

UNIVERSIDAD NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR  
ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES

***Control de calidad de madera en pie y madera aserrada  
para el mercado de construcción del Grupo Empresarial  
El Almendro***

Proyecto de graduación para optar al grado de  
Licenciatura en Ingeniería en Ciencias Forestales

Presentado por:  
Alejandro González Soto

Heredia, Costa Rica  
2017

## **Acreditación**

Este trabajo final de graduación fue aceptado por el Tribunal Evaluador de la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional y aprobado por este como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura.

## **Control de calidad de madera en pie y madera aserrada para el mercado de construcción del Grupo Empresarial El Almendro**

Miembros del Tribunal Evaluador

---

M.Sc. Tomás Marino Herrera  
**Decano FCTM**

---

M.Sc. Virya Bravo Durán  
**Directora Escuela de Ciencias Ambientales**

---

MBA Luis Diego Camacho Cornejo  
**Director del trabajo**

---

M.Sc. Marielos Alfaro Murillo  
**Lectora del trabajo**

---

MII. Sebastián Ugalde Alfaro  
**Lector del trabajo**

---

Bach. Alejandro González Soto  
**Estudiante**

## Resumen

El Grupo Empresarial El Almendro busca mejorar la integración de la producción para alcanzar mayor competitividad en el mercado nacional. Para poder lograrlo, se requiere poder encadenar los principales eslabones de la cadena de valor forestal: bosque-industria-mercado para contar con materia prima y productos que respondan a un objetivo. Es necesario establecer controles de calidad en estos procesos para monitorearlos y poder establecer mejoras en cada uno de ellos. Es ahí donde surge la importancia de la presente investigación.

Esta investigación se desarrolló en tres etapas, la primera es una valoración de calidad de tres plantaciones forestales (pino, jaúl y ciprés), para las cuales se evalúan las trozas comerciales en una escala de uno (calidad excelente) a cuatro (sin valor comercial). Posteriormente, se realizó una evaluación de calidad de la madera aserrada obtenida de las plantaciones visitadas, se midieron los defectos encontrados en 909 unidades muestreadas, además fue clasificada según la norma INTE 06-07-02 2014. Finalmente, se encuestaron 35 clientes para conocer su percepción respecto a la calidad de madera.

El 40% de los árboles presentaban torceduras, aun así, el volumen comercial representaba más del 55% en la clase 1. En madera aserrada, los nudos fueron el defecto con mayor frecuencia, en 75% de las piezas evaluadas, seguido por el alabeo, que se registró en 41%. Se encontraron diferencias en dimensionado de hasta 2 mm, esto junto con la incidencia de defectos generó que el 53% de la madera se clasificara en clase 2. Pese a esto, 51% de los clientes no manifestaron problema en la calidad de madera, por el contrario, un 25% mencionaron el alabeo como el defecto más frecuente. Se propone la aplicación de un protocolo para la evaluación de la compra de madera en pie para asegurar la calidad en la industria. Se deben establecer criterios detallados en la clasificación para homogenizar los paquetes de madera. Un sistema de clasificación bajo la norma generaría incrementos en ingresos del 1.1% trimestralmente.

**Palabras claves:** calidad, madera, defectos, clasificación, norma.

## **Agradecimientos**

Al Grupo Empresarial El Almendro y a todos sus colaboradores por la gran oportunidad, la amabilidad y el apoyo brindado para la elaboración de este trabajo.

A mis padres, por sus enseñanzas y acompañamiento.

A Diego Camacho, por la ayuda brindada durante la realización de mi trabajo, más que un tutor es un gran amigo.

A Sebastián Ugalde y a Marielos Alfaro por dedicar tiempo a lectura del trabajo y por sus valiosas aportaciones a este.

A mi gran amiga y compañera Alejandra Bolaños, por sus sabios consejos y su gran compañía en los buenos y malos momentos que se presentaron.

## Tabla de Contenidos

1. Introducción .....	1
2. Justificación .....	3
3. Objetivos.....	5
Objetivo general.....	5
Objetivos específicos .....	5
4. Marco teórico.....	6
4.1 El concepto de calidad.....	6
4.1.1 El proceso de control de calidad.....	6
4.2 Calidad en la cadena de valor forestal.....	7
4.3 Valoración de calidad de la madera en pie.....	8
4.4 Influencia del manejo silvicultural sobre la calidad de la madera.....	9
4.4.1 Efecto de la poda en la calidad de madera.....	9
4.4.2 La ejecución correcta de la poda.....	11
4.4.3 Evaluación de la calidad de la poda en plantaciones forestales.....	12
4.5 Calidad de la madera aserrada.....	13
4.5.1 Clasificación por calidad de la madera aserrada.....	13
5. Metodología.....	16
5.1 Enfoque de investigación y tipo de estudio.....	16
5.2 Fase I. Valoración de la calidad de la madera en pie.....	16
5.3 Fase II. Clasificación visual de la calidad de la madera aserrada.....	21
5.4 Fase III. Desarrollo de protocolos para la evaluación de la calidad de madera en pie y madera aserrada.....	25
6. Resultados.....	27
6.1 Evaluación de calidad de las plantaciones forestales.....	27
6.1.1 Análisis de las variables cualitativas registradas.....	27
6.1.2 Valoración de la calidad de las trozas y de los árboles en pie.....	33
6.1.3 Determinación de la calidad en la ejecución de la poda.....	35
6.2 Evaluación de la calidad de la madera aserrada.....	38
6.2.1 Evaluación y clasificación de las dimensiones según su tolerancia ..	39

6.2.2	Evaluación y clasificación de los defectos registrados .....	43
6.3	Desarrollo de protocolos para la evaluación de la calidad de madera .....	56
6.3.1	Percepción de los clientes sobre la calidad de la madera aserrada ..	56
6.3.2	Desarrollo de propuesta de los protocolos .....	61
7.	Conclusiones .....	72
8.	Recomendaciones.....	74
9.	Literatura citada.....	76
9.	Anexos.....	81

## Índice de Figuras

Figura 1. Corte longitudinal y transversal de un árbol sin podar y podado.....	10
Figura 2. Efecto de la deformación por contracción a) en función del tipo de corte, b) en función de la sección transversal de la troza .....	14
Figura 3. Ubicación de las plantaciones forestales muestreadas.....	17
Figura 4. Mediciones de madera aserrada de los productos de canasta básica..	23
Figura 5. Distribución porcentual de la posición sociológica de los árboles en las plantaciones forestales evaluadas .....	28
Figura 6. Distribución porcentual de las categorías de rectitud de los árboles en las plantaciones forestales evaluadas .....	29
Figura 7. Árbol de pino ( <i>Pinus caribaea</i> ) con presencia de torcedura severa en la primera troza comercial del fuste. Foto tomada en la Cruz, Guanacaste, 2015....	30
Figura 8. Distribución porcentual de las categorías de inclinación de los árboles en las plantaciones forestales evaluadas.....	31
Figura 9. Distribución porcentual de la incidencia del grosor de ramas y el ángulo de inserción de las ramas para los individuos en las plantaciones forestales evaluadas .....	32
Figura 10. Distribución del número de trozas/hectárea para las plantaciones evaluadas.....	34
Figura 11. Distribución porcentual del volumen comercial (m <sup>3</sup> /ha) para las plantaciones evaluadas.....	34
Figura 12. Corte transversal del fuste de un árbol sin podar comparado al de un árbol podado. ....	36
Figura 13. Distribución porcentual de la calidad de la poda realizada en la plantación forestal evaluada de jaúl ( <i>Alnus acuminata</i> ) .....	37
Figura 14. Distribución porcentual de la cantidad de madera aserrada según las categorías de clasificación en el Grupo Empresarial El Almendro, Cartago .....	39
Figura 15. Diferencia (mm) entre la medida real (mm) y la medida comercial (mm) para cada producto evaluado en el Grupo Empresarial El Almendro, Cartago .....	40
Figura 16. Distribución porcentual de la frecuencia de nudos vivos según producto y especie en la madera aserrada del Grupo Empresarial El Almendro, Cartago ..	43

Figura 17. Distribución porcentual de la frecuencia de nudos muertos según producto y especie en la madera aserrada del Grupo Empresarial El Almendro, Cartago .....	44
Figura 18. Distribución porcentual de la frecuencia de rajaduras según producto y especie encontrados en la madera aserrada del Grupo Empresarial El Almendro, Cartago .....	47
Figura 19. Distribución porcentual de la frecuencia de alabeo según producto y especie en la madera aserrada del Grupo Empresarial El Almendro, Cartago .....	48
Figura 20. Distribución porcentual de la frecuencia del tipo de alabeo por producto en la madera aserrada del Grupo Empresarial El Almendro, Cartago .....	49
Figura 21. Distribución porcentual de la frecuencia de otros defectos encontrados en la madera aserrada del Grupo Empresarial El Almendro, Cartago .....	50
Figura 22. Tipo de clientes encuestados durante las visitas a los consumidores de la madera proveniente del Grupo Empresarial El Almendro, Cartago.....	56
Figura 23. Principales defectos de la madera según los clientes del Grupo Empresarial El Almendro, Cartago.....	57
Figura 24. Almacenamiento inadecuado de la madera de algunos clientes del Grupo Empresarial El Almendro. Fotos tomadas en Alajuela, 2015 .....	58
Figura 25. Principales productos con defectos en la calidad de la madera según los clientes del Grupo Empresarial El Almendro, Cartago .....	59
Figura 26. Margen de tolerancia de clientes encuestados sobre material defectuoso en los pedidos de madera al Grupo Empresarial El Almendro.....	60
Figura 27. Formulario para levantamiento de información de plantaciones forestales .....	66
Figura 28. Secuencia de actividades por seguir para el protocolo de evaluación de la madera en pie de las plantaciones forestales para el Grupo Empresarial El Almendro.....	67
Figura 29. Plantilla para la recolección de datos de dimensionado y defectos en madera aserrada.....	70
Figura 30. Criterios establecidos para la clasificación de madera aserrada del mercado de construcción en el Grupo Empresarial El Almendro .....	71

## Índice de Cuadros

Cuadro 1. Intensidad de muestreo y número de parcelas/hectárea de 500 m <sup>2</sup> recomendadas según el área de plantación .....	18
Cuadro 2. Ecuaciones utilizadas para la estimación del volumen comercial (m <sup>3</sup> ) para las tres especies evaluadas .....	20
Cuadro 3. Lista de productos dirigidos al nicho de mercado de construcción y ferretería .....	21
Cuadro 4. Distribución del tamaño de la muestra en los productos por estudiar según el peso sobre la producción mensual de la empresa de acuerdo con los datos de junio y julio del 2014.....	22
Cuadro 5. Parámetros dasométricos y estadísticos para las plantaciones forestales evaluadas, 2014.....	27
Cuadro 6. Distribución porcentual por categorías para defectos menores en las plantaciones forestales evaluadas .....	33
Cuadro 7. Distribución de la cantidad y volumen de madera aserrada muestreada según producto en el Grupo Empresarial El Almendro, Cartago.....	38
Cuadro 8. Clasificación por clase para el espesor de la madera aserrada muestreada en el Grupo Empresarial El Almendro según la norma INTE 06-07-02:2014, Cartago .....	40
Cuadro 9. Clasificación por clase para el ancho de la madera aserrada muestreada en el Grupo Empresarial El Almendro según la norma INTE 06-07-02:2014.....	41
Cuadro 10. Clasificación por clase para las dimensiones de la madera aserrada muestreada en el Grupo Empresarial El Almendro según la norma INTE 06-07-02:2014 .....	42
Cuadro 11. Cantidad de nudos vivos y nudos muertos por metro lineal por producto y especie en la madera aserrada del Grupo Empresarial El Almendro, Cartago ..	46
Cuadro 12. Clasificación por clase para los nudos de la madera aserrada muestreada en el Grupo Empresarial El Almendro según la norma INTE 06-07-02:2014, Cartago .....	51

Cuadro 13. Clasificación por clase para rajaduras de la madera aserrada muestreada en el Grupo Empresarial El Almendro según la norma INTE 06-07-02:2014, Cartago .....	52
Cuadro 14. Clasificación por clase para los defectos de la madera aserrada muestreada en el Grupo Empresarial El Almendro según la norma INTE 06-07-02:2014, Cartago .....	53
Cuadro 15. Flujo de ingresos por venta de madera aserrada para los sistemas de clasificación del Grupo Empresarial El Almendro y la norma INTE 06-07-02: 2014 .....	55
Cuadro 16. Porcentaje de devoluciones de madera defectuosa por parte de los clientes del Grupo Empresarial El Almendro, Cartago .....	59
Cuadro 17. Protocolo para la valoración de la calidad de madera en pie .....	62
Cuadro 18. Protocolo para la clasificación de madera aserrada del Grupo Empresarial .....	68

## **Índice de Anexos**

Anexo 1. Clasificación por tolerancias en las dimensiones a lo largo de la misma pieza para madera cepillada verde y seca según la norma INTE 06-07-02:2014. 81	81
Anexo 2. Clasificación por defectos a lo largo de la misma pieza para madera verde y seca según la norma INTE 06-07-02:2014.....	81
Anexo 3. Encuesta realizada a los clientes del Grupo Empresarial El Almendro..	82
Anexo 4. Lista de clientes encuestados durante las visitas realizadas a los clientes del Grupo Empresarial El Almendro.....	83
Anexo 5. Plantilla para el levantamiento de la información para la evaluación de calidad de madera en pie.....	84

## **1. Introducción**

Existe una disminución e incertidumbre en el abastecimiento de materia prima de buena calidad hacia la industria forestal, principalmente por el déficit en las tasas de reforestación. Por esto, se generó una preocupación por abastecer las industrias, dejando de lado temas como mejoras en los estándares de eficiencia y la calidad de la madera (Serrano y Moya, 2011).

Esto ha favorecido el posicionamiento en el mercado de productos sustitutos a la madera y de maderas importadas para el sector construcción (madera seca con medidas completas, normada, con menos defectos, etc.), provenientes en su mayoría de Chile, además de Estados Unidos y China (Barrantes y Ugalde, 2015). Para que las industrias puedan competir en el mercado con estos productos deben diferenciarse, a través de la innovación y mejoras en la calidad que aumenten el valor agregado (Carrillo, 2001).

Para asegurar productos de calidad en la industria forestal (buena forma, resistente, más durabilidad y trabajabilidad), es importante contar con materia prima de calidad y poseer industrias con tecnología adecuada. Al contar con un abastecimiento sostenido de madera proveniente de plantaciones forestales bien manejadas, conociendo las características de la materia prima en troza y las propiedades técnicas de las maderas, es posible obtener productos que puedan competir en el ámbito nacional o internacional (Hernández *et al.*, 2000).

Junto con esto, es fundamental contar con industrias que posean la tecnología adecuada para el procesamiento adecuado de la madera, que permita maximizar rendimientos en el uso de la madera. Además, es necesario realizar análisis de los mercados por abastecer, diferenciando precios para las especies, productos y calidades (Serrano y Moya, 2011), con el fin de satisfacer las diferentes necesidades de los consumidores.

Al crear una integración vertical de las actividades forestales (silvicultura-industria-mercado) se obtiene un uso eficiente de la madera, que da un valor agregado y contribuye a la generación de empleo (Rodríguez, 2004). Sin embargo, existen temas pendientes en la integración de estas actividades, como la administración del proceso, mejoras en los canales de comercialización y sobre todo en temas de control calidad de los procesos (Arce, 2006).

El control de calidad debe ejecutarse a lo largo de actividad forestal, para conocer el comportamiento de la producción o de un mercado. Al conocer las necesidades del proceso y determinar sus limitaciones, es posible ajustar las actividades para poder cumplir con los objetivos deseados (Moya, 2008). Pese a que en el Grupo Empresarial El Almendro cuentan con una producción integrada verticalmente, existen deficiencias en torno al control de calidad a lo largo de la cadena de valor, principalmente en temas de calidad de materia prima (madera en troza) y calidad de madera aserrada.

El abastecimiento de madera hacia la industria del Grupo El Almendro se da a través de la compra de madera en pie, por lo que no poseen control sobre las actividades silviculturales. Para la compra de la madera se toma como base el precio de esta, área y volumen de la plantación y los costos de aprovechamiento, dejando de lado el aspecto cualitativo, como los defectos de forma de la madera.

En cuanto a la madera aserrada, no han desarrollado un registro de información que evidencie los defectos que son encontrados de la línea de reaserrío de diámetros menores. Si bien cuentan con un proceso de clasificación de la madera, este consiste en una selección por especie, dimensiones, nicho de mercado y una escasa selección según defectos.

Es fundamental contar con registros que respalden la calidad de la materia prima que ingresa a la industria, así como la calidad de los productos que ofrece la empresa. Esta información permite identificar fallas en los distintos procesos y facilita la toma de decisiones para la corrección y mejora de los procesos.

## 2. Justificación

El Grupo Empresarial El Almendro se encuentra bajo un proceso de mejora continua a lo largo de todas sus actividades, que busca, entre otras cosas, incrementar la eficiencia de los procesos de producción. Dentro de este proceso se enmarca el control de la calidad, el cual se orienta básicamente a mejorar y asegurar la calidad de un proceso, una actividad o de un producto y a la vez, disminuir el desperdicio (Quesada, 2014).

El mejorar la calidad en un producto es darle valor agregado, el cual pueda ser remunerado por un cliente que requiera de ciertas cualidades (Junkin, 2008). Según Rojas (1995), una manera para poder dar valor agregado a la producción e incrementar la competitividad de los centros de producción de materias primas y productos forestales es a través de la integración de las actividades de bosque e industria. Para esto se requiere de información técnica, tanto cualitativa como cuantitativa, que facilite la toma de decisiones durante el proceso (Quesada, 2014).

Para contar con información se requiere realizar evaluaciones sobre la producción y más específicamente la frecuencia y la magnitud de los principales defectos. El fin es poder reajustar el proceso, revisar procesos previos para disminuir la presencia de defectos, inclusive aquellos originados por prácticas de manejo en las plantaciones forestales.

Por lo tanto, surge la necesidad de una metodología adecuada para el control de calidad, tanto de la madera en pie como de la madera aserrada. Esta investigación abordará el tema de la calidad en torno a la madera de especies de semiduros<sup>1</sup>, incluyendo al pino (*Pinus Caribaea*), el jaúl (*Alnus acuminata*) y el ciprés (*Cupressus lusitanica*). Estas especies son comúnmente utilizadas para la producción de los principales productos de la empresa, dirigidas a los mercados de construcción.

---

<sup>1</sup> Como madera semidura es conocida en el mercado la madera cuyo peso específico ronda entre 0.35 gr/cm<sup>3</sup> y 0.55 gr/cm<sup>3</sup>.

Para asegurar madera con la menor cantidad de defectos, es importante contar con material de calidad proveniente de plantaciones forestales adecuadamente manejadas. Por esta razón, se realizará una valoración de la calidad de las plantaciones forestales y una evaluación del manejo silvicultural de la poda. La poda es determinante en la aparición o no de nudos en la madera aserrada, uno de los principales defectos observados en los productos de la empresa.

Para el control de calidad visual y dimensional de madera aserrada, se enfocará en una inspección visual sobre las dimensiones de las piezas y los defectos visuales, además de conocer cómo es clasificada según el sistema desarrollado por la empresa. Pese a que a nivel nacional existe una norma para la clasificación visual de la madera, aún no ha sido fuertemente divulgada ni adaptada por la industria. Es importante trabajar en miras a lograr establecer una clasificación según la norma INTE 06-07-02 (INTECO 2014), que permita a la empresa estar avanzando en este sentido. Por el momento, la prioridad es mantener y mejorar la clasificación actual, respondiendo a las demandas de los clientes de la empresa con el objetivo de ir ajustando la clasificación hacia la norma nacional.

Ya se ha investigado y comprobado la relación existente entre la silvicultura y la calidad de la madera, tanto en troza como aserrada (Meneses y Guzmán, 2000; Vignote, Martínez y Villasante, 2013) y también el impacto de la ejecución adecuada de la poda sobre la frecuencia de nudos en la madera aserrada (Meza y Torres, 2004; Trujillo, 2012). Aunque muchas industrias forestales se han sometido a procesos de control de calidad, son escasas las experiencias encontradas en las que este proceso se realiza verticalmente en la cadena de valor. Por esto la necesidad del desarrollo de esta investigación.

### **3. Objetivos**

#### Objetivo general

- Evaluar la calidad de madera en pie y de madera aserrada del mercado de construcción en el Grupo Empresarial El Almendro.

#### Objetivos específicos

- Valorar la calidad de la madera en pie de tres plantaciones forestales propiedad del Grupo Empresarial El Almendro.
- Determinar la calidad visual y dimensional de la madera aserrada del mercado de construcción con base en las necesidades de la industria y en la norma INTE 06-07-02:2014.
- Desarrollar un protocolo para evaluar la calidad de la madera en pie y la madera aserrada según los requerimientos de la industria y de los clientes del Grupo Empresarial El Almendro.

## 4. Marco teórico

### 4.1 El concepto de calidad

El término calidad ha sido definido por diversos autores de muchas formas a lo largo del tiempo, respondiendo a los diferentes enfoques o puntos de vista en el que se ha analizado. Sin embargo, Hoyer y Hoyer (2001) afirman que muchas de las definiciones se enfocan en dos aspectos relevantes:

- La calidad vista como una forma de producir bienes o entregar servicios cuyas características medibles satisfacen un determinado conjunto de especificaciones que están numéricamente definidas, donde el proceso es capaz de reproducir un diseño bajo ciertas especificaciones.
- O bien, independientemente de las características medibles del bien o el servicio, la calidad puede entenderse como el grado en el que este logre satisfacer las necesidades de los clientes.

Estas dos perspectivas de calidad dan lugar a los conceptos de calidad absoluta y la calidad relativa, respectivamente (Acuña, 2002). Por ende, a la hora de definir la calidad de un bien o servicio este debe ir en función de los objetivos de la organización.

En la presente investigación, el término calidad está en función de la capacidad de producir madera aserrada que responda a las necesidades de los clientes directos de madera del Grupo Empresarial El Almendro, más que en la fabricación de madera bajo el cumplimiento de una norma o de un protocolo. Sin embargo, como se mencionó, es importante ajustarse en lo posible a la norma INTE 06-07-02:2014 "Madera aserrada para uso general" publicada por INTECO (2014).

#### 4.1.1 El proceso de control de calidad

En los procesos de fabricación, según Acuña (2002) el control de la calidad puede definirse como "el conjunto de actividades que se realizan sobre un proceso o producto con el fin de verificar que se encuentre dentro de límites fijados por un

patrón previamente establecido”. Estos límites funcionan como un control que determina el intervalo del comportamiento de la producción, e indican si se está desempeñando correctamente, bajo un patrón de comparación. En este proceso, además de hacerse desde un enfoque colaborativo (Feigenbaum, 1977) también debe enfocarse en mejorar técnicamente los procesos, con el fin de influir en la calidad de un producto (Evans, 2000).

El control de la calidad puede convertirse en un factor estratégico en la competitividad de las empresas, pues permite mejorar procesos internos que eventualmente se traducen en una reducción de costos, disminución de los precios, aumento de la presencia y mayor posibilidad de permanencia en el mercado (Moya, 2008). Para la puesta en ejecución de estos procesos se deben coleccionar y analizar datos, para luego compararlos con el patrón y así realizar modificaciones necesarias (Acuña, 2002).

Según Acuña (2002), el control de la calidad persigue una serie de objetivos como:

- Asegurar que la materia prima cumple con los requerimientos de calidad para la fabricación.
- Diseñar y brindarle al consumidor un producto acorde a los requerimientos del consumidor y a las capacidades de fabricación.
- Disminuir al máximo la cantidad de productos defectuosos y reprocesables para la disminución de costos derivados de productos de mala calidad.
- Disminuir los reclamos y devoluciones de clientes.

#### 4.2 Calidad en la cadena de valor forestal

Al ser la madera un material heterogéneo y anisotrópico presenta mucha heterogeneidad debido a variables como: la especie, densidad, porcentaje de madera tardía y temprana, presencia y tamaño de nudos, presencia y tamaño de grietas, dirección del hilo e inclusive el manejo silvicultural. Esta heterogeneidad en la madera repercute en sus propiedades físicas y mecánicas (CONAFOR 2011), por lo que resulta indispensable establecer controles de calidad en los productos a través de la producción e industrialización de la madera.

Los procesos de control de calidad deben enfocarse en toda la cadena de valor y no únicamente en los procesos de producción. También las actividades de manejo y aprovechamiento del recurso forestal deben ser monitoreadas con el fin de asegurar la calidad de la materia prima (madera en troza) y del producto terminado (madera aserrada). Es fundamental conocer las necesidades de los consumidores para así organizar la producción en función de características deseadas en el producto final y finalmente en las características necesarias en cuanto a materia prima para suplir las necesidades de la industria.

El mercado de productos forestales, nacional como internacional, se torna cada vez más exigente en cuanto al cumplimiento de estándares y características que demuestren la calidad de sus bienes y servicios (Castro y Raigosa, 2000).

#### 4.3 Valoración de calidad de la madera en pie

La valoración de la calidad busca identificar problemas en la calidad y productividad de las plantaciones forestales con fines de aserrío, además de identificar las posibles causas de los defectos que afecten la calidad de la madera en pie (Rojas y Murillo, 2000). En el país se ha venido desarrollando una metodología para la evaluación de la calidad de las plantaciones, donde asigna una calidad en función de distintas variables cualitativas que pueden determinar el valor de la madera (Murillo y Badilla, 2010). Es importante contar con parámetros que permitan conocer el estado actual de la calidad y poder comparar diferentes plantaciones y aplicaciones de manejo silvicultural, para eso Murillo (2000) desarrolló los índices para reforestación en Costa Rica.

Es importante tener en cuenta que la calidad de las plantaciones depende de la combinación entre la selección del sitio de plantación de acuerdo con la selección de la especie, del uso de material genético de calidad (clones) y del manejo silvicultural que se le dé a la plantación (Murillo y Badilla, 2010). En este caso se abordará el tema de calidad de plantaciones forestales en función del manejo silvicultural que se le haya dado o no, sin embargo el material original utilizado y las condiciones del sitio ejercen influencia sobre la madera.

#### 4.4 Influencia del manejo silvicultural sobre la calidad de la madera

Los defectos de la madera rolliza llevan consigo una pérdida de rendimientos en el proceso de aserrío o bien una transmisión de estos defectos a un porcentaje variable de las piezas obtenidas en dicho proceso (Vignote y Martínez, 2006). Por esto, el manejo silvicultural de cualquier especie debe hacer hincapié en la calidad de los productos por extraer de las plantaciones (Jiménez, 2008), para así poder asegurar madera de calidad en la industria forestal, que sea más cotizada o que permita obtener productos de mayor valor (Sánchez *et al.*, 2009).

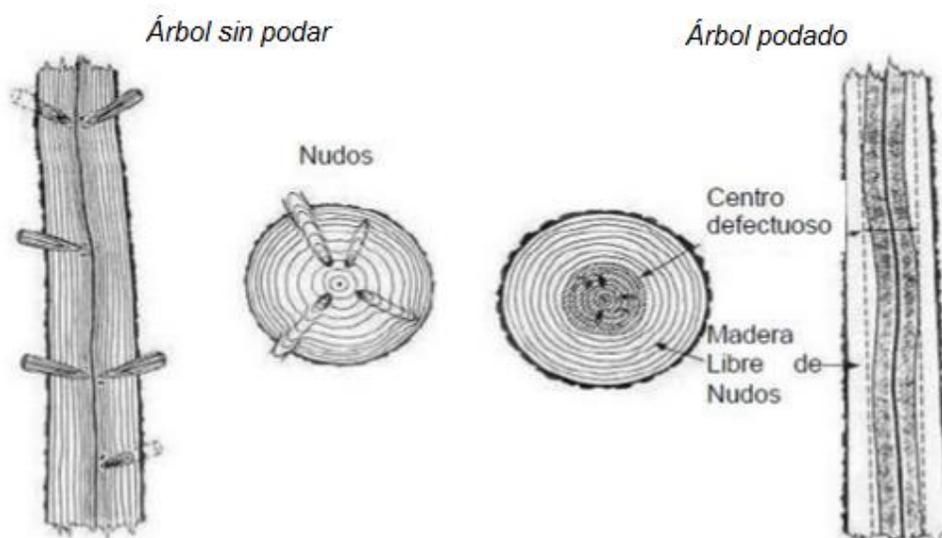
Para obtener madera de calidad, además del material genético empleado y la adecuada selección del sitio y especie, la plantación requiere de actividades de sostenimiento y protección que garanticen su buen desarrollo, como las limpias, la fertilización, manejo integrado de plagas y enfermedades, raleos, entre otros aspectos (Trujillo, 2012). Mucho se ha investigado sobre el efecto de los tratamientos silviculturales sobre los volúmenes producidos y el tamaño de los árboles. Sin embargo, el tema del impacto de estos tratamientos sobre la calidad y el valor de la madera no es tan conocido, siendo la valoración de la madera un elemento primordial para analizar (Jiménez, 2008).

Cada una de estas labores (selección del sitio, fertilización, raleos, podas, etc.) tiene su impacto en la calidad, sin embargo, en la investigación se explicará el efecto de la poda en la calidad de la madera.

##### 4.4.1 Efecto de la poda en la calidad de madera

Mientras persistan las ramas en el tronco de un árbol, la madera producida tendrá nudos, los cuales son los defectos más comunes que afectan la calidad de la madera proveniente de plantaciones forestales. La poda consiste en la remoción de las ramas de los árboles con el fin de producir madera limpia, libre de nudos y de mayor calidad (Meza y Torres, 2004). En cuanto al cilindro con defectos, este es el área del fuste que contiene la médula, los muñones de la poda y la oclusión de la herida de la poda. La madera formada en la parte externa de ese cilindro corresponderá a la madera libre de defectos (Barrio *et al.*, 2009).

Es evidente que el principal efecto que tiene la poda es buscar que una vez ocluida la herida producida, la madera que produzca el árbol no tenga nudos. Es por ello por lo que la poda debe realizarse a edad temprana, tanto por el tamaño de la herida, como por reducir los efectos de los nudos (Vignote, Martínez y Villasante, 2013) y reducir el tamaño del cilindro con defectos. El cilindro con defectos es el área del fuste que contiene la médula, los muñones de la poda y la oclusión de la herida de la poda. La madera formada en la parte externa de ese cilindro corresponderá a la madera libre de defectos (Barrio *et al.*, 2009).



**Figura 1.** Corte longitudinal y transversal de un árbol sin podar y un árbol podado.

Fuente: Barrio *et al.* (2009).

La razón de la importancia de los nudos es que estos presentan los siguientes inconvenientes (Vignote, Martínez y Villasante, 2013):

- De orden físico: Son causa de deformaciones en las piezas, causadas por la menor resistencia en las secciones donde aparece y dificultan en gran medida la trabajabilidad de la madera.

- De orden mecánico: los nudos disminuyen de forma notable la resistencia de la madera, sobre todo a los esfuerzos de tracción y flexión, pudiendo suponerse como símil, la existencia de un agujero en la madera. En este aspecto, cuanto mayor sea el nudo, mayor será la pérdida de resistencia. También influye en la pérdida de resistencia, la posición del nudo en la pieza, siendo desfavorables los nudos situados en el centro.
- De orden estético: los nudos rompen la uniformidad de los dibujos y del color de la madera. Según esto, cuanto mayor sea el nudo y mayor su coloración (caso de nudos negros), más deprecia la pieza de madera. Sin embargo, los nudos pueden tener valor dentro de un mercado específico.

Además, en la mayoría de especies es el parámetro que más influye en el valor de la madera. Helvia (2012) señala que los árboles podados tienen una conformación más cilíndrica que los no podados, siendo explicado este efecto por la modificación de la distribución del crecimiento a lo largo del tronco tras la poda, con un mayor reparto del crecimiento en las zonas superiores del fuste, dando lugar así a troncos de conformaciones más cilíndricas.

La poda es una actividad de alto costo, pero imprescindible en la mayoría de las especies, pues tiene un gran impacto en la calidad y valoración del producto final. La decisión de podar, más allá de los beneficios que se obtienen, va a depender de un análisis económico que justifique la inversión y demuestre ganancias (Rojas, 2006).

#### 4.4.2 La ejecución correcta de la poda

Sobre la ejecución de la poda existen varias afirmaciones, dos de las principales recomendaciones son (Guevara y Murillo, 2009):

- Ejecutar la poda en función de la altura total del árbol, que como regla utiliza la norma límite de poda hasta no más de un 50% de la copa viva, con el inconveniente de que los árboles tendrán alturas de poda diferente.

- La poda se basa en la definición de la altura, en función de la longitud de las primeras tres trozas comerciales del árbol, basado en el principio de que el comercio de la madera se define en largos de troza conocidos.

Para una industria que está verticalmente integrada, como es el caso de El Almendro, la evaluación de las podas en las plantaciones debe ir en función de la materia prima por obtener.

La forma en que se realiza el corte de las ramas es fundamental para el éxito de una poda. De ello depende: 1) el tiempo necesario para que el árbol cicatrice la herida causada por el corte; 2) la pronta producción de madera limpia, y 3) la salud futura del árbol (Gallowey, 2006).

Como ya se mencionó, la poda es una actividad de alto costo, por lo que hay que tratar de concentrar esta actividad en los árboles de mayor valor comercial (Murillo y Camacho, 1997). La consideración principal en la decisión de realizar o no la poda depende de la factibilidad económica. ¿Tiene un precio más alto la madera de calidad (libre de nudos) en comparación con la madera nudosa? ¿Esta diferencia pagará el costo de la operación al final de turno? (Gallowey, 2006).

Por eso es importante conocer cuál es el mercado en el que se va a colocar la madera, pues si se sabe que esta demanda madera libre de nudos (como es el caso de la madera para ferretería), la poda es indispensable y se sabe que la operación será retribuida.

#### 4.4.3 Evaluación de la calidad de la poda en plantaciones forestales

Es necesario contar con instrumentos y procedimientos que permitan medir con precisión el estado de la masa forestal, sus características y el efecto en el producto final que ha producido una intervención silvicultural. De esta forma conocer si el costo de una actividad como la poda será recompensado en un futuro cercano (Murillo y Camacho, 1997).

Tomando esto cuenta, Murillo y Camacho (1997) desarrollaron una metodología de evaluación de podas, con el fin de determinar si la poda se ha realizado en forma

correcta. Esta metodología puede brindar información acerca de si han sido podados solamente los árboles de la cosecha final, si han sido podados en unidades de comercialización, si la poda se ha realizado de forma correcta, si la poda se realizó cuando los árboles poseían un diámetro adecuado. Con esto se puede contribuir a mejorar la silvicultura, principalmente la actividad de la poda, y con esto realizar esfuerzos directamente sobre la calidad de la madera.

#### 4.5 Calidad de la madera aserrada

Dentro del control de calidad de la madera, las propiedades son evaluadas bajo diferentes métodos tanto destructivos como no destructivos. Sin embargo, O'Neill (2004) afirma que la tendencia está orientada hacia la evaluación no destructiva, las cuáles permiten examinar los materiales sin que se vean afectadas sus propiedades, su integridad y su utilidad (Sánchez *et al.*, 2009).

Una vez que ha sido procesada y evaluada, la madera debe separarse en grupos cuyas características lo hacen homogéneos entre sí. Esta separación permite que a la madera se le dé un uso y comercialización de manera confiable y económica (INTE 06-07-03 2011). Además, la clasificación tiene un impacto muy alto en los precios de comercialización de la madera (Cassens y Serrano, 2006)

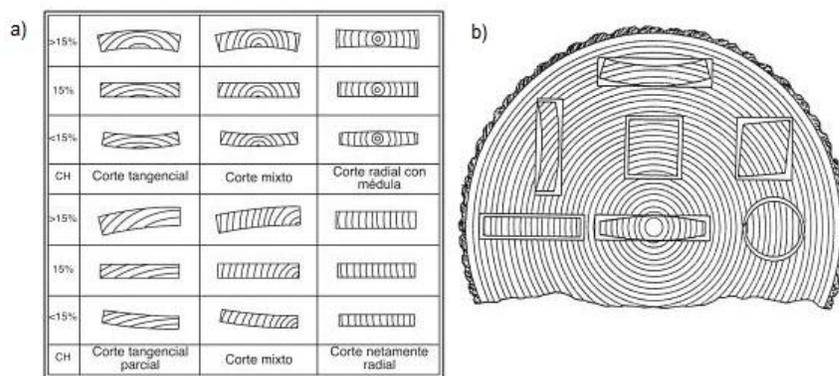
La clasificación de la madera puede llevarse a cabo de dos formas. Una es de manera estructural, basada en las propiedades de resistencia mecánicas reducidas y rigidez promedio, comúnmente utilizadas en el diseño estructural. O bien la clasificación puede ser visual, que se logra por una evaluación de las cuatro caras y extremos de la pieza, en la cual se evalúan dimensiones, defectos y otras características que afectan la resistencia de la pieza (INTE 06-07-03 2011).

##### 4.5.1 Clasificación por calidad de la madera aserrada

La calidad de la madera aserrada puede verse afectada por anomalías o irregularidades que disminuyan el valor comercial de la madera, generalmente estas son conocidas como defectos. Estas implicaciones en el valor comercial se generan porque la madera disminuye su resistencia, afecta su trabajabilidad y sus cualidades de acabado o apariencia (Londoño, 2007).

El origen de los defectos en la madera puede atribuirse al crecimiento, a deficiencias en el proceso de secado y en el proceso de transformación. Los defectos relacionados con el crecimiento son imperfecciones en la madera de árboles vivos originados por la forma como crece el árbol, por ejemplo: el grano desviado, nudos o madera de reacción. Los defectos inducidos por el secado pueden ser rajaduras, alabeo, endurecimiento superficial y colapso. Finalmente, los defectos originados en el proceso de transformación más comunes son grano levantado, grano suelto y grano velloso (Londoño, 2007, INTE 06 -07-01 2011).

Otros defectos pueden presentarse por distintas causas, como el alabeo. Según Londoño (2007), este defecto está más asociado a procesos de secado; sin embargo, existen otras causas que pueden originar este defecto en la madera, tal como lo es la liberación de las tensiones de crecimiento durante el proceso de aserrío de la madera (Okuyama y Sasaki, 1979, citado por Moya *et al.*, 2009), la madera juvenil, madera de reacción o simplemente relaciones entre contracción tangencial y radial muy elevadas (Vignote y Martínez, 2006). Existe también un efecto de las deformaciones por las contracciones de la madera (Figura 2) que va en función del tipo de corte (radial o tangencial) a medida que disminuye el contenido de humedad y en función de las zonas de la sección transversal de la troza (Medina, 1995, citado por Vignote y Martínez, 2006).



**Figura 2.** Efecto de la deformación por contracción a) en función del tipo de corte, b) en función de la sección transversal de la troza

Fuente: Medina (1995), citado por Vignote y Martínez (2006).

Ante la presencia de estos defectos y por la necesidad de competir en el mercado de producción de madera, resulta trascendental la clasificación de madera por calidad (Sánchez *et al.*, 2009). En Costa Rica las normas utilizadas para la evaluación de la calidad de madera son:

- INTE 06 -07-01:09 “Norma de terminologías de madera”.
- INTE 06-07-02:2014 “Madera aserrada para uso general”.
- NTE 06-07-03:2011 “Madera estructural: Clasificación en grados estructurales para la madera aserrada mediante una evaluación visual”.

Para este caso es de gran importancia la norma “Madera aserrada para uso general”, la cual tiene por objetivo establecer un sistema de clasificación para la madera aserrada de uso general, donde se define la condición de humedad y tolerancia para la madera y para los defectos, el tipo, cantidad, ubicación y magnitud (INTE 06-07-02 2014). Respecto a esos atributos, la norma establece tres criterios de calidad para madera verde y seca.

Pese a que el objetivo de la norma es su aplicación en las industrias forestales del país, en muchas de estas no se aplica el sistema de clasificación propuesto pues el mercado es muy variable sobre los requerimientos y criterios aceptables, tanto en dimensiones como en presencia de defectos.

## 5. Metodología

### 5.1 Enfoque de investigación y tipo de estudio

A la investigación, al ser un proceso secuencial, deductivo y en el que se busca analizar la realidad desde un punto de vista objetivo se le puede atribuir que responde a un enfoque cuantitativo, el cual se caracteriza, según Sampieri *et al.* (2006) en buscar medir y evaluar un fenómeno determinado. En este caso corresponde a la calidad de la madera aserrada, incorporando la valoración de la calidad de la plantación y el manejo silvicultural de la poda.

El tipo de investigación es exploratoria, donde se busca determinar tendencias y establecer relaciones potenciales entre variables (Sampieri *et al.* 2006), las cuales en esta investigación corresponden a la calidad de la madera aserrada y la madera en pie.

El desarrollo del trabajo se llevó a cabo en el Grupo Empresarial El Almendro, más específicamente en la división de “Forestales La Sabana”, ubicada en Paraíso de Cartago. Esta se encarga de los servicios de aserrío, cepillado y los alistados especiales en madera; además asume las actividades concernientes al aprovechamiento de las plantaciones forestales que abastecen en gran mayoría su producción (El Almendro, 2014).

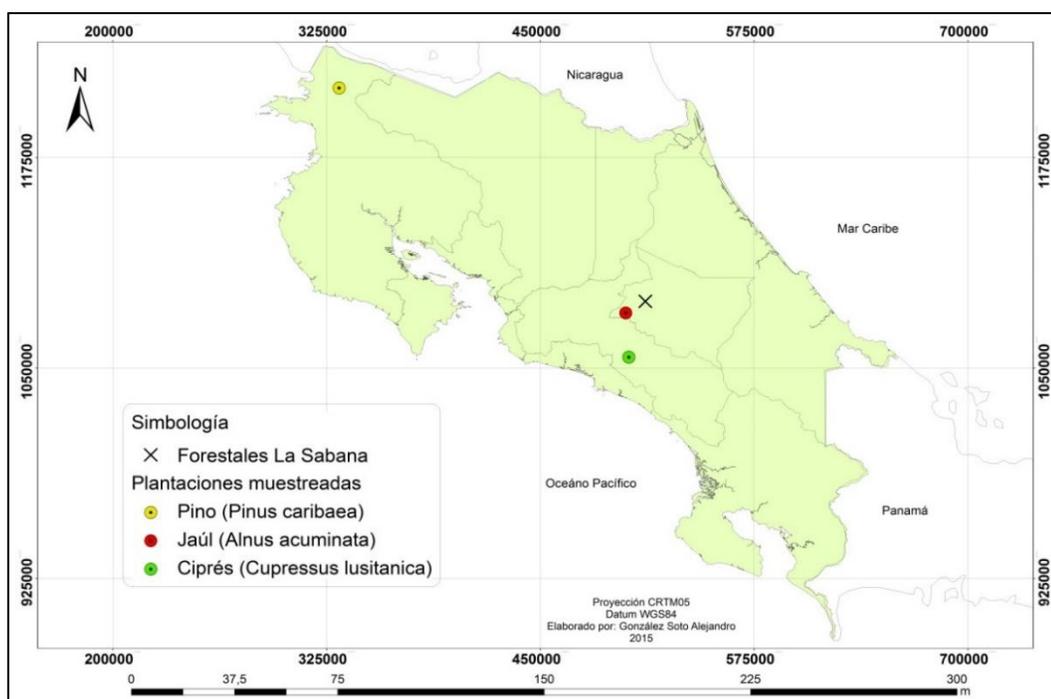
El trabajo consta de tres fases, detalladas de seguido.

### 5.2 Fase I. Valoración de la calidad de la madera en pie

Para la valoración de la madera en pie se visitaron tres sitios (Figura 3):

- Plantación de pino (*Pinus caribaea*), ubicada en Santa Cecilia, en la Cruz, Guanacaste. Las coordenadas son N10°59'40.26" y O85°32'40.26". Fue establecida en 1989 y cuenta con una extensión de 200 ha, de las cuales se realizó la evaluación en un lote de 10 ha. Se realizó una estratificación para el cálculo del error, ya que dos parcelas que fueron levantadas se encontraban en un sitio donde no se había realizado manejo.

- Plantación de jaúl (*Alnus acuminata*), ubicada en Patio de Agua, del Guarco, Cartago. Las coordenadas son N9°47'27.36" y O83°59'59.238". Fue establecida en 1984, cuenta con una extensión de 5 ha, que se evaluaron en su totalidad. Fue la única plantación a la cual se le realizó poda.
- Barrera corta vientos ciprés (*Cupressus lusitanica*), que está ubicada en Santa María de Dota, Cartago, en las coordenadas N9°33'12.936" y O83°59'0.594". La fecha de plantación se desconoce. Se estableció en dos franjas, cuya longitud total es de 960 metros lineales.



**Figura 3.** Ubicación de las plantaciones forestales muestreadas

Para las plantaciones en bloque se realizó un muestreo simple aleatorio, donde se establecieron parcelas circulares de 500 m<sup>2</sup>, con una intensidad del muestreo de acuerdo con el área de cada plantación (Cuadro 1). Para el caso de la cortina rompevientos de ciprés se midió un 20% de lote total de la madera, es decir, la toma de la información se realizó sobre uno de cada cinco árboles, avanzando en forma lineal a lo largo de la plantación. Para la toma de los datos se utilizaron las metodologías explicadas de Murillo y Camacho (1997) y la metodología propuesta Murillo y Badilla (2010).

**Cuadro 1.** Intensidad de muestreo y número de parcelas/hectárea de 500 m<sup>2</sup> recomendadas según el área de plantación

Tamaño del lote (ha)	Intensidad de muestreo (%)	Número de Parc/ha 500m <sup>2</sup>
1 a 6	3 a 5	1
6.1 a 20	3	0.6
20.1 a 100	2	0.4
> 100.1	4	0.2

Fuente: Murillo y Badilla (2010).

– Medición de las variables

Se realizará una combinación entre ambas metodologías para la medición de las variables cuantitativas y cualitativas. Las variables cuantitativas por evaluar son:

- Diámetro a la altura de pecho (dap), en centímetros.
- Altura comercial, en metros.
- Número de trozas comerciales: varía en función del mercado, en este caso corresponde a trozas de 3.36 metros (4 varas).

Las variables cualitativas se categorizan de la siguiente forma:

- Posición socioecológica: se anota la posición sociológica de cada árbol en la parcela, utilizando la siguiente simbología: dominante (D), codominante (CD), intermedio (I) y suprimido (S).
- Bifurcaciones: se anota un "1" cuando no hay bifurcación en la zona comercial del fuste y un "2" cuando el árbol está bifurcado en algún punto de las trozas comerciales del fuste.
- Inclinación: se registra con "1" cuando el árbol tiene un ángulo de inclinación igual o inferior a 30°, y "2" cuando cuenta con ángulo de inclinación vertical superior a los 30°.
- Rectitud: un árbol es de rectitud "1" cuando es totalmente recto, de rectitud "2" cuando presenta torceduras o alabeos leves y de rectitud "3" cuando presenta torceduras severas, donde se hace difícil obtener piezas aserradas de la troza.

- Daño mecánico: se anota un "1" cuando el árbol no presenta ninguna evidencia de daño, se anota un "2" cuando presenta un daño, herida, u otro deterioro.
- Estado fitosanitario: se anota "1" cuando el árbol está totalmente sano, "2" cuando tiene alguna evidencia de problema fitosanitario y "3" cuando posee problemas fitosanitarios que afectan su desarrollo.
- Gambas o aletones: se anota un "1" cuando no presenta gambas o aletones, y un "2" cuando el defecto afecta en forma marcada más de 40 cm de altura de la primera troza.
- Grosor de ramas: se anota un "1" si no se observa ninguna rama gruesa<sup>2</sup> a lo largo del fuste comercial; y un "2" si se observa al menos una rama gruesa en la zona comercial del fuste.
- Angulo de inserción de ramas: Se anota un "1" si todas las ramas se insertan entre 90° y 45°, y se anotará un "2" cuando al menos una rama inserta a menos de 45°.
- Calidad de poda: toma en cuenta los daños observados y evidencias de una mala ejecución de la poda, además de si la poda se realizó en árboles calidad "1" y "2". Se divide en:

**1= Excelente:** árbol sin daños, heridas o marcas en el fuste producto de la poda, las ramas han sido podadas cerca del fuste sin dejar muñones pronunciados. El árbol podado corresponde a calidad 1 o 2.

**2= Aceptable:** árbol con heridas pequeñas producto de la poda, sin ramas en las primeras trozas del fuste, per con presencia de ramas o evidencias de mala ejecución de poda en la sección superior del fuste. Árbol calidad 1 o 2.

**3= Inaceptable:** árbol con heridas grandes producto de la poda, se observa al menos una rama sin podar o mal podada en las primeras tres trozas del fuste comercial. Entran árboles de todas categorías, calidad 1 o 2 si no fueron podados y calidad 3 o 4 si fueron podados.

---

<sup>2</sup> Rama gruesa es aquella en que su diámetro alcanza aproximadamente un 1/3 del diámetro del fuste principal.

- Calidad de las trozas: estas se califican de la siguiente manera:

**1= Excelente:** se designan así aquellas trozas cuyas calificaciones han sido absolutamente de “1” en todas las otras variables específicas.

**2= Muy Buena a Buena:** Son todas aquellas trozas que han recibido entre 1 y 2 veces al menos una calificación de “2” en alguna de las siguientes variables específicas: rectitud, ángulo de inserción de ramas, grosor de ramas y estado fitosanitario. Es decir, es una troza con defectos leves, que solamente le disminuirán, pero no le limitarán severamente su potencial productivo.

**3= Aceptable:** Son todas aquellas trozas con limitaciones severas, pero que le permiten aprovechar al menos un 50% del fuste en producto de aserrío y han recibido más de 2-3 veces una calificación de “2” en las variables daño mecánico, gambas o aletones y aquellos árboles inclinados.

**4= Sin valor comercial maderable:** Son aquellas trozas que se les pueden observar defectos que merecen una calificación de “3” en alguna de las variables específicas como rectitud o problemas fitosanitarios. En este grupo se deben ubicar aquellas trozas con presencia de bifurcaciones a muy baja altura, grano en espiral y con presencia de gambas prominentes en la primera troza.

– Análisis de la información

La información recolectada a partir de la evaluación de las plantaciones se procesó utilizando la hoja de Excel desarrollado por Murillo y Badilla (2013). La información se presenta de acuerdo con la abundancia de individuos, abundancia de trozas y volumen comercial según calidad. La estimación del volumen (m<sup>3</sup>) se realizó a partir de ecuaciones volumétricas según la especie (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Ecuaciones utilizadas para la estimación del volumen comercial (m<sup>3</sup>) para las tres especies evaluadas

Espece	Ecuación	R <sup>2</sup>	Fuente
Pino	$\text{LnVc} = -9.308 + 1.703 * \text{Ln}(\text{Dap}) + 0.993 * \text{Ln}(\text{H})$	0.97	Salazar 1985
Jaúl	$\text{LnVc} = -9.300294 + 1.983741 * (\text{LnDap}) + 0.740202 * (\text{LnH})$	0.99	Hughell y Camacho 1989
Ciprés	$\text{LnVc} = -1.714957 + 1.839149 * (\text{LnDap}) + 1.090251 * (\text{LnH})$	0.93	Rojas 1990

### 5.3 Fase II. Clasificación visual de la calidad de la madera aserrada

La madera utilizada para la inspección y clasificación corresponde a madera obtenida a partir de las trozas provenientes únicamente de las tres plantaciones forestales evaluadas (pino, jaúl y ciprés).

Las mediciones se realizaron sobre los cinco principales productos en la empresa (Cuadro 3), los cuales abarcan el 80% de la producción y son los de mayor rotación dentro de la industria (Cobb, 2014). Estos productos, comúnmente llamados de canasta básica, están dirigidos al mercado de la construcción. Generalmente, su producción gira en torno a varias especies consideradas como semiduros (pino, ciprés, chancho, kinkli, jaúl y otras), las cuales tienen un mismo valor según el mercado dirigido y a la calidad asignada a cada pieza.

**Cuadro 3.** Lista de productos dirigidos al nicho de mercado de construcción y ferretería

<b>Producto</b>	<b>Espesor (mm)</b>	<b>Espesor comercial (mm)</b>	<b>Ancho (mm)</b>	<b>Ancho comercial (mm)</b>
Regla 1"x2"	25.4	22.2	50.8	47.6
Regla 1"x3"	25.4	22.2	76.2	69.9
Tabla 1"x12"	25.4	22.2	304.8	298.5
Alfajilla 2"x3"	50.8	47.6	76.2	69.9
Alfajilla 2"x4"	50.8	44.5	101.6	95.3

Fuente: Cobb, 2014.

Se realizó un muestreo aleatorio estratificado tomando como marco muestral un promedio de la producción de los meses de junio y julio. Para el cálculo del tamaño de la muestra se hará uso de la fórmula para poblaciones infinitas propuesta por Acuña (1999):

$$n = \frac{z^2 pq N}{e^2 (N - 1) + (z^2 pq)}$$

Donde:

- *n = tamaño de la muestra*
- *z= valor del nivel de confianza*
- *p=probabilidad a favor (0.5)*
- *q= probabilidad en contra (0.5)*
- *N = tamaño de la población*
- *e= error muestral*

Con un error del 5% y a una probabilidad de 0.05, se obtiene un tamaño de muestra de un total de 378 unidades (piezas de madera aserrada). Para la distribución del tamaño de la muestra se hará uso de un muestreo estratificado, donde los estratos serán asignados en función del peso de cada uno de los productos sobre la producción mensual (Cuadro 4). El muestreo se realizará tanto sobre la madera que sale de la línea de producción, como también de la que está en *stock* previamente seleccionada y calificada.

**Cuadro 4.** Distribución del tamaño de la muestra en los productos por estudiar según el peso sobre la producción mensual de la empresa de acuerdo con los datos de junio y julio del 2014

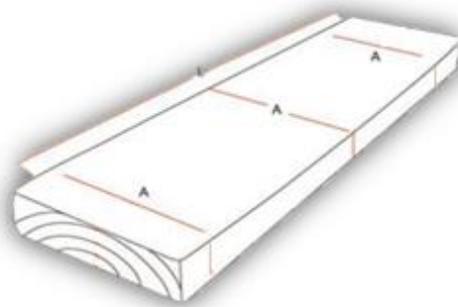
<b>Producto</b>	<b>Producción mensual (pmt)</b>	<b>Peso</b>	<b>Tamaño de muestra</b>
Regla 1"x3"	10 900	49%	183
Tabla 1"x12"	4 070	18%	67
Alfajilla 2"x3"	3 510	16%	59
Regla 1"x2"	2 650	12%	46
Alfajilla 2"x4"	1 300	6%	23
<b>Total</b>	<b>22 430</b>	<b>100%</b>	<b>378</b>

**Nota:** Los datos de producción mensual se obtuvieron de los registros de producción de la industria.

- Evaluación de la calidad de la madera aserrada de los productos de canasta básica

Para la evaluación de la calidad de la madera aserrada se realizó una medición tanto de las dimensiones aserradas como de los defectos que son prioridad para la empresa y que se recomiendan dentro de la norma INTE 06-07-02: 2014 “Madera aserrada para uso general” INTECO (2014).

Para la medición de las dimensiones, se tomó las medidas del espesor y ancho. Ambas mediciones se hicieron a un centímetro de ambos extremos y en el centro de las piezas, utilizando un Calibrador Vernier, salvo en la medición del ancho de las tablas de 1x12 para las que se utilizó una cinta métrica metálica extensible, ambas medidas se realizarán en milímetros de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades. Para el caso del largo, como solo se trabajarán piezas largas (2.52 o 3.36 metros) se indicó a cuál de estos corresponde (Figura 4).



**Figura 4.** Mediciones de la madera aserrada de los productos de canasta básica.

La inspección de la calidad visual se realizó según lo establece la norma INTE 06-07-02: 2014 “Madera aserrada para uso general” (INTECO 2014), donde se realizó una inspección de las caras de las piezas y se elige la cara más defectuosa para la medición de los defectos. Para la investigación se registraron los siguientes defectos:

- Nudo vivo: nudo libre de corteza o pudrición. El tejido del nudo se encuentra entrelazado con la madera que le circunda.
- Nudo muerto: es aquel nudo en que sus tejidos no están adheridos a la madera que le circunda, su pérdida genera un orificio.
- Grieta: es la abertura producida por la separación de la madera en el sentido longitudinal.
- Alabeo: cualquier variación de un plano o superficie verdadera. Incluye:
  - Acanaladura: es la distorsión de una tabla de madera en la cual existe una desviación, en la dirección perpendicular a la cara, de una línea recta a lo largo del ancho de la tabla.
  - Arqueadura: es la distorsión de una pieza de madera en la cual hay una desviación, en la dirección perpendicular a la cara, de una línea recta de extremo a extremo de la pieza.
  - Encorvadura: es la distorsión de una pieza de madera en la cual existe una desviación, en la dirección perpendicular al borde, de una línea recta de extremo a extremo de la pieza.

- Torcedura: distorsión causada por el doblado o curvado de los bordes de una tabla, de manera que las cuatro esquinas o una cara ya no se encuentran en el mismo plano.
  - Corteza incluida: porción de tejidos de corteza retenidos dentro de la pieza de madera.
  - Presencia de médula: presencia de tejido de textura suave dentro de la pieza de madera.
  - Taladrado por insectos (pica de montaña): pequeñas cavidades generalmente menores de 2 mm de diámetro, producidas por insectos barrenadores.
  - Mancha: es una decoloración en la madera causada por diversos agentes como microorganismos, metales o químicos.
  - Pudrición: descomposición de la madera producida por la acción de hongos que destruyen la madera, lo que resulta en la pérdida de resistencia mecánica, dureza y peso y a menudo con cambios en su textura y color.
  - Clasificación según empresa: indicar la clasificación asignada a la pieza seleccionada según su calidad: construcción (piezas de menor calidad vendidas directamente a constructoras) ferretería (piezas visualmente más atractivas para venta en almacenes y ferreterías).
- 
- Análisis de la información

La información colectada se clasificó tomando en cuenta los parámetros establecidos según la norma de INTECO, INTE-06-07-02:2014 “Madera aserrada para uso general” (Anexo 1 y 2), considerando como base parámetros para madera verde. La clasificación se realizó en las siguientes categorías:

- Clase 1: corresponde a la madera de más alta calidad, y que cumple con los requisitos más exigentes según la norma.
- Clase 2: acepta mayor tolerancia para las dimensiones y en los defectos.
- Clase 3: es la clase más baja que establece la norma. Incluye la madera que no califica dentro de los parámetros establecidos por la norma.

#### 5.4 Fase III. Desarrollo de protocolos para la evaluación de la calidad de madera en pie y madera aserrada

Para el cumplimiento del objetivo, el trabajo se dividió en dos etapas:

- I Etapa. Percepción de los clientes sobre la calidad de madera aserrada

Se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia para determinar cuál es la percepción de los clientes del Grupo Empresarial El Almendro sobre la calidad de la madera aserrada recibida. Para esto se realizó una encuesta (Anexo 3), la cual consta de cinco preguntas cerradas, aplicadas a personal de los sitios visitados que estuvieran vinculados con el recibimiento o manejo del material: desde ingenieros hasta encargados del manejo del material en bodega. La selección de los clientes por encuestar se hizo junto con el itinerario de visitas de una semana utilizado por el agente de ventas para el control y seguimientos en los almacenes, ferreterías y proyectos vigentes a los que distribuye la empresa.

Las encuestas se analizaron por medio de gráficas con los porcentajes que representen la opinión de los usuarios en cada una de las categorías utilizadas para responder las preguntas. Estos porcentajes corresponden al número de opiniones que se registran para cada una de las preguntas, ya que los entrevistados podían mencionar o escoger más de un ítem en cada una de ellas

- II Etapa. Desarrollo de protocolos de evaluación de calidad de madera

La construcción de los protocolos se realizó a partir de fuentes de información primarias, principalmente los datos generados con el muestreo de la calidad de la madera aserrada y de la madera en pie, identificando los aspectos prioritarios que influyen directamente sobre la calidad de madera requerida por los clientes.

Otra fuente importante de información fue la encuesta realizada, donde se tomó importancia a cuáles fueron los defectos que los encuestados señalaron como determinantes en la calidad de madera para su mercado.

Ambos protocolos se complementaron con información secundaria a través de una revisión bibliográfica. Para el caso del protocolo de evaluación de madera en pie, se utilizará como base las metodologías de Murillo y Badilla (2010) y Murillo y Camacho (1997) utilizadas en el primer objetivo. Para el caso del protocolo se tomará en cuenta propuestas realizadas, normas internacionales y principalmente las normas nacionales INTE 06 -07-01:09 “Norma de terminologías de madera”, INTE 06-07-02:2014 “Madera aserrada para uso general”.

## 6. Resultados

### 6.1 Evaluación de calidad de las plantaciones forestales

Las plantaciones de jaúl y de ciprés fueron las que presentaron parámetros dasométricos superiores comparados con la plantación de pino (Cuadro 5). Sin embargo, en estas dos plantaciones también se obtuvo un error de muestreo elevado, 12.4% para jaúl y 15.1% para ciprés, debido al tamaño del área plantada, pese a que se supera la intensidad de muestreo mínima aconsejable. Para pino, el error de muestreo fue del 9.37%.

**Cuadro 5.** Parámetros dasométricos y estadísticos para las plantaciones forestales evaluadas, 2014

<b>Especie</b>	<b>Pino</b>	<b>Jaúl</b>	<b>Ciprés</b>
Área (ha)	10	5	0.89
DAP promedio (cm)	25.74	28.3	34.47
Altura comercial promedio (m)	8.08	15.08	13.54
Núm. árboles/ha	290	169	357
Núm. trozas comerciales/árbol	2.4	4.49	4.03
Área basal promedio (m <sup>2</sup> /ha)	15.67	11.17	36.49
Volumen promedio (m <sup>3</sup> /ha)	63.39	72.15	233.7
Error muestreo	9.37%	12.40%	15.1%

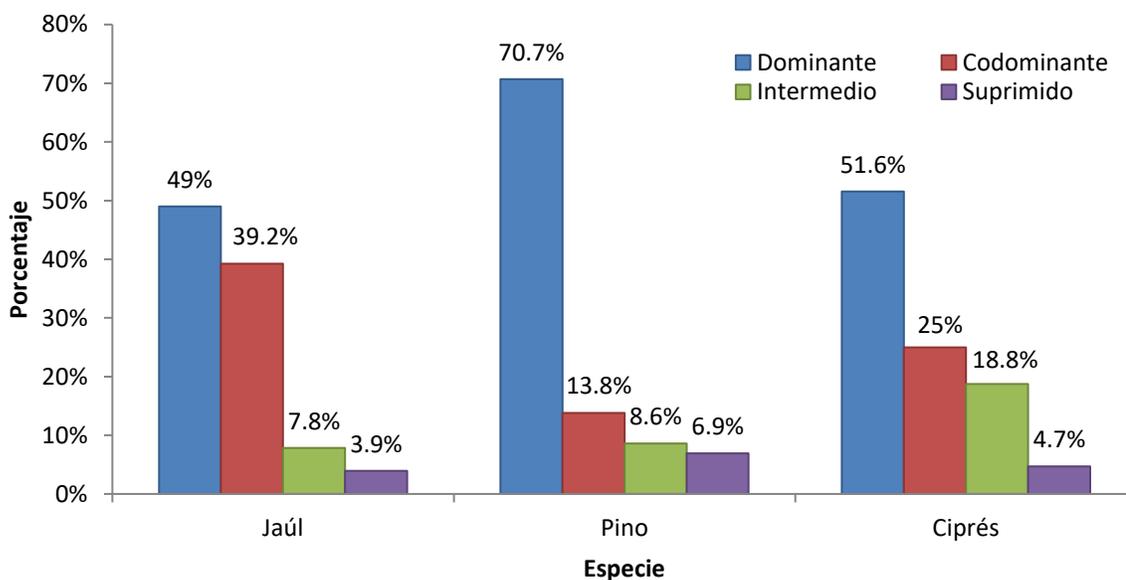
#### 6.1.1 Análisis de las variables cualitativas registradas

##### **Principales defectos encontrados**

En cuanto a la posición sociológica, se encontró mayor abundancia de individuos en la categoría de árboles dominantes, siendo en la plantación de pino donde se registró el mayor número con un 70% de los árboles y un 13.8% de codominantes (Figura 5). Para el caso del jaúl y el ciprés, la presencia de la categoría de árboles dominantes fue de 49% y 52%, respectivamente.

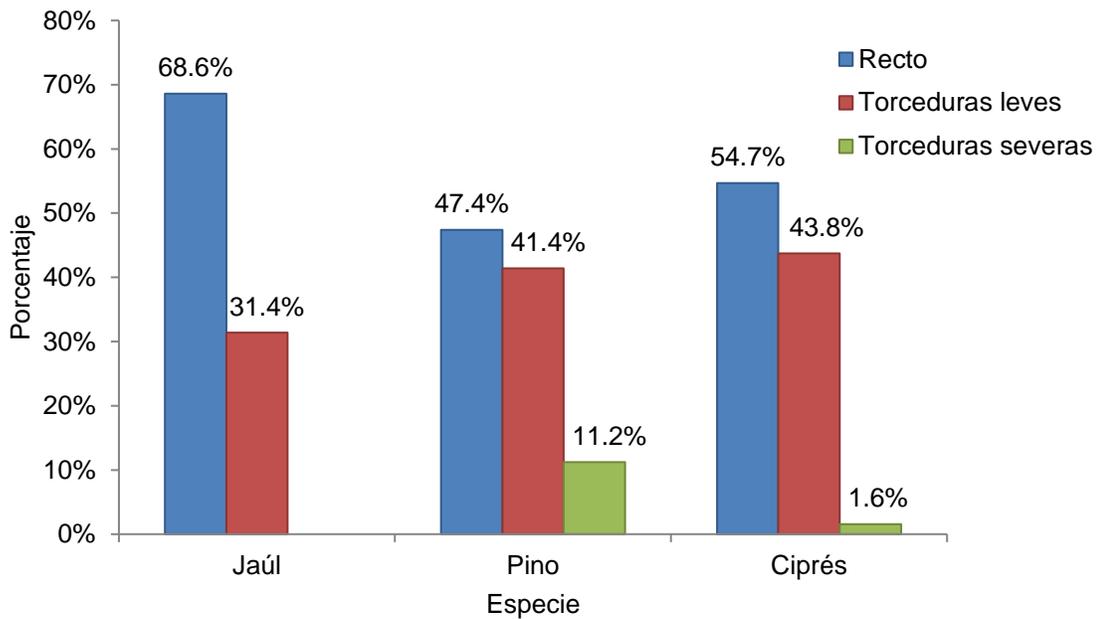
Para el caso de las categorías de intermedios y suprimidos, según Murillo y Badilla (2010) estas no deberían existir o en dado caso no deben superar el 5% de los individuos. Sin embargo, se registra una alta abundancia de estas categorías en

las plantaciones, principalmente en ciprés, donde alcanzan un 19% de individuos intermedios y 5% de suprimidos. Se evidencia con esto que el manejo a las plantaciones no fue el indicado, pues en los raleos se busca eliminar árboles de mala forma o enfermos de tal manera que se pueda disminuir la competencia por luz y así potenciar el crecimiento de los árboles remanentes (Galloway, 2006; Jiménez, 2008).



**Figura 5.** Distribución porcentual de la posición sociológica de los árboles en las plantaciones forestales evaluadas

La ausencia de prácticas silviculturales apropiadas en las plantaciones evaluadas es un factor que incide directamente en la calidad de madera, especialmente con la presencia de árboles torcidos. En este caso, se registró que en las plantaciones de pino y ciprés un 41.4% y 43.8% de los individuos, respectivamente, presentaban torceduras leves. Además, presentaron individuos con torceduras severas, siendo en pino más abundante este problema con 11.6%. Sin embargo, en jaúl la incidencia de torceduras fue menor, registrada en un 31.4% categorizadas como torceduras leves, evidenciando que la poda pudo tener un impacto positivo en la calidad de la madera.



**Figura 6.** Distribución porcentual de las categorías de rectitud de los árboles en las plantaciones forestales evaluadas

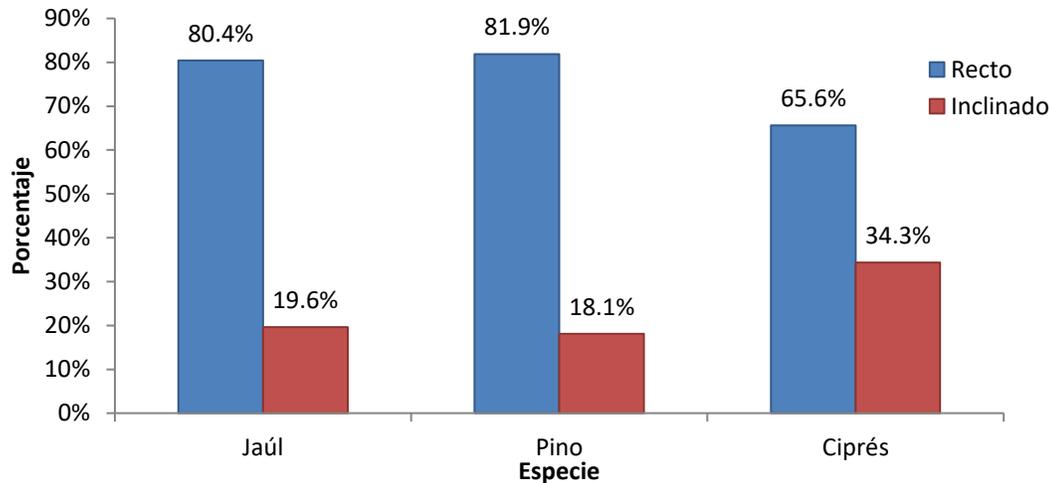
La presencia de individuos con torceduras severas genera grandes problemas tanto en la productividad de la plantación, principalmente cuando se da en la primera troza (Figura 7), como en el rendimiento de aserrío, donde la obtención de piezas de madera aserrada es menor y por ende los costos de aserrío incrementan. Además, causa defectos en el producto final, ya que la torcedura del fuste le resta resistencia al producto ocasionando la curvatura, lo cual ha sido un parámetro importante para la aceptación o no de una madera (Vignote, Martínez y Villasante, 2013).



**Figura 7.** Árbol de pino (*Pinus caribaea*) con presencia de torcedura severa en la primera troza comercial del fuste. Foto tomada en la Cruz, Guanacaste, 2015

Otro defecto importante fue la inclinación del fuste, en ciprés se registró la mayor incidencia con 34.4%, mientras que en jaúl fue de 19.6% y para pino del 18.2% (Figura 8). Según Murillo y Badilla (2010), variables como errores en la siembra, condiciones de sitio (suelo y viento principalmente) y manejo, pueden agravar este defecto. Esto explica la alta presencia de individuos con este problema, pues los tres sitios presentan condiciones ventosas y esto se agrava para la plantación de ciprés, la cual se trataba de una cortina rompevientos.

La inclinación en los árboles puede producir mayor cantidad de madera de reacción en las primeras trozas (Murillo, 1991), que se produce como respuesta del árbol ante los esfuerzos anormales que se presentan con el crecimiento inclinado. Puede traer como consecuencia mayores incidencias de alabeo, rajaduras y colapsos de la madera durante el secado (Chan *et al.*, 2002).

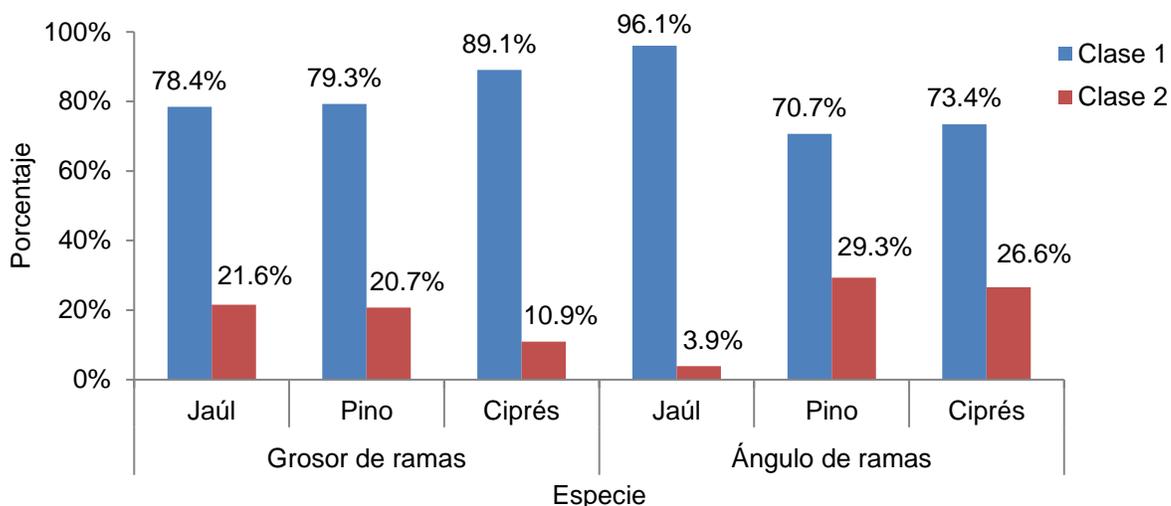


**Figura 8.** Distribución porcentual de las categorías de inclinación de los árboles en las plantaciones forestales evaluadas

Otros defectos importantes que se determinaron fueron el grosor y el ángulo de inserción de ramas (Figura 9), los cuales están muy relacionados con la calidad del árbol (Whiteside, 1982) y de la poda.

En los tres sitios visitados, para el grosor de las ramas se obtuvo en promedio un 82.3% para la clase 1, es decir, son ramas delgadas. Este factor es dependiente a la densidad de la plantación (Barrio *et al.*, 2009), explicando que la mayoría de ramas fuesen delgadas. Además, el grosor de las ramas está estrechamente relacionado con la dimensión que alcancen los nudos (Millar, 2003; Barrio *et al.*, 2009), por lo que se esperaría una mayoría de nudos en la madera aserrada.

Para el caso del ángulo de inserción, en el jaúl el 96% de los individuos las ramas se insertaban de manera perpendicular al fuste principal (clase 1). Para el caso de las plantaciones de ciprés y pino, se contabilizó que un 26.6% y un 29.3% de los individuos presentaban ramas con una inclinación que forma un ángulo agudo respecto al fuste principal. Conforme el ángulo sea igual o lo más cercano a los 90 grados se obtienen nudos más pequeños que aquellos donde el ángulo de las ramas es más agudo (Barrio *et al.*, 2009). Además, con ángulos pequeños se forma más madera de reacción en el fuste (Zimmermann y Brown, 1980).



**Figura 9.** Distribución porcentual de la incidencia del grosor de ramas y el ángulo de inserción de las ramas para los individuos en las plantaciones forestales evaluadas

### Otros defectos registrados

Los restantes defectos que fueron evaluados presentaron frecuencia promedio del 2.6% (Cuadro 6), salvo el caso de los aletones. Para el caso de la bifurcación en la zona comercial del fuste, se registró baja incidencia, siendo la mayor de un 9.4% en ciprés mientras que para las otras dos especies se presentó en 3.7% de los individuos. La presencia de bifurcaciones ocasiona una reducción del diámetro de la sección del fuste, afectando el rendimiento del aserrío. Además, se da un aumento de la madera de reacción y de la presencia de fibra ondulada, esta que puede convertirse en problemas a la hora del cepillado (Vignote y Martínez, 2006).

Para lo que es daño mecánico, únicamente se registró en la plantación de pino (en un 4%), probablemente asociados a daños por herramientas filosas, en estos individuos fue donde se registraron los problemas fitosanitarios, evidenciando excelente condición en que se encontraban los árboles. Finalmente, aletones solo se registraron en jaúl y ciprés, este último con una incidencia del 61%, algo muy común en esta especie pues se ha registrado en 80% de los árboles en otras plantaciones (Murillo *et al.*, 1996). Los aletones generan un impacto económico muy importante pues disminuye el rendimiento de aserrío de la primera troza (Murillo y Badilla 2010).

**Cuadro 6.** Distribución porcentual por categorías para defectos menores en las plantaciones forestales evaluadas

Variable	Jaúl		Pino		Ciprés	
	Clase 1	Clase 2	Clase 1	Clase 2	Clase 1	Clase 2
Bifurcación	96.1%	3.9%	96.5%	3.5%	90.6%	9.4%
Daño mecánico	100%	0%	96.5%	3.5%	100%	0%
Estado fitosanitario	100%	0%	96.5%	3.5%	100%	0%
Aletones	98.1%	1.9%	100%	0%	39.1%	60.9%

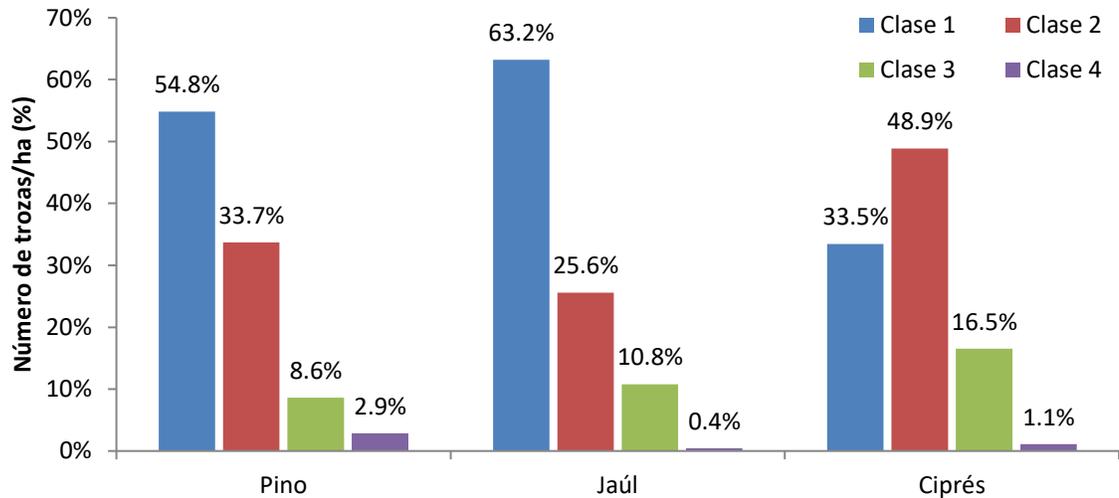
**Nota:** clase 1 corresponde a ausencia del defecto y clase 2 presencia del defecto.

### 6.1.2 Valoración de la calidad de las trozas y de los árboles en pie.

El registro y la valoración de las trozas (largo de 3.36 m) a partir de las variables analizadas anteriormente, permite obtener un parámetro para conocer el potencial que tiene para la industria el proyecto forestal (Murillo y Rojas, 2000). En total, se contabilizaron 698 trozas/hectárea para pino, 743 trozas/hectárea para jaúl y de 1429 trozas/hectárea para el ciprés. El hecho de que para la plantación de ciprés se presentará casi el doble de trozas que en los otros proyectos se debe a que se trata de una cortina rompe-viento y por su espaciamiento se tienen mayor número de árboles/hectárea y por ende un mayor número de trozas.

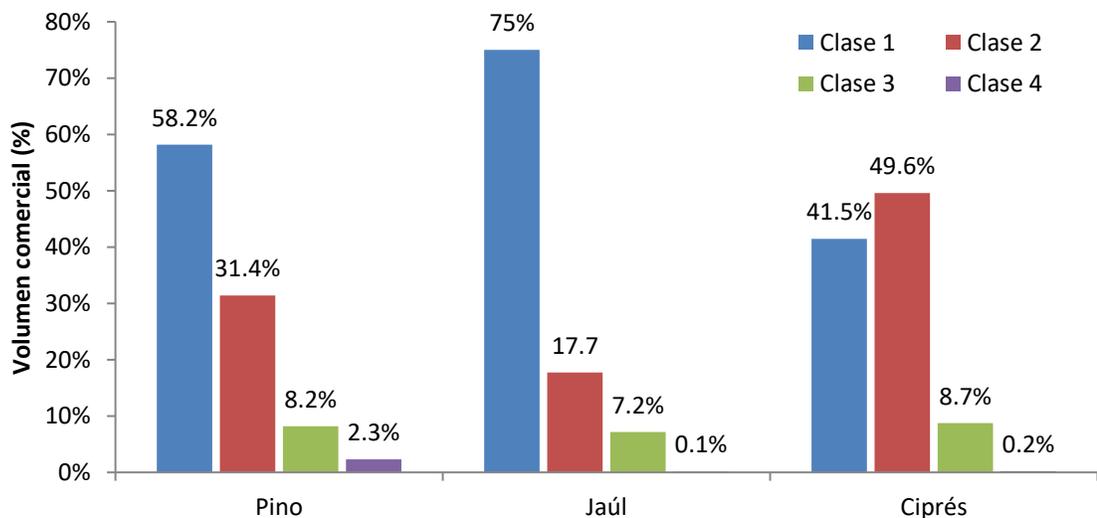
En cuanto a la distribución de trozas/hectárea según el grado de calidad (Figura 10), para las plantaciones de pino y jaúl la mayor abundancia se registró dentro de la clase 1, con un 383 y 470 trozas/hectárea respectivamente superando más de la mitad de trozas en ambos casos. En cuanto a las clases inferiores, la abundancia fue de 82 trozas/hectárea.

Para el ciprés, la mayor abundancia de trozas por hectárea se registró en la clase 2 con un 49% (698 trozas/ha) mientras que la en la clase 1 se registraron 478 trozas/ha. Para las clases inferiores siguientes se registraron 252 trozas/ha (17%), probablemente este aumento de trozas en estas calidades se deba a la inclinación y rectitud de los árboles ocasionados por la exposición al viento. Se debe rescatar el hecho de que las trozas de las clases 1 y 2 son de las que se obtendrá el mayor rendimiento de aserrío.



**Figura 10.** Distribución del número de trozas/hectárea para las plantaciones evaluadas

En lo que respecta al volumen comercial ( $m^3/ha$ ) por clase, el comportamiento es similar a la distribución del número de trozas, donde el 90% del volumen de las tres plantaciones está distribuido en las clases 1 y 2 (Figura 11). Sin embargo, en la mayoría de los casos el volumen comercial no guarda relación evidente con la calidad de la plantación ya que influyen aspectos como la calidad de sitio, el espaciamiento utilizado, manejo, que no necesariamente afectan la calidad del fuste (Murillo y Rojas, 2000).



**Figura 11.** Distribución porcentual del volumen comercial ( $m^3/ha$ ) para las plantaciones evaluadas

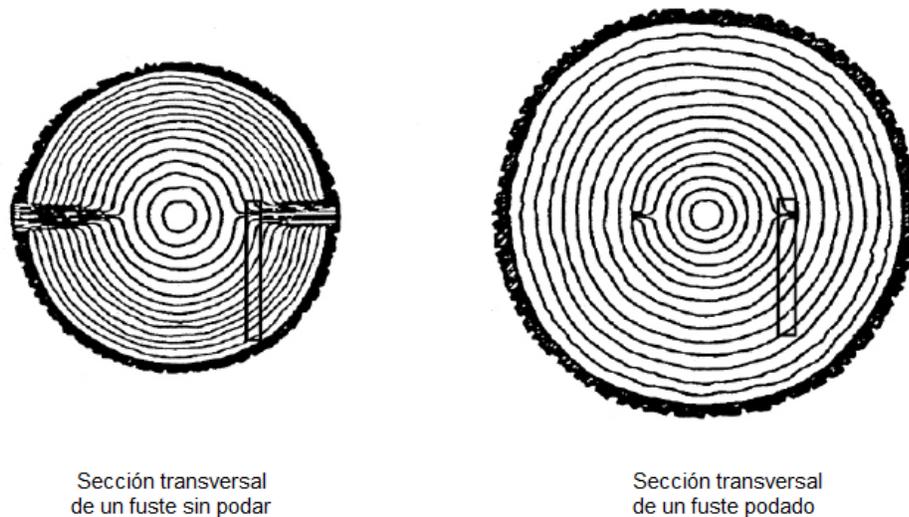
### 6.1.3 Determinación de la calidad en la ejecución de la poda

Pese a que en las plantaciones de pino y ciprés no se ejecutó la poda, se determinó que debió realizarse para mejorar la calidad de la madera. En pino, un 65.5% de los árboles debieron ser podados, mientras que en ciprés debió aplicárseles a un 60% de los individuos. Dadas las condiciones de los árboles restantes, ya sea su calidad o dimensiones, estos correspondían a individuos con características inferiores, que normalmente son eliminados en los raleos. En caso de la plantación de ciprés, al ser establecida como una cortina rompevientos se justifica que no se diera manejo, afectando así la calidad de madera.

Según Montoya (1996), ambas especies no presentan una buena auto-poda o poda natural, pues al morir las ramas de la parte baja de la copa, sea por la sombra o competencia entre ellas, permanecen unidas al fuste principal. Al no caer las ramas ni cicatrizar la herida, la madera seca de la rama se ira incrustando en el fuste y al no tener contacto con las capas sucesivas de crecimiento del fuste dará origen a los nudos muertos (Del Cid, 2002). Por tanto, se esperaría una alta abundancia de nudos muertos en la madera aserrada de ambas especies.

Para el caso de la plantación de jaúl se determinó que de los 196 árboles/ha en pie, se ejecutó la poda sobre 180 de los árboles/ha (el 92% del total), una buena proporción al tratarse de una plantación para cosecha final. Sin embargo, un 4% de estos individuos podados (7 árboles/ha) no debieron serlo, pues no contaban con diámetros o alturas adecuadas o bien existían defectos importantes que afectarían su aserrío o calidad de la madera.

De los restantes 16 árboles/ha que no fueron podados, se determinó que la mitad debieron ser podados pues eran individuos con buenas características cuantitativas y cualitativas. Se esperaría un impacto negativo sobre estos árboles, debido a la importancia de la ejecución de la poda y el efecto que tiene el crecimiento del árbol con las ramas en la presencia de nudos sobre la madera aserrada (Figura 12).



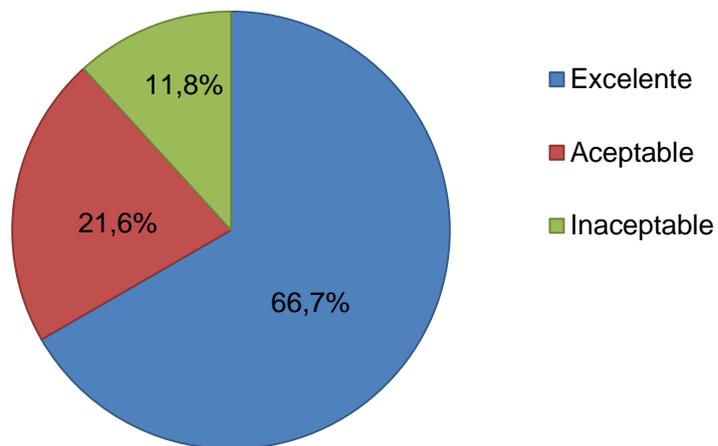
**Figura 12.** Corte transversal del fuste de un árbol sin podar comparado al de un árbol podado.

Fuente: Gallowey (2006)

En cuanto a la calidad de la ejecución de la poda, se determinó que 2/3 de los individuos de la plantación de jaúl (131 árboles/ha) fueron podados de manera excelente (Figura 13), pues correspondían a árboles de buena calidad y además no presentaron evidencia de daños en el fuste ocasionados por la poda. Un 21.6% de los árboles se registraron con una poda aceptable (calidad 2), pues eran árboles con algunos defectos, pero de buena calidad.

A los restantes 23 árboles/ha, se les clasificó como una poda inaceptable. Esto porque quedaron ramas gruesas en las primeras trozas, poseían heridas marcadas producto de la poda y además eran árboles que no presentaban buenas características y no debieron ser podados. Este último aspecto representa un mala planificación y ejecución de la poda, pues debe capacitarse a los obreros sobre a qué árboles debe realizárseles la poda para evitar incurrir en gastos sobre algunos individuos que probablemente no producirán madera de calidad.

En cuanto a las heridas, estas son una vía de entrada de organismos patógenos, principalmente esporas de hongos y bacterias, que en caso de presentarse debe procederse a su desinfección, implicando un gasto más producto de deficiencias en la poda (Barrio *et al.*, 2009).



**Figura 13.** Distribución porcentual de la calidad de la poda realizada en la plantación forestal evaluada de jaúl (*Alnus acuminata*)

Es importante destacar que influyen otros factores para determinar la calidad de la poda. Por ejemplo, en este caso no se pudo saber si la época de ejecución fue la correcta y si se tomaron los cuidados necesarios durante el corte de las ramas para disminuir el daño en el fuste y que la cicatrización del corte se diera adecuadamente. Estos aspectos son determinantes pues la producción de madera libre de nudos se inicia una vez que se dé la oclusión del corte (Gallowey, 2006).

Al ser una evaluación realizada anterior a la corta de la madera, no fue posible determinar aspectos como los mencionados. Además, no es justificable para empresa una evaluación de esta forma.

## 6.2 Evaluación de la calidad de la madera aserrada

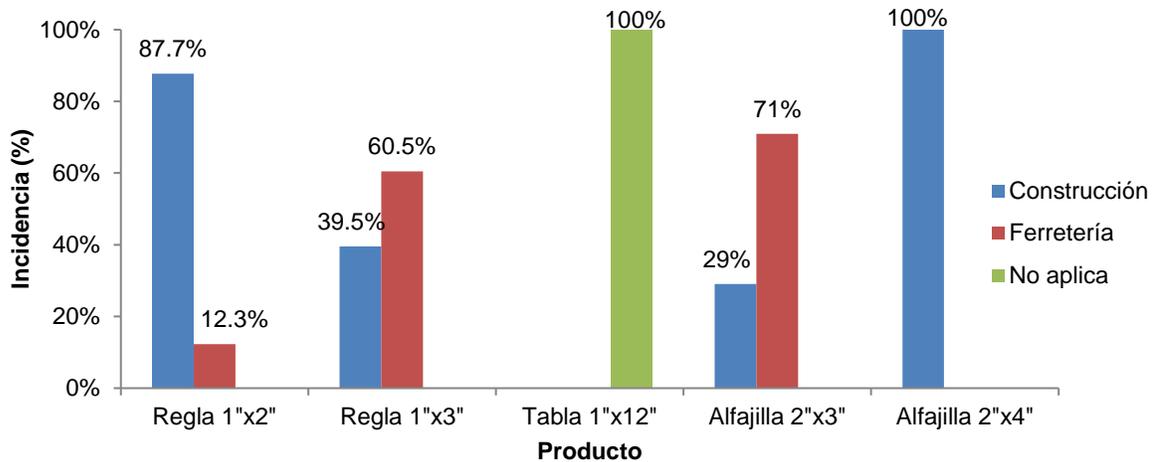
Se midieron y clasificaron un total de 909 unidades de madera aserrada (Cuadro 7), donde el 36.74% de estas corresponden a jaúl, un 35.2% de las unidades fueron de ciprés y el restante 28.05% de pino. En cuanto a los productos, tanto la regla 1"x3", la tabla de 1"x12" y la alfajilla 2"x3" fueron las que presentaron mayor variabilidad en sus medidas, de ahí la necesidad de aumentar el número de unidades para obtener mayor representatividad de la población. Para el caso de la tabla, no se realizó ninguna medición en pino pues la madera no alcanzaba las dimensiones mínimas para poder obtenerla.

En cuanto al error de muestreo, al ser un muestreo estratificado se buscó disminuir el efecto de la variabilidad de medidas, tanto en espesor como en ancho, ocasionada por las diferencias de productos y así poder obtener el error de muestreo definido. Para el caso del espesor, se obtuvo un error del 5.1%, siendo el que presentó mayor variabilidad, mientras que para el ancho fue de 1.35%.

**Cuadro 7.** Distribución de la cantidad y volumen de madera aserrada muestreada según producto en el Grupo Empresarial El Almendro, Cartago

Producto	Tamaño de muestra real	Volumen muestreado (m <sup>3</sup> )	Error de muestreo espesor (%)	Error de muestreo ancho (%)	Error estratificado espesor (%)	Error estratificado ancho (%)
Regla 1"x2"	106	0.38	5.62%	3.17%		
Regla 1"x3"	210	1.08	5.08%	2.87%		
Tabla 1"x12"	256	5.19	8.20%	0.73%	5.09%	1.35%
Alfajilla 2"x3"	241	2.64	4.18%	2.16%		
Alfajilla 2"x4"	96	1.41	4.33%	2.53%		
<b>Total</b>	<b>909</b>	<b>10.70</b>	-	-	-	-

Tomando en cuenta la clasificación por canal de distribución que realiza la empresa (Figura 14), un 37.62% fue clasificada como madera dirigida al sector de construcción, un 34.21% madera para el mercado de ferretería (empresas mayoristas) y el 28.16% restante no se clasificó. Este último corresponde a la tabla de formaleta (tabla 1"x12") que no se clasifica pues únicamente los hacen por largos comerciales (2.52m o 3.36m). Para el caso de la alfajilla 2"x4", únicamente es clasificada dentro de la clase de construcción.



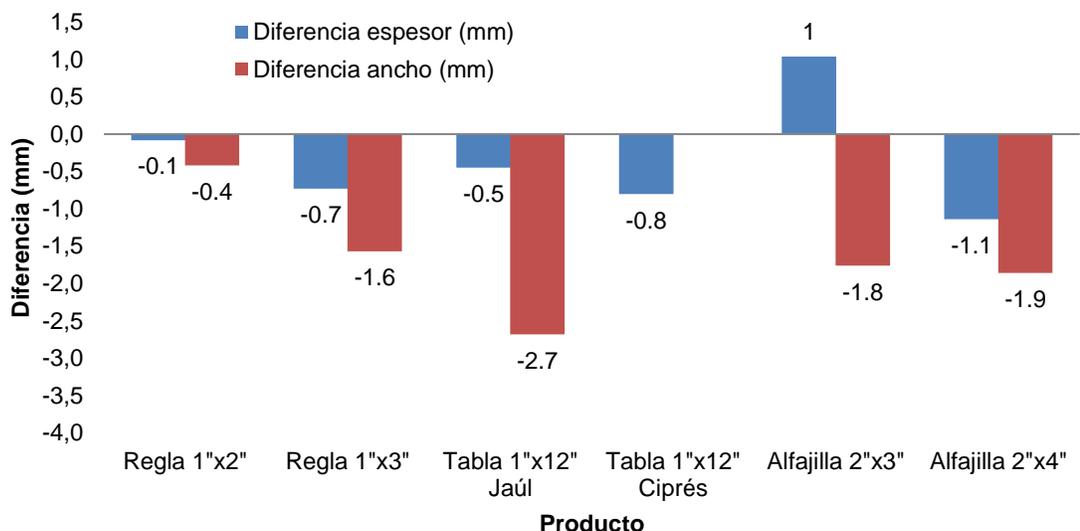
**Figura 14.** Distribución porcentual de la cantidad de madera aserrada según las categorías de clasificación en el Grupo Empresarial El Almendro, Cartago

### 6.2.1 Evaluación y clasificación de las dimensiones según su tolerancia

La evaluación y clasificación de las dimensiones se realizó sobre el espesor y el ancho de las piezas, obviando el largo. Esto porque al final de la línea de aserrío, la madera es seccionada en los largos comerciales. Además, se obvia la variación de medidas entre especie, porque la especie que se procese no influye en la medida de corte, a excepción de un caso que se detallará más adelante.

Para el espesor, en cuatro de los cinco productos la diferencia entre el espesor comercial y el espesor real fue negativa, es decir, se da un sobredimensionado en los productos. La única excepción es para la alfajilla 2"x3", donde la producción estuvo por debajo del espesor comercial en 1mm (Figura 15). Se hace diferencia de espesores por especie (ciprés y jaúl) para la tabla 1"x12", pues en este caso este sí influye en el espesor de la madera aserrada. Esta situación se da pues la densidad de la madera de ciprés es mayor que la del jaúl, por lo que se decide que el aserrío de la tabla de ciprés sea con un espesor comercial menor.

En cuanto al ancho, en todos los productos se dio un sobredimensionado de la medida comercial. El caso más importante es el de la tabla de 1"x12", la cual presentó diferencias entre las medidas de -2.7mm (cabe aclarar que para el caso del ancho no hay diferencia de dimensiones por la especie, a diferencia del espesor).



**Nota:** la diferencia de ancho (-2.7mm) para la tabla corresponde al valor para las dos especies.

**Figura 15.** Diferencia (mm) entre la medida real (mm) y la medida comercial (mm) para cada producto evaluado en el Grupo Empresarial El Almendro, Cartago

De acuerdo con la clasificación propuesta en la norma INTE 06-07-02:2014, en promedio un 53.8% de la madera evaluada clasifica dentro de la clase 1 para el espesor (Cuadro 8). Para la regla y tabla el 63.4% de la madera se clasifica en la clase 1. Para las alfajillas un 53.1% corresponde a clase 3.

Por ejemplo, para el caso de la alfajilla de 2"x3" un 80% de la madera clase 3 está por debajo del espesor comercial, que representa 50 unidades por mes "ganadas" en producción. Caso contrario sucede con la alfajilla 2"x4", un 85% de la madera clase 3 posee un promedio de espesor por encima de la medida comercial, representando más de 75 alfajillas dejadas de producir por mes.

**Cuadro 8.** Clasificación por clase para el espesor de la madera aserrada muestreada en el Grupo Empresarial El Almendro según la norma INTE 06-07-02:2014, Cartago

Producto	Clase 1	Clase 2	Clase 3
Regla 1"x2"	62.26%	16.98%	20.75%
Regla 1"x3"	60.48%	10.48%	29.05%
Tabla 1"x12"	68.75%	17.19%	14.06%
Alfajilla 2"x3"	35.27%	9.54%	55.19%
Alfajilla 2"x4"	35.42%	13.54%	51.04%
<b>Promedio</b>	<b>53.69%</b>	<b>13.20%</b>	<b>33.11%</b>

Para la clasificación del ancho según la norma, un promedio del 39.3% de la madera corresponde a la clase 1, mientras que las clases 2 y 3 abarcaron un 30% cada uno (Cuadro 9). En comparación con el espesor, la abundancia de madera clasificada como clase 1 se redujo en un 14.4%, para la clase 2 se aumentó en 17.4% y en la clase 3 fue más estable, pues únicamente se redujo la frecuencia en un 3%.

Analizando cada producto individualmente, en la regla de 1"x3" se registró la mayor cantidad de unidades dentro de la clase 1, abarcando un 49.1% de la madera muestreada; de igual forma la regla de 1"x2" un 42.5%. La alfajilla de 2"x3" también presentó una frecuencia de 40.3% de unidades dentro de la categoría, a la vez fue en la que se registró menos unidades en la clase 3, con 16.2%.

En la alfajilla 2"x4" y la tabla 1"x12" fue donde se registró la menor cantidad de unidades dentro de la clase 1, siendo de 31.25% y 32% respectivamente. Para el caso de la tabla, el 51.6% de la madera muestreada fue clasificada dentro de la clase 3, es decir, con más o menos 4mm de ancho respecto a la medida nominal (siendo un 96% de las unidades mayores al ancho nominal). La gran frecuencia registrada dentro de esta clase, sumada a las grandes diferencias entre la medida nominal y la medida real en el ancho de la tabla (promedio de 2.7 mm), reflejan un gran problema de producción en torno a este producto, pues estas diferencias representan más de 36 unidades dejadas de producir por mes. Esto conlleva pérdidas económicas para la empresa, pues este es un producto de muy alta rotación en la producción.

**Cuadro 9.** Clasificación por clase para el ancho de la madera aserrada muestreada en el Grupo Empresarial El Almendro según la norma INTE 06-07-02:2014

<b>Producto</b>	<b>Clase 1</b>	<b>Clase 2</b>	<b>Clase 3</b>
Regla 1"x2"	42.45%	23.58%	33.96%
Regla 1"x3"	49.05%	30.95%	20.00%
Tabla 1"x12"	32.03%	16.41%	51.56%
Alfajilla 2"x3"	40.25%	43.57%	16.18%
Alfajilla 2"x4"	31.25%	42.71%	26.04%
<b>Promedio</b>	<b>39.27%</b>	<b>30.58%</b>	<b>30.14%</b>

A partir de la clasificación del espesor y el ancho, se determinó las clases para cada producto tomando en cuenta ambos aspectos, tal como debe realizarse según la norma (Cuadro 10). Para este caso, en promedio la mayor frecuencia de unidades se registró dentro de la clase 3, registrando 55.3% de la madera. Para la clase 1, el promedio general alcanzó el 20.2% únicamente, siendo la regla de 1"x3" la que presentó mayor frecuencia dentro de esta clase (25.7%) y también la que registró menor cantidad en la clase 3 (40.5%).

Esto evidencia la problemática en el dimensionado de la madera para la industria que no solamente sucede en El Almendro, pues en una investigación realizada para la validación de la norma INTE 06-07-02:2011 en madera verde de teca (Viquez, 2012), también se registró gran problemática de medidas. Para este caso, en el espesor más de un 53% de la madera evaluada se clasificó en la clase 3 y la clase SC (corresponde a madera que no cumplía con los parámetros de la norma) mientras que en ancho, un 75% se clasificó en la clase 3 y la clase SC.

Según Vignote y Martínez (2006), los problemas en medidas pueden presentarse como consecuencia del pandeo de la sierra o calibración de los discos durante el aserrado producto de la tensión o mala disposición de las guías; o bien se puede dar por el movimiento de los semi-bloques. También un problema a nivel nacional es la tecnología utilizada, pues la mayoría es muy antigua y la precisión que se puede obtener en la madera no es la deseada. Además, hay gran impacto de la capacitación que posean los operarios de las sierras principales y la reaserradora en el momento de dar la medida a las piezas de madera aserrada.

**Cuadro 10.** Clasificación por clase para las dimensiones de la madera aserrada muestreada en el Grupo Empresarial El Almendro según la norma INTE 06-07-02:2014

<b>Producto</b>	<b>Clase 1</b>	<b>Clase 2</b>	<b>Clase 3</b>
Regla 1"x2"	19.81%	30.19%	50.00%
Regla 1"x3"	25.71%	33.81%	40.48%
Tabla 1"x12"	20.70%	21.88%	57.42%
Alfajilla 2"x3"	20.33%	19.50%	60.17%
Alfajilla 2"x4"	7.29%	17.71%	75.00%
<b>Promedio</b>	<b>20.24%</b>	<b>24.53%</b>	<b>55.23%</b>

## 6.2.2 Evaluación y clasificación de los defectos registrados

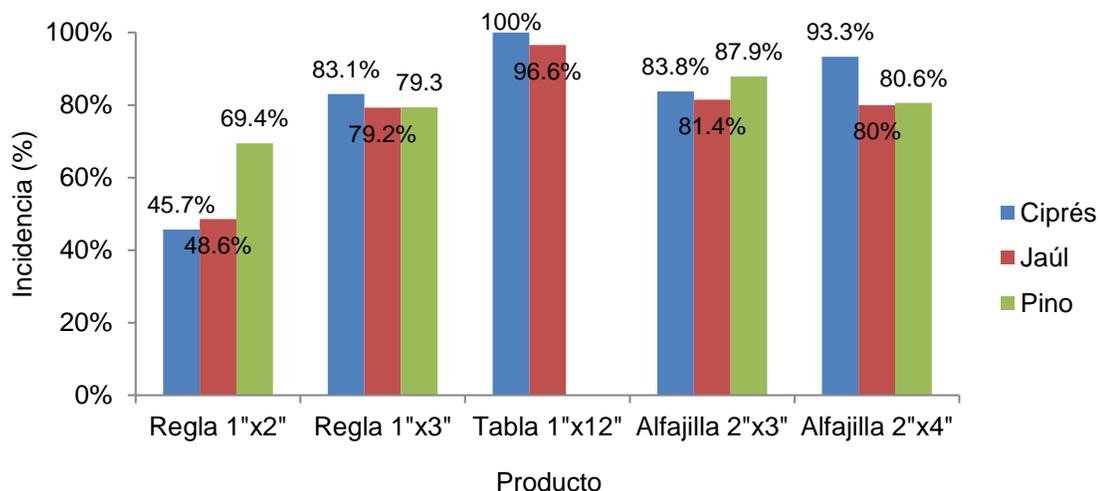
### – Principales defectos encontrados

A continuación, se detallan los defectos encontrados durante la evaluación.

#### Nudos

Solamente un 16.1% de las tablas muestreadas no registraron ningún tipo de nudo, el restante 83.9% presentaba nudos vivos, nudos muertos o ambos. Para el caso de los nudos vivos (Figura 16), la probabilidad de encontrarse con este defecto es de 84%, donde todos los productos presentan frecuencias mayores al 70%, a excepción de la regla de 1"x2", donde la probabilidad es de 55%.

Fue en la tabla de 1"x12" donde se registró la mayor frecuencia de nudos vivos, con un total de 98.3%, e incluso para el caso de la tabla de ciprés se registró en la totalidad de las tablas evaluadas. Esto se da debido a que este producto se obtiene del centro de la troza, área que alberga el cilindro con defectos. Al comparar por especie, la madera de pino y ciprés registraban las mayores frecuencias de nudos vivos para todos los productos. Lo anterior puede ser un resultado esperado, pues la plantación de jaúl fue la única a la que se le realizó poda.

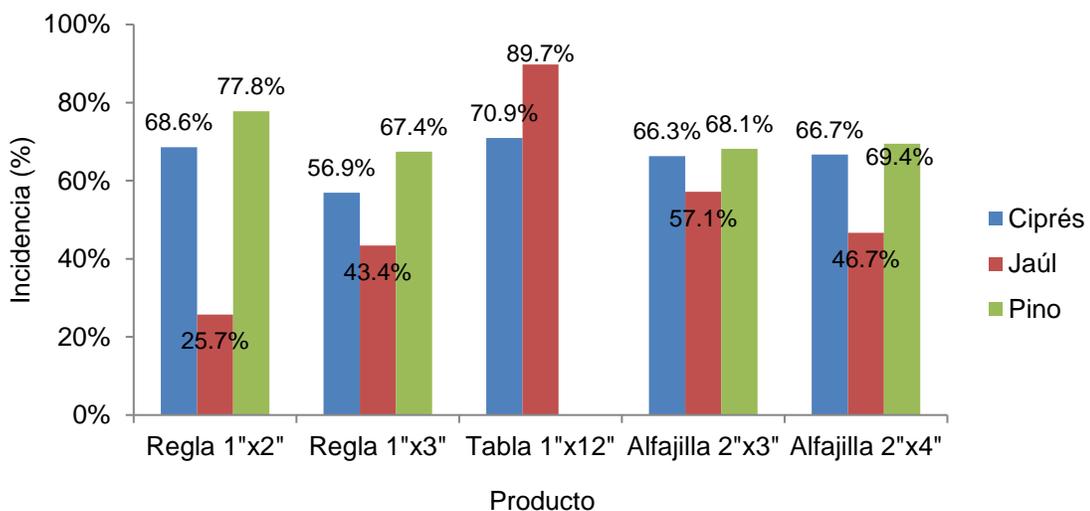


**Figura 16.** Distribución porcentual de la frecuencia de nudos vivos según producto y especie en la madera aserrada del Grupo Empresarial El Almendro, Cartago

Para el caso de los nudos muertos (Figura 17), la presencia fue menor en comparación con los nudos vivos, en promedio se registró una frecuencia del 63%. Se da una tendencia similar a lo que sucedió con los nudos vivos, donde la tabla de 1"x12" presentó mayores registros y por el contrario la regla 1"x3" fue donde la incidencia fue menor, atribuyendo esto a dos aspectos: en primer lugar, de dónde se obtienen estos productos de la troza (ya sea centro o costanero respectivamente) y del área de superficie.

Los valores registrados en las alfajillas y reglas fueron de 62.4% y 56.5%, respectivamente. En ambos casos, las coníferas registraron mayor incidencia de nudos muertos. Sin embargo, en tabla se registró un promedio de 80.3% de nudos muertos, siendo jaúl la que contabilizó mayor frecuencia, 89.7%.

Pese a que la madera de jaúl provenía de una plantación podada y que se determinó que en la mayoría de los árboles la poda fue excelente (sin dejar heridas evidentes ni ramas) se presentó alta abundancia de nudos, principalmente nudos muertos. Probablemente esto podría ocasionarse como consecuencia de una poda tardía, es decir, que existían ramas muy grandes al momento que se realizara la actividad. Esto ocasiona que se dé un corazón nudoso más grande en el fuste (Galloway, 2006).



**Figura 17.** Distribución porcentual de la frecuencia de nudos muertos según producto y especie en la madera aserrada del Grupo Empresarial El Almendro, Cartago

Otro parámetro muy utilizado en muchos sistemas de clasificación de madera y también para la comercialización, es la cantidad de nudos por metro lineal. Dentro de la norma INTE 06-07-02:2014 este parámetro no se contempla para madera verde si está incluido en la clasificación para la madera seca. Esto obedece a que en el mercado al que va dirigido la madera verde, no se precisa de contar con un mínimo de nudos por metro lineal.

Sin embargo, es importante incorporar esta variable también dentro de la clasificación de madera verde para contar con más parámetros para la evaluación. En este caso, como se obtuvo una mayor frecuencia de nudos vivos que de nudos muertos (Cuadro 11), es de esperar que la cantidad de nudos por metro lineal también se comporte de esa manera (1.63 nudos vivos por metro contra 0.68 nudos muertos por metro).

Para los nudos vivos, fue en la tabla donde se obtuvo el mayor número de nudos vivos por metro lineal (3.26) siendo en ciprés donde estos se presentaron con mayor frecuencia (más de 5 por metro lineal). Para el caso de las reglas, en ninguna de las dos se sobrepasó de un nudo por metro lineal. Al comparar por especie, fue ciprés la que presentó el mayor número de nudos vivos por metro lineal.

Cabe resaltar que el pino se registró como la especie que presentó menor número de este defecto por metro (1.1). Sin embargo, este valor no es comparable con las otras especies pues en esta no hay datos para tabla. De lo contrario sería jaúl la especie que presentaría menor cantidad de nudos vivos por metro lineal.

Para los nudos muertos sucede una situación similar, donde la tabla registró la mayor cantidad de este defecto por metro (1.32), y pino registró el menor número, debido a la situación mencionada. Al comprar los valores por especie sin contar la tabla de 1"x12", es en jaúl donde se presentó el menor número de nudos vivos y muertos por metro lineal, siendo de 0.75 y 0.26 respectivamente. Estos valores son bastante más inferiores a los que reportan Moya *et al.* (2009), donde se presentó un promedio de 3.3 nudos por metro lineal.

**Cuadro 11.** Cantidad de nudos vivos y nudos muertos por metro lineal por producto y especie en la madera aserrada del Grupo Empresarial El Almendro, Cartago

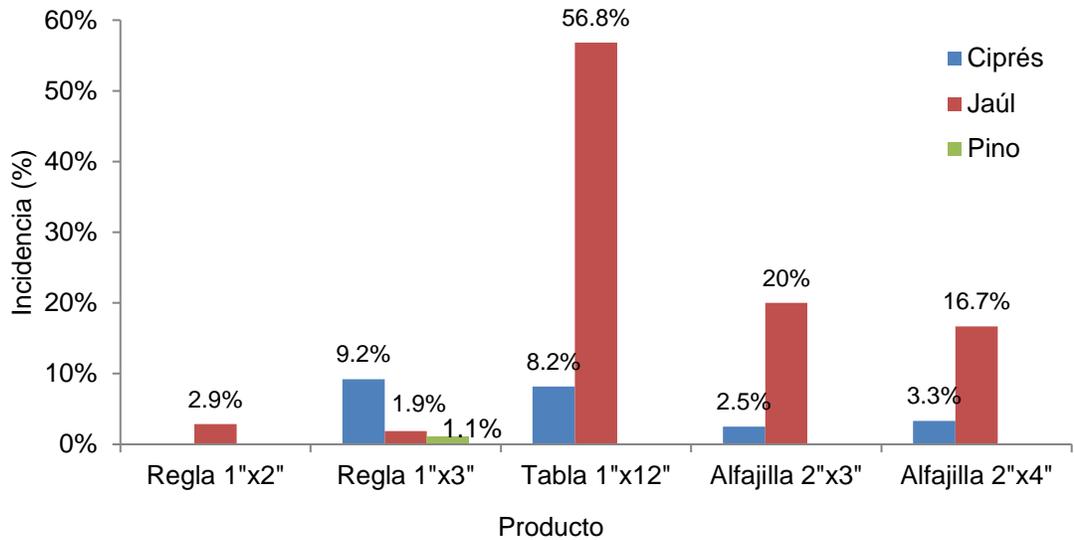
Producto	Nudos vivos por metro lineal				Nudos muertos por metro lineal			
	Ciprés	Jaúl	Pino	Total	Ciprés	Jaúl	Pino	Total
Regla 1"x2"	0.24	0.19	0.53	0.32	0.45	0.13	0.37	0.32
Regla 1"x3"	0.86	0.66	0.94	0.85	0.39	0.24	0.46	0.38
Tabla 1"x12"	5.40	1.65	-	3.26	1.49	1.19	-	1.32
Alfajilla 2"x3"	1.21	0.94	1.40	1.21	0.65	0.33	0.44	0.48
Alfajilla 2"x4"	2.10	1.13	1.31	1.50	0.79	0.30	0.61	0.57
<b>*Promedio</b>	<b>2.56</b>	<b>1.15</b>	<b>1.10</b>	<b>1.63</b>	<b>0.88</b>	<b>0.67</b>	<b>0.46</b>	<b>0.68</b>

\*Los valores corresponden al promedio de la totalidad de observaciones.

### Rajaduras

Este defecto se dio principalmente en jaúl, registrándose en 19.7% de la madera (Figura 18), con una baja incidencia en regla (2.4%), media en alfajilla (18.3%) y una muy alta en tabla (56.8%). Moya *et al.* (2009) reportaron una alta incidencia de rajaduras en jaúl, superando el 44% de la madera evaluada. Para las otras especies la incidencia es baja, en ciprés no sobrepasó el 10%, mientras que en pino solo se registró en un 1.1% de la madera.

La aparición de rajaduras se da en ocasiones porque la madera en crecimiento ha estado bajo estados de esfuerzo interno, principalmente por factores como el viento o el terreno (Chan *et al.*, 2002), en busca de poder tener un crecimiento recto y estable, estas fuerzas son conocidas como tensiones de crecimiento (Vignote y Martínez, 2006). Estas dos características (viento y terreno quebrado) son propias de sitios donde se desarrolla el jaúl, por lo que es probable, y se demostró, que se generen problemas de rajaduras, principalmente en la tabla, que es en la que se da mayor liberación de las tensiones de crecimiento al momento del aserrío. Por eso se recomienda que durante el aserrío de las trozas estas se volteen constantemente para liberar las tensiones y con esto disminuir la frecuencia de este defecto (Camacho, 2014).



**Figura 18.** Distribución porcentual de la frecuencia de rajaduras según producto y especie encontrados en la madera aserrada del Grupo Empresarial El Almendro, Cartago

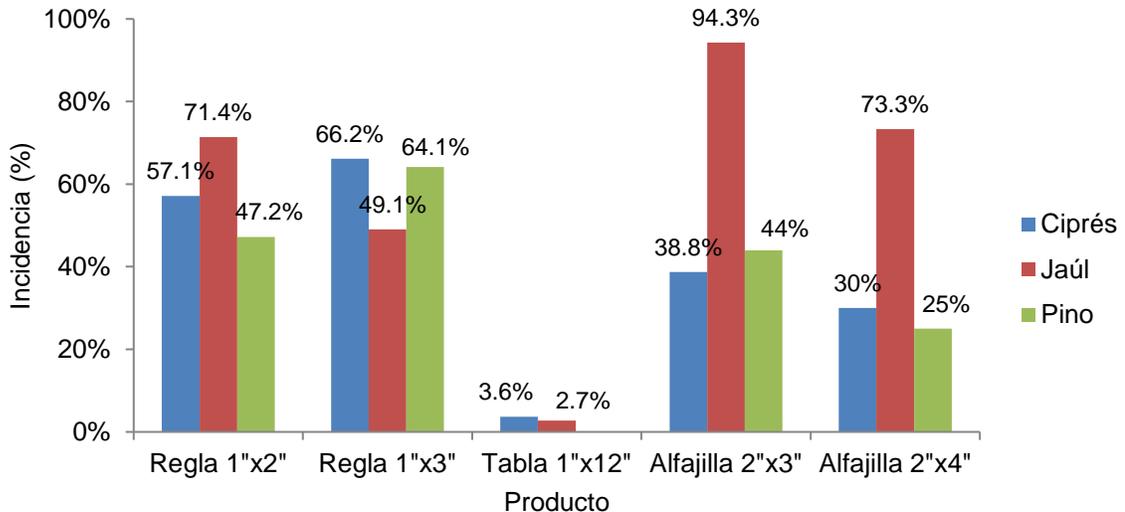
En cuanto al tamaño de las rajaduras, el mayor valor promedio registrado fue en la tabla de 1"x12" de jaúl con 12.6 cm, un poco mayor al reportado por Moya *et al.* (2009), que fue de 11.14 cm. Para los demás productos no se registró rajaduras mayores a 4 cm, las cuales pueden considerarse como rajaduras cortas según los parámetros que se establecen en la norma INTE 06-07-02:2014.

### Alabeo

Para el caso de la madera evaluada, los problemas de alabeo se registraron en un 44.7%, evidenciando que este no es solo un defecto inherente al secado de la madera. Según menciona Londoño (2007), los problemas de alabeo también son atribuibles a la liberación de tensiones de crecimiento, además del patrón de corte por utilizar en el aserrío. Existe una frecuencia en promedio del 55% para reglas y alfajillas (Figura 19), siendo las reglas y la alfajilla de 2"x3" los que presentaron mayor frecuencia de este defecto, con un 59.1% en los tres casos.

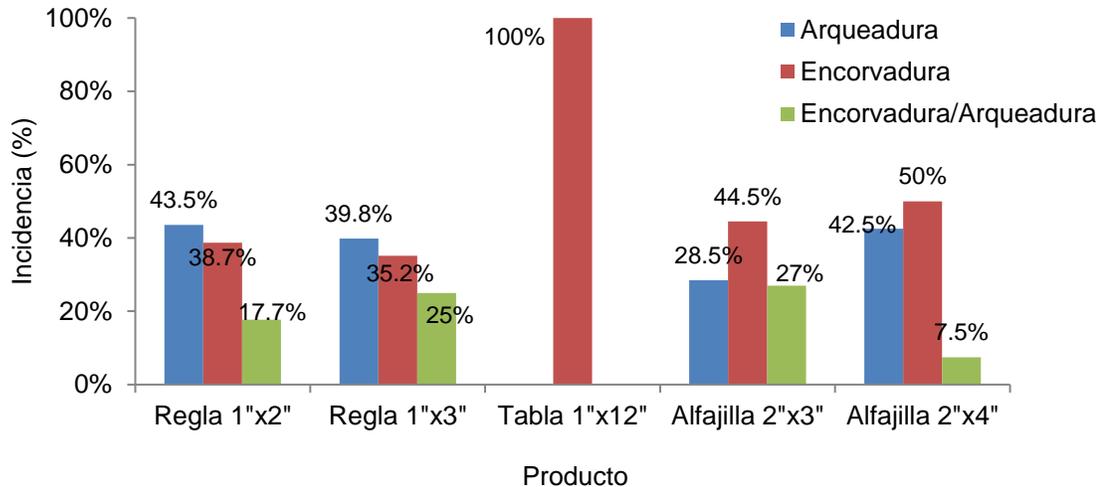
Para el caso de la 1"x12" se registró únicamente en 2.7% de la madera. Esto se da producto al volteo de trozas (mencionado anteriormente), práctica que no puede hacerse en la reaserradora, por lo que al momento del corte la madera libera las tensiones, generando los problemas de alabeo.

Analizándolo por especie, en jaúl hubo mayor presencia de alabeo, registrándose en más de la mitad de la madera evaluada, principalmente en alfajilla de 2"x3" presentándose en 94.3%. Solamente en la regla 1"x3" se tuvo mayor incidencia con ciprés, registrando un 66%. Moya *et al.* (2009) reportan gran incidencia de este defecto en jaúl, principalmente en arqueadura con un 92%, además Moya *et al.* (2010) también reportan tensiones durante el aserrío de ciprés.



**Figura 19.** Distribución porcentual de la frecuencia de alabeo según producto y especie en la madera aserrada del Grupo Empresarial El Almendro, Cartago

En cuanto al tipo de alabeo que se presentó, únicamente se registró la presencia de arqueaduras y encorvaduras (Figura 20). En el caso de la tabla, únicamente se presentó encorvadura, para los demás sí se registró algunos de estos dos defectos o e incluso ambos en una misma pieza de madera. Fue la encorvadura el defecto que más se registró, principalmente en lo que es la alfajilla; para la arqueadura la mayor presencia fue en regla.



**Figura 20.** Distribución porcentual de la frecuencia del tipo de alabeo por producto en la madera aserrada del Grupo Empresarial El Almendro, Cartago

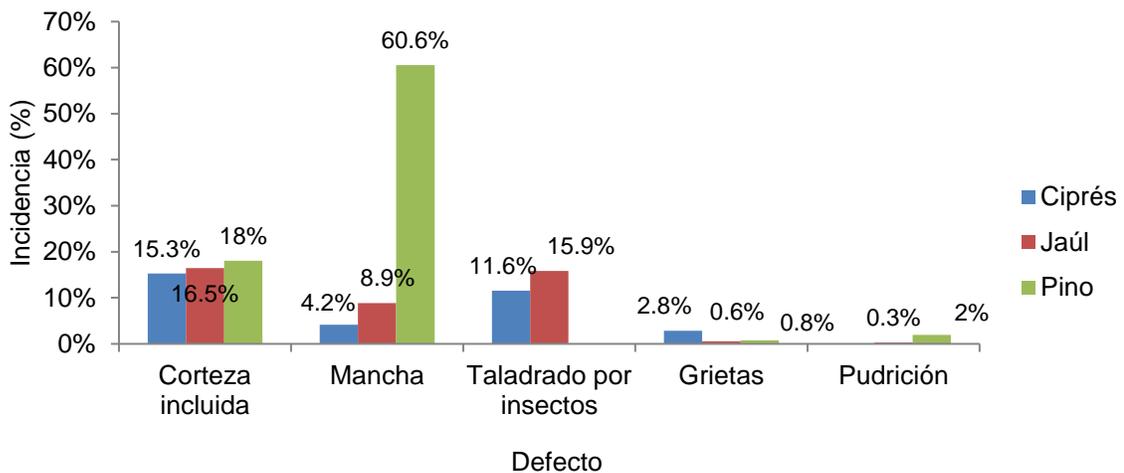
Otros defectos encontrados

En el caso de las manchas, fue en pino donde hubo más presencia de este problema (Figura 21), alcanzando una incidencia del 60.5%. La mancha azul consiste en el ataque de un hongo que produce una coloración azulada en la madera, en esta especie y en general para las coníferas es común la presencia de esta mancha, principalmente en zonas tropicales donde su proliferación es mayor debido a las condiciones climáticas favorables (Mohali, Encinas y Mora, 2002). También se registró en ciprés, pero con una incidencia mucho menor, apenas del 4.2%. El mayor efecto que produce es un cambio de coloración que no afecta las paredes celulares de la madera, por lo que no disminuye su resistencia. Otros efectos que produce es una mayor impermeabilidad de la madera, lo que dificulta el secado y el tratamiento con preservantes (Vignote y Martínez, 2006).

En jaúl también existen algunas piezas que tenían manchas, las cuales eran manchas de oxidación asociadas a la presencia de taladrado por insectos (que se registró en un 15% de la madera), probablemente provocado por el ataque de *Scolytodes alni* (descortezador), el cual genera perforaciones en el fuste de la madera en pie (Arguedas y Espinoza, 2007). La mancha en jaúl fue de 8.8%, registrándose en su mayoría en lo que es tabla.

Otro defecto importante fue la aparición de corteza, con una presencia de un 16.6% de la madera, con una ocurrencia muy similar entre las tres especies. En pino se presentó mayor frecuencia, con una incidencia del 20.6%, donde abarcaba en promedio unos 55 cm de longitud en la pieza (alcanzando incluso los 150 cm). Sin embargo, este defecto no es tan determinante, pues es corregible a través de un saneo de las piezas, mientras no sean muy largas.

Defectos como las grietas y pudrición son muy escasos, ya que únicamente se registró un 1.4%% y un 0.75% respectivamente. En cuanto a grietas, en ciprés fue donde se presentó mayor frecuencia con 2.8%, valor muy inferior a lo que reportan Moya *et al.* (2010), donde este defecto estaba presente en un 27% de la madera.



**Figura 21.** Distribución porcentual de la frecuencia de otros defectos encontrados en la madera aserrada del Grupo Empresarial El Almendro, Cartago

#### – Clasificación de la madera según defecto

De los defectos evaluados, únicamente los nudos, rajaduras, corteza y pudrición están contemplados en el sistema de clasificación de la norma INTE 06-07-02:2014 para madera verde. A continuación, se detallará la clasificación respecto a la norma para los nudos y las rajaduras, pues ambos tienen relación con el manejo silvicultural y la especie. Para el caso de la corteza este es un defecto del aserrío y es corregible, además 83.5% de la madera se clasificó dentro de la clase 1; en cuanto a la pudrición, debido a su baja incidencia (0.66%) más del 99% de la madera fue clasificada como clase 1.

Para el caso de los nudos (Cuadro 12), en las tres especies se registró una frecuencia promedio del 33% para la clase 1. Más específicamente en jaúl, cabe señalar que posee mayor abundancia de individuos en la clase 1, principalmente en lo que es regla, lo que se le atribuye como un efecto positivo de la ejecución de la poda al árbol en pie. Sin embargo, para esta misma especie, pero en tabla, se registró la menor abundancia de individuos dentro de la clase 1, producto de la alta incidencia de nudos muertos.

**Cuadro 12.** Clasificación por clase para los nudos de la madera aserrada muestreada en el Grupo Empresarial El Almendro según la norma INTE 06-07-02:2014, Cartago

Producto	Ciprés		Jaúl		Pino	
	Clase 1	Clase 2	Clase 1	Clase 2	Clase 1	Clase 2
Regla 1"x2"	31.4%	68.6%	74.3%	25.7%	22.2%	77.8%
Regla 1"x3"	43.1%	56.9%	56.6%	43.4%	32.6%	67.4%
Tabla 1"x12"	29.1%	70.9%	10.3%	89.7%	-	-
Alfajilla 2"x3"	33.7%	66.2%	42.9%	57.1%	31.8%	68.1%
Alfajilla 2"x4"	33.3%	66.7%	53.3%	46.7%	30.6%	69.4%
<b>*Promedio</b>	<b>33.7%</b>	<b>66.25%</b>	<b>35.1%</b>	<b>64.9%</b>	<b>30.6%</b>	<b>69.4%</b>

\*Los valores corresponden al promedio de la totalidad de observaciones.

En lo que respecta a rajaduras, presentó mayor abundancia de individuos clase 1, principalmente en ciprés y pino donde la frecuencia en general y para cada producto fue en promedio del 94.4% (Cuadro 13), pese que en ciprés se reportan incidencias importantes de rajaduras en el aserrío (Moya *et al.*, 2010). Para jaúl se presentan liberaciones de tensiones de crecimiento durante su aserrío (Moya *et al.*, 2010), lo que acentúa la presencia de rajaduras. Este efecto se ve más acentuado con la tabla de 1"x12", donde se registró un 43.2% para clase 2 y un 13% para clase 3. Para el caso de la regla, al tratarse de proveniente de costaneros, el efecto de esas tensiones es menor por lo que las rajaduras disminuyen, evidenciado al contar con el 97.1% de la madera en la clase 1.

**Cuadro 13.** Clasificación por clase para rajaduras de la madera aserrada muestreada en el Grupo Empresarial El Almendro según la norma INTE 06-07-02:2014, Cartago

Producto	Ciprés			Jaúl			Pino		
	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 1	Clase 2	Clase 3
Regla 1"x2"	100.0%	0.0%	0.0%	97.1%	0.0%	2.9%	100.0%	0.0%	0.0%
Regla 1"x3"	90.8%	0.0%	9.2%	98.1%	0.0%	1.9%	98.9%	0.0%	1.1%
Tabla 1"x12"	91.8%	3.6%	4.5%	43.2%	43.2%	13.7%	-	-	-
Alfajilla 2"x3"	97.5%	1.3%	1.3%	80.0%	0.0%	20.0%	100.0%	0.0%	0.0%
Alfajilla 2"x4"	96.7%	0.0%	3.3%	83.3%	0.0%	16.7%	100.0%	0.0%	0.0%
<b>*Promedio</b>	<b>94.4%</b>	<b>1.6%</b>	<b>4.1%</b>	<b>68.9%</b>	<b>18.9%</b>	<b>12.3%</b>	<b>99.6%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.4%</b>

\*Los valores corresponden al promedio de la totalidad de observaciones.

Al juntar los criterios de clasificación para los cuatros defectos mencionados, en promedio un 24.6% de la madera que fue evaluada es clasificada dentro de la clase 1, y el 53.1% en la clase inferior siguiente (Cuadro 14). Al comparar los valores por especie se observa una distribución muy similar entre las tres, donde la clase 1 es de 24.6% y también es la clase 2 la que presenta mayor abundancia de unidades, con 53.1%.

Sin embargo, es en jaúl donde se presenta las mayores frecuencias dentro de la clase 1 para cada uno de los productos, principalmente en regla 1"x3" y alfajilla 2"x4", alcanzando una incidencia del 43.3%. Para el caso de la regla 1"x2", pese a tener más unidades en la clase 1 en comparación con las otras especies, también es la que presentó mayores unidades en la clase 3, tanto al compararla con las otras dos especies y en general en todos los productos.

Un caso muy especial se da con la tabla 1"x12", más específicamente para jaúl, ya que solamente el 1.4% se clasificó en la clase 1, y el 65.1% corresponde a la clase 2. Esto responde a dos aspectos: en primer lugar, a la alta frecuencia de rajaduras que se dan en la madera de esta especie, aspecto que según la norma no permite que sea clasificada dentro de la clase 1. En segundo lugar, y que tuvo mayores implicaciones, es por alta incidencia de nudos muertos que se obtuvo para la tabla, como se mostró anteriormente, para ese defecto en específico solamente un 10% de la madera fue clasificada en la clase 1, es decir, que no presentaba nudos o que solamente presentaba nudos vivos.

En general, se refleja una muy baja cantidad de unidades que logran clasificarse dentro de la clase 1. Para el caso de existir una necesidad o el interés para ajustarse en la norma por parte de esta industria, es necesario actuar en dos líneas de acción. Primero, se debe asegurar que la materia prima que llegue a la industria cumpla con ciertos aspectos de calidad. En segundo lugar, se debe ajustar el sistema de clasificación en la línea de producción, pues el que se utiliza actualmente no cuenta con parámetros claramente establecidos.

Es fundamental contar con un mercado potencial que demande un producto de alta calidad. Por esto, se debe conocer cuál es la percepción de los consumidores sobre la madera, para determinar si la clasificación actual es adecuada o es necesario ajustarla a la norma de clasificación INTE 06-07-02:2014.

**Cuadro 14.** Clasificación por clase para los defectos de la madera aserrada muestreada en el Grupo Empresarial El Almendro según la norma INTE 06-07-02:2014, Cartago

<b>Especie</b>	<b>Producto</b>	<b>Clase 1</b>	<b>Clase 2</b>	<b>Clase 3</b>
<b>Ciprés</b>	Regla 1"x2"	28.6%	62.9%	8.6%
	Regla 1"x3"	27.7%	44.6%	27.7%
	Tabla 1"x12"	25.5%	59.1%	15.5%
	Alfajilla 2"x3"	23.8%	52.5%	23.8%
	Alfajilla 2"x4"	30.0%	60.0%	10.0%
	<b>Promedio</b>	<b>26.3%</b>	<b>55.0%</b>	<b>18.8%</b>
<b>Jaúl</b>	Regla 1"x2"	34.3%	22.9%	42.9%
	Regla 1"x3"	43.4%	39.6%	17.0%
	Tabla 1"x12"	1.4%	65.1%	33.6%
	Alfajilla 2"x3"	38.6%	40.0%	21.4%
	Alfajilla 2"x4"	43.3%	36.7%	20.0%
	<b>Promedio</b>	<b>23.1%</b>	<b>48.8%</b>	<b>28.1%</b>
<b>Pino</b>	Regla 1"x2"	13.9%	58.3%	27.8%
	Regla 1"x3"	25.0%	54.3%	20.7%
	Tabla 1"x12"	-	-	-
	Alfajilla 2"x3"	28.6%	60.4%	11.0%
	<b>Promedio</b>	<b>24.7%</b>	<b>56.5%</b>	<b>18.8%</b>
<b>Promedio general</b>		<b>24.6%</b>	<b>53.1%</b>	<b>22.2%</b>

\*Los valores corresponden al promedio de la totalidad de observaciones.

Para justificar el uso de estas normas de clasificación se requiere de un análisis económico que demuestre su viabilidad. Se presenta una comparación del flujo de ingresos de la venta de la madera bajo el sistema de clasificación de la empresa en contra de un escenario donde la madera es clasificada bajo la norma INTE 06-07-02: 2014.

Tomando como base una producción mensual de 239.8 m<sup>3</sup> y su distribución en las clases registradas para cada clasificación, se determinaron los ingresos por la venta de madera. Para la definición de los precios unitarios, la referencia fue los precios utilizados por la empresa para la venta de madera, donde se establece un precio de venta para la clase de ferretería y otro para la clase de construcción. En el caso de la norma se utilizaron estos mismos precios: las clases 1 y 2 con el precio de venta de la clase ferretería, mientras que para la clase 3 el precio es el de la clase de construcción.

Con base en los resultados obtenidos (Cuadro 15) se evidencia un aumento en los ingresos por venta de la madera de 1.1%, bajo el sistema de clasificación establecido en la norma INTE 06-07-02: 2014, demostrando que hay rentabilidad para la empresa el ajustar la clasificación a la norma. Estos ingresos anualmente oscilan alrededor de ¢5 840 000 producto de la clasificación bajo la norma de INTECO, una suma bastante importante. Es importante recordar que, para poder establecer la norma en la producción, es necesario invertir recursos económicos, recurso humano y capacitaciones, por lo que los beneficios de este sistema se verán reflejados a mediano o largo plazo.

En la clase de construcción y en la clase 2 fue donde se obtuvieron mayores ingresos. Sin embargo, se esperaría un mayor flujo de ingresos producto de la venta de madera de la clase 1, pues es necesario establecer una diferenciación de precios respecto a la clase 2, producto de las exigencias y la calidad de la madera clase 1. Para esto, se debe determinar los costos asociados a esta diferenciación de calidad para asignar de forma proporcional un aumento en los precios de venta para la madera de la clase superior.

**Cuadro 15.** Flujo de ingresos por venta de madera aserrada para los sistemas de clasificación del Grupo Empresarial El Almendro y la norma INTE 06-07-02: 2014

<b>Clase</b>	<b>Proporción</b>	<b>Ingresos trimestrales</b>	<b>Ingresos anuales</b>
Ferretería	34.21%	₪ 45 473 710	₪ 181 894 844
Construcción	37.62%	₪ 48 756 298	₪ 195 025 195
N.A.	28.16%	₪ 36 495 943	₪ 145 983 771
<b>Total</b>		<b>₪ 130 725 953</b>	<b>₪ 522 903.810</b>

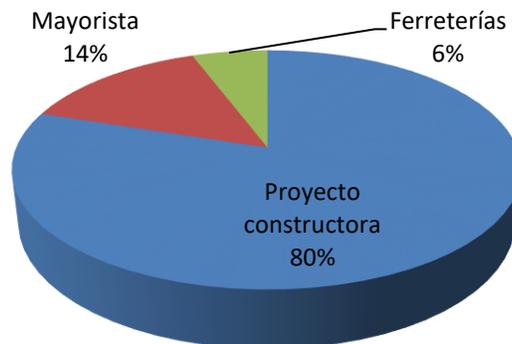
<b>Clase</b>	<b>Proporción</b>	<b>Ingresos trimestrales</b>	<b>Ingresos anuales</b>
Clase 1	24.64%	₪ 32 756 045	₪ 131 024 179
Clase 2	53.14%	₪ 70 630 222	₪ 282 520 887
Clase 3	22.22%	₪ 28 800 460	₪ 115 201 840
<b>Total</b>		<b>₪ 132 186 727</b>	<b>₪ 528 746 907</b>

### 6.3 Desarrollo de protocolos para la evaluación de la calidad de madera

Ya se mencionó el hecho de que el sistema de clasificación de la madera aserrada utilizada en la industria del Grupo Empresarial El Almendro está dirigido a atender las necesidades de su mercado, en su mayoría madera para uso general. Para diseñar los protocolos y mejoras para la clasificación de madera, se utilizó como insumo la opinión de los clientes sobre la calidad de la madera que reciben.

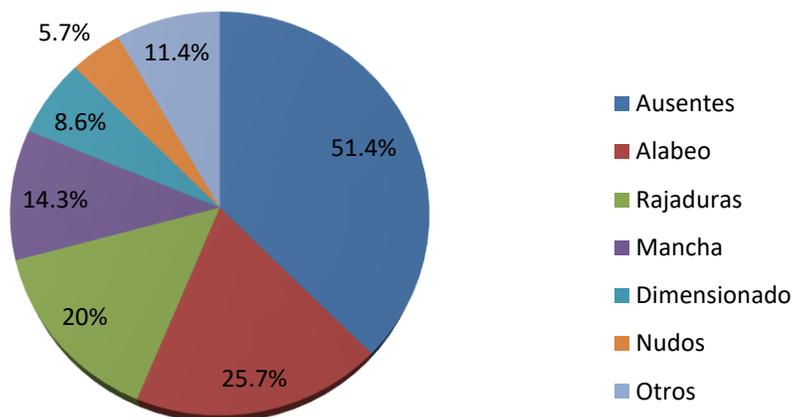
#### 6.3.1 Percepción de los clientes sobre la calidad de la madera aserrada

En total, se encuestaron 35 clientes activos de la empresa (Anexo 4), en su mayoría (80%) corresponde a empresas constructoras donde la venta de la madera se realiza de forma directa, mientras que el 20% restante se comercializa a empresas mayoristas y ferreterías (Figura 22). Del total, un 77.2% realiza sus pedidos enfocados en las dimensiones y densidad (semiduros), dejando de lado el componente calidad. El 22.8% restante efectúa sus pedidos solicitando “madera de calidad”, sin ser específicos en los aspectos que requieren.



**Figura 22.** Tipo de clientes encuestados durante las visitas a los consumidores de la madera proveniente del Grupo Empresarial El Almendro, Cartago

En el caso de los defectos mencionados (Figura 23), el 51.4%% de los clientes no mencionaron problemas en la madera. En este caso, al visitar la bodega de la madera, aunque algunas piezas presentaban defectos, eran muy poco evidentes por el buen manejo que se le realizó a la madera en la bodega, además otros defectos no eran de importancia para el cliente, como el caso de la mancha.



**Figura 23.** Principales defectos de la madera según los clientes del Grupo Empresarial El Almendro, Cartago

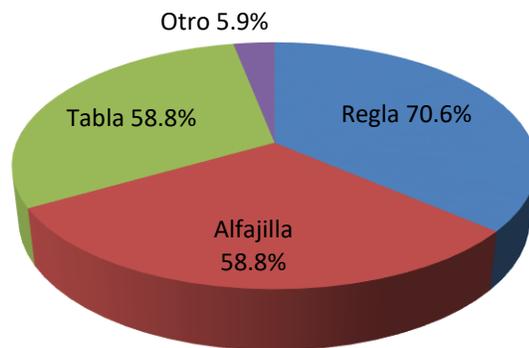
El defecto más frecuente que se mencionó fue el alabeo, un 25.7% de los clientes manifestaron que la madera presentaba mucho este problema. En la evaluación realizada a la madera en la industria, este fue el segundo defecto con mayor frecuencia (47.3%) con mayores registros en lo que es regla y alfajilla, lo que explica que también sea un defecto importante para los clientes. Sin embargo, en muchos casos este defecto se ve acentuado por el mal manejo que se le da a la madera (Figura 24), pues no está bien apilada o no es almacenada en sitios recomendados, donde no quede expuesta directamente al sol ni la lluvia.



**Figura 24.** Almacenamiento inadecuado de la madera de algunos clientes del Grupo Empresarial El Almendro. Fotos tomadas en Alajuela, 2015

El segundo defecto en importancia fueron las rajaduras, mencionadas por un 20% de los encuestados. En este caso, se daba principalmente en la tabla 1"x12", donde las rajaduras afectaban la trabajabilidad de la tabla, afectando las labores de construcción. Se mencionaron otros defectos como la mancha, principalmente en lo que son almacenes y ferreterías donde la madera en exhibición con mancha no gustaba a los clientes. También se mencionaron problemas de dimensionado, mencionando el caso del espesor en la tabla 1"x12", problemas de nudos principalmente en reglas de pino. Finalmente se mencionaron otros defectos, donde en su mayoría eran problemas de humedad en la madera.

Para el caso de los productos mencionados con problemas, un 70.6% de estos correspondían a las reglas (Figura 25), siendo el alabeo el principal problema, además la presencia de nudos. Para el caso de la alfajilla y la tabla un 58.8% de los encuestados mencionaron que presentaban problemas con estos productos. Para el caso de la tabla, el defecto más mencionado fueron las rajaduras, además de algunos problemas en el dimensionado de la madera, principalmente en el espesor. Finalmente, 2.9% de los clientes mencionaron problemas en otros productos que no están dentro del estudio.



**Figura 25.** Principales productos con defectos en la calidad de la madera según los clientes del Grupo Empresarial El Almendro, Cartago

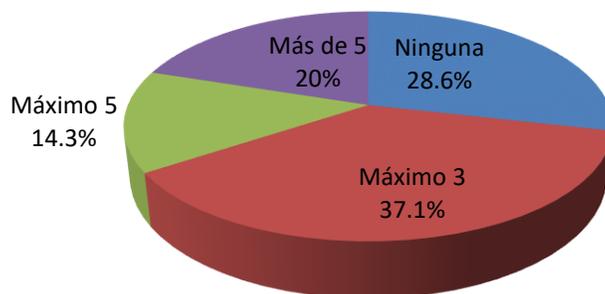
Respecto a devoluciones de material por presencia de defectos (Cuadro 16), solamente un 17.1% de los 35 clientes encuestados lo han realizado, principalmente las devoluciones hechas han sido de reglas. Pese a presentar alta incidencia de muchos defectos en la madera evaluada, pocos de estos son verdaderamente representativos para los consumidores pues no manifiestan disconformidad salvo en casos donde sí se afecte la trabajabilidad del material, como pasa con rajaduras pronunciadas.

**Cuadro 16.** Porcentaje de devoluciones de madera defectuosa por parte de los clientes del Grupo Empresarial El Almendro, Cartago

Devoluciones	Cantidad	Concepto
No	82.9%	-
Sí	17.1%	Tabla (33.3%); rajaduras Regla (66.7%); nudos en pino, torceduras y dimensionado

La mayoría de clientes poseen margen de tolerancia para recibir la madera, pues más del 70% de los clientes permiten “madera defectuosa” (Figura 26), entendiéndose defectos como aquellos aspectos que cada cliente determine como tal para su uso. De estos, la mayoría (37.1%) permite máximo tres unidades defectuosas dentro de un pedido, el 20% de los clientes tienen una muy alta tolerancia, pues aceptan cinco e inclusive más unidades defectuosas.

Caso contrario se da con otro sector de los clientes encuestados, pues un 28.6% afirman que no aceptan material defectuoso, en caso de recibirlo solicitarán cambio por cada unidad que no cumpla con estas características. En muchos casos, pese a no reportar problemas, al revisar la bodega existía madera con defectos (nudos, torceduras, mancha, etc.), pero que no habían afectado la calidad del material.



**Figura 26.** Margen de tolerancia de clientes encuestados sobre material defectuoso en los pedidos de madera al Grupo Empresarial El Almendro, Cartago.

En síntesis, más de la mitad de los clientes encuestados no presentaron problemas con la calidad de la madera recibida, de los problemas mencionados por los otros clientes los principales fueron rajaduras en tablas y alabeo en reglas. Pese a que en la mayoría de la madera existían estos y otros defectos, para muchos clientes no eran relevantes pues no afectaba la calidad del material, aunque no muy frecuentemente en otros clientes algunas unidades de la madera recibida sí presentaba defectos importantes, que afectaban directamente la trabajabilidad del material.

### 6.3.2 Desarrollo de propuesta de los protocolos

Es necesario establecer criterios más detallados para la clasificación de la madera realizada por la empresa, los cuales deben estar enfocados hacia la norma INTE 06-07-02:2014 y de esta manera ir unificando criterios y mejorar así la calidad de la madera. Para poder alcanzar esto con eficiencia es necesario integrar estos procesos de evaluación de la calidad tanto a la madera aserrada en la industria como a la madera en pie de las plantaciones, pues ya se vio el impacto directo que tiene esta última sobre la calidad del material final.

Por lo tanto, se proponen a continuación algunas recomendaciones tanto para la evaluación de la madera en pie como para la madera aserrada.

#### – Evaluación de la madera en pie

La compra de la madera en pie es la principal fuente de abastecimiento de la industria del Grupo Empresarial El Almendro. Para la adquisición de esta, la empresa realiza una visita para estimar el volumen comercial aprovechable a partir de dos variables: diámetro y altura comercial; además se toma en consideración el precio de venta de la madera.

Si bien al visitar la plantación se tiene una visión de variables cualitativas de los árboles (forma, sanidad), estas no quedan plasmadas en la información levantada. Por tanto, se recomienda una evaluación que incorpore aspectos cualitativos de los árboles que puedan acompañar la decisión de la compra, o no, de la madera.

Para esto, se presenta un protocolo (Cuadro 17) que enlista en forma lógica las actividades para reunir ambos criterios a la hora de hacer la evaluación de las plantaciones forestales y que los resultados obtenidos permitan más y mejores criterios para la compra de madera en pie. Este protocolo es una herramienta para el profesional forestal, que permita compilar la información de la plantación de forma ordenada. Para la elaboración del protocolo, se toma como base la metodología de valoración de calidad de plantaciones descrita por Murillo y Badilla (2010).

**Cuadro 17.** Protocolo para la valoración de la calidad de madera en pie

Pasos	Observaciones
<p><u>Recopilación de información</u></p> <p>El objetivo es reunir información disponible sobre la plantación y aspectos de manejo silvicultural. Además, determinar la información legal de la propiedad.</p> <p>(Figura 27, sección A)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los aspectos básicos por reunir sobre la plantación son: la especie, el área total sembrada, la ubicación y edad. Además, se debe conocer el precio de venta de la madera (para el mercado nacional este viene dado por pulgada maderera tica-pmt).</li> <li>• En cuanto al manejo deben considerarse dos aspectos: si la plantación fue raleada y si fue podada. En caso de realizarse alguno o ambos, se debe preguntar el número de intervenciones y la edad a la que se realizaron.</li> <li>• Es importante determinar si se poseen las escrituras y plano de la finca, para verificar que la finca no posea pendientes o gravámenes ante el registro nacional ni la CCSS.</li> </ul>
<p><u>Reconocimiento preliminar de la plantación</u></p> <p>Reunida la información anterior y convenido el precio de venta de la madera, se procede a una visita a la plantación para hacer una evaluación visual rápida de la plantación.</p> <p>(Figura 27, sección B)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debe considerarse el acceso a la plantación y ver las vías posibles para la extracción de la madera ante un eventual aprovechamiento.</li> <li>• Realzar un recorrido de la plantación evaluando aspectos de relieve, pedregosidad u otros que puedan afectar el aprovechamiento.</li> <li>• En el caso de los árboles, se debe hacer una evaluación global sobre:             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Forma: la mayoría de árboles son rectos o presentan torceduras o inclinación.</li> <li>– Estado fitosanitario: los árboles están sanos o muchos presentan heridas, enfermedades o problemas de plagas.</li> <li>– Evidencias de manejo: comprobar si hay evidencia de manejo, tal como la presencia de ramas en los primeros metros del fuste.</li> <li>– De ser posible determinar un diámetro y altura media para la plantación.</li> </ul> </li> </ul>

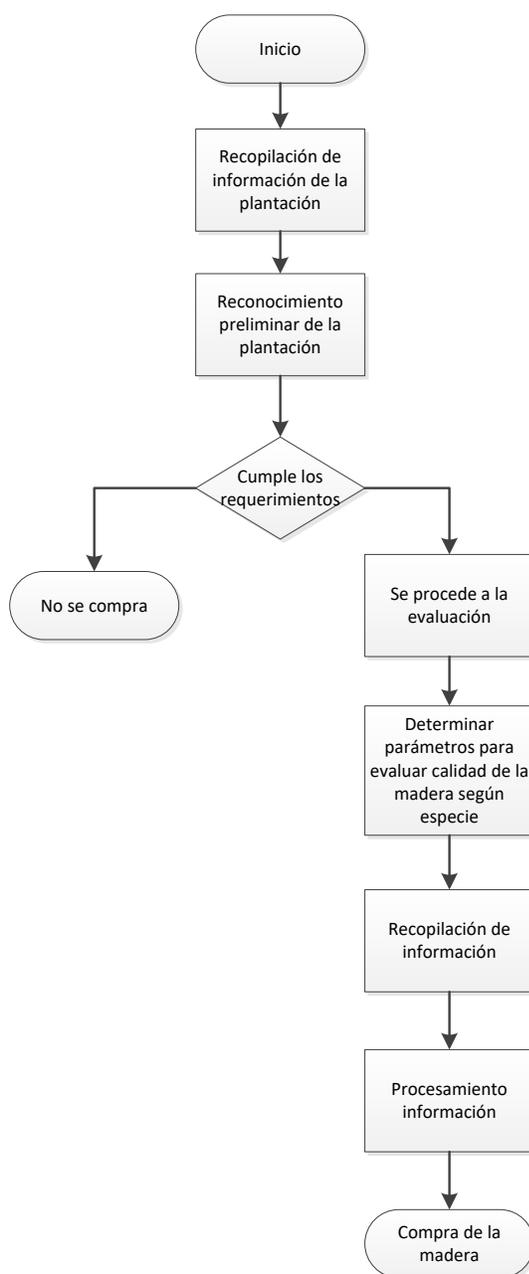
<p style="text-align: center;"><u>Establecimiento de parámetros de evaluación</u></p> <p>Si la plantación cumple con los primeros requisitos y se logra un acuerdo por la madera se procede a definir el muestreo y los aspectos cualitativos por evaluar.</p> <p style="text-align: center;">(Figura 27, sección C)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer los parámetros cualitativos de evaluación de calidad de las trozas. Estos parámetros corresponden a una escala de valoración de 1 a 3, los cuales se aplican a las trozas comerciales del árbol. Se establecen los siguientes criterios, que pueden variar según las necesidades u otros problemas identificados en la plantación <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Clase 1:</b> trozas rectas, sin ramas o con ramas delgadas, ausente de problemas fitosanitarios u otros defectos que afecten su valor económico.</li> <li>– <b>Clase 2:</b> trozas con torceduras que disminuyen levemente el rendimiento de la troza, con ramas gruesas, árboles inclinados, presencia de heridas u otros defectos que afecten la calidad de la madera.</li> <li>– <b>Clase 3:</b> son aquellas trozas con defectos severos que afecten considerablemente el rendimiento de aserrío de la troza.</li> </ul> </li> <li>• Antes de ir al campo, se debe establecer cuál será el tipo de muestreo que se va a realizar. Este puede variar según las características de la plantación, o bien resulte necesario realizar un censo (si el área es muy pequeña). Lo más práctico para levantar este tipo de información es un muestreo simple aleatorio con parcelas circulares de 500 m<sup>2</sup>.</li> <li>• Se debe determinar cuánto debe ser el área por muestrear según el área total plantada. Una vez determinado, se define la cantidad de parcelas por establecer.</li> <li>• Para la distribución de las parcelas en el campo, se recomienda utilizar los sistemas de información geográficos (SIG), ingresando el plano utilizando el derrotero y asignando el número de parcelas establecidas (según frecuencia de muestreo) en el área plantada. Finalmente se carga la información a un GPS.</li> </ul>
--	---

<p style="text-align: center;"><u>Evaluación de la calidad de madera en pie</u></p> <p>Definidos los parámetros, se realiza el muestreo junto a la toma de datos de la información cualitativa y cuantitativa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingresados los puntos de ubicación de las parcelas al GPS, se precede a la visita para la valoración de la madera. Lo primero es la ubicación de las parcelas utilizando el GPS.</li> <li>• Una vez ubicada una parcela, se establece su centro (que no sea un árbol de la plantación) y se procede a marcar con pintura los árboles que ingresan en el radio de la parcela. Para esto se utiliza un mecate con la longitud marcada según sea el área de parcela que se estableciera.</li> <li>• A cada árbol se le debe medir el dap (diámetro a altura de pecho – 1.30m) utilizando una cinta diamétrica y la altura comercial con un hipsómetro. Para la altura se recomienda alejarse como mínimo 15 m de la base del árbol para tomar el dato del instrumento.</li> <li>• Se debe estimar el número de trozas según la altura (cada troza con un largo de 3.34 m) y se procede a la valoración de la calidad. Para esto se realiza una inspección detallada y se evalúan los parámetros establecidos en las clases. A cada troza se le asigna un número del 1 al 3 según el criterio del evaluador conforme lo establecido en los parámetros de evaluación.</li> <li>• Toda la información debe irse registrando en un formulario que contenga de manera ordenada la especie, parcela y número de árboles que fueron evaluados (Anexo 5).</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><u>Procesamiento y análisis de información</u></p> <p>Una vez recogidos los datos de campo necesarios, se procede a la digitalización y el procesamiento de la información. A partir de los resultados se analiza la información para la toma de decisiones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los datos recolectados deben digitarse en una hoja de Excel, manteniendo el formato utilizado en el formulario de campo.</li> <li>• El manejo de la información debe realizarse a una escala de área (por ejemplo, volumen/hectárea; número trozas/hectárea) para facilitar la interpretación de los resultados.</li> <li>• A partir de los datos de diámetro y altura se estima el volumen comercial de cada árbol. Para esto se utiliza ya sea una ecuación</li> </ul>

	<p>volumétrica para la especie o la fórmula de volumen del cilindro junto a un factor de forma determinado según la especie.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Se puede realizar una estimación del volumen según calidad de trozas. Esta información corresponde a un criterio adicional para la compra de madera.</li><li>• Con un grupo de datos de varias plantaciones se pueden establecer criterios de compra o rechazo de madera según el volumen por calidad de madera. Por ejemplo, no se aceptarían plantaciones cuyo volumen/hectárea de calidad 1 sea inferior al 50% del volumen total.</li><li>• Finalmente, si la madera es comprada se procede a la inscripción del contrato de regencia ante el Colegio de Ingenieros Agrónomos y en la oficina regional del SINAC para iniciar el proceso para el aprovechamiento de la madera.</li></ul>
--	---



El seguimiento de las actividades debe cumplir un orden lógico para poder alcanzar el resultado esperado (Figura 28). Durante el proceso, se dan puntos de decisión, condicionados conforme a la información adquirida y se analiza si se procede o no con el protocolo. Por ejemplo, el precio de venta de la madera, así como la calidad de la madera, pueden ponerle fin al proceso de negociación.



**Figura 28.** Secuencia de actividades por seguir para el protocolo de evaluación de la madera en pie de las plantaciones forestales para el Grupo Empresarial El Almendro

– Evaluación de la madera aserrada

La empresa ya ha desarrollado su sistema de clasificación de la madera aserrada bajo criterios básicos que responden a un estudio realizado sobre el mercado al que dirigen sus productos. El objetivo de este protocolo (Cuadro 18) es poder establecer criterios más detallados para la selección de la madera según su categoría y establecer una propuesta para realizar un muestro constante de la madera con el fin de determinar que cumpla con las características específicas de la clase asignada.

**Cuadro 18.** Protocolo para la clasificación de madera aserrada del Grupo Empresarial  
El Almendro

<b>Pasos</b>	<b>Observaciones</b>
<p style="text-align: center;"><u>Fijar el muestreo</u></p> <p>Se debe fijar el número de unidades por muestrear para cada producto dentro de un pedido que ha sido alistado en la planta de producción.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para establecer el número de unidades por muestrear se recomienda seleccionar un 5% del total de cada paquete de madera alistado.</li> <li>• Este muestreo debe realizarse para cada paquete que corresponde a la totalidad de un pedido.</li> <li>• La selección de piezas por muestrear debe realizarse al azar.</li> <li>• Es responsabilidad del encargado de producción (o bien del encargado de control de calidad) calcular el número de unidades por muestrear y la ejecución del muestreo en ellas.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><u>Toma de datos</u></p> <p>Una vez seleccionadas las unidades, se procede a la toma de los datos. Estos serán anotados en plantilla dispuesta.</p> <p style="text-align: center;">(Figura 29)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al iniciar, se debe anotar el número de pedido que se va a medir, el paquete, a qué producto pertenece (nombre y dimensiones), especie y la clase que fue dada inicialmente.</li> <li>• Se debe utilizar un calibrador digital y una cinta métrica extensible para el levantamiento de los datos de medidas y defectos.</li> <li>• La medición del dimensionado (espesor y ancho) debe realizarse a un centímetro de cada extremo y al centro de la pieza; todas las mediciones deben realizarse en milímetros.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La toma de datos de los defectos debe realizarse sobre la cara más defectuosa de la pieza. Se seleccionaron los defectos que mostraron mayor frecuencia durante el muestreo, estos son: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Número de nudos vivos.</li> <li>– Número de nudos muertos.</li> <li>– Longitud de rajaduras.</li> <li>– Longitud de corteza.</li> <li>– Porcentaje de área manchada.</li> <li>– Alabeo.</li> </ul> </li> <li>• Según se considere necesario, se puede agregar o eliminar defectos a la lista propuesta.</li> <li>• Al final, cada paquete debe contar con su propia plantilla de datos.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><u>Clasificación de la madera</u></p> <p>Una vez que han sido levantados los datos, se procede a determinar a qué clase corresponde el paquete muestreado. Para esto se han propuesto criterios para cada clase.</p> <p style="text-align: center;">(Figura 30)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para el dimensionado, únicamente se establece un criterio de aceptación o rechazo para el lote. Este corresponde a fijar un mínimo y un máximo de 3 mm para ambas medidas. Este criterio se toma como base pues es el mínimo establecido por la norma, además representa alrededor de un 80% de la madera muestreada.</li> <li>• En cuanto a defectos, la clasificación debe realizarse sobre el defecto de mayor peso. Se propone una diferenciación de criterios para tablas respecto a reglas y alfajillas. En caso de las tablas, corresponden a criterios de rechazo o no de la pieza.</li> <li>• En caso de que la madera no cumpla con los criterios asignados para la clase dada, deberá ser reclasificada.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><u>Procesamiento de información</u></p> <p>Co los datos obtenidos del muestreo, se procede a digitalizarlos para su uso en el análisis de la producción.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La información debe registrarse en una base de datos, con el formato de la plantilla utilizada.</li> <li>• A partir de los datos de dimensionados se pueden crear gráficos de control para conocer el comportamiento de la producción.</li> <li>• En cuanto a los defectos, se puede estimar la frecuencia en la que estos aparecen. Esto puede permitir intervenir la producción para tratar de corregir la presencia de alguno de estos defectos.</li> </ul>

**Generalidades**

N° Pedido: \_\_\_\_\_ N° Paquete: \_\_\_\_\_ Producto: \_\_\_\_\_  
Especie: \_\_\_\_\_ Categoría: \_\_\_\_\_ Unidades muestreadas: \_\_\_\_\_

**Muestreo**

N°	Espesor Extremo 1	Espesor Centro	Espesor Extremo 2	Ancho Extremo 1	Ancho Centro	Ancho Extremo 2	Nudos vivos	Nudos muertos	Longitud Rajadura	Alabeo	Longitud Corteza	Área de Mancha
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												

**Figura 29.** Plantilla para la recolección de datos de dimensionado y defectos en madera aserrada

**Criterios de rechazo para la selección de tabla de 1"x12" en el Grupo Empresarial el Almendro, Cartago.**

Defecto	Clasificación
Rajadura	Máximo 15cm de longitud
Alabeo	Ausente
Corteza incluida	Máximo 30cm de longitud
Nudo muerto	Máximo 7 por pieza

**Criterios para la clasificación de madera aserrada según nichos de mercado en el Grupo Empresarial el Almendro, Cartago.**

Defecto	Clase Ferretería	Clase Constructora
Nudo vivo	No se considera	No se considera
Nudo muerto	Máximo 3 nudos por pieza	No se considera
Rajadura	Máximo 15cm de longitud	Máximo 20cm de longitud
Alabeo	Leve	Moderado
Corteza incluida	Máximo 15cm de longitud	Máximo 55cm de longitud
Grieta	Máximo 5cm de longitud	No se considera
Mancha	Menor a 25% de la pieza	No se considera
Pudrición	0% de la pieza	0% de la pieza
Médula	0% de la pieza	0% de la pieza
Taladrado por insecto	No se considera	No se considera

**Figura 30.** Criterios establecidos para la clasificación de madera aserrada del mercado de construcción en el Grupo Empresarial El Almendro

## 7. Conclusiones

La evaluación cualitativa y cuantitativa de las plantaciones reflejó pocos esfuerzos en cuanto al manejo silvicultural de las plantaciones visitadas, una realidad que se refleja en gran parte de las plantaciones forestales a nivel nacional. No obstante, si se presentó evidencia de poda en la plantación de jaúl, sin embargo, por los resultados obtenidos se infiere que la poda se realizó de forma tardía, pues fue la tabla 1"x12" de jaúl la que presentó mayor incidencia de nudos muertos, con 89.7%.

La presencia de defectos en las plantaciones fue considerable, ya que para el pino se registró una frecuencia de torceduras del 53% y para ciprés del 46%. Este y otros defectos en los árboles generaron que un 58.2% (36.9m<sup>3</sup>) y un 41.2% (96.2m<sup>3</sup>) del volumen comercial de la madera fuese clasificada como calidad 1. En jaúl los defectos no superaron el 20% de incidencia, por tanto, el volumen comercial en la clase 1 abarcó el 75% del volumen total de la plantación (54.11%).

Si bien no se puede vincular directamente los defectos de la madera en pie con los de la madera aserrada, se parte del supuesto (por evidencia bibliográfica) que existe un efecto de los problemas en plantaciones sobre la madera aserrada. En primer lugar, están la presencia de nudos, un 66.7% de la madera aserrada fue clasificada en la clase 2, que como ya se mencionó fue la tabla de jaúl la que presentó mayor incidencia de este defecto y a la vez las reglas de la misma especie presentaron la menor incidencia.

Otro defecto importante fueron las rajaduras, que para el ciprés y pino un 94.4% y un 96.6% de la madera fue clasificada en clase 1 para este defecto. Mientras que para jaúl la clase 1 abarcaba un 68.9%, la clase 2 un 18.9% y la clase 3 un 12.3%, ya se conoce que este es un problema frecuente que se produce durante el aserrío de esta especie.

Más que un defecto, el problema en el dimensionado de madera resulta ser una deficiencia en tecnología e incluso en la operación del equipo de aserrío. Según la clasificación para espesor, un 53.7% corresponde a clase 1, un 13.2% a clase 2 y un 33.11% es clase 3. Para el caso del ancho un 39.3% de la madera se clasificó en clase 1, un 30.6% en clase 2 y un 30.1% en clase 3.

Si bien el escenario planteado sobre los ingresos por venta de madera bajo un sistema de clasificación conforme a la norma INTECO, presentaron un incremento trimestral de 1.1%, realmente este no representa una cifra significativa que impulse a la industria forestal a utilizar este sistema de clasificación, inclusive sin contar con un mercado importante que solicite madera bajo esta norma. Además, es fundamental analizar los costos de implementación y el mantenimiento de la norma.

Según el mercado encuestado, un 51.4% no presentó problema con la calidad de la madera recibida, esto refleja que para el mercado de construcción que se está abasteciendo no es demandante de calidad de madera, por lo que no resulta atractivo para los silvicultores el invertir en prácticas de manejo que los industriales no van a retribuirles en la compra de madera. Si resulta importante contar con madera recta y sin rajaduras, ya que un 25.7% de los encuestados manifestaron problemas con el alabeo mientras que un 20% con las rajaduras.

## **8. Recomendaciones**

Comprar plantaciones que hayan sido manejadas de acuerdo con paquetes tecnológicos silviculturales que respondan a la búsqueda de un producto final determinado. Además, validar el protocolo y utilizarlo para evaluar la calidad de la madera, de tal forma que sea un indicador para la toma de decisiones en la compra de las plantaciones.

Fijar valores mínimos que deba cumplir una plantación en el tema de calidad para poder ser adquirida, por ejemplo, establecer como mínimo que el 50% del volumen comercial debe ser clase 1.

Establecer una unidad de control de calidad, que se enfoque en el monitoreo de la producción. Se propone la creación de una figura de Supervisor de Calidad que recolecte información sobre la calidad de madera, manteniendo un control de la producción a través de uso de herramientas como los gráficos de control.

Desarrollar un sistema de medidas preventivas según la frecuencia de defectos identificados en las líneas de producción, para disminuir su incidencia, como la aplicación de preservantes en pino para disminuir la incidencia de mancha azul.

Incentivar programas de capacitación que sean respaldados por universidades, institutos u otras academias en temas de mantenimiento y calibración de maquinaria, temas de aserrío (para disminuir incidencias de defectos y aumentar rendimientos) y en temas de clasificación de madera por calidad.

Educar al consumidor de madera sobre la calidad del producto, de tal forma que soliciten madera según parámetros que ellos requieran. Es importante, que la academia intervenga este proceso de comunicación e investigación.

Si se quiere fomentar el consumo de madera de calidad es necesario incursionar en mercados que demanden productos de calidad visual y funcional y que ofrezcan precios competitivos por la madera. El primer y principal consumidor de madera bajo estándares de calidad debe ser el Estado, el cuál debe priorizar el consumo de madera nacional.

Para lograr satisfacer la demanda de madera, tanto del mercado como la industria, se debe priorizar en el establecimiento y el manejo de plantaciones de calidad. De lo contrario, la madera importada puede posicionarse como el principal proveedor de estos mercados, cerrando todavía más el mercado a la madera nacional.

## 9. Literatura citada

- Acuña, J. 1999. Manual de fórmulas y tablas estadísticas. 2ª Ed. Editorial. Tecnológico de Costa Rica, Cartago, C.R. 79 p.
- Acuña, J. 2002. Control de Calidad: Un enfoque integral y estadístico. 3ª ed. Editorial Tecnológico de Costa Rica, Cartago, C.R. 688 p.
- Arce, H.J. 2006. Tecnología de la madera y la realidad del sector forestal costarricense. Kurú: Revista Forestal 3(7): 2 p.
- Barrantes, A.; Ugalde, S. 2015. Balanza Comercial y Tendencias de las Exportaciones e Importaciones. Estadísticas 2014. ONF, Heredia, C.R. 30 p.
- Barrio, M. *et al.* 2009. Manual básico de la poda y formación de árboles forestales. Mundi-Prensa, Madrid, ES. 255 p.
- Camacho, D. 2014. Defectos asociados a los procesos de aserrío y reaserrío de la madera (entrevista). Cartago, Instituto Tecnológico de Costa Rica (E-mail: dicamacho@itcr.ac.cr)
- Carrillo, O. 2001. Situación de la Industria Forestal Costarricense. San José, C.R. 21 p.
- Cassens, D.; Serrano, J. 2006. Control de calidad en compras de madera: clasificación de las maderas duras. Kurú: Revista Forestal (Costa Rica) 3(7). 13 p.
- Castro, F.; Raigosa, J. 2000. Crecimiento y propiedades físico mecánicas de la madera de teca (*Tectona grandis*) de 17 años de edad en San Joaquín de Abangares, Costa Rica. Agronomía Costarricense (CR): 24(2): 7-23.
- Chan, M. *et al.* 2002. Los defectos naturales de la madera aserrada. Ingeniería 6 (1): 29 -38 pp.
- Cobb, C. 2014. Comportamiento de la producción mensual para los junio y julio en la industria de Forestales La Sabana (correo electrónico). Cartago, Grupo Empresarial El Almendro (ccobb@almendrocr.com).
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal, MX). 2011. Consideraciones tecnológicas en la protección de la madera. CONAFOR, Jalisco, MX. 50 p.
- El Almendro. 2014. División Forestales La Sabana (en línea). Consultado: 15 mayo del 2014. Disponible en: <http://almendrocr.com/es/forestales/aserradero/>.

Espinoza, D.; Arguedas, M. 2005. Evaluación de factores que favorecen el ataque *Scolytodes alni* (Curculionidae, Scolytinae) en plantaciones de jaúl (*Alnus acuminata* Kunth) en Costa Rica. Kurú: Revista Forestal (Costa Rica) 1(5). 11 p.

Evans, J. 2000. Administración y Control de Calidad. 4ª Ed. Editorial Thompson, MX. 727p.

Feigenbaum, A. 1977. Control Total de la Calidad. Editorial CECOSA, MX.

Galloway, G. 2006. El manejo forestal: la poda, el raleo y el manejo de rebrotes. Conceptos básicos (en línea). Consultado: 24 abr 2014. Disponible: <http://intranet.catie.ac.cr/intranet/posgrado/BB506%20Silv%20Bosques/Semana%205/Raleos%20y%20podas%202005%2006-2005.pdf>.

Guevara, M.; Murillo, O. 2009. Costos y rendimientos de ocho tipos de poda en plantaciones jóvenes de *Acacia mangium* Willd en la zona norte de Costa Rica. Kurú: Revista Forestal 6(17): 7 p.

Hernández Sampieri, R.; Fernández Collado, C.; Baptista Lucio, P. 2006. Metodología de la investigación. 4 Ed. Mc Graw Hill Interamericana. 850 p.

Hernández, M.; Piedra, C.; Zúñiga, I. 2000. Industria forestal costarricense de cara al nuevo siglo: ¿Quiénes sobrevivirán al cambio? UNA, Heredia, CR.

Hoyer, R.W.; Hoyer, B.Y. 2001. What is Quality? Quality Progress 34 (7): 52-62.

Huggel, D.; Camacho, P. 1989. Mecanismos para predicción del rendimiento de jaúl (*Alnus acuminata*) en Costa Rica. CATIE, Turrialba, CR. 7 p.

Jiménez, C. 2008. Calidad y valoración de plantaciones forestales: aplicación práctica en cinco plantaciones de *Vochysia guatemalensis* Donn. Sm. (cebo) en las zonas Norte y Atlántica de Costa Rica. Kurú: Revista Forestal (Costa Rica) 5 (15): 5 p.

Junkin, R. 2008. Diagnóstico de capacidades y estrategias de proveedores de servicios empresariales en el sector forestal tropical. Herramienta para análisis y planificación. CATIE, Turrialba, CR. 68 p.

Londoño, A. 2007. Defectos en la madera y estándares de calidad para la venta de madera. En Foro economía de la madera. 2007. Ponencia. CO.

Meneses, M.; Guzmán, S. 2000. Análisis de la eficiencia de la silvicultura destinada a la obtención de madera libre de nudos en plantaciones de pino radiata en Chile. Bosque 21(2): 85-93 p.

- Meza, A.; Torres, G. 2004. Efecto de la poda forestal en la calidad de la madera. Kurú: Revista Forestal 1(1): 3 p.
- Millar, J.A. 2003. Análisis del crecimiento diametral de ramas de *Pinus radiata* D. Don en distintos sitios, entre las regiones VII y IX. Tesis B.Sc. Valdivia, CI, Universidad Austral de Chile. 77 p.
- Mohali, S.; Encinas, O.; Mora, N. 2002. Manchado azul en madera de *Pinus oocarpa* y *Azadirachta indica* en Venezuela. Fotopatología Venezolana 15(2): 30-32.
- Moya, A. 2008. Proceso de calidad. Centro de Estudios y Capacitación Cooperativa R.L. San José, C.R. 34 p.
- Moya, R. *et al.* 2009. Aprovechamiento e industrialización de árboles de *Alnus acuminata* Kuntz de plantaciones de rápido crecimiento en Costa Rica. Kurú: Revista Forestal 6(16): 11 p.
- Moya *et al.* 2010. Tecnología de madera de plantaciones forestales: Fichas técnicas. (en línea). Revista Forestal Mesoamericana Kurú 7(18-19):207 p.
- Murillo, O. 1991. Metodología para el control de la calidad en plantaciones forestales. Tecnología en Marcha 11(1): 19-30.
- Murillo, L.F. *et al.* 1996. Evaluación de la calidad de plantaciones de ciprés (*Cupressus lusitánica*) en el Valle del Guarco, Cartago, Costa Rica. Agronomía costarricense 20(1): 17-23.
- Murillo, O. 2000. Índices de calidad para la reforestación en Costa Rica. Agronomía costarricense. 24 (2): 41-47 p.
- Murillo, O.; Badilla, Y. 2010. Calidad de la plantación forestal. ITCR, Cartago, C.R. 67 p.
- Murillo, O.; Badilla, Y. 2013. Software para valoración de la calidad de madera (actualizado), Calidad de las plantaciones de teca en Costa Rica. En: Simposio sobre la teca. 26-28 noviembre del 2013. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. CD.
- Murillo, O.; Camacho, P. 1997. Calidad de la poda en plantaciones forestales: Metodología para su evaluación. Agronomía Costarricense 21(2): 229-238.
- Murillo, O.; Rojas, O. 2000. Calidad de las plantaciones de teca en la Península de Nicoya, Costa Rica. Agronomía costarricense 24(2): 65-75 p.
- O'Neill. 2004. Estimación de la calidad de la madera producida en el Uruguay para uso estructural y su evaluación en servicio por métodos no destructivos. En Notas

Técnicas, Departamento de Proyectos Forestales, Nota Técnica No 4. Noviembre 2004.

PN INTE 06 – 07 – 01. 2011. Norma de terminología de maderas. Primera Edición. INTE CTN 06. San José, Costa Rica. 37 p.

PN INTE 06 – 07 – 03 – 09, 2011. Madera estructural – Clasificación en grados estructurales para la madera aserrada mediante una evaluación visual. Primera Edición. INTE CTN 06. San José, Costa Rica. 37 p.

PN INTE 06-07-02. 2014. Madera aserrada para uso general. Requisitos. Primera Edición. INTE CTN 06. San José, CR. 14 p.

Quesada, H. 2014. Gráficos de Control de Calidad y su Impacto en la Industria de Transformación de la Madera. Virginia Tech, Virginia, US. 34 p.

Rodríguez, J. 2004. Estrategia Nacional de Competitividad. Proyecto de Fortalecimiento a la capacidad nacional para la ejecución del Plan Nacional de Desarrollo Forestal. FAO, San José, CR. 87 p.

Rojas, M. 1990. Tablas de volumen aplicables a cortinas rompevientos de *Cupressus lusitanica* Miller en el Valle Central, Costa Rica. Tesis Lic. Universidad Nacional, Heredia, CR. 86 p.

Rojas, F. 1995. Integración bosque industria: Una necesidad regional. *Madera y Bosques* 1(1):5-7.

Rojas, O.; Murillo O. 2000. Calidad de las plantaciones de teca en la península de Nicoya, Costa Rica. *Agronomía costarricense*. 24(2): 65 – 75 p.

Rojas, F. 2006. *Plantaciones forestales*. 2 ed. San José, C.R., EUNED. 260 p.

Sampieri, R. *et al.* 2008. *Metodología de la investigación*. 4 Ed. Mc Graw Hill, México D.F.; MX.850 p.

Salazar, R. 1985. Productividad del *Pinus caribaea* var. *hondurensis* barr. y golf.en Turrialba, Costa Rica. *IPEF* 29: 19 - 24 p.

Sánchez, M.; Estevez, S.; Martínez, U. 2009. Uso de técnicas de ensayo no destructivas para el conocimiento de la calidad de la madera de las plantaciones de nogal (*Juglans* sp.) y cerezo (*Prunus avium*) propiedad de Bosques Naturales S. A. 5º Congreso Forestal Español, Montes y Sociedad: saber qué hacer. Castilla y León, ES. 11 p.

Serrano, R.; Moya, R. 2011. Procesamiento, uso y mercado de la madera en Costa Rica: aspectos históricos y análisis crítico. Fichas técnicas. Revista Forestal Mesoamericana Kurú 8 (21): 12 p.

Trujillo, E. 2012 La Poda y su Influencia en la Calidad y Precio de la Madera. Revista el Mueble y la Madera, Colombia 75: 40 - 44 p.

Viquez, A. 2012. Validación de la norma INTE 06-07-02:2011 de clasificación visual de madera en grados de calidad en madera verde aserrada sin cepillar de Tectona grandis. L.F. Tesis Lic. Cartago, C.R., ITCR. 78 p.

Vignote, S.; Martínez, I. y Villasante, A. 2013. La Silvicultura y la Calidad de Madera. Madrid, ES. 46 p.

Vignote, S.; Martínez, I. 2006. Tecnología de la madera. MUNDI-PRENSA Libros S.A. 3 ed.

## 9. Anexos

**Anexo 1.** Clasificación por tolerancias en las dimensiones a lo largo de la misma pieza para madera cepillada verde y seca según la norma INTE 06-07-02:2014

Dimensiones	Clase 1	Clase 2	Clase 1
Dimensiones en espesor o ancho menor que 50mm	±1mm	±1.5mm	±2mm
Dimensiones en espesor o ancho mayor que 50mm	±2mm	±3mm	±4mm

**Anexo 2.** Clasificación por defectos a lo largo de la misma pieza para madera verde y seca según la norma INTE 06-07-02:2014

Parámetro	Calidad 1	Calidad 2	Calidad 3
<b>Nudos</b>	Se permiten vivos o sanos	Se permiten	Se permiten
<b>Rajadura</b>	No se permiten	Se permiten cortas (menor o igual al ancho)	Se permiten medianas (mayores al ancho pero menor que dos veces el ancho)
<b>Corteza incluida</b>	No se permite	No se permite	No se permite
<b>Pudrición</b>	No se permite	No se permite	En un área concentrada igual a máximo el 10 % de la superficie de la pieza

**Anexo 3.** Encuesta realizada a los clientes del Grupo Empresarial El Almendro

Fecha: \_\_\_\_\_

Mayorista     Ferretería     Proyectos constructoras

Nombre: \_\_\_\_\_

Ubicación: \_\_\_\_\_

Nombre del entrevistado: \_\_\_\_\_

Función/Puesto que ocupa: \_\_\_\_\_

Buenas tardes, mi nombre es Alejandro González Soto. Estoy realizando una pequeña entrevista sobre la calidad de la madera de cuadro que ofrece el Grupo Empresarial el Almendro.

1. ¿Qué características toman en cuenta a la hora de hacer los pedidos de madera a la empresa?

- Solo dimensiones                       No sabe
- Dimensiones y calidad, especifique: \_\_\_\_\_

2. ¿Han tenido problemas con defectos en la calidad de la madera?

- No       Rajaduras       Nudos       Torceduras
- Cáscara       Dimensionado       Otros: \_\_\_\_\_

3. ¿En qué productos se han presentado estos problemas?

- Regla       Alfajilla       Tabla       Otro: \_\_\_\_\_

4. ¿Han realizado alguna devolución de madera a la empresa ante alguna disconformidad?

- No
- Si, especifique: \_\_\_\_\_

5. ¿Cuál es la cantidad mínima de piezas defectuosas en el pedido por las que haría una devolución?

- Mínimo 5       De 5-10       Más de 10

Observaciones: \_\_\_\_\_

**Anexo 4.** Lista de clientes encuestados durante las visitas realizadas a los clientes del Grupo Empresarial El Almendro

<b>Nombre</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Tipo</b>
Colono	Turrialba	Mayorista
Femaco	Paraíso, Cartago	Ferretería
Fermupe	Aguacaliente, Cartago	Ferretería
Cop (Chang Díaz y Asociados)	Heredia centro	Proyecto constructora
CCT Ultrapark	Aurora, Heredia	Proyecto constructora
EPA	Curridabat	Mayorista
Abastumani (Edificar)	Ciudad Colon	Proyecto constructora
Sosa de Ultrapark	Escazú	Proyecto constructora
Los Laureles (Proycon)	Escazú	Proyecto constructora
Plaza Koros (Eliseo Vargas)	Santa Ana	Proyecto constructora
Lindora Lofts (Eliseo Vargas)	Lindora	Proyecto constructora
EPA	Escazú	Mayorista
Campo Real (H. Solis)	San Rafael, Alajuela	Proyecto constructora
La Reforma (MYJ)	San Rafael, Alajuela	Proyecto constructora
Arthocase (Volio & Trejos)	Coyol, Alajuela	Proyecto constructora
Terravista (Tabor Reimers)	Santa Cecilia, Heredia	Proyecto constructora
EPA	Belén	Mayorista
El Cafetal (Proycon)	Belén	Proyecto constructora
Centro Corporativo Belén (Volio & Trejos)	Belén	Proyecto constructora
Oficentro El Cafetal (Productos de Concreto)	Belén	Proyecto constructora
Almacén San Francisco (Volio & Trejos)	Santo Domingo, Heredia	Proyecto constructora
La Nave Stein (Escosa)	La Lima, Cartago	Proyecto constructora
Parque La Floresta (MYJ)	Tres Ríos	Proyecto constructora
Cronos Plaza (Eliseo Vargas)	Tres Ríos	Proyecto constructora
Vive Sabanilla (Bilco)	Sabanilla	Proyecto constructora
Apartamentos ABC (Escosa)	Lourdes, Montes de Oca	Proyecto constructora
El Tobogán (Proycon)	San José	Proyecto constructora
Terminal (Tabor Reimers)	San José	Proyecto constructora
HCH (Chang Díaz y Asociados)	San José	Proyecto constructora
EPA	Tibás	Mayorista
Asenza Tower (Edificar)	San José	Proyecto constructora
Multitenon (Productos de Concreto)	La Lima, Cartago	Proyecto constructora
Complejo O2 Pinares (Tabor Reimers)	Tres Ríos	Proyecto constructora
Nunciatura Flats (Volio & Trejos)	Pavas	Proyecto constructora
Residencial The Place (Eliseo Vargas)	Pavas	Proyecto constructora

