



UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA
LABORATORIO
PROCESOS INDUSTRIALES DE LA MADERA



MANUAL DE LABORATORIO PROCESOS INDUSTRIALES DE LA MADERA



Guatemala, primer semestre 2,024

NORMAS GENERALES PARA REALIZAR LAS PRÁCTICAS

1. Presentarse puntualmente a la hora de inicio de laboratorio (aplica a clase teórica o práctica), la impuntualidad se sancionará con la mitad del punteo de la asistencia.
2. No se permite el ingreso de estudiantes bajo los efectos del alcohol o estupefacientes.
3. No se permite comer, beber o fumar dentro del laboratorio. Como tampoco se permite el uso del celular.
4. Cumplir las normas de bio seguridad:
 - ✓ El uso correcto de la mascarilla durante todo el laboratorio.
 - ✓ Guardar el distanciamiento social dentro y fuera de las aulas.
 - ✓ Uso de alcohol en gel o lavado frecuente de manos.
5. Cada estudiante debe traer sus materiales y herramientas básicas para el desarrollo de sus prácticas.
6. Respeto a los catedráticos y compañeros, dentro y fuera del laboratorio dentro del laboratorio.
7. Mantener siempre limpias las mesas y aparatos de laboratorio y colocar sobre estas solo aquellos utensilios que sean indispensables para la práctica.
8. No se permite correr o jugar dentro del laboratorio
9. Queda estrictamente prohibido usar faldas, short y/o sandalias.

La falta a cualquiera de los incisos anteriores será motivo de una inasistencia.

METODOLOGÍA GENERAL

Los Procesos Industriales de la Madera es un curso teórico - práctico, por lo que cada laboratorio iniciará con una explicación teórica de los conceptos básicos necesarios para realizar la práctica, a través de medios audiovisuales y clases magistrales. Seguidamente se realizarán los ejercicios prácticos relacionados a la teoría, por medio de los materiales y herramientas que cada estudiante debe llevar.

En los casos donde la práctica lo amerite, el catedrático desarrollara algunos ejemplos prácticos.

MATERIAL NECESARIA PARA REALIZAR LA PRACTICA

P.	MATERIAL
1	rodajas de madera de diferentes árboles, y cubos de madera pequeños, 20 alfileres, lupa.
2	Rodajas de madera de diferentes árboles, lupa, alfileres.
3	6 Cubos de madera de 4 cm (los 6 cubos deben de ser de la misma madera) , 3 tablas de diferentes especies de madera con dimensiones 2x2x5, 1 pilon de pino o cipres, 1 pilon de jacaranda o cualquier latifoliada.
4	2 cajas tomateras de madera, lija, 12 armellas, 4 argollas, martillo, clavos, desarmador, tornillos, serrucho, metro.
5	Lapiz, papel.

PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES

DÍA	HORARIO	ACTIVIDAD
LUNES	08:00-10:00	Practica 1: Generalidades de la madera y situación de los bosques en Guatemala.
LUNES	10:00-12:00	Practica 2: Dendrocronología
MARTES	08:00-12:00	Practica 3: Especies Forestales de aprovechamiento en Guatemala y propiedades de la madera
MIÉRCOLES	08:00-12:00	Practica 4: Usos de la madera
JUEVES	08:00-12:00	Practica 5: Tipos de Bosques
*La evaluación será realizada de forma virtual al finalizar el semestre.		
*Cada práctica tendrá un medio de verificación de asistencia por medio de hojas de trabajo		

Práctica 1.

GENERALIDADES DE LA MADERA Y SITUACIÓN DE LOS BOSQUES EN GUATEMALA

OBJETIVOS

- Describir la estructura de la madera y conocer sus propiedades físicas y mecánicas.
- Conocer la situación actual de los bosques en Guatemala
- Conocer las principales leyes de regulación para la producción forestal
- Conocer los programas de apoyo para la producción forestal.

TEORIA

El bosque contribuye notablemente a la economía de Guatemala; según el sistema de cuentas nacionales, el aporte del sector forestal a la economía nacional es aproximadamente del 1.2% del PIB; sin embargo el indicador PIB subestima el aporte anual del sector forestal, pues solamente considera las funciones económicas de los bosques vinculadas a la silvicultura, dejando de lado el valor de todos los servicios y bienes ambientales como el sumidero de carbono, recreación, conservación de biodiversidad, protección de suelo y agua (INAB, 2012).

Cobertura forestal en Guatemala

El país según el estudio realizado en el 2019 por el Grupo Interinstitucional de Monitoreo de bosques y Uso de la Tierra (INAB, CONAP, MAGA MARN, UVG y URL, 2019), para el año 2016 contaba con una superficie de 3,574,244 hectáreas cubiertas de bosques, que equivalen a un 33% del territorio nacional. Del total de bosques existentes en el país, el 47.3% se ubica fuera de áreas protegidas, es donde tiene competencia directa de instituciones como el INAB.

Políticas forestales más importantes en el país:

- Política forestal de Guatemala
- Política de Conservación, Protección y Mejoramiento del Ambiente y los Recursos
- Política de Cambio Climático
- Política Nacional de Desarrollo Rural Integral PNDRI
- Política Energética 2013 – 2027
- Ley Forestal
- Ley de Incentivos Forestales para Poseedores de Pequeñas Extensiones de Tierra de Vocación Forestal o Agroforestal -PINPEP-
- Ley de Fomento al Establecimiento, Recuperación, Restauración, Manejo, Producción y Protección de Bosques en Guatemala -PROBOSQUE-
- Ley Marco para Regular la Reducción de la Vulnerabilidad, la Adaptación obligatoria, ante los efectos del Cambio Climático y la Mitigación de Gases de Efecto Invernadero.
- Leyes de observancia general vinculadas a la gestión forestal.

Generalidades de la madera

La proporción aproximada de las diversas materias que la componen es:

celulosa 50%

lignina 30%

resina, almidón, tanino y azúcares 20%

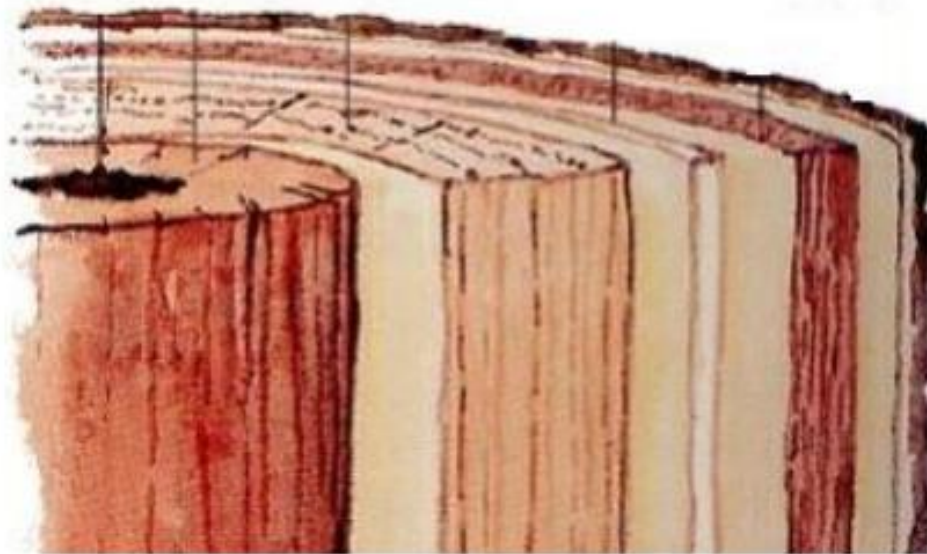
Es de fácil transformación y el material principal que utilizan los artesanos, ebanistas y carpinteros.

Al utilizar la pulpa de la madera y ser tratada químicamente, obtenemos materia prima para la fabricación de plásticos, papel, trementina, etc.

La madera es un tejido exclusivo de los vegetales leñosos, que como tales tienen diferenciados y especializados sus tejidos. Estos están formados por células que se pueden asemejar a tubos huecos, en el que la pared del tubo se correspondería con la pared celular y el interior hueco con el lumen de la célula. De forma simple y general se puede decir que la madera está formada principalmente por la unión de estas células; su tamaño, forma y distribución junto con otros elementos anatómicos, como los radios leñosos, la presencia de canales resiníferos o de vasos, etc. son los que dan lugar o definen las diferentes especies de madera. Esta estructura tubular es la que confiere las propiedades que tiene la madera, que depende en gran medida de las propiedades de la pared celular.

Estructura de la madera

Examinando una sección de adentro hacia fuera de un tronco de árbol, distinguimos 5 partes principales: medula o núcleo, duramen, albura, líber y corteza.



Medula o núcleo

Es el centro del árbol y de las ramas, fue el vástago joven que dio origen al árbol. Está formada de células muertas nada útil como madera. Tiene un diámetro aproximado de 1cm, como el grosor de un lápiz.

Duramen

Es la madera propiamente dicha, está constituida por tejidos que han llegado a su máximo desarrollo y resistencia, no transporta savia; debido a que sus células han endurecido, le sirve de apoyo al árbol y le da más resistencia al ataque de los insectos, hongos, golpes a la intemperie.

Albura (madera joven)

Rodea la masa de madera o duramen, está en período de elaboración, es menos duro y de color más bajo que el duramen, la albura transporta savia, es húmeda y blanda y es más susceptible al ataque de los insectos.

Líber

Es un tejido muy delgado colocado debajo de la corteza y encima del cambium y su función es transportar savia. En el líber encontramos elementos para materiales de construcción como azúcares y almidón. Es impermeable al agua

Cambium

Existe otra capa llamada cambium que es un conjunto de células que comúnmente le llamamos la resina del árbol, que anualmente endurece y se convierte en madera nueva (albura).

Corteza

Tejido impermeable que recubre al líber y sirve de protección al árbol. Está formado por células que protegen al árbol de agentes externos como insectos.

METODOLOGIA

Identificación de las partes estructurales de la madera

1. Realizar una observación general de la raja de madera.
2. Con ayuda de una lupa, identificar las partes estructurales que se observan en esa raja, recuerde que no siempre se pueden detectar todas las partes.
3. Con un alfiler etiquetar con nombre la parte que se identificó.
4. Realizar una ilustración de lo observado en la raja de madera.
5. Realizar el mismo procedimiento con los cubos de madera.

Hoja de trabajo 1

Actividad 1: Describa de que trata cada una de las siguientes políticas.

POLITICA	DESCRIPCIÓN
Política forestal de Guatemala	
Política de cambio climático	
Política energética 2023-2027	

POLITICA	DESCRIPCIÓN
Política de Conservación, Protección y Mejoramiento del Ambiente y los Recursos	
Política Nacional de Desarrollo Rural Integral PNDRI	
Ley forestal	

Actividad 2: Desarrolle las siguientes interrogantes:

1) ¿Cuáles son los 5 objetivos de La Ley Forestal (Decreto legislativo 101-96)?

2) ¿Cuáles son las 5 líneas estratégicas que contempla la política forestal de Guatemala?

3) Cuales son los 5 objetivos de la ley del PINPEP

4) Cuales son los objetivos de la ley de PROBOSQUE

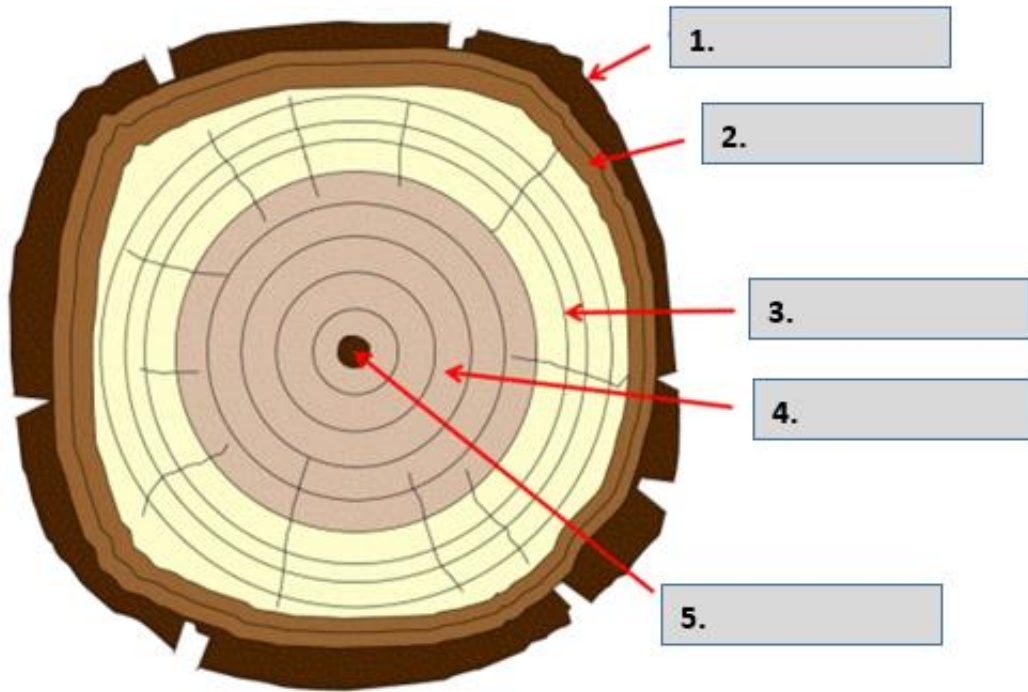
Actividad 3: Realice un cuadro comparativo de las siguientes dos leyes

PINPEP	PROBOSQUE

Actividad 4: Indique cual es la albura, duramen y corteza en la siguiente imagen



Actividad 5: Indique las siguientes partes de este corte y la función de cada una



NO.	NOMBRE	FUNCIÓN
1		
2		
3		
4		
5		

Actividad 6: Observe el siguiente video que tiene como titulo en youtube “LEGALIDAD DE LA MADERA. Albura y duramen en el muestreo de maderas.” (https://www.youtube.com/watch?v=7tHR6YoVU34&ab_channel=MinisterioTransici%C3%B3nEcol%C3%B3gicayRetoDemogr%C3%A1fico) y responda a las siguientes interrogantes.

- 1.) Que tipo de corte tienen las muestras de madera:
- 2.) Que parte de la estructura de la madera predomina en los cortes de la muestra de madera
- 3.) En que parte de la estructura de la madera podemos encontrar ADN viable para pruebas genéticas.
- 4.) Que nombre lleva la capa que se encuentra entre la corteza y la albura.
- 5.) Cual es el primer paso para analizar la madera
- 6.) Que es la identificación anatómica
- 7.) Que problema tiene la identificación anatómica
- 8.) Cuales son las últimas técnicas de identificación que se realizan si no se identifica una muestra con las técnicas anteriores.

PRÁCTICA 2

DENDROCRONOLOGIA

OBJETIVOS

- Conocer los conceptos básicos de dendrocronología.
- Aprender a interpretar dendrocronológicamente las rodajas de árbol.

TEORIA

Dendrocronología

El nombre indica una relación muy estrecha entre los árboles y el tiempo. La palabra deriva del griego dendron –árbol-, crono –tiempo- y logo –conocimiento- y denomina una disciplina científica dotada de un conjunto de principios, técnicas y métodos que permiten datar los anillos de crecimiento anuales, extraer, separar e interpretar la información que contienen de los diferentes factores que han influido en su crecimiento.

El objetivo principal es establecer cronologías o series maestras (series promedio). Para ello, hace falta, primero, identificar y datar los anillos asignando a cada uno de ellos el año de calendario exacto en el cual se formó. Las series dendrocronológicas permiten la investigación en numerosos campos de la ciencia ya que constituyen un registro del tiempo y un archivo de los acontecimientos pasados, por ello también son muy útiles para datar acontecimientos siempre que hayan afectado a los árboles (perturbaciones), datar objetos y construcciones de madera.

Los arboles registran el paso del tiempo

Características peculiares de los árboles

Los árboles son plantas perennes con una gran cantidad de madera, son los organismos más grandes y longevos. Algunos ejemplares miden más de 100 m de altura. A su vez, se ha comprobado, contando sus anillos, que algunos árboles pueden vivir hasta los 9.550 como es el caso del abeto falso en Suecia. En España, los árboles vivos más viejos encontrados son individuos de *Pinus nigra* con unos 1000 años (Andalucía) y de *Pinus uncinata* con más de 800 años (Pirineo). La larga vida de los árboles y sus grandes dimensiones se deben a un crecimiento continuo sobre las estructuras ya formadas y a que los materiales de construcción, la celulosa y la lignina, son muy recalcitrantes a la descomposición.

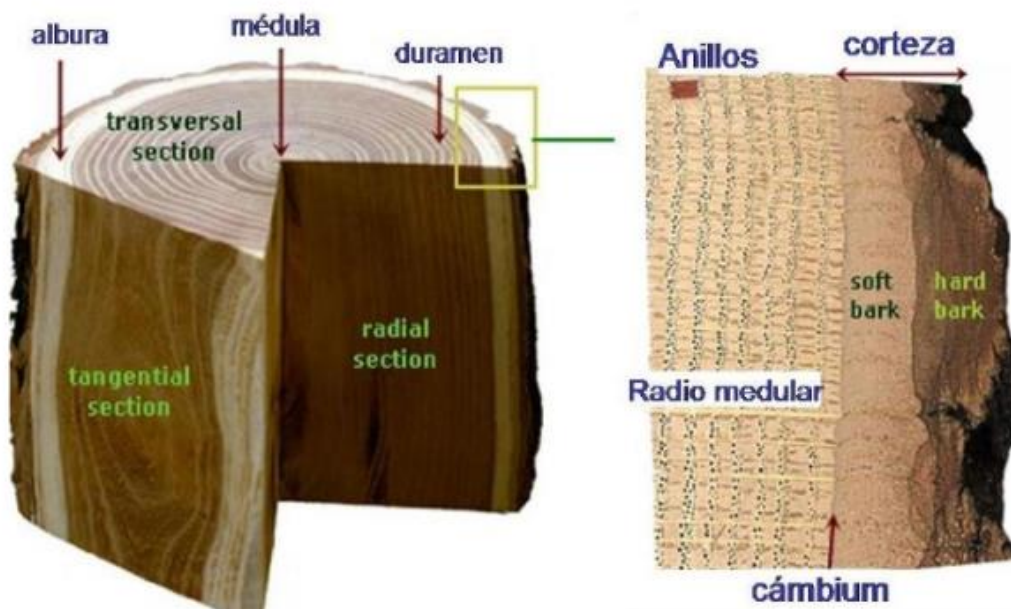
También son organismos inmóviles y allí donde nacen pasan toda la vida registrando aquellos acontecimientos que hayan podido afectar a sus procesos de crecimiento.

El crecimiento de los árboles

El crecimiento de los árboles, como el de todos los organismos, es un proceso biológico que comporta un aumento del tamaño a lo largo del tiempo. El crecimiento se debe a la formación, diferenciación y expansión de nuevas células dando lugar a tejidos y órganos. El incremento es el aumento de tamaño en un intervalo de tiempo debido al crecimiento.

El crecimiento de los árboles y de las plantas leñosas en general se debe a la actividad de los meristemas primarios y secundarios, unos tejidos formados por células no diferenciadas capaces de dividirse y generar nuevas células. Los primarios son los responsables del crecimiento en altura y los secundarios del crecimiento en grosor. El meristemo secundario que da lugar al crecimiento en grosor por acumulación de madera es el cámbium (ver figura al final del párrafo).

Se trata de una fina capa de células que envuelve al árbol por debajo de la corteza del tronco, ramas y raíces. Su actividad produce capas sucesivas de xilema (madera) por la parte interna y por la parte externa el floema, que con el tiempo acabará formando parte de la corteza.



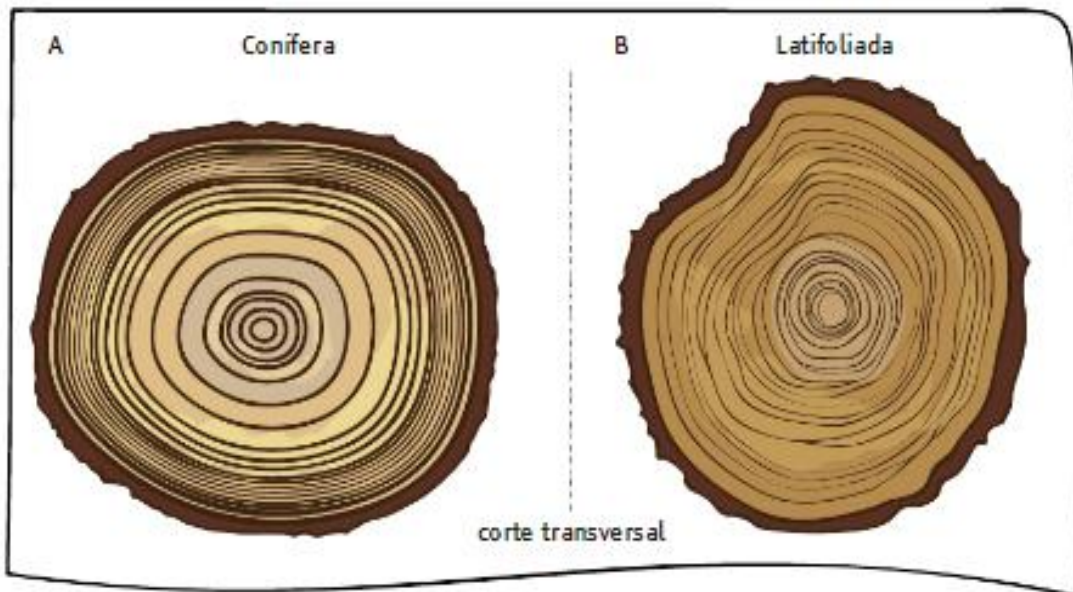
En la parte izquierda de la imagen anterior se observa estructura de la madera del tronco de un roble vista según tres secciones de corte: transversal, radial y tangencial. La parte más oscura del interior es el duramen el cual está rodeado de una capa más clara, la albura. Los anillos muestran la típica disposición concéntrica alrededor de la médula (sección transversal).

Y en la parte derecha ampliación de la parte más externa del tronco. El cámbium está situado entre la madera y la corteza. El último anillo formado es el que se encuentra justo debajo de la corteza. Los poros que se observan al principio de los anillos son los vasos del sistema conductor de la savia bruta. Este tipo de estructura corresponde a maderas de anillo poroso.

Pinofitas vs latifoliadas

En la mayoría de las especies de hoja ancha, llamadas latifoliadas, ya sea tropicales o templadas (como los encinos y las especies de selvas), estas marcas de crecimiento pueden estar presentes, pero no siempre forman anillos completos, es decir, no rodean todo el tronco y tampoco son anuales. En algunas especies puede haber marcas, pero es necesario que se compruebe que son continuas y regulares, como en las coníferas, para que sean útiles en la estimación de edad o crecimiento.

En las especies latifoliadas sus marcas indican que el árbol tuvo temporadas de crecimiento rápido y lento, a veces respondiendo a las estaciones del año, a épocas de floración o fructificación masiva, y también a épocas de lluvia abundante o de sequía. En este caso los anillos no son confiables para identificar la edad de estas especies.

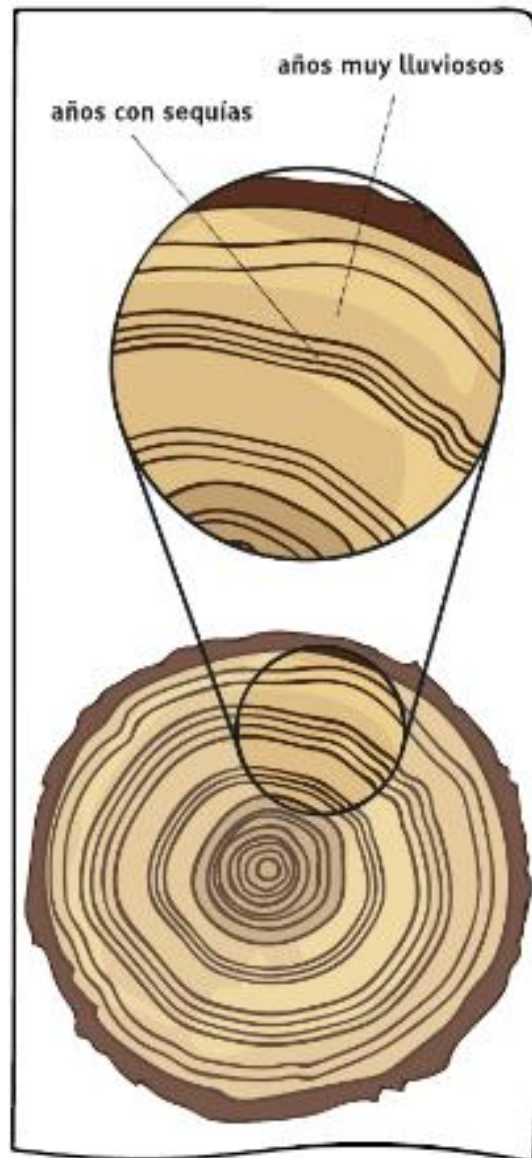


La formación de los anillos el registro anual de los del tiempo

Pero el crecimiento de los árboles, como cualquier proceso de crecimiento, no es continuo y se detiene en algún momento debido a la limitación impuesta por algún factor externo o/y interno, formándose los anillos. En muchas zonas del planeta con una estacionalidad climática marcada, los árboles detienen el crecimiento durante la época desfavorable y lo vuelven a iniciar cuando las condiciones climáticas son otra vez favorables. Este patrón anual de actividad y reposo queda

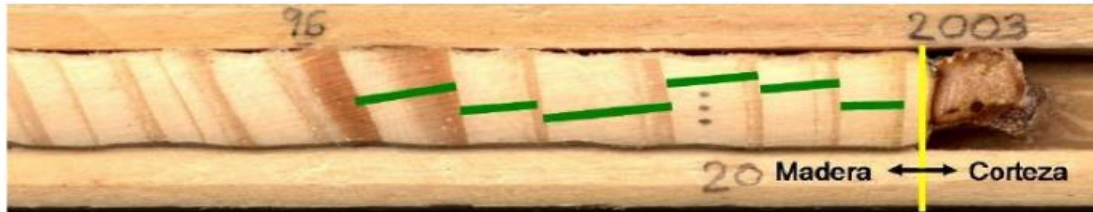
marcado en la estructura de la madera en forma de capas concéntricas anuales las cuales, en un corte transversal, se ven como anillos.

En la formación del anillo anual, la producción de nuevas células de xilema (madera) es rápida al principio, se enlentece a medida que avanza el verano y, finalmente, se detiene cuando las temperaturas vuelven a ser bajas. Estas diferencias de velocidad en la formación de las células también quedan reflejadas en las características de la madera de los anillos. Así y debido a los cambios en el ritmo de la formación de un anillo, las células de la madera que lo forman también son distintas. La madera temprana, formada al principio del periodo de crecimiento, es distinta de la madera tardía, la formada al final, y por esta razón en el anillo anual de muchas especies se suelen distinguir dos bandas.



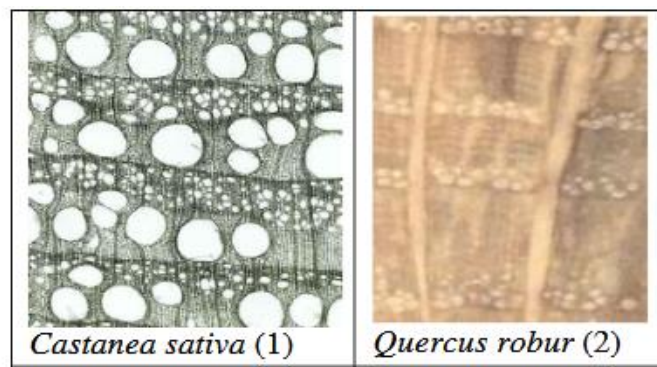
Tipos de anillos: anatomía de la madera

En las coníferas o gimnospermas (pinos, abetos, etc) la madera temprana es más clara y está formada por células (traqueidas) más grandes de paredes celulares finas. Por el contrario, la madera tardía es más oscura y está formada por células más pequeñas de paredes celulares más gruesas. En estas especies la casi totalidad de la madera (95%), está formada por traqueidas pero las diferencias de tamaño y coloración entre la madera tardía de un anillo y la temprana del siguiente permiten la identificación y la datación de los anillos como en la siguiente figura.

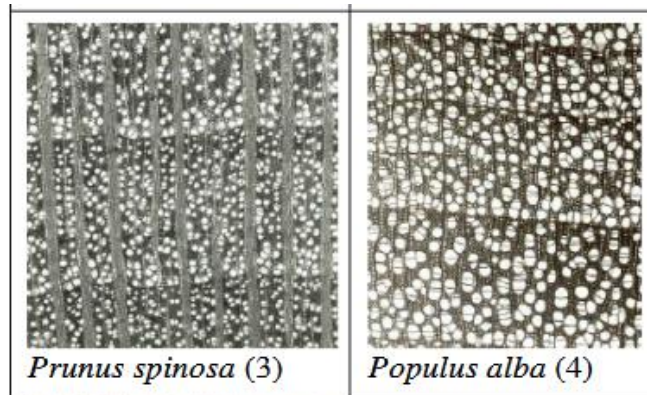


Cada anillo de crecimiento anual corresponde a una banda de madera temprana (banda clara) y otra de madera tardía (banda más oscura). Puede apreciarse la variabilidad en el grosor de los anillos (se han marcado los 6 últimos) así como en el grosor de la madera temprana y tardía. También puede observarse que hay bandas oscuras dentro de algunos anillos; estas bandas se forman como consecuencia de la parada del crecimiento durante el periodo favorable debido, normalmente a la falta de agua.

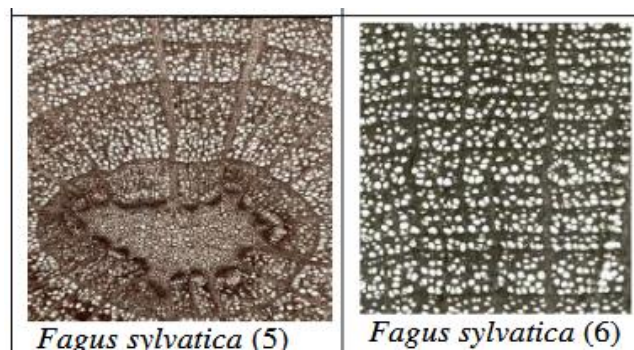
La estructura del anillo en las angiospermas, árboles planifolios, es más compleja ya que la diversidad de células que forman la madera es mayor que en las coníferas. Se distinguen 3 grandes grupos. Uno, especies de porosidad anular, como los robles y castaños, cuya madera temprana se distingue de la tardía por los grandes vasos conductores que se forman al inicio del periodo de crecimiento. Dos, especies de porosidad semidifusa, como el haya, el tamaño de los vasos es progresivamente más pequeño. Y tres, especies de porosidad difusa, como el chopo, cuyos vasos son de diámetro muy parecido a lo largo de todo el anillo. En cualquier caso, los anillos anuales se distinguen bien debido a las diferencias entre madera temprana y tardía en unos



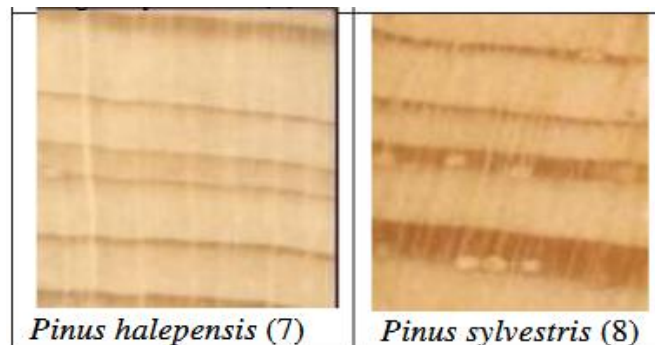
Las figuras (1) y (2) corresponden a angiospermas de anillo poroso, los vasos son más grandes al principio del anillo.



Las figuras (3) y (4) son angiospermas de anillo difuso, el tamaño de los vasos es muy similar en todo el anillo y el crecimiento anual queda marcado por las células del final que son más estrechas.



Las figuras (5) y (6) corresponden a angiospermas de anillo semi difuso, el tamaño de los vasos disminuye progresivamente desde el inicio hasta el final del anillo.



Las figuras (7) y (8) corresponden a gimnospermas en las que la casi totalidad de la madera está formada por traqueidas.

El ritmo de crecimiento en las regiones templadas y tropicales

En las regiones templadas - frías, el periodo de crecimiento está muy bien delimitado porque la oscilación anual de la temperatura es muy grande. En estas regiones el periodo de crecimiento es corto, suele extenderse desde finales de

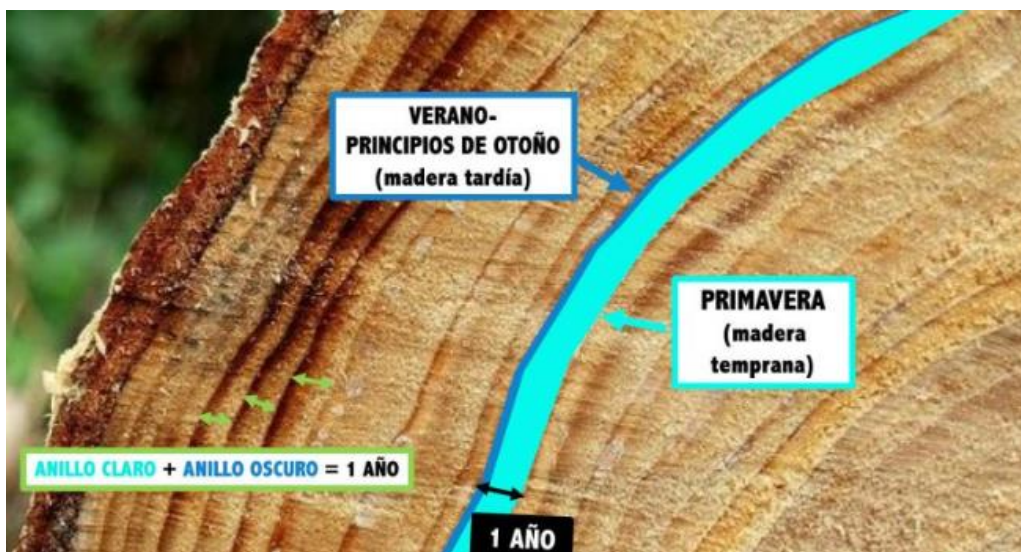
primavera hasta el final del verano o principios del otoño. Como consecuencia, los anillos anuales no son muy anchos y tampoco hay grandes diferencias de grosor entre anillos.

En las zonas tropicales, la oscilación térmica anual es débil y la benignidad del clima permite, en general, un crecimiento continuo durante todo el año. Como consecuencia, la mayoría de las especies no forman anillos anuales claros. Sólo aquellas especies que crecen bajo alguna condición ambiental con fluctuaciones estacionales persistentes los presentan.

La huella del clima y la firma del tiempo

El clima es el factor ecológico más importante. La variabilidad climática anual imprime una señal clara de su historia en los anillos de los árboles afectando, por ejemplo, a su grosor relativo. Cuando el clima es muy limitante para el crecimiento, los anillos que se forman ese año son estrechos en la mayoría de los árboles de una región, es un año característico. Como resultado de la estrecha relación entre el crecimiento y el clima, las series de anillos anuales formados por los árboles que crecen bajo unas mismas condiciones climáticas presentan una sincronía, su patrón de variación temporal en el grosor es muy similar.

Ese patrón o secuencia de anillos característicos (estrechos) es propio de un determinado periodo de tiempo: es la huella del clima que es reconocible a pesar de quedar gravada sobre las marcas de otros factores que también han afectado al crecimiento. Pero además, esta firma climática es la firma del tiempo, ya que es muy poco probable que un determinado patrón temporal se repita exactamente igual en otro periodo.



METODOLOGIA

1. Con la ayuda de una lupa examine la rodaja de madera.
2. En base al crecimiento de los anillos determine si la rodaja de madera corresponde a una pinofita o a una latifoliada.
3. En base a los anillos de crecimiento determine la edad del árbol.
4. En base a los anillos de crecimiento determine si el árbol paso por periodos de sequia, si es asi deje indicado en la rodaja con un alfiler con la letra (A) la sección donde interpreto eso.
5. En base a los anillos determinar si el árbol a tenido condiciones de sol, agua y nutrientes adecuada.
6. En base a los anillos de crecimiento determine si ha habido algún incendio en el lugar donde se encontraba plantado el árbol, si es asi deje indicado en la rodaja con un alfiler con la letra (B) la sección donde interpreto eso.
7. En base a los anillos de crecimiento determine si ha habido una rama en el lugar donde se corto la rodaja, si es asi deje indicado en la rodaja con un alfiler con la letra (C) la sección donde interpreto eso.
8. En base a los anillos de crecimiento determine si el árbol se encontraba en una zona cercana o alejada del ecuador.
9. En base a los anillos de crecimiento determine si el árbol se encontraba en una zona con bastante viento.
10. Escriba un parrafo describiendo y justificando cada uno de los hallazgos que se realizaron a través del análisis dendrocronológico para cada rodaja.

ANALISIS RODAJA 1:

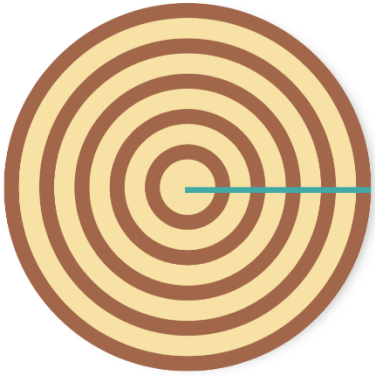
ANALISIS RODAJA 2:

ANALISIS RODAJA 3:

Hoja de trabajo 2

Actividad 1: En base a los anillos de crecimiento determine la edad de los siguientes árboles.

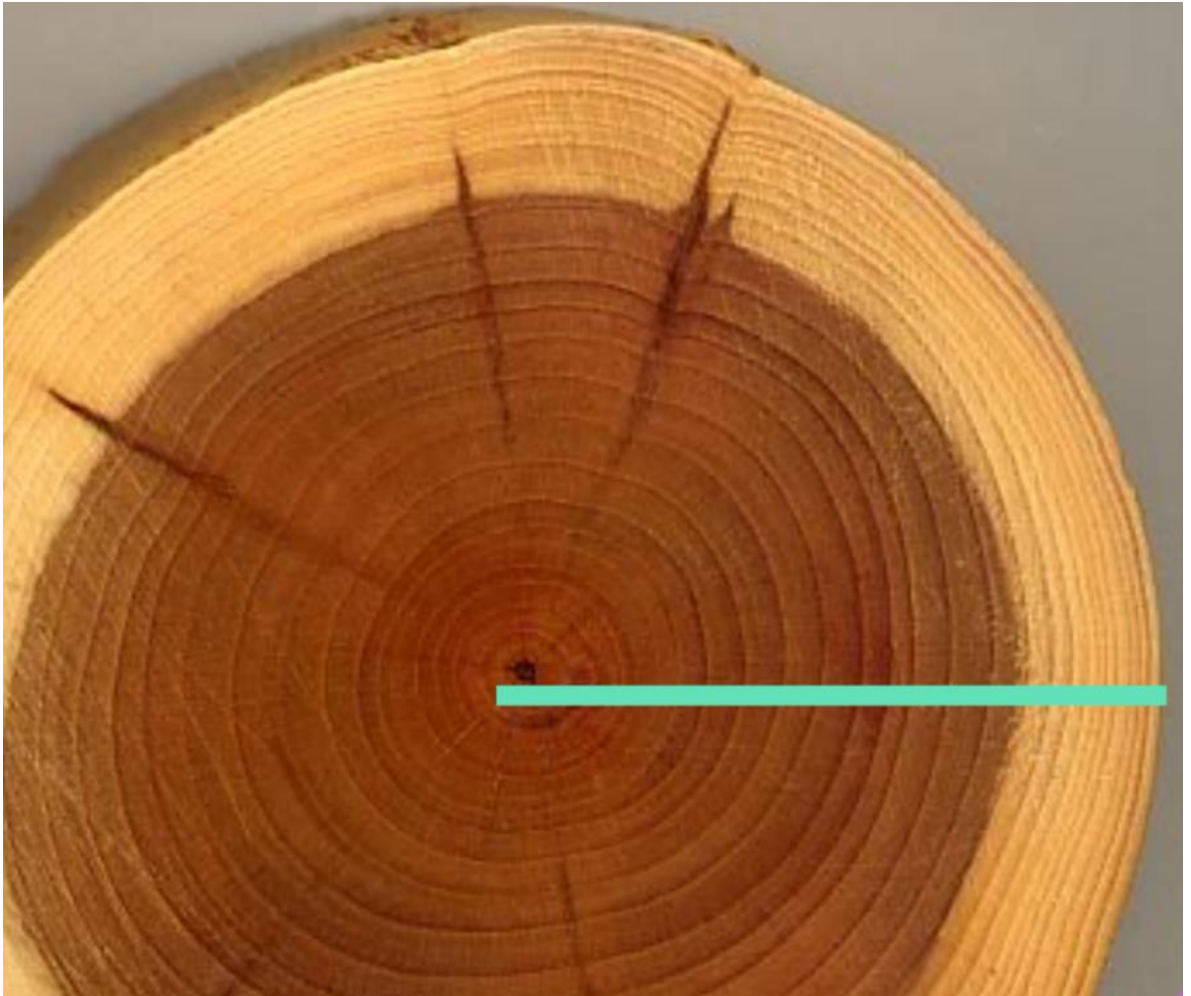
1. Edad _____



2. Edad _____



3. Edad _____



4. Edad _____



Actividad 2: Interprete los anillos de crecimiento de los siguientes árboles y realice una descripción.

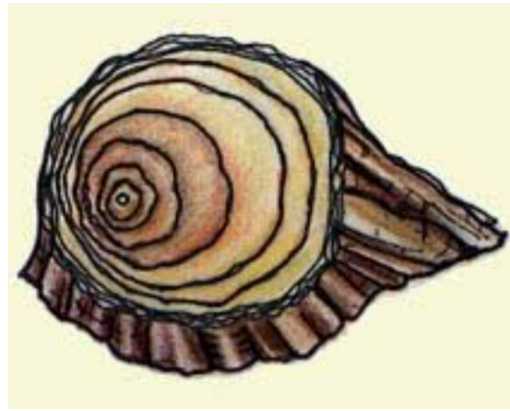
1. _____



2. _____



3. _____



Actividad 3: Realice un análisis dendrocronológico de los puntos señalados en el siguiente árbol.



PRÁCTICA 3

ESPECIES FORESTALES DE APROVECHAMIENTO EN GUATEMALA Y PROPIEDADES DE LA MADERA

OBJETIVOS

- Conocer las principales especies forestales de Guatemala
- Conocer y determinar las principales propiedades de la madera

TEORIA

Latifoliadas vs coníferas

Se calcula que en el mundo existen 16.000 tipos de madera, de las cuales no se comercializan más que 2.000. De ellas, 500 son coníferas, y las otras 1.500, latifoliadas.

En Guatemala podemos encontrar arboles provenientes de estos dos grandes grupos por lo que es importante conocer sus diferencias.

Coníferas: se trata de las especies pertenecientes al orden de las coníferas (abetos, alerces, cedros, pinos, etc.). La mayoría forman parte del grupo de las gimnospermas.

Latifoliadas: se trata de especies correspondientes al orden de ciertas angiospermas dicotiledóneas (robles, haya, fresno, encina, etc.).

Las diferencias entre las especies de coníferas y latifoliadas también se observan en el tipo de maderas que estas producen. Las maderas de coníferas son denominadas maderas blandas ya que sus densidades varían entre 0,30 g/cm³ y 0,55 g/cm³, mientras que la latifoliadas son consideradas maderas duras presentando densidades mayores a los 0,60 g/cm³.

Cuadro 1. Especies forestales de aprovechamiento en Guatemala

Departamento	Especie
Guatemala	<i>Pinus oocarpa</i>
	<i>Pinus pseudostrobus</i>
	<i>Pinus tenuifolia</i>
	<i>Eucalyptus sp.</i>
	<i>Pinus montezumae</i>
	<i>Cupresus lusitánica</i>
Departamento	Especie
El Progreso	<i>Gmelina arbórea</i>
	<i>Cordia alliodora</i>
	<i>Pinus oocarpa</i>
	<i>Pinus caribaea</i>
	<i>Eucalyptus sp.</i>
	<i>Melia azederach</i>
Sacatepéquez	<i>Cupresus lusitánica</i>
	<i>Pinus tenuifolia</i>
	<i>Pinus pseudostrobus</i>
	<i>Eucalyptus sp.</i>
	<i>Gravilea</i>
Chimaltenango	<i>Cupresus lusitánica</i>
	<i>Pinus montezumae</i>
	<i>Pinus pseudostrobus</i>
	<i>Pinus michoacana</i>
	<i>Chilatodendron</i>
Escuintla	<i>Pinus oocarpa</i>
	<i>Pinus tenuifolia</i>
	<i>Pinus caribaea</i>
	<i>Cordia alliodora</i>
	<i>Cybistax D. S.</i>
	<i>Tabebuia rosea</i>
	<i>Enterolobium</i>
	<i>Cedrella</i>
	<i>Swietenia</i>
Santa Rosa	<i>Pinus tenuifolia</i>
	<i>Pinus oocarpa</i>

	<i>Pinus pseudostrobus</i>
	<i>Liquidámbar</i>
	<i>Eucalyptus</i>
	<i>Pinus caribaea</i>
	<i>Cordia alliodora</i>
	<i>Cybistax D.S.</i>
	<i>Swietenia</i>
	<i>Tectona Grandis</i>
Sololá	<i>Pinus pseudostrobus</i>
	<i>Pinus montezumae</i>
	<i>Pinus michoacana</i>
	<i>Eucalyptus</i>
	<i>Alnus</i>
Departamento	Especie
Totonicapán	<i>Abies g.</i>
	<i>Cupresus lusitanica</i>
	<i>Pinus ayacahuite</i>
	<i>Alnus</i>
	<i>Eucalyptus</i>
Quetzaltenango	<i>Pinus montezumae</i>
	<i>Pinus pseudostrobus</i>
	<i>Alnus</i>
	<i>Cupresus lusitanica</i>
	<i>Pinus ayacahuite</i>
	<i>Abies</i>
	<i>Cedrella</i>
	<i>Enterolobium</i>
<i>Arundinaria alpina</i>	
Suchitepéquez	<i>Cybistax D.S.</i>
	<i>Cordia alliodora</i>
	<i>Enterolobium</i>
	<i>Tectona Grandis</i>
	<i>Chlorophora</i>
	<i>Cybistax D.S.</i>
	<i>Tabebuia</i>
	<i>Cordia alliodora</i>
	<i>Pinus caribaea</i>
	<i>Eucalyptus</i>
	<i>Salix</i>
San Marcos	<i>Cybistax D.S.</i>
	<i>Enterolobium</i>
	<i>Cordia alliodora</i>

	<i>Pinus caribaea</i>
	<i>Alnus</i>
Huehuetenango	<i>Pinus oocarpa</i>
	<i>Pinus montezumae</i>
	<i>Pinus pseudostrobus</i>
	<i>Pinus michoacana</i>
	<i>Abies</i>
	<i>Pinus chiapensis</i>
Quiché	<i>Pinus montezumae</i>
	<i>Pinus michoacana</i>
	<i>Pinus pseudostrobus</i>
	<i>Pinus oocarpa</i>

Cuadro 2. Especies forestales de uso silvopastoril

Nombre científico	Nombre común
<i>Alseis yucatnesis</i>	Palo son
<i>Ampeloseria hottlei St.</i>	Luin hembra
<i>Aspidosperma megalocarpon</i>	Chichique
<i>Astronium graveolens</i>	Jobillo
<i>Brosimum alicastroum</i>	Ujuxte, Masico, Ramón blanco
<i>Bucida burseras</i>	Pucté
<i>Bursera simarruba</i>	Palo jiote, Cacaj
<i>Calophyllum brasiliensis</i>	Marío
<i>Cassia grandis</i>	Carao, Bucute
<i>Castilla elastica</i>	Palo de hule
<i>Cedrella odorata</i>	Cedro
<i>Cordia alliodora</i>	Laurel de costa, Bojón
<i>Dialium guianense</i>	Tamarindo
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Conacaste
<i>Guarea Excelsa</i>	Cedrillo
<i>Hymenea courbaril</i>	Guapinol, Pacay
<i>Licania platypus</i>	Sunza, moshpin
<i>Lonchocarpus castilloi</i>	Manchiche
<i>Luhea seemanii</i>	Yayo
<i>Matayba oppositifolia</i>	Zacuayum
<i>Miroxylon balsamun</i>	Bálsamo
<i>Pimienta dioica</i>	Pimienta
<i>Platymiscium dimorphandrum</i>	Hormigo
<i>Pouteria mammosa</i>	Zapote mamey
<i>Pterocarpus hayessi</i>	Palo Sangre

<i>Samanea leucocalix</i>	Cenicero
<i>Simarouba glauca</i>	Aceituno, Pasaque, Jocote de mico
<i>Spondias mombin L.</i>	Jobo, Jocote jobo
<i>Swartzia cubensis</i>	Llora sangre
<i>Sweetia panamensis</i>	Chichipate
<i>Swietenia machophylla</i>	Caoba
<i>Tabebuia rosea</i>	Matilisguate
<i>Terminalia amazonia</i>	Volador, cuayabo
<i>Trophis chorizantha</i>	Ramón colorado
<i>Calycophillum multiflorum</i>	Palo blanco
<i>Caesalpinia velutina</i>	Aripin
<i>Schizolobium parahyba</i>	Plumillo

Propiedades físicas de la madera

Determinan el comportamiento de las maderas ante los factores que intervienen en el medio ambiente natural, sin que este actúe química ni mecánicamente en su estructura interna

Peso específico real

Este valor se determina con la relación entre el peso del material y el volumen realmente ocupado por el material leñoso, sin los poros.

Este valor está comprendido entre 1.53 y 1.56 gr/cm³ para todas las especies.

Peso específico aparente

El peso específico aparente de una madera es la relación entre el peso y su volumen, incluyendo el volumen de los poros que contiene la madera, medidos en las mismas condiciones de humedad.

Como el peso específico aparente de las maderas varía de 0.1 a 1.4 gr/cm³, podemos clasificarlas en:

1. Muy livianas de 0.100 a 0.350 gr/cm³
2. Livianas de 0.351 a 0.550 gr/cm³
3. Semipesadas de 0.551 a 0.750 gr/cm³
4. Pesadas de 0.751 a 1.000 gr/cm³
5. Muy pesadas, más de 1.000 gr/cm³

Humedad

Un árbol recién cortado contiene gran cantidad de agua, variando su contenido según la época del año, la región y la especie.

Las maderas más livianas, por ser más porosas, contienen mayor cantidad de agua libre que las maderas pesadas.

La humedad influye en:

- Propiedades físicas.

- Resistencia mecánica.

- Resistencia al ataque de agentes biológicos.

- Elaboración de productos.

- Rendimiento y calidad de celulosa

METODOLOGIA

Latifoliadas vs coníferas

1. Salir a un lugar donde haya arboles
2. Seleccionar al menos 4 árboles distintos por grupo
3. Describir las características principales de cada uno de los árboles
4. Determinar si es una especie latifoliada o conífera
5. Llenar el cuadro de resultados.

Cuadro de resultados latifoliadas vs coníferas

Árbol	Descripción	Grupo al que pertenece	
		Latifoliado	Conífera
1			
2			
3			
4			

Latifoliadas vs coníferas

1. Realizar un corte en el tallo de manera transversal en el pilón de conifera (pino, cipres).
2. Realizar un montaje en el microscopio observarlo a 10x y 40x
3. Anotar observaciones
4. Realizar un corte de tallo de manera transversal en el pilon de latifoliada
5. Realizar un montaje en el microscopio observarlo a 10x y 40x
6. Anotar observaciones
7. Debe realizar una ilustración de lo observado y un cuadro comparativo.
8. Investigue las principales diferencias a nivel microscópico entre estos dos grupos de árboles.

Especies forestales de aprovechamiento en Guatemala

1. El profesor le debe asignar a cada grupo 3 departamentos
2. Se debe de realizar una investigación de cada una de las especies por departamento que incluya los siguientes incisos
 - a. Taxonomía
 - b. Sinonimia
 - c. Nombre(s) común(es)
 - d. Estatus
 - e. Origen
 - f. Fenología
 - g. Requerimientos ambientales (altitud, suelo, temperatura, precipitación).
 - h. Usos
3. Cada grupo debe presentar sus resultados frente al salón mediante una exposición.

Propiedades físicas de la madera

Peso específico aparente estacionado

1. Colocar los cubos de madera en un lugar donde tengan las mismas condiciones de humedad.
2. Mediante una balanza obtener el peso del cubo.
3. Mediante el método de desplazamiento de fluidos o por el método geométrico obtener el volumen del cubo.
4. Determinar el peso específico aparente estacionado de la madera mediante la siguiente fórmula.

$$PEE = \frac{Pe}{Ve}$$

Siendo:

PEE: peso específico aparente estacionado (gr/cm³)

Pe: peso de la muestra estacionada (gr).

Ve: volumen de la muestra estacionada (cm³).

Peso específico aparente anhidro

1. Un día antes de la práctica se debe dejar un cubo por cada especie de madera que hayan traído en la estufa o al sol por 24 horas ya que este peso se determina al 0% de humedad.
2. Mediante una balanza obtener el peso del cubo.
3. Mediante el método geométrico obtener el volumen del cubo
4. Determinar el peso específico aparente anhidro de la madera mediante la siguiente fórmula.

$$PEA = \frac{Po}{Vo}$$

Siendo:

PEA: peso específico aparente anhidro (gr/cm³).

Po: peso de la muestra seca (gr).

Vo: volumen de la muestra seca (cm³).

Peso específico saturado

1. Un día antes de la practica debe dejar remojando en agua un cubo por cada especie de madera que haya traído.
2. Mediante una balanza obtener el peso del cubo.
3. Mediante el método de desplazamiento de fluidos o por el método geométrico obtener el volumen del cubo.
4. Determinar el peso específico aparente saturado de la madera mediante la siguiente formula.

$$Ds = \frac{Ps}{Vs}$$

Siendo:

Ds: peso específico saturado (gr/cm³).

Ps: peso de la muestra saturada (gr).

Vs: volumen de la muestra saturada (cm³).

Humedad por secado en estufa

1. El día anterior a la practica se debe de salir a recolectar ramas pequeñas (que quepan en la estufa) de diferentes especies de árboles.
2. Determinar con la balanza el peso de las ramas recolectadas.
3. Dejar secando en el horno 24 horas
4. Determinar con la balanza nuevamente el peso de las ramas.
5. Determinar el contenido de humedad mediante la siguiente formula.

$$CH\% = \frac{Ph - Po}{Po} \times 100$$

$$CH\% = \frac{Ph - Po}{Ph} \times 100$$

CH = contenido de humedad en %

Ph = Peso húmedo en gramos

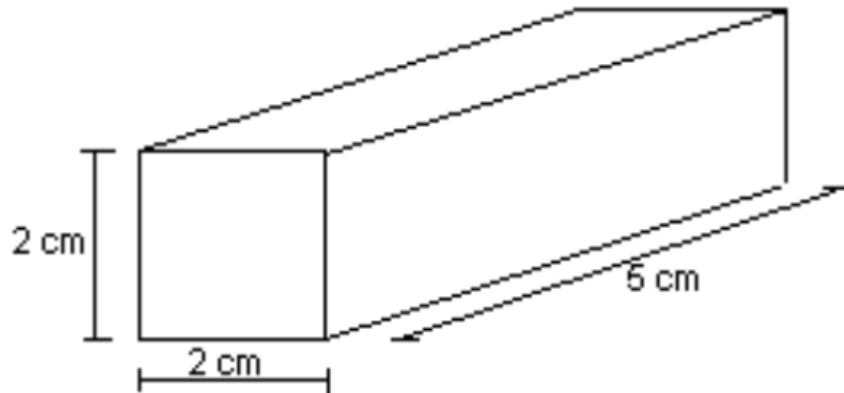
Po = Peso Anhidro o seco en gramos

Determinación de contracciones e hinchamiento

En las determinaciones de las contracciones e hinchamientos se utilizan probetas de 2 centímetros de sección por 5 centímetros de longitud, como indica la Norma IRAM N° 9543.

Las probetas deben cortarse de manera que puedan ser medidas las contracciones e hinchamiento.

Las dimensiones se miden con calibre, debe realizar una medición de la longitud antes de meter al horno y otra luego de haber pasado por el horno y las otras muestras se les toma la longitud antes de sumergir en el agua y luego de sumergir en el agua.



Para calcular las contracciones e hinchamientos se usan las siguientes formulas:

Hinchamiento

$$H = (L_s - L_o) / L_o \cdot 100$$

Siendo:

H = Hinchamiento máximo, en porcentaje.

L_s = Longitud saturada, en cm.

L_o = Longitud anhidra, en cm.

Hoja de trabajo 3

Actividad 1: Determine a que grupo de arboles pertenecen las siguientes especies y concluya si es una latifoliada (L) o conífera (C).

Árbol	Descripción	Grupo	
		L	C
1	<i>Cupresus lusitánica:</i>		
2	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>		
3	<i>Swietenia machophylla</i>		
4	<i>Cupresus lusitánica</i>		
5	<i>Eucalyptus sp.</i>		
6	<i>abies</i>		

Actividad 2: Investigue y anote el uso que se le da a las siguientes especies forestales en Guatemala.

Especie	Uso
<i>Hevea brasiliensis</i>	
<i>Manilkara zapota</i>	
<i>Terminalia catappa</i>	
<i>Platymiscium dimorphandrum</i>	
<i>Cordia alliodora</i>	
<i>Alnus sp.</i>	
<i>Abies sp.</i>	
<i>Tectona Grandis</i>	
<i>Swietenia sp.</i>	
<i>Eucalyptus sp.</i>	
<i>Cedrella sp.</i>	

Actividad 3: Calcule el peso específico aparente estacionado (gr/cm^3) a partir de los siguientes datos.

Pe (gr)	Ve (cm^3)	PEE	Tipo de madera
30	30		
17.5	18		
22	40		
14	45.4		
56.43	66		
44	49		
45.2	88.7		
22	28		
104	132.8		
155	155		
98.3	109		
16	20.33		
25.45	38		
5	10		
3.5	10		
34.8	44.3		
22	25		
77.49	90.56		
18.9	33.21		
12.2	14.9		
12	22		

PRÁCTICA 4

USOS DE LA MADERA

OBJETIVOS

- Conocer los usos que se le puede dar a la madera

Teoría

Características de la madera

Fácil mecanización

Densidad entre 300-800 kg/m³ según la especie. Es, excepto raras excepciones menos denso que el agua y, por lo tanto, flota sobre ella.

Dureza y resistencia

Son propiedades variables en función de la especie, pero en general podemos decir que los árboles caducifolios tienen en su interior menos contenido de agua y, por lo tanto, presentan una mayor dureza y resistencia mecánica. Los árboles de hoja perenne, por el contrario, tienen mayor presencia de agua y consecuentemente son más blandos y con menor resistencia.

Flexibilidad

Presenta en general una gran flexibilidad en el sentido de la veta, pudiendo doblarse fácilmente mediante calor o humedad.

Fendabilidad

La madera se puede partir de forma fácil en el sentido de la veta, de las fibras.

Higroscopicidad

Tiene la madera una gran capacidad de absorber agua y desprenderla posteriormente. (en función de la especie arbórea)

Combustibilidad

Es la capacidad de arder. La madera tiene una alta combustibilidad, ardiendo con rapidez a la vez que desprende abundante calor.

Conductividad

Es un material bastante aislante tanto del calor como de la electricidad.

Densidad

La densidad de la madera se define como la relación de la masa a un volumen medido a un determinado contenido de humedad. Como la madera es un material heterogéneo, su densidad en función de la proporción de espacios huecos con relación a la madera leñosa, se conoce como densidad aparente de la madera.

Importancia del secado de la madera

Una de las condiciones esenciales para que la madera pueda utilizarse industrialmente es que su contenido de humedad esté ajustado a las condiciones de uso y sitio a que va a ser destinada. Es bien sabido que la madera verde contiene una gran cantidad de agua, la cual debe ser eliminada si se quiere convertirla en un material apropiado para una amplia gama de aplicaciones industriales.

Durante el proceso de remoción del agua, la madera puede sufrir cambios no deseados en su forma y color o ser atacada por hongos e insectos. Si estos defectos no pueden ser controlados, es posible que la madera se convierta en un material no apropiado para los diversos usos a que podría destinarse, ya que la aparición de defectos tales como grietas, rajaduras y deformaciones limitan considerablemente sus aplicaciones. Así mismo, la utilización industrial de la madera exige que ésta tenga bajos contenidos de agua.

El secado de la madera puede lograrse a base de aire natural (secado al aire libre) o por métodos especiales que estimulan la salida del agua en forma más o menos rápida, sea cual fuere el método de secado empleado, debe tenerse siempre presente los principios que lo regulan, que son: secar la madera en el menor tiempo posible, producción mínima de defectos y costos de secado que hagan rentable la operación.

Industrialización de la madera

La explotación mesurada de los recursos naturales es vital para su preservación. La madera debe sus atributos a la complejidad de su estructura, atravesada por una red de células longitudinales (desde las raíces a la copa) y transversales (desde la médula a la corteza) de distintas características, que dan forma a sus tres componentes químicos básicos: celulosa, hemicelulosa y lignina, más otros compuestos secundarios como taninos, gomas, aceites, colorantes y resinas.

Aserraderos y remanufactura

El proceso de aserrado comienza con la clasificación de los trozos según su diámetro, a fin de asegurar un mayor rendimiento en las líneas de aserrío. Dependiendo de las demandas de los productos (vigas, tablas) y las características de cada trozo, un programa de software especializado permite aprovechar el trozo de madera en forma óptima, de acuerdo a las especificaciones requeridas por los mercados nacionales e internacionales. La madera aserrada (tablas), tras un proceso de secado, tiene la posibilidad de tres destinos:

- Exportación
- Remanufactura
- Mercado Nacional

Especies más exportadas durante los últimos cinco años

Durante el período de los años 2014 a 2018, la especie Pino es la que se ha exportado mayoritariamente, abarcando el 88% de las exportaciones forestales totales. El 44% de sus exportaciones tiene como destino Estados Unidos y los productos que se exportan son de primera transformación. La especie Teca es la segunda especie más exportada y abarca el 4% de las exportaciones forestales totales, el 99% de esta especie tiene como destino final India y se exporta principalmente como madera en troza. Caoba es la tercera especie más exportada desde Guatemala y representa un 3% de las exportaciones forestales totales. El 86% tiene como destino Estados Unidos, los principales productos que se exportan de esta especie son puertas, madera aserrada y artesanías.

Especies demandadas por nuevos nichos de mercado

Durante los últimos dos años y los primeros tres meses del presente año, mercados extranjeros se han interesado en estas cuatro especies que tradicionalmente no se exportaban. Ciprés, aunque se ha exportado anteriormente, del año 2017 al año 2018 la demanda del mercado asiático incrementó en un 53%, siendo China el principal país de destino de la misma (97%) y se exporta principalmente como madera en troza o muebles, durante el año 2018 el Ciprés representó un monto de USD\$2,659,952.75.

Eucalipto

Se empezó a exportar en los últimos meses del año 2017 y su exportación aumentó en un 190% durante el año 2018. Esta especie se utiliza como biomasa por sus propiedades caloríficas. Su principal país de destino es El Salvador, pudiendo ser el resultado de acciones realizadas por la Dirección de Industria y Comercio de INAB durante el año 2018:

Pucté

Se exportó por primera vez en el año 2018 y su principal mercado es el europeo, se ha exportado principalmente como material para la construcción.

Cericote

Se comenzó a exportar durante el año 2018 al mercado estadounidense, se caracteriza por su belleza física y se ha exportado principalmente como madera aserrada.

El Departamento de Comercio Forestal de la Dirección de Industria y Comercio de INAB, está comprometida con la búsqueda constante de nuevos mercados para los productos forestales de nuestro país, fomentando la exportación de especies nuevas con gran potencial comercial y productos con valor agregado.

Metodología

Especies para leña

Investigue y complete el siguiente cuadro respecto a las siguientes especies de madera para leña.

CASUARINA	
Nombre científico	
Descripción	
Uso	
Propagación	
Altitud	
Suelos	
Región	

MADRECACAO	
Nombre científico	
Descripción	
Uso	
Propagación	
Altitud	
Suelos	
Región	

ARIPÍN	
Nombre científico	
Descripción	
Uso	
Propagación	
Altitud	
Suelos	
Región	

CAULOTE	
Nombre científico	
Descripción	
Uso	
Propagación	
Altitud	
Suelos	
Región	

LEUCAENA	
Nombre científico	
Descripción	
Uso	
Propagación	
Altitud	
Suelos	
Región	

Transformación de la madera

Llavero reciclado

1. Separar las tablas de la caja de tomate con la ayuda de un martillo
2. Seleccionar las tablas que se encuentren en mejor estado
3. Con ayuda de un serrucho cortar todas las tablas del mismo tamaño
4. Lijar la madera
5. Unir las tablas como se muestra en la imagen con clavos y tornillos



6. Pintar o barnizar
7. Colocar armellas abiertas en distintos lugares
8. Colocar argollas cerradas en la parte superior para poder colgarla



HOJA DE TRABAJO 4

Actividad 1. Investigue los siguientes incisos

1. ¿Por qué debemos recurrir al secado de la madera?
2. Describa el proceso de secado de la madera
3. Existen dos métodos para secar madera; extracción mecánica y secado térmico, describa cada uno de estos.
4. Dentro del secado térmico existe el secado al aire libre y el secado artificial describa cada uno.
5. Por que decimos que la madera es unas materias higroscópico
6. Por que decimos que la madera es un material heterogéneo
7. Por que decimos que la madera es un material anisótropo
8. Que tipos de agua existen en la madera
9. Que métodos existen para determinar la humedad en la madera
10. Que defectos pueden surgir en el secado de la madera

PRÁCTICA 5

TIPOS DE BOSQUES

OBJETIVOS

- Conocer los principales tipos de bosques.
- Conocer los productos forestales de los tipos de bosques

Bosques renovables

Los bosques son los recursos naturales renovables de los que el hombre dispone para proporcionar beneficios sociales y económicos, teniendo en cuenta el valor que tienen de forma ecológica y ambiental. Gracias a los bosques podemos conseguir papel, madera, alimentos, aceites esenciales o medicamentos, entre otros. Entre los subproductos que derivan de estos anteriores o que gracias a los árboles podemos encontrar algunos como la miel.

Las masas boscosas son indispensables para la vida, ya que nos proporcionan oxígeno, disminuyen la contaminación y los efectos que genera el cambio climático o el aumento de las temperaturas, es decir, mejoran la salud de todos los seres vivos. Por esto, será necesario que seamos consecuentes e intentemos establecer un equilibrio entre nuestro consumo y su existencia.

La gestión forestal sostenible es de carácter transcendental, ya que es la única forma de conservar el entorno y la biodiversidad que alberga. Además, de ayudar a reducir el riesgo de plagas e incendios que puedan afectar a los bosques. Si cuidamos esa materia prima natural entre todos de forma responsable, se podrá desarrollar un bienestar social y a su vez, en el mundo rural se generarán puestos de trabajo directos e indirectos.

Existen diferentes funciones que cumplen los bosques con la gestión forestal de forma sostenible, siendo independientes las unas de las otras. La gestión forestal sostenible y certificada se encuentra abierta y es flexible. Es decir, ha ido modificándose a lo largo del tiempo porque el bosque no es estático, sino que evoluciona y se puede perturbar de diferentes formas. Es necesario saber la solución que se ofrece a todas las cuestiones de forma rápida y eficiente.

Los bosques del mundo almacenan más de 650 mil millones de toneladas de carbono. Tienen una repercusión vital en la atmósfera de todo el planeta, en el propio ciclo de vida y en la formación y mejora de los suelos.

Bosques energéticos

Se conoce como una especie forestal con fines energéticos a todo árbol leñoso del cual se puede obtener biomasa con fines energéticos, especialmente leña.

Normalmente estas especies se cultivan por su fácil propagación, rápido crecimiento y la capacidad de rebrote después de la corta, lo que las hace ideales para hacer plantaciones forestales o SAF's con el objeto de producir una mayor cantidad de biomasa por unidad de superficie y tiempo.

CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES FORESTALES ENERGÉTICAS

Una especie forestal con fines energéticos se considera deseable cuando posee las características siguientes:

- a) Crecimiento rápido.
- b) Capacidad de rebrote.
- c) Alto rendimiento de biomasa por hectárea.
- d) Poder calorífico alto.
- e) Capacidad de reproducirse fácilmente por semilla o en forma asexual.
- f) Fácil manejo silvicultural en turnos cortos de rotación.

PLANTACIONES FORESTALES PARA PRODUCCIÓN DE LEÑA

La extracción de leña de los bosques naturales, es una de las formas más tradicionales en Guatemala de obtener este producto y muchas veces se hace sin ningún control. Normalmente, se extrae de árboles enfermos, sobre maduros o con poco crecimiento; a veces también se obtiene como parte de los productos de un plan de manejo autorizado.

En la mayoría de los departamentos y municipios existen los "astilleros municipales" o "bosques comunales", que son las fuentes de obtención de leña por parte de las comunidades; estas áreas normalmente no tienen manejo o

reposición de la masa forestal extraída, por lo cual, la mayoría se encuentra en situación crítica.

Para frenar el fenómeno descrito anteriormente, se han creado las plantaciones forestales con especies forestales específicas para producción de leña. En estas plantaciones se utilizan especies de rápido crecimiento o bien que tengan capacidad de rebrote. Por lo general, son plantaciones de ciclo corto (3 a 4 años) y se establecen con el fin de que las familias tengan una fuente de fácil acceso para obtener leña. Otra modalidad de fomentar estas plantaciones es a través de SAF's, los cuales tienen una función multiusos, ya que en un espacio reducido de tierra se pueden cultivar las especies forestales para leña, intercalar cultivos alimenticios de ciclo corto y manejar los suelos de forma sostenible.

Plantaciones puras

Las plantaciones puras consisten en el establecimiento de una sola especie forestal en un área determinada. El objetivo final de éstas es la obtención de leña. Como se indicó en secciones anteriores, se utilizan especies forestales de rápido crecimiento y que tengan capacidad de rebrote para facilitar su propagación y fácil manejo de la especie. La silvicultura aplicada a estas plantaciones es relativamente sencilla ya que su turno de rotación es corto y el fin último es la obtención de leña, por lo cual su manejo no presenta mayores dificultades.

Densidad de la plantación

Para plantaciones forestales con fines energéticos, los distanciamientos se deben orientar, en lo posible, a obtener el mayor número de árboles por hectárea.

Los espaciamientos recomendados son:

- 1 m x 1 m
- 2 m x 1 m
- 2 m x 1.5 m
- 2 m x 2 m
- 2 m x 3 m
- 3 m x 1.5 m

Con dichos espaciamientos se obtienen densidades entre 1,667 a 10,000 árboles por hectárea.

Sistemas agroforestales y silvopastoriles

Un sistema Agroforestal (SAF) y sistema silvopastoril es la combinación de especies forestales con cultivos agrícolas, ganado o con los dos a la vez, en una porción de tierra donde se hace uso intensivo de la misma en espacio y tiempo, a fin de obtener un sistema de producción estable.

En los SAF's se distinguen las tecnologías agroforestales, en las cuales los componentes (árboles y cultivos) se establecen en arreglos definidos y con cierta temporalidad. La ventaja de estos sistemas es que, en una misma unidad de tierra, el productor puede obtener de los árboles productos como madera, leña, frutos y flores; así como productos agrícolas de ciclo corto.

Las siguientes son algunas tecnologías agroforestales que se recomiendan para el establecimiento de especies forestales con fines energéticos:

a. Cercos vivos y cortinas rompe – viento

Distanciamiento entre cada árbol de 1m a 2m, densidad mínima de 200 a 400 árboles por hectárea. En cortinas rompe-vientos se debe incluir al menos dos líneas de árboles y dos estratos sembrados idealmente al tresbolillo.

b. Árboles en asocio con cultivos anuales

En este tipo de tecnologías agroforestales los espaciamientos son amplios para permitir en algunos casos la mecanización, pudiéndose observar distanciamientos de 6m a 10m entre cada fila de árboles y una densidad comprendida entre 200 a 555 árboles por hectárea.

c. Árboles en asocio con cultivos perennes

Combinación de árboles con cultivos como: café (*Coffea arabica*), cacao (*Theobroma cacao L.*), frutales, cardamomo (*Elettaria cardamomum*), xate (*Chamaedorea spp.*) y pacaya (*Chamaedorea tepejilote*) entre otros; con densidades mínimas de 200 a 300 árboles de uso múltiple por hectárea.

d. Huertos familiares mixtos

Son sistemas intensivos de uso de la tierra que se encuentran aledaños a las viviendas. Consisten en una mezcla compleja de árboles, arbustos, cultivos perennes y anuales, plantas medicinales, animales, aves y peces. Son sistemas multiutilitarios, en donde las familias pueden obtener muchos productos para su alimentación, incluyendo leña.

Tanto las plantaciones forestales como los sistemas agroforestales con fines energéticos, llevan labores de establecimiento y mantenimiento, que van desde la selección del sitio, labores de limpia, cercado y trazado de la plantación o tecnología agroforestal, ahoyado, traslado, siembra de los árboles y limpiezas que permitan el desarrollo de los árboles.

BIBLIOGRAFÍA

- FAO. 2020. El estado de los bosques en el mundo, los bosques, la biodiversidad y las personas. Roma. 197 pág.
- Instituto Nacional de Bosques. 2019. Revista forestal de Guatemala. 3ra. Edición. Guatemala. 19 pág.
- Instituto Nacional de Bosques. 2021. Plan operativo anual 2021. Guatemala. 30 pág.
- Instituto Nacional de Bosques. 2021. Revista forestal de Guatemala. 8va. Edición. Guatemala. 19 pág.
- Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación. 2013. Vademécum Forestal. Guatemala. 289 pág.
- Ministerio de educación; Instituto Nacional de Bosques. 2020. Módulo de educación forestal. Guatemala. 42 pág.
- OIMT-CITES. 2016. Manual para la identificación y descripción botánica y de la madera de las especies forestales de Guatemala incluidas en el listado II de citas. Guatemala. 140 pág.
- Universidad tecnológica nacional. 2019. Proceso productivo de la madera. Argentina. 44 pág.