guamo y El Lechosal, Estado Bolívar, Venezuela. *Ernstia*, 17 (1), 1-24.
- Ecología 6. (sf). <http://ecologia6.blogspot.com>
- Ecología Verde. (sf). <https://ecologiaverde.com/>
- Ecosistemas acuáticos y terrestres. (sf). *Didactalia*.  
<https://didactalia.net/comunidad/materialeducativo/recurso/ecosistemas-acuaticos-y-terrestres-actividades/2f49008e-0fd5-4d49-96bb-b8d69dae17ef>
- Edis. (sf). *Extensión IFAS*. <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/IN614>
- El ciclo del agua. (sf). *Ecología y Ambiente José y María*.  
[http://ecologiayambientejoseymaria.epizy.com/el\\_ciclo\\_del\\_agua.html](http://ecologiayambientejoseymaria.epizy.com/el_ciclo_del_agua.html)
- El ciclo del carbono. (sf). *Compartir diapositivas*.  
<https://es.slideshare.net/slideshow/el-ciclo-del-carbono-25819403/25819403>
- El depredador y su presa. (2011). *Ligeo*. <https://www.lygeum.es/2011/08/17/el-depredador-y-su-presa/>
- El muérdago -Álbum de Viscum-. (sf). *Flores y Plantas*.  
<https://www.floresyplantas.net/el-muerdago-viscum-album/>
- El salto del gran tiburón blanco. (2016). *Protejamos las maravillas del mar*.  
<http://protejamoslasmaravillasdelmar.blogspot.com/2016/01/el-salto-del-gran-tiburon-blanco.html>
- Emberger, L. (1950). Un proyecto de clasificación de los climas del punto de vista fitogeográfico. *Boletín de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, 77, 97-124.

- Escuela de Ingeniería Forestal. (1979). *Resúmenes sobre las normas y aplicación práctica del método de clareo de Hart-Becking en parcelas permanentes de rendimiento*. Mérida: s/e. 1980
- Exclusión competitiva. (sf). *Todo lo que necesitas es biología*. <https://allyouneedisbiology.wordpress.com/tag/exclusion-competitiva/>
- Finol U., H. (1980). *Estructura y composición de los principales tipos de selvas venezolanas*. Universidad de Los Andes. Escuela de Ingeniería Forestal. Oficina de Publicaciones.
- Finol U., H., & Corredor T., JR (1979). *Apuntes sobre Sistemas Silvícolas*. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Oficina de Publicaciones. (Documento mimeografiado). Mérida, Venezuela.
- Finol, H. (1980). *Estructura y composición de los principales tipos de selvas venezolanas*. Mérida, Venezuela: Oficina de Publicaciones. Universidad de Los Andes, Escuela de Ingeniería Forestal
- Fisher, A. S., Corbet, C. B., & Williams, C. B. (1943). The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *The Journal of Animal Ecology*, 12(1), 42-58. <http://www.jstor.org/stable/1411>
- Flickr. (sf). Climate neutral certified. <http://flickr.com>
- Fors y Reyes, A. J. (1974). *Manual de Silvicultura*. Ministerio de Agricultura. La Habana, Cuba.
- Fuente, P. (2000). *Diccionario de Botánica*. Ediciones Península, Barcelona.
- Gamborg, C., & Larsen, J. B. (2002). 'Back to nature'—a sustainable future for forestry? *Forest Ecology and Management*, 179(1-3), 559-571. [https://doi.org/10.1016/s0378-1127\(02\)00553-4](https://doi.org/10.1016/s0378-1127(02)00553-4).
- Gamborg, C., y Larsen, J. B. (2003). Regreso a la naturaleza: ¿un futuro sostenible para la silvicultura? *Ecología y gestión forestal*, (179), 559-571.
- García C., J. R. (1979). *Resúmenes sobre las normas y la aplicación práctica del método de clareo de Hart-Becking en parcelas permanentes de*

## BIBLIOGRAFÍA

- rendimiento*. Escuela de Ingeniería Forestal, Universidad de Los Andes. (Material mimeografiado).
- García, J. (1979). *Técnicas intermedias en plantaciones forestales*. Mérida, Venezuela: Oficina de Publicaciones. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Ambientales y Forestales.
- García, J. L. y Tella Ferreiro, G. (1986). Índice de Hart y Becking en plantaciones de *Pinus silvestris*. [http://www.forestales.net/archivos/forestal/pdfs/24/índice\\_Hart\\_Becking.htm](http://www.forestales.net/archivos/forestal/pdfs/24/índice_Hart_Becking.htm)
- García, J. L. y Tella Ferreiro, G. 1986. *Índice de Hart y Becking en plantaciones de Pinus silvestris*. [http://www.forestales.net/archivos/forestal/pdfs/24/índice\\_Hart\\_Becking.htm](http://www.forestales.net/archivos/forestal/pdfs/24/índice_Hart_Becking.htm)
- Gessel, SP, Cole, DW y Packard, RF (1960). Nutrición mineral y crecimiento del abeto Douglas en relación con la fertilización nitrogenada. *Forest Science*, 6 (1), 78-86.
- Gobierno de México. (2016). Ficha técnica *Cuscuta* spp. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/134085/Ficha\\_Tecnica\\_Cuscuta\\_spp\\_Final\\_Versión\\_12-01-2016\\_Corr.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/134085/Ficha_Tecnica_Cuscuta_spp_Final_Versión_12-01-2016_Corr.pdf)
- Goldstein, RA y Grigal, DF (1972). Definición de la estructura de la vegetación mediante análisis canónico. *Journal of Ecology*, 62 (2), 277-284.
- Golley, FB, McGinnis, JT, Clements, RG, Child, GY y Duever, MJ (1969). Estructura del bosque tropical en Panamá y Colombia. *BioScience*, 19 (8), 693-696.
- Gómez M., J. (2005). La Ciencia forestal: del rendimiento sostenido a la gestión sostenible. En *IV Congreso Forestal Español*. Zaragoza.
- Greis Micorrizas. (sf). La importancia de las micorrizas. <https://greis-micorrizas.blogspot.com>
- Greulach, V. y Adams, JE (1976). *Las plantas, Introducción a la Botánica Moderna*. Limusa.

- Grubb, PJ, Lloyd, JR, Pennington, TD y Whitmore, TCA (1963). Comparación de los bosques lluviosos de montaña y de tierras bajas en Ecuador. I. Estructura, fisonomía y florística del bosque. *Journal of Ecology*, 51 (3), 567-599.
- Gutiérrez Sánchez, L. (1998). Matemáticas para las ciencias naturales. En *Sociedad Matemática Mexicana*. México, págs. 529-550.
- Harcharik, DA y Kunkle, SH (1976). Plantaciones forestales para la rehabilitación de tierras erosionadas. En *Lecturas, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*. Roma.
- Harris, J. M., McConchie, D. I.; and Povey, W. A. (1978). Wood properties of clonal radiata pine grown in soil with different levels of available nitrogen, phosphorus and water, N. Z. J. For. Sci. (8), 417-430.
- Harris, JM, McConchie, DI, y Povey, WA (1978). Propiedades de la madera de pino radiata clonal cultivado en suelo con diferentes niveles de nitrógeno, fósforo y agua disponibles. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 8, 417-30.
- Hawley, RC y Smith, DM (1972). *Silvicultura práctica* (J. Terradas, Trad.; 6a ed.). Omega.
- Hazen, W. (1966). Analysis of spatial pattern in epiphytes. *Ecology*, 47(4), 634-635. <https://doi.org/10.2307/1933943>
- Hazen, William E. (1966). Análisis del patrón espacial en epífitas. vol. 47 (634-635). <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:84480160>
- Hernández Ramírez, M. (2001). Unidad III: Silvicultura y manejo integral de los recursos forestales (Notas preliminares. Segundo borrador). [https://prepa.chapingo.mx/wp-content/uploads/2023/03/unidad\\_iii.pdf](https://prepa.chapingo.mx/wp-content/uploads/2023/03/unidad_iii.pdf).
- Herrera López, C. (s.f.). *Índice de Pielou*. Prezi. <https://prezi.com/es/>
- Holmberg, LE (1952). *Botánica elemental*. Cabaut y Cía., Editores.
- Instituto de Silvicultura, Universidad de Los Andes. (1972). *Informe preliminar sobre algunos resultados de un censo sobre regeneración natural y árboles portagranos, realizado en el Bosque Experimental "El Caimital" (Estado Barinas, Venezuela)*. Mérida, Venezuela: s/e.

## BIBLIOGRAFÍA

- IPCC (2001). J. T. Houghton et al. ed. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge: Cambridge University Press.  
[http://www.grida.no/climate/ipcc\\_tar/wg1/index.htm](http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/index.htm).
- IPCC (2007). Pachauri, R.K. y Reisinger, A. ed. *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Ginebra: Cambridge University Press. [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_sp.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf).
- IPCC. (2001). *Cambio climático 2001: La base científica*. Cambridge University Press. [http://www.grida.no/climate/ipcc\\_tar/wg1/index.htm](http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/index.htm)
- IPCC. (2001). *Clima 2001, la base científica. Resumen técnico del Informe del Grupo de Trabajo I*. Secretaría de la Convención sobre el Cambio Climático.
- IPCC. (2007). *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Prensa de la Universidad de Cambridge. Recuperado de [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_sp.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf)
- Johnson, N. L., Kemp, A. W., & Kotz, S. (2005). Poisson Distribution. En: *Univariate Discrete Distributions* (3.<sup>a</sup> ed., pp. 156-207). John Wiley & Sons, Inc. [http://lib.yzu.am/open\\_books/417876.pdf](http://lib.yzu.am/open_books/417876.pdf)
- Jones, EP (1975). Aclareo precomercial de pinos de Tajo y de Palo Santo. *Estación Experimental Forestal del Sureste, Servicio del USDA*.
- Jones, EW (1955). Estudios ecológicos en la selva tropical del sur de Nigeria. IV. El bosque de meseta de la Reserva Forestal de Okomu. Parte 1. El entorno, los tipos de vegetación del bosque y la distribución horizontal de las especies. *Journal of Ecology*, 43, 564-594.
- Kimmins, J (1997). Biodiversidad y su relación con la salud y la integridad de los ecosistemas. *Crónica del bosque*, 73, 229-232.  
<https://doi.org/10.5558/tfc73229-2>
- King, KES (1965). El uso de arboricidas en el manejo de la alta montaña tropical. *Turrialba*, 15 (1), 35-39.

- Klepac, D. (1983). *Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales*. (2a ed.). Universidad Autónoma Chapingo.
- Knutti, R. y Hegerl, G. (2008). The equilibrium sensitivity of the Earth's temperature to radiation changes (in english), *Nature Geoscience* 1 (11): 735-743,  
<http://www.iac.ethz.ch/people/knuttir/papers/knutti08natgeo.pdf>
- Knutti, R., y Hegerl, GC (2008). Sensibilidad de equilibrio de la temperatura terrestre a los cambios de radiación. *Nature Geoscience*, 1 (11), 735-743. <https://doi.org/10.1038/ngeo337>  
<http://www.iac.ethz.ch/people/knuttir/papers/knutti08natgeo.pdf>
- Lamprecht, H. (1962). *Resúmenes de silvicultura II (Apuntes de clase, Sistemas Silviculturales y Tratamientos Intermedios)*. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Escuela de Ingeniería Forestal. (Material mimeografiado).
- Lamprecht, H. (1964). (a). *Resúmenes de Silvicultura II (Apuntes de clase)*. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. Venezuela.
- Lamprecht, H. (1964). (b). *Apuntes de Silvicultura (Estructura y Composición, Crecimiento)*. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Escuela de Ingeniería Forestal, Oficina de Publicaciones. (Material mimeografiado).
- Lamprecht, H. (1990). *Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido*. Omega.
- Larson, PR (1969). Formación de la madera y el concepto de calidad de la madera. *Universidad de Yale: Boletín de la Escuela de Silvicultura*, 74, 54.
- Le Treut, H. (1997). Clima: por qué los modelos no están equivocados. *Mundo Científico*, 181, 662-667.  
<http://www.tecnun.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/10CAtm1/359A rtMod2.htm>
- Le Treut, H. (1997). Clima: por qué los modelos no están equivocados, *Mundo Científico* (181), pp. 662-667,

## BIBLIOGRAFÍA

<http://www.tecnun.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/10CAtm1/359ArtMod2.htm>

Lean, JL, y Rind, DH (2008). Cómo las influencias naturales y antropogénicas alteran las temperaturas superficiales globales y regionales: 1889 a 2006. *Geophysical Research Letters*, 35, L18701. <https://doi.org/10.1029/2008GL034864>  
<http://www.leif.org/research/LeanRindCauses.pdf>

Lean, Judith L.; Rind, David H. (2008). How natural and anthropogenic influences alter global and regional surface temperatures: 1889 to 2006 (in english), *Geophysical Research Letters* 35: L18701, <http://www.leif.org/research/LeanRindCauses.pdf>

Leibundgut, H. (1981). *Wirkungen des Waldes auf die Umwelt des Menschen*. Editorial Rentsch.

Leython Chacón, S., & Ruiz-Zapata, T. (2006). Leguminosae de un bosque estacional, La Trilla, Parque Nacional “Henri Pittier”, Estado Aragua, Venezuela.  
[https://www.researchgate.net/publication/262737622\\_Leguminosae\\_de\\_un\\_bosque\\_estacional\\_La\\_Trilla\\_Parque\\_Nacional\\_Henri\\_PittierEstado\\_Aragua\\_Venezuela](https://www.researchgate.net/publication/262737622_Leguminosae_de_un_bosque_estacional_La_Trilla_Parque_Nacional_Henri_PittierEstado_Aragua_Venezuela).

Leython, S. y Ruiz Z., T. (2006). Caracterización florística y estructural de un bosque estacional en el sector la Trilla, Parque Nacional Henri Pittier, Estado Aragua, Venezuela. *Acta Bot. Venez.*, 29 (2). [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_abv/article/view/797](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_abv/article/view/797)

Leython, S. y Ruiz Z., T. (2006). Caracterización florística y estructural de un bosque estacional en el sector la Trilla, Parque Nacional Henri Pittier, Estado Aragua, Venezuela. *Acta Bot. Venezuela*, 29(2), Caracas. [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_abv/article/view/797](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_abv/article/view/797)

Lifeder. (s.f.). *¿Qué es el índice de Shannon y para qué sirve?* Lifeder. <https://www.lifeder.com/indice-de-shannon/>

Long, JN (1985). Productividad de los bosques de coníferas occidentales. *Universidad de Yale: Boletín de la Escuela de Silvicultura*, 28.

- Long, JN, y Shaw, JD (2005). *Diagrama de manejo de la densidad para rodales de pino ponderosa de la misma edad*. *Western Journal of Applied Forestry*, 20 (4), 205-215.
- Luckhoff, HA (1964). Distribución natural, crecimiento y variación botánica de *Pinus caribaea* y su cultivo en Sudáfrica. *Anales de las Universidades de Van Stellenbosch*, 39 (1), Serie A, 153.
- Maderey R., LE (2005). *Principios de Hidrogeografía Estudio del Ciclo Hidrológico*. Universidad Autónoma de México.
- Madrigal, A. (1994). *Ordenación de Montes Arbolados*. Editorial ICONA.
- Magurran, A. (2001). *Diversidad ecológica y su medición*.  
[http://www.humboldt.org.co/humboldt/homeFiles/inventarios/GEMA\\_PRELIMINARES\\_2ED.pdf](http://www.humboldt.org.co/humboldt/homeFiles/inventarios/GEMA_PRELIMINARES_2ED.pdf)
- Magurrán, AE (1989). *Diversidad ecológica y su medición*. Editorial Vedra.
- Malleux O., J. (1974). Análisis de dispersión de 10 especies forestales de un Bosque Húmedo Tropical. *Revista Forestal del Perú*, 5(1-2), 1-12.  
DOI: <https://doi.org/10.21704/rfp.v5i1-2.1094>
- Malleux, J. (1969). Análisis de dispersión de 10 especies forestales de un bosque húmedo tropical. *Revista Forestal del Perú*, 5 (1-2), 55-56.
- Manahan, SE (2006). *Introducción a la química ambiental*. Editorial Reverté.
- Margalef, R. (1968). *Perspectivas en teoría ecológica*. University of Chicago Press.
- Margaleff, R. (1998). *Ecología*. Ediciones Omega, SA.
- Márquez, J. y Márquez, O. (1986). *Estudios sobre el crecimiento del *Decusocarpus rospigliosii* (Pino laso), plantado en fajas de enriquecimiento en el Bosque de La Carbonera, "San Eusebio"*. (Tesis de grado no publicada). ULA, Facultad de Ciencias Forestales, Mérida, Venezuela.
- Masón, J. (1915). Estudio sobre el crecimiento de bosques templados. *Revista de Silvicultura*, 13 (2), 123-145.

## BIBLIOGRAFÍA

- McGinnis, WG (1974). Relación entre el índice de frecuencia y la abundancia aplicada a poblaciones de plantas en una región semiárida. *Ecología*, 15, 263-284.
- Meyer, HA (1952). Estructura, crecimiento y drenaje en bosques equilibrados de edad desigual. *Journal of Forestry*, 50 (2), 85-92.
- Mitchell, CP (1972). *Silvicultura Práctica*. Omega.
- Molisch, H. (1937). *Der Einfluss eine Pflanze auf die andere: Allelopathie*. Gustav Fischer.
- Monge-Nájera, J. (2002). *Biología General*. Editorial Eune.
- Moraes Ferreira, C., Finegan, B., Kanninen, M., Delgado, LD y Segura, M. (sf). Composición florística y estructura de bosques secundarios en el municipio de San Carlos, Nicaragua. *Revista Forestal Centroamericana*.  
<http://web.catie.ac.cr/informacion/RFCA/rev38/ct7.pdf>
- Morisita, M. (1959). La medición de la dispersión y el análisis de los patrones de distribución. *Memorias de la Facultad de Ciencias, Universidad de Kyushu, Serie E. Biología*, 2, 215-235.
- Morisita, M. (1959). Measuring of the dispersion and analysis of distribution patterns. *Memoires of the Faculty of Science, Kyushu University, Series E Biology*, 2, 215-235.
- Nicholls, JWP, Dadswell, HE y Fielding, JM (1964). Heredabilidad de las características de la madera de *Pinus radiata*. *Silvae Genética*, 13 (3), 68-71.
- Novaciencia. (sf). Quemadas prescritas en Almería.  
<https://novaciencia.es/quemas-prescritas-en-almeria/>
- Odum, EP (1971). *Ecología* (C. Gerhard Ottenwaelder, Trad.; 3a ed.). Editorial Interamericana.
- Oficina de Publicaciones, Facultad de Ciencias Forestales, ULA. (1964). *Apuntes de Silvicultura (Resúmenes)*. Mérida, Venezuela: Guía de estudio s/e.

- Ogawa, H., Yoda, K., Ogino, K. y Kira, T. (1965). Estudios ecológicos comparativos de tres tipos principales de vegetación forestal en Tailandia II. Biomasa vegetal. *Naturaleza y vida en el Sudeste Asiático*, 4, 49-80.
- Ogawa, K., Yoda, K., Ogino, T., & Kira, T. (1965). Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. *Nature and Life in Southeast Asia*, 4, 13-48.
- Oosting, HJ (1951). *Ecología vegetal*. Aguilar de Ediciones.
- Orellana Lara, J. (2009). *Determinación de índices de diversidad florística arbórea en las parcelas permanentes del valle de Sacta*. Tesis de grado para Técnico Superior Forestal, Universidad Mayor de San Simón.
- Oreskes, N. (2004). Beyond the Ivory Tower. The Scientific Consensus on Climate Change (en inglés), *Science* 306(5702), pp.1686. <http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/306/5702/1686>
- Oreskes, N. (2004). Más allá de la torre de marfil. El consenso científico sobre el cambio climático. *Science*, 306 (5702), 1686. <https://doi.org/10.1126/science.1103618>  
<http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/306/5702/1686>
- Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación. 2021. Roma. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020 - Informe principal. <https://doi.org/10.4060/ca9825es>.
- Pérez-López, F. J., & Sola-Fernández, F. (1993). *DIVERS: Programa para el Cálculo de los Índices de Diversidad (programa informático en línea)*. <http://perso.wanadoo.es/jp-11/descargas.htm>
- Pielou, E. (1969). *An Introduction to Mathematical Ecology*. Wiley Interscience. New York, EE.UU. <http://rev-inv-ope.univ-paris1.fr/files/26205/IO-26205-9.pdf>
- Pielou, EC (1966). Medición de la diversidad en diferentes tipos de colecciones biológicas. *Revista de Biología Teórica*, 13, 131-144.
- Pielou, EC (1969). *Introducción a la ecología matemática*. Wiley Interscience. <http://rev-inv-ope.univ-paris1.fr/files/26205/IO-26205-9.pdf>

## BIBLIOGRAFÍA

- Pla, L. (2006). Biodiversidad: inferencia basada en el Índice de Shannon y la Riqueza. *Interciencia*, 31(8), 583-590.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33911906>
- Reineke, L. H. (1933). Perfeccionamiento de un índice de densidad de masas para bosques de la misma edad. *Journal of Agricultural Research*, 46, 627-638.
- Richards, P. W. (1952). *La selva tropical: Un estudio ecológico*. Cambridge University Press.
- Richards, PW (1939). Estudios ecológicos de la selva tropical del sur de Nigeria. Estructura y composición florística de los bosques primarios. *Journal of Ecology*, 27, 1-61.
- Rodríguez Sánchez, J. R. (1969). *Características papeleras de 101 especies de la Guayana venezolana*. Ministerio de Agricultura y Cría/Universidad de Los Andes, LABONAC.
- Roe, G. y Baker, M. (2007). Why Is Climate Sensitivity So Unpredictable?. *Science* 318 (5850), pp. 629-632.  
<http://dx.doi.org/10.1126/science.1144735>
- Roe, GH, y Baker, MB (2007). ¿Por qué es tan impredecible la sensibilidad climática? *Science*, 318 (5850), 629-632.  
<https://doi.org/10.1126/science.1144735>.
- Rollet, B. (1967). *Inventario Forestal de la Guayana Venezolana. Informe 3*. Ministerio de Agricultura y Cría.
- Schnellhuber, Hans Joachim (2008), Global warming: Stop worrying, start panicking?. *PNAS* 105 (38), pp. 14239-14240.  
<http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0807331105>
- Schnellhuber, HJ (2008). Calentamiento global: ¿Dejar de preocuparse y entrar en pánico? *PNAS*, 105 (38), 14239-14240.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.0807331105>  
<http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0807331105>.
- Schnur, GL (1937). *Tablas de rendimiento, densidad y volumen para bosques de robles de tierras altas de edad uniforme*. USDA Tech.

- Shaw, EW, y Staebler, GR (1952). Análisis de las inversiones en poda. *Journal of Forestry*, 50, 819-823.
- Shepherd, KR (1986). *Silvicultura de plantaciones*. Editorial Martinus Nijhoff.
- Smith, DM (1972). *La evolución continua de las prácticas silvícolas*. *Journal of Forestry*, 70, 89-92.
- Smith, LR (2001). *Ecología*. Pearson Educación.  
<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/449/44954228.pdf>
- Sorensen, T. (1948). *Un método para establecer grupos de igual amplitud en sociología vegetal basado en la similitud del contenido de especies y su aplicación al análisis de la vegetación en los terrenos comunales daneses*. Ed. Munksgaard.
- Statologos®. (2025). Una explicación simple del índice de similitud de Jaccard. Statologos. <https://statologos.com/jaccard-similaridad/>
- Stone, EC (1973). *Ecología de los suelos forestales*. Prensa Académica.
- Taylor, CJ (1960). *Sinecología y silvicultura en Ghana*. Universidad del Colegio de Ghana.
- Troup, RS (1952). *Sistema silvícola*. Oxford University Press.
- UNESCO/CIFCA. (1980). *Ecosistemas de los bosques tropicales: informe sobre el estado de conocimientos*. Paris, Madrid. Colección Investigaciones sobre los recursos naturales. 771 p., illus.
- Universidad Politécnica de Madrid. (2001). *Apuntes de Silvicultura*.  
Fundación Conde del Valle de Salazar.  
[https://distritoforestal.es/images/Apuntes\\_de\\_Silvicultura\\_completo\\_2011.pdf](https://distritoforestal.es/images/Apuntes_de_Silvicultura_completo_2011.pdf)
- Veillon, JP (1957). Primeros resultados de la medición del crecimiento de bosques naturales venezolanos. *Boletín del Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación*, (2), Universidad de Los Andes, Talleres Gráficos Universitarios.

## BIBLIOGRAFÍA

- Veillon, JP (1985). El crecimiento de algunos bosques naturales de Venezuela en relación con los parámetros del medio ambiente. *Revista Forestal Venezolana*, 19 (29), 123.
- Walther, G.-R., Post, E., Convey, P. y otros. (2002). Respuestas ecológicas al cambio climático reciente. *Nature*, 416 (6879), 389-395. <https://doi.org/10.1038/416389a> <http://dx.doi.org/10.1038/416389a>.
- White, HN, Jr. (1963). Variación de la estructura del rodal correlacionada con la altitud en la Sierra de Luquillo. *Caribbean Forester*, 24 (1), 46-52.
- Wierer, P. y Abbot, R. (1978). *Mercado de Fertilizantes*. FAO.
- Williams, W. (1964). *Principios genéticos y mejoramiento vegetal*. Guillermo Clowes.
- Wood, GB, y Siemon, GR (1981). Efecto del aclareo en las propiedades de la madera de pino radiata. *Australian Forest Research*, 11, 149-159.
- Wyatt-Smith, J. (1960). Tallos por acre y topografía. *Malayan Forester*, 23, 57-58.
- Wyatt-Smith, J. (1963). *Manual de silvicultura malaya para bosques del interior. Historia (parte 1). Factores ambientales (parte 2). Silvicultura y gestión forestal (parte 3)*. Malayan Forester Record, 23, 400 pp.
- Yeom, H. A. (1952). Estimating the time needed for girdling hardwoods. *Journal of Forestry*, 50(484). 484-486.

## **Siglas**

A/A: Ácido / Ácido, fermentación de lactosa y glucosa.

AMK: Agar MacConkey.

AMS: Agar manitol salado.

AMT: Amplificación mediada por transcriptasa.

AN: Agar nutritivo.

APA: Agua peptonada alcalina.

AS: Agar sangre.

AS-Sch: agar sangre base Schaedler.

ATM: Agar thayer-Martin

ATP: Agar telurito de potasio.

AYH: Agar yema de huevo.

BHI: Infusión cerebro corazón.

BE: Agar bilis-esculina.

CH: Agar chocolate.

CIN: Agar Cefsuldin-Irgasan-Novobiocina.

CLED: Agar Cistina-Lactosa-Electrolito-Deficiente.

*SIGLAS*

DIU: Dispositivo intrauterino.

DNA-AMP: Agar DAN-ampicilina.

EIA: Enzimoimmunoanálisis.

IFD: Inmunofluorescencia directa.

ITRS: Infecciones del tracto respiratorio superior.

K/A: Alcalino/Ácido, no fermenta la lactosa/fermentación de la glucosa.

MH: Mueller Hinton.

MIO: Agar motilidad-indol-ornitina.

ML: Medio Loeffler.

LCR: Líquido cefalorraquídeo.

LIA: Agar Lisina hierro.

PM: Agar Preston modificado.

PMN: Polimorfonucleares.

PYR: L-pirrodil-beta-naftlamida.

RCP: Reacción en cadena de la polimerasa.

RCL: Reacción en cadena de la ligasa.

SNC: Sistema nervioso central.

SS: Agar Shigella-Salmonella.

SXT: Solución salina fisiológica.

TA: Temperatura ambiente.

TCBS: Agar Tiosulfato-citrato sales biliares.

TH: Caldo Todd Hewitt.

TR: Tracto respiratorio.

TRI: Tracto respiratorio inferior.

TRS: tracto respiratorio superior.

TS: Agar tripticasa soya.

UNG: Uretritis no gonocócica.

VB: Vaginosis bacteriana.

VHS: Virus Herpes Simple.

VPH: Virus Papiloma Humano.

XLD: Agar xilosa-lisina-desoxicolato de sodio.



## Glosario

**Absorción:** Incorporación de sustancias por los organismos. Extracción que realizan las plantas de los elementos minerales del suelo.

**Aclareos comerciales:** Un tipo de tratamiento intermedio que permite obtener ingresos monetarios antes de la cosecha final, aprovechando la madera de los árboles eliminados.

**Aclareos, raleos o clearcuttings:** Tratamientos intermedios aplicados periódicamente a una masa coetánea joven, después de las limpiezas (en bosque natural) o limpiezas (en bosque plantado), y que se repiten hasta el inicio de las cortas de regeneración. Consisten en la tala y extracción de un número conveniente de árboles para dejar en pie una masa residual de los mejores individuos dominantes.

**Agroforestería:** Combinación de cultivos agrícolas y forestales en una misma superficie.

**Agrosilvopastoreo:** Establecimiento de actividades agropecuarias y silviculturales en la misma área.

**Altura comercial media ponderada:** Un promedio de las alturas comerciales de los árboles de un bosque, ajustado para reflejar su importancia relativa (por ejemplo, por su tamaño o volumen).

**Altura comercial:** La altura del fuste (tronco principal) de un árbol hasta el primer defecto que impediría su uso comercial.

**Altura total:** La altura completa de un árbol, desde el suelo hasta la punta.

**Anaerobio:** Microorganismo que no necesita la presencia de oxígeno libre para vivir.

**Anillos de crecimiento:** Estratos o capas concéntricas de tejido leñoso que corresponden a períodos de desarrollo del xilema. Estos anillos se relacionan con la periodicidad del crecimiento diamétrico.

**Área basal total:** La suma de todas las secciones transversales de los fustes (troncos) de los árboles, determinadas por los diámetros medidos a una altura de 1.30 metros del suelo (o por encima de las raíces tabulares si las hay), a partir de un determinado diámetro, distribuidos en rangos o clases diamétricas.

**Área basal:** La superficie de la sección transversal del tronco de un árbol generada por el diámetro a una altura específica (generalmente 1.30 m).

**Asimilación:** El conjunto de procesos que permiten a los vegetales superiores captar, incorporar, transformar y utilizar los nutrientes necesarios para su subsistencia. Involucra la fotosíntesis (en las hojas) y la absorción de elementos (por las raíces).

**Autoecología:** Estudia la ecología de un organismo o especie, individualmente.

**Autotrofo:** Dícese del ser vivo que elabora sus propios alimentos a partir de sustancias inorgánicas simples. Las plantas con clorofila utilizan la luz solar para sintetizar los glúcidos y, posteriormente, las proteínas y los lípidos.

**Biocenosis:** La colectividad de seres vivos (animales y plantas) que habitan en una unidad de medio ambiente. Se divide en Zoocenosis (colectividad animal) y Fitocenosis (colectividad vegetal).

**Bioma:** Comunidad de seres vivos que viven en regiones naturales de gran amplitud, determinadas por el clima y la naturaleza del mundo físico. Presenta un aspecto particular distintivo, con una fauna y una flora asociada, propia.

**Bosque Antropógeno:** Masa forestal cuya composición florística ha sido determinada indirectamente por actividades humanas.

**Bosque mixto (heterogéneo):** Un bosque constituido por varias especies diferentes.

**Bosque puro (homogéneo):** Un bosque compuesto predominantemente por una sola especie. Se considera puro si al menos el 90% de sus árboles pertenecen a esa especie.

**Bosque:** Extensión de terreno densamente poblada de árboles, establecidos de forma natural o plantados por el hombre.

**Brinzal:** Término que designa a los arbolitos con un diámetro a la altura del pecho (DAP) inferior a 10 cm. Es la etapa inicial del desarrollo de un árbol, .

**Cadena trófica o cadena de alimentos:** Secuencia que sigue la energía en los seres vivos de un ecosistema, desde su obtención hasta su transferencia.

**Calentamiento global:** Término utilizado para describir el aumento de la temperatura media global de la atmósfera terrestre y de los océanos. Está directamente asociado al cambio climático y es causado por un incremento del efecto invernadero debido a la acumulación de ciertos gases atmosféricos, principalmente el CO<sub>2</sub>, que atrapan el calor reflejado por la superficie terrestre tras recibir la radiación solar.

**Calidad de vida:** Comúnmente el término es referido al bienestar de las personas, ya sea colectiva o individualmente, así como al estado saludable del medio ambiente donde residen estas personas. Abarca todos los aspectos del medio ambiente que circunda al ser humano. El término es medido a través de los parámetros de libertades para la educación, salud, vivienda, servicios, vestuario, condiciones laborales, recreación, alimentación y ambiente; es decir,

se apoya en el “nivel de vida” y “norma de vida”, traducidas estas como las aspiraciones o esperanzas de una persona y las condiciones de la vida deseada.

**Calidad de sitio:** Disponibilidad de nutrientes existentes en el suelo, agua, aire y energía, indispensables para el establecimiento y crecimiento de las plantas.

**Cambium:** Una capa muy fina de células indiferenciadas y activas que se encuentra entre el leño (madera) y el líber (corteza secundaria) del tronco. Es un meristema secundario.

**Cárcavas:** Corte o cauce, formado por el efecto erosivo de las corrientes de agua, después de lluvias intensas que escurren con rapidez por falta de vegetación protectora.

**Carnívoros:** Animales, o raramente, plantas cuya base alimenticia es la carne.

**Ciclo de cortas o período de recorrido:** El tiempo que transcurre entre dos aplicaciones consecutivas de una corta sobre la misma superficie forestal.

**Clases diamétricas o categorías de grosor:** Intervalos en los que se agrupan los diámetros de los troncos de los árboles para estudiar la estructura diamétrica de un bosque.

**Clímax climática:** La etapa final estable de una sucesión ecológica, donde las comunidades de plantas, animales y microorganismos han sido reemplazadas gradualmente por otras hasta alcanzar un equilibrio. **Comensalismo:** Una relación no permanente ni obligatoria entre dos especies diferentes, en la que una especie se beneficia claramente, mientras que la otra no es afectada (no se beneficia ni se perjudica). Un ejemplo clásico es la relación entre las rémoras y los tiburones.

**Coníferas:** Nombre genérico dado a siete familias botánicas: taxáceas, podocarpaceas, araucariáceas, cefalotaxáceas, pináceas, taxodiáceas y

cupresáceas. Plantas leñosas de grandes dimensiones, con hojas aciculares o escamosas e inflorescencias que reciben el nombre de cono, estróbilo o piña. Abundan particularmente en la Zona Templada septentrional donde forman extensos bosques de gran valor comercial, como pinos, cipreses, araucarias y secuoias.

**Cortafuegos:** Medidas preventivas para evitar la propagación de incendios forestales.

**Crecimiento biológico:** El desarrollo de cualquier organismo u órgano. No se limita solo al aumento de peso o volumen, ya que puede implicar un incremento en estatura sin aumento de peso, o la multiplicación celular sin un cambio de tamaño aparente.

**Crecimiento celular:** El proceso fundamental a partir del cual se genera el desarrollo de un órgano. Comienza con la división celular, donde una célula joven se divide en dos células hijas, de las cuales una conserva las cualidades de la célula madre y la otra crece y se diferencia.

**Crecimiento económico:** Aumento del producto interno bruto (PIB) y del valor intrínseco de la moneda.

**Crecimiento secundario:** Denominación técnica para el crecimiento diametral de los árboles, debido a que es generado por la actividad del cambium (un meristema secundario). que produce líber (hacia afuera, formando la corteza secundaria) y leño o madera (hacia adentro).

**Dasonomía:** Conjunto de ciencias o disciplinas científicas que enseñan el arte de manejar los bosques para que suministren continuamente un máximo de productos, valores, servicios e influencias, sin menoscabar su integridad física. Es una ciencia fáctica y aplicada.

**Densidad o espesura:** Medida cuantitativa de la población de árboles expresada en forma absoluta en términos del número de árboles, del área basal o del volumen, totales por unidad de superficie. Segundo factor más importante, después de la calidad del sitio, para determinar la productividad de un bosque.

**Desarrollo forestal sostenible o sustentable:** Mantenimiento del equilibrio entre la producción de bienes y servicios y la capacidad de las especies de un bosque para reproducir y conservar permanentemente la biodiversidad de la masa forestal.

**Desarrollo sostenible o sustentable:** Aquel desarrollo económico (crecimiento económico) que no compromete la habilidad de generaciones futuras de cumplir con sus necesidades, mientras en el presente se cumple con las nuestras. Sostenible y sustentable son sinónimos. Sin embargo, sostenible es académico, mientras que sustentable es un anglicismo (*sustainable*) preferido en el ambiente político.

**Detritus:** Restos orgánicos de vegetales y animales en descomposición.

**Diversidad florística:** La variedad de especies vegetales existentes en una región o localidad. Se define en base a dos factores clave: el número de especies y la abundancia relativa de cada una de ellas.

**Dominancia absoluta o expansión horizontal:** La proyección horizontal sobre la superficie del suelo del área de la copa de cada árbol. Es difícil de medir en bosques tropicales debido a la interferencia entre las copas.

**Ecología:** Rama de la Biología que estudia la dependencia e interacción entre los organismos vivos (bióticos) y los elementos no vivos o inanimados (abióticos). También se define como el estudio de los ecosistemas.

**Ecosistema:** Unidad funcional que resulta de la interacción constante entre plantas, animales, componentes físicos y elementos químicos de un determinado ambiente. Los organismos en un ecosistema están enlazados por la necesidad vital de alimento.

**Efecto invernadero:** Fenómeno natural por el cual ciertos gases presentes en la troposfera retienen parte de las radiaciones de baja frecuencia reflejadas por la superficie terrestre. Esto provoca un calentamiento similar al que ocurre dentro de un invernadero.

**Elementos abióticos:** Componentes no vivientes o inanimados de un ecosistema (luz solar, agua, suelo, aire, minerales, etc.).

**Emigración:** Salida de individuos de una población.

**Erosión:** Desgaste y transporte de materiales de la superficie terrestre.

Este glosario define términos clave relacionados con la evaluación de la regeneración, la calidad de los árboles y la diversidad florística en un bosque.

**Estructura diamétrica:** Arreglo convencional y relativo de los árboles (mayores de 10 cm de DAP) en clases diamétricas para cada especie dentro del área del levantamiento. Las clases suelen tener una amplitud de 5, 10 o 20 cm, siendo el de 10 cm el más utilizado.

**Fertilización:** Tratamiento que consiste en la adición de nutrientes a un suelo empobrecido para favorecer el crecimiento de las plantas. Es un medio importante para elevar la productividad forestal, aunque es poco utilizado

**Fotosíntesis:** Síntesis de los hidratos de carbono realizada con el concurso de la luz solar como fuente de energía.

**Hábitat:** El lugar físico específico dentro de un ecosistema que posee las condiciones naturales donde una especie vive y a las cuales está adaptada.

**Índice de Valor de Importancia Ampliado (IVIA) y Rango:** valor numérico que trata de resumir que la importancia fitosociológica de cada especie arbórea registrada en un Levantamiento Estructural Numérico y de Regeneración (LENR) ejecutado en un determinado tipo de bosque.

**Inmigración:** Llegada de individuos a una población.

**Irrigación:** La práctica de regar bosques o plantaciones forestales. No es muy común, pero se contempla, por ejemplo, para especies específicas o en proyectos que buscan un doble beneficio, como el uso de aguas residuales ricas en nutrientes para riego y fertilización.

**Latifoliadas:** Árboles de hoja ancha, en contraste con las hojas aciculares (forma de aguja) de las coníferas.

**Latizal:** Etapa de desarrollo del bosque posterior a la de brinzal y varal, donde los árboles han alcanzado un tamaño intermedio.

**Límite de tolerancia:** Nivel máximo o mínimo de determinada condición, factor o concentración que una especie puede soportar sin morir.

**Manejo forestal:** Planificación en el tiempo y en el espacio de los trabajos de aprovechamiento y regeneración de un bosque.

**Mortalidad:** Tasa de muerte en una población.

**Nicho ecológico:** El modo en que un organismo se relaciona con los factores bióticos y abióticos de su ambiente. Incluye todas las condiciones físicas, químicas y biológicas que una especie necesita para vivir y reproducirse en un ecosistema. Es un concepto amplio que abarca el espacio físico ocupado, el papel funcional en la comunidad y la posición en los gradientes ambientales.

**Omnívoro:** Se aplica a los seres vivos que se alimentan de plantas y animales.

**Posición sociológica:** espacio que ocupan las copas de los distintos pies que componen el bosque tipo en su estratificación vertical, medidos a partir de 10 cm DAP.

**Preparación del sitio:** Acciones realizadas para acondicionar un terreno para la plantación.

**Principio del rendimiento sostenido:** Ordenamiento de una propiedad forestal orientada hacia una producción continúa, con el propósito de lograr un equilibrio aproximado entre el crecimiento y la cosecha neta, dentro de periodos anuales o algo más largos.

**Procesos biológicos o fisiológicos:** Mecanismos vitales de los organismos que intervienen en el transporte, uso y almacenamiento de energía y materiales. Incluyen:

**Procesos físicos:** Fenómenos que ocurren en la parte no viviente del ecosistema y que varían la disponibilidad de energía y materiales. Incluyen:

**Quema prescrita:** Práctica silvícola común y creciente que implica el uso controlado del fuego para manejar la vegetación del sotobosque, lo que a su vez ayuda a controlar algunas especies animales, hongos, insectos y agentes patógenos.

**Quemas controladas:** Uso del fuego de manera planificada para el manejo del bosque.

**Radiaciones de baja frecuencia:** Energía en forma de ondas de baja energía, como el calor infrarrojo, emitidas por la superficie terrestre.

**Regeneración natural:** Término convencional que se refiere a todos los individuos de especies arbóreas presentes en el suelo forestal que tienen un

DAP (Diámetro a la altura del pecho) inferior a 10 cm. Su inventario es un complemento importante en el levantamiento estructural numérico.

**Relaciones dendrométricas:** Se refieren a la forma en que ciertas características de los árboles, como la altura total, la altura hasta la base de la copa o la altura comercial, se relacionan con el diámetro del tronco.

**Rendimiento sostenido:** Concepto desarrollado por Georg Hartig, según el cual la cosecha forestal no debe exceder el crecimiento para asegurar un abastecimiento continuo de madera a lo largo de las generaciones.

**Respiración (vegetal):** Absorción del oxígeno atmosférico y expulsión de anhídrido carbónico y agua por parte de un vegetal.

**Riqueza florística:** El número total de especies de cualquier tamaño que habitan en un lugar determinado. A menudo, los inventarios tienden a subestimar este valor en un bosque.

**Rodal:** Una unidad de vegetación o una sección de bosque.

**Silvicultura naturalista:** Filosofía de manejo forestal surgida en Europa en la segunda mitad del siglo XX, que busca imitar los procesos naturales del bosque y mitigar los impactos de técnicas silvícolas intensivas.

**Silvicultura clásica:** Enfoque silvícola predominante en bosques de clima templado-frío del hemisferio boreal, centrado en masas puras y regulares donde el silvicultor atiende a la masa en su conjunto, aplicando las técnicas silviculturales en orden cronológico.

**Silvicultura tropical:** Variante de la silvicultura clásica adaptada a las selvas tropicales, enfocada en el manejo de bosques naturales, la creación de plantaciones y la aplicación de técnicas agroforestales.

**Sinecía:** Una comunidad biótica formada por animales y plantas que coexisten mutuamente y se mantiene en un territorio definido (biótopo) en estado de equilibrio dinámico. Su subsistencia depende de la reproducción de sus propios organismos y del ambiente exterior inanimado, no esencialmente de organismos externos a ella.

**Sucesión ecológica (o sucesión vegetal natural):** La evolución natural que se produce en un ecosistema debido a su propia dinámica interna. Su aspecto esencial es la sustitución de unas especies por otras en un ecosistema a lo largo del tiempo.

**Tabla de volumen:** Concepto sugerido por Johann Heinrich Cotta para estimar el volumen de madera en pie.

**Teoría de las sucesiones continuas:** Método cuantitativo utilizado principalmente en praderas de zonas templadas. Permite cuantificar la homogeneidad (distribución al azar) de una especie mediante el número de sucesiones continuas de su presencia o ausencia a lo largo de parcelas adyacentes. Requiere de largas bandas continuas o grandes superficies de muestreo.

**Transpiración:** Liberación de vapor de agua por las plantas.

**Tratamiento intermedio:** Cualquier técnica silvícola aplicada a un rodal (una sección uniforme de bosque) durante el período que transcurre entre dos fases de regeneración. Su objetivo principal es regular la composición y el espaciamiento de los árboles, así como crear las condiciones más favorables para su crecimiento y mejorar la calidad de los productos finales que se cosecharán al final del turno. También pueden generar ingresos monetarios anticipados a través de aclareos comerciales.

**Viveros forestales:** Lugares o sitios destinados para el cultivo de plantas que serán utilizadas en las repoblaciones, ya sea para complementar la regeneración natural de un bosque o para crear masas arbóreas en sitios desprovistos de vegetación.

## José Rolando Corredor Trejo



PUBLICACIONES  
VICERRECTORADO ACADÉMICO

ISBN: 978-980-11-2250-0



9 789801 122500

Ingeniero Forestal (ULA, Mérida, Venezuela, 1966). Ingreso a la docencia universitaria (Instructor, Concurso de Credenciales y Oposición en la cátedra de Silvicultura, Facultad de Ciencias Forestales, ULA, 1966). Profesor Asistente (1969). Jefe de la Sección de Planificación y Manejo Silvicultural (Instituto de Silvicultura, 1969-1974). Director de la Escuela de Ingeniería Forestal (1972-1974). Profesor Agregado, (1975), Curso de Inglés en el Instituto de Idiomas en *Michigan University*, Ann Arbor, Estados Unidos (agosto-diciembre 1975). Estudios de Postgrado en Duke University con la obtención del título *Master of Forestry* (Duke University, North Caroline, Estados Unidos de América, enero, 1975- septiembre, 1977). Profesor Asociado (octubre, 1977). Decano de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales (marzo, 1978 – marzo, 1981). Representante de la Facultad de Ciencias Forestales en el IX Congreso Forestal Mundial, Jacarta, Indonesia, noviembre de 1978). Director Fundador del Instituto Universitario Tecnológico de Ejido (septiembre, 1982- octubre, 1985). Profesor de Bioestadística (Instituto Universitario Tecnológico de Ejido, 1983-1985). Jefe de Cátedra de Silvicultura (noviembre, 1985 – junio, 1991). Profesor Titular (1986). Profesor Honorario del Instituto Universitario Tecnológico de Ejido (1986). Representante de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales en el Congreso Forestal Mundial de Bosques Húmedos Tropicales (noviembre, 1986, Tills, The Netherlands). Profesor Titular Jubilado (junio, 1991). Viaje de estudios (6 semanas) para profesores universitarios jubilados visitando el servicio forestal y cuatro universidades (Montreal, Laval, Toronto y Edmonton, financiado por el gobierno de Canadá (julio-agosto, 1991). Asesor de la Dirección de Investigación Forestal del MARNR (octubre 1991- diciembre 1993). Coordinador Técnico del Plan de Ordenación y Manejo Forestal de la empresa COMEFORCA (Unidad C-3, 122.000 ha, Reserva Forestal de Imataca, 1994 – 1996). Profesor de Sistemas Silviculturales y Planificación Silvicultural: Escuela de Capacitación Forestal (1966-1970); Escuela de Ingeniería Forestal (1966 1974), (1977 – 1982), (1986 – 1991) y como jubilado activo (1997 – 2003). Director de los Talleres Gráficos Universitarios (2004 – 2008). Autor de Silvicultura Tropical, texto editado por Consejo de Publicaciones, Universidad de Los Andes, 2001 y *The Venezuelan Forests* (1976). Paper (Essay), School of Forests, Duke University, North Carolina, USA. 49 pág. Autor del libro *Venezolanismos de ayer, hoy y siempre* (listo para editar), *Arboles y bosques tropicales* (en preparación). Artículos de opinión en periódicos y revistas. Ponencias en congresos internacionales.