

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**VALIDACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE AVALÚO PARA  
PLANTACIONES DE TECA (*Tectona grandis* L.)**

**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL CON EL  
GRADO ACADÉMICO DE LICENCIATURA**

**JOSÉ PABLO GAMBOA ZÚÑIGA**

**CARTAGO, COSTA RICA, 2023**

**TEC** | Tecnológico  
de Costa Rica



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**VALIDACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE AVALÚO PARA  
PLANTACIONES DE TECA (*Tectona grandis* L.)**

**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL CON EL  
GRADO ACADÉMICO DE LICENCIATURA**

**JOSÉ PABLO GAMBOA ZÚÑIGA**

**CARTAGO, COSTA RICA, 2023**

# VALIDACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE AVALÚO PARA PLANTACIONES DE TECA (*Tectona grandis* L.).

José Pablo Gamboa Zúñiga \*

## RESUMEN

La empresa MLR Forestal Nicaragua ubicada en el Caribe norte de este país, posee más de 3000 hectáreas de Teca (*Tectona grandis*), y como parte de sus requerimientos financieros, debe registrarse por la Norma Internacional de Contabilidad para la Agricultura (NIC41), esto implica realizar una auditoría anual sobre el valor de sus activos biológicos. Para realizar dicha auditoría primero fue necesario revisar la veracidad tanto de la cartografía como de los inventarios forestales, aplicando una metodología que implicó realizar una revisión de las áreas efectivas y de las parcelas permanentes de medición (PPM), resultado una fiabilidad de los mapas del 100%, una precisión importante de las mediciones diamétricas (89%), y aceptable para la estimación de la calidad de las trozas. Sin embargo, se encontró que el sistema de inventario posee limitaciones estructurales donde un 68% de los lotes tienen una superficie menor a 10ha y un 35% de ellos no registran ni una sola PPM. Con el sistema actual de lotes de la empresa, solamente un 10% de ellos registró un error de muestreo menor al 10%, mientras que un 27% registró un error de muestreo superior al 20%. Para solucionar esto se propuso un método de fusión de lotes para conformar Unidades de Inventario (UI), esto redujo en una magnitud de 11 veces la cantidad de unidades de muestreo, que resultó en que el 59% del área plantada mejorara en más de 3 veces la confiabilidad de las mediciones. El área plantada con error de muestreo superior al 20% se redujo de 1048 (33,7%) ha a tan solo 178 ha (5,7%). Basados en esta fusión se propuso determinar el valor comercial de las plantaciones. Para determinar dicho valor primero se realizó una búsqueda de los precios (P) de mercado de la teca, tanto a nivel local como internacional. Paso seguido se procedió a determinar la cantidad de volumen comercial (Q) presente en las plantaciones a través de análisis de los datos del

inventario reciente realizado por la misma empresa. Se utilizó por tanto los datos del inventario mejorado y a través del software Avalúos, se calcularon los volúmenes comerciales según las principales categorías diamétricas que se comercializan en teca, y por cada unidad de inventario. Con los datos de precio (\$USD/m<sup>3</sup>) y de cantidad (m<sup>3</sup>/ha), el mismo software determinó el valor de las plantaciones ( $V=P*Q$ ), el cual resultó en un valor de \$18 558 931.05USD. Existen dos Unidades de Inventarios que por ser jóvenes aún no tenían parcelas permanentes de medición, por lo que el valor Q no podría ser determinado directamente. Es por eso por lo que para determinar el valor (V) de estos dos rodales se hizo en base al costo de inversión incurrido para su establecimiento y manejo al momento del estudio, determinando un valor de \$309 029.89USD. De esta forma, se determinó que el valor de las 3112.2 hectáreas de teca de la empresa MLR Forestal es de \$18 867 960.94USD.

**Palabras claves:** Economía, Valuación, Inventario, Muestreo, NIC40, Teca.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

## ABSTRACT

The company MLR Forestal Nicaragua, located in the north Caribbean of this country, has more than 3000 hectares of Teak (*Tectona grandis*), and as part of its financial requirements, it must comply with the International Accounting Standard for Agriculture (NIC41). This implies carrying out an annual audit on the value of its biological assets. To carry out this audit, it was first necessary to verify the accuracy of both the cartography and the forest inventories, applying a methodology that involved reviewing the effective areas and the permanent measurement plots (PMP), resulting in a 100% reliability of the maps, an important precision of the diametric measurements (89%), and acceptable for the estimation of the quality of the logs. However, it was found that the inventory system has structural limitations

where 68% of the lots have an area less than 10ha and 35% of them do not register a single PMP. With the company's current lot system, only 10% of them recorded a sampling error less than 10%, while 27% recorded a sampling error greater than 20%. To solve this, a method of merging lots to form Inventory Units (IU) was proposed, which reduced by a magnitude of 11 times the number of sampling units, resulting in 59% of the planted area improving by more than 3 times the reliability of the measurements. The planted area with a sampling error greater than 20% was reduced from 1048 (33.7%) ha to only 178 ha (5.7%). Based on this merger, it was proposed to determine the commercial value of the plantations. To determine this value, a search for market prices (P) for teak was first carried out, both locally and internationally. Then, the amount of commercial volume (Q) present in the plantations was determined through analysis of inventory data recently carried out by the same company. Therefore, data from the improved inventory were used and through Avalúos software, commercial volumes were calculated according to the main diametric categories that are marketed in teak, and for each inventory unit. With price data (\$USD/m<sup>3</sup>) and quantity data (m<sup>3</sup>/ha), the same software determined the value of plantations ( $V=P*Q$ ), which resulted in a value of \$18,558,931.05USD. There are two Inventory Units that are still young and did not have permanent measurement plots, so Q value could not be determined directly. That is why to determine the value (V) of these two stands it was done based on the investment cost incurred for their establishment and management at the time of study, determining a value of \$309,029.89USD. In this way, it was determined that the value of MLR Forestal's 3112.2 hectares of teak is \$18,867,960.94USD.

**Keywords:** Economy, Valuation, Inventory, Sampling, NIC40, Teak

\*Gamboa Zúñiga, JP. 2022. VALIDACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE AVALÚO PARA PLANTACIONES DE TECA (*Tectona grandis* L.). Tesis de Licenciatura. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. 67 p.

## CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Trabajo final de graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por Ph.D. Olman Murillo gamboa, Ph.D Yorlenny Badilla Valverde y M.Sc Mario Guevara Bonilla como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

---

Olman Murillo Gamboa Ph.D.

Director de tesis

---

Yorlenny Badilla Valverde Ph.D.

Profesora lectora

---

Mario Guevara Bonilla M.Sc.

Profesor lector

---

Dorian Carvajal Vanegas M.Sc.

Coordinador TFG.



---

José Pablo Gamboa Zúñiga.

Estudiante

## **DEDICATORIA**

A mi Dios uno y trino, Padre, Hijo y Espíritu, a Eneyda mi esposa y a Fernando Gabriel, José Pablo y Abril Guadalupe, todas mis personas favoritas y las que inspiran cada acto de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

Un especial agradecimiento al señor Sergio Ríos Molina, gerente general de la empresa MLR Forestal Nicaragua, por brindar las condiciones necesarias para desarrollar este estudio en su empresa, y a la Fundación Tecnológica (FUNDATEC), por permitirme ser parte de esta investigación.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	i
ABSTRACT .....	ii
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE CUADROS.....	ix
ÍNDICE FIGURAS.....	x
ÍNDICE ANEXOS .....	xi
INTRODUCCIÓN .....	12
Objetivos .....	14
Objetivo general: .....	14
Objetivos específicos: .....	14
METODOLOGÍA .....	15
Ubicación del Proyecto.....	15
Validación del sistema de inventario de la empresa .....	16
Validación de la Cartografía y determinación del área efectiva plantada.....	16
Validación de la toma de datos del inventario .....	18
Optimización de la estructura de datos del inventario.....	20
Determinación del avalúo en pie de las plantaciones. ....	22
Determinación de P (Precio) .....	23
Determinación de Q (Cantidad). ....	23
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	24

Validación del sistema de inventario de la empresa .....	24
Validación de la Cartografía.....	24
Validación del inventario .....	28
Optimización de la estructura de datos del inventario.....	30
Determinación del avalúo en pie de las plantaciones. ....	38
Determinación de P (Precio) .....	38
Determinación de Q (Cantidad). ....	38
Determinación de V (valor).....	42
Cálculo de V (valor) para plantaciones jóvenes.....	45
CONCLUSIONES .....	46
Optimizar una metodología de verificación y certificación del inventario. .....	46
Optimizar la calidad y representatividad del sistema de inventario..	47
Validar una metodología de avalúo para plantaciones de la empresa.	47
RECOMENDACIONES.....	48
BIBLIOGRAFÍA .....	49
ANEXOS .....	52
Anexo 1: Parámetros estadísticos y silviculturales de cada lote forestal con parcelas de medición permanente (PPM).....	52
Anexo 2: Composición de las Unidades de Inventario según rodales afines. ....	57

## ÍNDICE CUADROS

Cuadro 1: Patrimonio de fincas de la empresa MRL Forestal Nicaragua según su municipio, su área (total y efectiva, en hectáreas). .....	16
Cuadro 2: Verificación de la precisión en la estimación del área efectiva plantada, en lotes elegidos aleatoriamente en la empresa MLR Nicaragua.....	25
Cuadro 3: Distribución de valores acertados, sobreestimados y subestimados para el DAP, Número de Trozas y para las primeras 6 trozas en el árbol. ....	28
Cuadro 4: Distribución de los 150 lotes de teca con 2 o más PPM según su error de muestreo, MLR Forestal Nicaragua. ....	33
Cuadro 5: Parámetros estadísticos y silviculturales de cada Unidad de Inventario (UI), MLR Forestal Nicaragua. ....	36
Cuadro 6: Distribución de lotes (antes de la fusión) y Unidades de Inventario (producto de la fusión de lotes) de teca según la magnitud del error de muestreo, MLR Forestal Nicaragua.....	37
Cuadro 7: Precios de referencia para la madera de teca, tanto para biomasa (\$USD/m <sup>3</sup> redondo) como para madera para aserrío (\$USD/m <sup>3</sup> hoppus).....	38
Cuadro 8: Resumen de los parámetros estadísticos y los parámetros silviculturales de cada Unidad de Inventario (UI). ....	40
Cuadro 9: Volúmenes comerciales por categoría diamétrica, por hectárea y total, para cada Unidad de Inventario. ....	42
Cuadro 10: Valor de la madera en pie (\$USD), obtenido según la categoría diamétrica, por hectárea y total, para cada Unidad de Inventario.....	43
Cuadro 11: Valoración de plantaciones de teca jóvenes. MLR Forestal Nicaragua...	46

## ÍNDICE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de las fincas plantadas con teca, patrimonio forestal de la empresa MLR Forestal Nicaragua. ....	15
Figura 2: Verificación en campo del polígono de área efectiva y de los límites de confianza, de los lotes incluidos en la muestra, como método de validación del inventario de la empresa MLR Forestal Nicaragua. ....	17
Figura 3: Verificación de los polígonos en la estimación del área efectiva plantada, en lotes elegidos aleatoriamente en la empresa MLR Nicaragua, en las fincas: A. Aló-6081, B. Bethel-8121, C. Buenos Aires-1051, D. Danlí-3044, Waylawas-2021 y Matiz-3081. ....	26
Figura 4: Verificación de los polígonos en la estimación del área efectiva plantada, en lotes elegidos aleatoriamente en la empresa MLR Nicaragua, en las fincas: A. Mutiwas-5441, B. Tadazna-9031, C. Santa Fe-7081, D. Waspado-4251, E. Mutiwas-5002 y F. Mutiwas-5442.....	27
Figura 5: Verificación de la calificación de la calidad de las trozas del inventario forestal de MLR Forestal Nicaragua, determinado en proporción de datos acertados, sobrestimados y subestimados. ....	30
Figura 6: Método de asignación aleatoria de PPM en los lotes de teca, MLR Forestal Nicaragua.....	31
Figura 7: Distribución de los 297 lotes según su superficie de área efectiva plantada con teca, MLR Forestal Nicaragua. ....	32

## ÍNDICE ANEXOS

Anexo 1: Parámetros estadísticos y silviculturales de cada lote forestal con parcelas de medición permanente (PPM).....	52
Anexo 2: Composición de las Unidades de Inventario según rodales afines. ....	57

## INTRODUCCIÓN

La superficie forestal mundial ha experimentado una disminución de 129 millones de hectáreas (un 3,1 %) en el período comprendido entre 1990 y 2015 y esta tendencia sigue a la baja [1], y esto a pesar de que hay un consenso mundial sobre la importancia capital de los bosques y los servicios ambientales que proveen estos ecosistemas [2]. La FAO (2016) [1] señala que aquellos países que han tenido éxito en revertir la pérdida de sus bosques son aquellos que han garantizado la inversión en el sector forestal. A esta realidad se suma el dato que, en los últimos 25 años, la producción y consumo mundiales de madera industrial de latifoliadas tropicales ha aumentado rápidamente cuadruplicándose lo que genera una presión adicional sobre los bosques.

A este respecto, surgen las plantaciones forestales como una alternativa eficaz que puede satisfacer los objetivos tanto de políticas públicas para revertir la deforestación y el cambio climático como de sectores privados que buscan rentabilizar sus operaciones. Según Prado, J. (2017) [3], con sólo un 2% de la superficie total de bosques y estableciendo plantaciones forestales con especies de rápido crecimiento, se podría generar casi el 30 % de la madera de uso industrial, además de propiciar la recuperación de suelos degradados, a través de estos ecosistemas productivos o de protección que genera una serie de beneficios económicos y ambientales, entre ellos el aporte a la mitigación del cambio climático.

La Teca (*Tectona grandis*) ha ganado gran reputación a nivel mundial debido a la alta calidad de su madera, por su atractivo y durabilidad, a que posee gran resistencia al ataque de hongos e insectos y, por sus excelentes características, se considera como una de las especies más valiosas del mundo [4]. A nivel mundial, la Teca plantada es la única madera dura valiosa que ha atraído grandes inversiones del sector privado en África, Asia y América Latina, y que según diversas estimaciones cubren entre 4.35 a 6,89 millones de ha [5].

Nicaragua forma parte de estos países que según la FAO (2016) [1] han ido experimentando una disminución tanto en la superficie agrícola como en la

superficie forestal, esto a pesar de que desde el 2007, el Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional ha venido desarrollando esfuerzos para consolidar el sector forestal en este país [6]. El Inventario Forestal Nacional (IFN) del 2009 [7], marcó el inicio de este proceso, ya que es el primer inventario que contribuye a la generación de información estratégica a nivel nacional. Esta política de Estado ha generado un proceso de confianza en el sector forestal que hizo que capitales privados decidieran ingresar en el negocio de la madera, apostando al establecimiento de activos biológicos forestales (plantaciones) en lugar de otros rubros que en principio podrían competir por el uso de la tierra (ganadería, minería, agricultura).

La empresa MLR Forestal Nicaragua surge en 2013 con el fin de hacer de la actividad forestal y agroforestal una alternativa de generación de ingresos en una zona minera en el marco de una inversión privada [8], el objetivo de las inversiones no solo es el rendimiento financiero, sino que buscan elevar la calidad de vida de los habitantes de la zona caribe, contribuyendo a la conservación ambiental y respetando a las comunidades autóctonas [9]. Sin embargo, tanto accionistas como entidades que financian el proyecto requieren de un estudio objetivo que garantice que estas inversiones efectivamente están cumpliendo con los objetivos propuestos y que el proyecto goza de salud y estabilidad financiera a largo plazo. Por esta razón se plantea realizar este trabajo de validación de una metodología de avalúo de los activos biológicos de la empresa, entendiendo estos activos como las plantaciones en pie de la teca, las cuales superan actualmente las 3,000 hectáreas.

## **Objetivos**

Objetivo general:

Validar una metodología de avalúo para plantaciones de la empresa MLR Forestal Nicaragua.

Objetivos específicos:

- a. Optimizar una metodología de verificación y certificación del inventario forestal de la empresa MLR Forestal Nicaragua
- b. Optimizar la calidad y representatividad del sistema de inventario de la empresa MLR Forestal Nicaragua
- c. Validar una metodología de avalúo para plantaciones de la empresa MLR Forestal nicaragua.

# METODOLOGÍA

## Ubicación del Proyecto

El estudio se llevó a cabo en las fincas de la empresa MLR Forestal Nicaragua S.A., ubicada en la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN) en la República de Nicaragua (Figura 1).



Figura 1: Ubicación de las fincas plantadas con teca, patrimonio forestal de la empresa MLR Forestal Nicaragua.

La empresa cuenta con un patrimonio de 15 fincas, con un total de 5025 ha, de las cuales, 13 de ellas se ubican en el municipio de Siuna, y dos de ellas en el municipio de Bonanza (Cuadro 1). El rubro principal de la empresa son las plantaciones de teca (*Tectona grandis*), de las cuales cuenta con un total de 3112 ha. Sin embargo, en los últimos años han introducido el cultivo del cacao en sistemas agroforestal con la teca para diversificar sus ingresos. Por tanto, de las 3112 ha de teca, 1212 ha está en combinación con cacao y 1900 ha son plantaciones de teca en bloque compacto.

Cuadro 1: Patrimonio de fincas de la empresa MRL Forestal Nicaragua según su municipio, su área (total y efectiva, en hectáreas).

Finca	Municipio	Área Total (ha)	Área Efectiva (ha)
Aló	Siuna	373,46	214,75
Bethel	Siuna	204,31	122,31
Buenos Aires	Siuna	86,71	65,81
Danlí	Siuna	203,52	157,38
El Chingo	Bonanza	153,33	78,46
La Bu	Siuna	154,5	96,21
La Pista	Bonanza	2,43	0
Las Delicias	Siuna	92,22	50,31
Mutiwás	Siuna	1074,38	672,06
San Miguel	Siuna	122,77	80,82
Santa Fe	Siuna	458,41	231,94
Tadazna	Siuna	222,98	156,94
Waspado	Siuna	1114,27	679,15
Waylawás	Siuna	274,21	194,76
Matiz	Siuna	488,2	311,3
<b>TOTAL</b>		<b>5025,7</b>	<b>3112,2</b>
		<b>100%</b>	<b>62%</b>

### Validación del sistema de inventario de la empresa

El proceso metodológico de evaluación y validación del sistema de inventario consistió en tres elementos, 1) La validación del área efectiva plantada; 2) la validación de la calidad de la toma de datos en las parcelas permanentes de medición (PPM); 3) la representatividad y calidad de la muestra del conjunto de PPM.

#### Validación de la Cartografía y determinación del área efectiva plantada

Para evaluar la veracidad del área efectiva plantada, se tomó como criterio, la visita de todas las fincas de la empresa. Dentro de cada finca se seleccionó al azar al menos uno de los rodales. El proceso de verificación de campo se realizó por medio de un recorrido completo alrededor del rodal hasta completar un polígono. Este trabajo de levantamiento de área se realizó con la ayuda de un GPS marca Garmin-62s, con una precisión de  $\pm 3$  m. En oficina se compararon los archivos “*shapes*”

obtenidos en el recorrido y se cotejaron con los archivos de la cartografía proporcionados por la empresa, para determinar alguna diferencia con el área efectiva plantada.

El área del polígono es el parámetro a verificar, para esto se creó un archivo *shape* con el recorrido levantado en campo, y tomando en cuenta que la precisión de cada punto del recorrido es de  $\pm 3$  metros, se construyó un buffer de 6 metros de ancho (tres metros a cada lado del lindero de polígono). Con este buffer se crearon dos *shapes*, uno que representa el área mínima permisible (-3 m) y otro el área máxima permisible (+3m). Este trabajo se realizó con el software QGis 3.10 (figura 2). Los polígonos cuya área (superficie) se ubicó dentro del ámbito máximo y mínimo, se consideraron como precisos, en contraposición, aquellos polígonos cuya área se encontró fuera de estos valores se calificaron como una discrepancia y se planteó la necesidad de una segunda revisión.

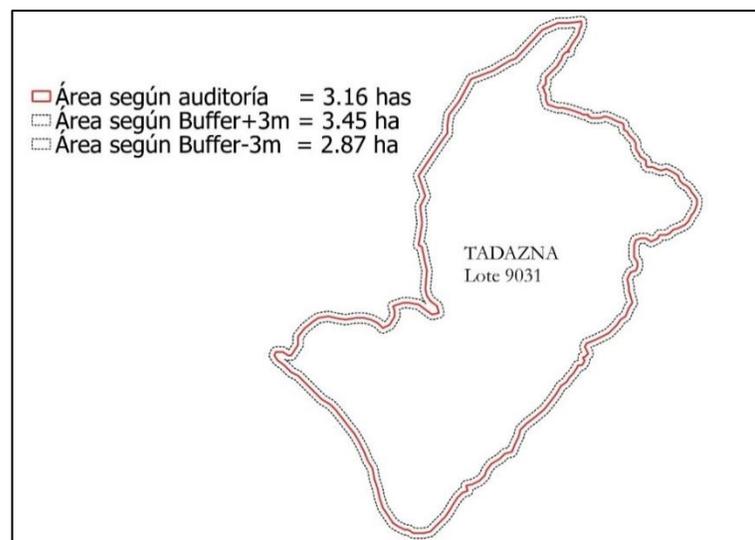


Figura 2: Verificación en campo del polígono de área efectiva y de los límites de confianza, de los lotes incluidos en la muestra, como método de validación del inventario de la empresa MLR Forestal Nicaragua.

Otro criterio revisado fue la existencia de traslapes entre polígonos. En cada una de las fincas se realizó mediante el software QGis 3.10, un análisis de toda la información cartográfica que incluyó todos los lotes existentes. Con esta base de

datos por finca, se realizó un análisis topológico para determinar la existencia de traslapes entre las capas vectoriales.

#### Validación de la toma de datos del inventario

La auditoría de un inventario forestal es un proceso de verificación independiente de los datos y métodos utilizados en su realización, con el propósito de determinar su calidad, precisión, representatividad y fiabilidad de su información y proporcionar recomendaciones para su mejora [10].

Para validar la información del inventario se verificó en campo la calidad de los datos obtenidos por la empresa en la última toma de datos más reciente posible. De ser posible, esto se debe realizar en un periodo no mayor a 2 meses posterior a las mediciones de campo, de particular importancia para las variables dasométricas como el diámetro a la altura del pecho (DAP). Se eligió una muestra aleatoria de un 5% del total de las PPM en cada finca. Este porcentaje de muestreo surge raíz de un documento emitido por la empresa que rige las normas que deben ser aplicadas en la auditoría, en este documento se establece un mínimo del 4% [11], sin embargo, para este trabajo se prefirió muestrear un 5% del total de PPM con el propósito de aumentar la confiabilidad de los datos. Cada parcela incluida en la muestra fue visitada en campo y se cotejó los valores del DAP medidos de nuevo con los valores del DAP de la medición del equipo de inventario de la empresa. Esta labor de verificación se realizó con el mismo equipo técnico que ejecuta el inventario anualmente. Se verificó que el equipo técnico utilizara correctamente la cinta diamétrica, así como la calificación de la calidad de las primeras cuatro trozas y el número potencial de trozas comerciales por árbol, acorde con la metodología de Murillo y Badilla (2004a) [12]. En esta labor también se verificó la estimación del número de trozas comerciales por árbol, donde se comparó el valor del inventario con el obtenido en la comprobación de campo.

Como criterio de aceptación o rechazo de las mediciones obtenidas en la evaluación, se consideró como aceptable una coincidencia en la medición del DAP igual o superior al 80%. Si la coincidencia en mediciones se ubicó entre un 70 a un

80%, se consideró como una PPM deficiente. Mientras que valores de coincidencia inferiores al 70% se consideraron como no aceptables y se recomienda volver a tomar los datos de campo en esa PPM o en ese lote.

En la toma de datos de un inventario se podría incurrir en dos tipos de error, 1) una sobreestimación del volumen debido a un valor de DAP superior al real o, un valor mayor de estimación de la altura comercial o del número de trozas comerciales por árbol. O también una sobreestimación de la calificación de la calidad de un árbol cuando se le asigna una calidad 1 a una troza que en realidad es calidad 2 ó 3. Todos estos tipos de error se les denomina como de Tipo 1. 2) El otro tipo de error conlleva a una subestimación del volumen o de la calidad de un árbol, al que se le denomina como error Tipo 2. El cual ocurre cuando el valor del parámetro a medir se mide o estima por debajo de su valor verdadero.

Se debe también recordar que las mediciones de comprobación se realizaron 2 a 3 meses posterior a las mediciones del inventario reciente, por lo que las diferencias encontradas en el DAP podrían ser debidas al crecimiento de los árboles en ese periodo y no a errores de medición (Tipo 1 ó 2). Para subsanar estas fuentes de error se propusieron los siguientes rangos de tolerancia:

- a- Tolerancia de valores o incertidumbre permisible para error tipo 1 (sobreestimación):

Para las mediciones del inventario que resulten superiores a las obtenidas en la auditoría (incremento), se utilizará como error máximo la incertidumbre del instrumento utilizado. La precisión de la cinta diamétrica es de  $\pm 0,1$  cm.

$$\text{Máximo Permitido (DAP)} = \text{Precisión Instrumento} \quad (1)$$

- b- Tolerancia permisible para error tipo 2 (subestimación o error tipo 2):

Para las mediciones del inventario que resultaran menores a las obtenidas en la auditoría, se consideró como error máximo tolerado un valor de un 25% del incremento corriente anual (*ica*) correspondiente. Este valor del *ica* se obtuvo de la

medición interanual de los dos años anteriores. A este valor del *ica* se le sumó la precisión (incertidumbre) de la cinta diamétrica utilizada como se muestra:

$$\text{Máximo Permitido (DAP)} = \frac{\text{ICA DAP}}{4} + \text{Precisión Instrumento} \quad (2)$$

c- Validación de la calificación de la calidad de las trozas.

El parámetro número de trozas es de suma importancia ya que se utiliza para estimar la altura y el volumen comercial de cada individuo. Su inclusión en la metodología de valoración de plantaciones fue con el propósito de evitar sobreestimar el volumen comercial de un árbol, cuando ha sufrido un descope a baja altura causado por efectos ambientales como rayería o viento [12]. El tamaño de cada troza comercial se determinó en 2,3 metros de longitud, que corresponde con los largos utilizados convencionalmente en la mayoría de los países [13]. La validación de este parámetro siguió un procedimiento similar al mencionado para el DAP, donde se comparó lo registrado en el inventario contra el valor revisado en campo. Debe recordarse que la calificación de la calidad de las trozas responde a la problemática de los métodos cualitativos, que requieren de práctica y capacitación. Con base en las diferencias entre lo registrado en el inventario con lo observado en la verificación de campo, se determinó una tasa de diferencia o discrepancia porcentual. El análisis se realizó por separado para cada una de las primeras cuatro trozas del árbol, donde se determinó la magnitud de aciertos o diferencias para cada una de ellas y se obtuvo el porcentaje de acierto para cada troza según su posición en el árbol.

### **Optimización de la estructura de datos del inventario.**

Las 3112 hectáreas de plantación de la empresa se agrupan en 297 lotes forestales. Los cuales varían sensiblemente en superficie y origen genético utilizado (Semilla BC= Semillas de baja calidad genética, Semilla = semilla de rodales y huertos semilleros y Clones). Hoy día, se cuenta también con plantaciones de teca en bloque y en sistemas agroforestales con cacao. Finalmente, existen plantaciones con diferentes densidades iniciales de manejo: N = 1100 árboles, N = 833, N = 500,

N = 312 y N = 100 árboles por hectárea, que van en relación con la historia de las plantaciones de la empresa, donde inicialmente se utilizó semilla de baja calidad hasta hoy día con clones. En cuanto a las PPM se han establecido de dos tamaños, de 1000 m<sup>2</sup> y de 500 m<sup>2</sup>.

Para cada uno de los lotes se determinó el error de muestreo (1) con base en las PPM registradas en cada uno de ellos.

$$e (\%) = \frac{\left( Z \left( \frac{\alpha}{2} \right) * (\sigma / \sqrt{n}) \right)}{x} * 100 \quad (1)$$

Donde:

e: error de muestreo del área basal del lote.

Z: ( $\alpha/2$ ) es el valor crítico de la distribución normal estándar para un nivel de confianza del  $\alpha/2$ .

$\sigma$ : es la desviación estándar del área basal entre parcelas (PPM) dentro del lote.

n: es el número de parcelas (PPM) por lote.

x: Área basal promedio del lote

#### Identificación de lotes homogéneos para posible fusión

Como primer elemento, se agruparon las plantaciones con base en su origen genético (Semilla de Baja Calidad, Semilla Mejorada y Clones) y edad. Se asume que, con esta estratificación se logra reducir significativamente la variación entre lotes con un mismo origen genético.

En un segundo nivel se procedió a identificar lotes homogéneos dentro de cada estrato. Con lo que se calculó en cada lote el diámetro (DAP) promedio, área basal y densidad del rodal con su respectivo error de estimación. Estos cálculos se realizaron con base en el uso del software para la estimación del valor y calidad de las plantaciones [14]. Con esta información se identificaron lotes semejantes con potencial de fusión, para conformar Unidades de mayor superficie que pudieran contener una mayor cantidad de PPM. A esta nueva agrupación se les denominó Unidades de Inventario (UI), cuya fusión de lotes siguió los siguientes criterios:

**Unidad de Inventario** = fusión de lotes con el mismo año de siembra +  
Material Genético + Geomorfología de Sitio (plano, ondulado, pendiente) +  
similar densidad/diámetro/área basal (2)

Todos los 297 lotes se caracterizaron con estos criterios de agrupamiento para poder proceder con el ensamble de agrupación en las nuevas Unidades de inventario (UI).

Una vez conformadas las nuevas UI se realizó de nuevo el análisis estadístico para verificar los parámetros de variabilidad, tales como el diámetro promedio (DAP), área basal (G), número de árboles (N), error de muestreo, Realizada esta unión, se vuelven a calcular los estadísticos y demás parámetros silviculturales, (error de muestreo, diámetro promedio, área basal, número de árboles por hectárea y densidad de rodal). Además, para cada UI se calcula el coeficiente de variación diamétrica dentro de PPM (deseable > 10%), que nos señala si el tamaño de parcela y el número de observaciones es suficiente; y el coeficiente de variación del DAP promedio entre parcelas dentro de un mismo lote (deseable < 10%), que nos señala si la cantidad de parcelas en el lote es suficiente. Al final se comparan ambos resultados y se valida la conveniencia de utilizar las Unidades de Inventario como nueva rodalización de las plantaciones.

### **Determinación del avalúo en pie de las plantaciones.**

El valor del activo biológico de la empresa MLR Forestal se determina con la siguiente fórmula financiera:

$$V (\$USD) = P * Q \quad (3)$$

Donde:

V = Valor, la moneda definida para este caso es el dólar americano (\$USD).

P = Precio, definido por el mercado interno y de exportación (\$USD)

Q = Cantidad del activo biológico (m<sup>3</sup>)

### Determinación de P (Precio)

Se realizaron consultas a distintos compradores de madera de teca y exportadores (J.L. Fallas, comunicación personal, diciembre 2023). Algunos precios fueron obtenidos por los registros de la misma empresa (G. Zambrano, comunicación personal, 21 marzo 2023) [9].

Es importante precisar que el precio de referencia obtenido es puesto en patio de acopio, pero el valor de las plantaciones es dado en pie, por lo que se hace un ajuste tomando en cuenta que el costo de cosecha y extracción reportado por la empresa MRL Forestal es de \$22USD m<sup>3</sup> [9].

### Determinación de Q (Cantidad).

Para determinar la cantidad del activo biológico, definido este como volumen comercial de madera en pie, se utiliza la información del inventario reciente elaborado por la unidad de monitoreo y calidad de la empresa y ordenado bajo unidades de inventario (UI), que son utilizadas como nuevo sistema de rodalización, es decir, cada UI se convierte en una Unidad de Manejo Forestal.

Los datos obtenidos en cada PPM (diámetro, número de trozas comerciales, calidad de troza 1, calidad de troza 2, calidad de troza 3, calidad de troza 4, calidad de troza 5 y calidad de troza 6) son cargados en la hoja Excel Avalúos [14] para cada UI. En este mismo software se cargan los valores del lote (área efectiva, edad) y los castigos por criterios de calidad, que en este caso fue de 0.5 para la calidad 3. La calidad 1, 2 y 4 se mantienen sin castigo.

Existen dos unidades de inventario donde no hay PPM debido a que son rodales jóvenes y por protocolo, la empresa MLR Forestal no instala las parcelas permanentes de medición hasta que las plantaciones tengan al menos 1 año de establecidas, o cuando las plantas hallan alcanzado la altura necesaria para poder determinar un diámetro a 1,3 m [15]. Para determinar el valor en pie de estas plantaciones jóvenes se utiliza como referencia su costo de establecimiento y manejo a la fecha de realizado el estudio.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se exponen los resultados obtenidos del estudio según los objetivos propuestos.

### **Validación del sistema de inventario de la empresa**

#### Validación de la Cartografía

En la auditoría del 2019, se hallaron varias fallas en la cartografía y esa imprecisión conllevaba a errores de estimación importantes en la estimación del volumen comercial de los rodales. En esa ocasión se muestrearon 11 polígonos, y 7 tenían problemas de sobreestimación del área efectiva de hasta en un 26% [16]. Un año después se realizó la misma verificación de área con una muestra de 11 nuevos polígonos, donde apenas se detectó uno de ellos con un error de sobreestimación de 7,7% de su área efectiva [17]. En la verificación de campo del 2022 no se detectó ningún polígono con problemas de sobre o subestimación del área efectiva, lo que indica que la cartografía de la empresa ha venido mejorando sustancialmente.

El análisis topológico determinó que no existen errores de cruces o traslapes entre capas vectoriales. Este resultado es consistente con el obtenido en la auditoría del 2020 y verifica la confiabilidad en los datos cartográficos de la empresa [17].

En el cuadro 2 se muestran los resultados de la comparación de la medición del área efectiva entre lo registrado por la cartografía MLR y lo muestreado en la verificación de campo. Nótese que todas las áreas efectivas se encuentran dentro de los límites de confianza aceptables, lo que sugiere que las diferencias obtenidas pueden ser atribuidas a errores del receptor GPS utilizado.

Cuadro 2: Verificación de la precisión en la estimación del área efectiva plantada, en lotes elegidos aleatoriamente en la empresa MLR Nicaragua.

Finca	Lote	Área verificada (ha)	Ámbito de error tolerado		Área MLR (ha)	Diferencia (ha)	Dato Preciso
			Área Mínima (ha)	Área Máxima (ha)			
Buenos Aires	1051	3,87	3,53	4,20	3,82	0,05	Si
Waylawas	2111	13,43	12,43	14,45	13,10	0,33	Si
Danlí	3044	1,63	1,35	1,91	1,58	0,05	Si
Matiz	3081	10,94	10,53	11,34	11,00	-0,06	Si
Waspado	4251	6,26	5,58	6,87	6,10	0,16	Si
Mutiwas	5241	3,56	3,18	3,94	3,60	-0,04	Si
Aló	6081	4,00	3,61	4,38	3,70	0,30	Si
Santa Fe	7081	7,89	6,66	9,14	7,30	0,59	Si
Bethel	8121	3,10	2,50	3,45	3,00	0,10	Si
Tadazna	9031	3,16	2,87	3,45	3,00	0,16	Si
Mutiwas	5002	2,27	1,88	2,68	2,26	0,01	Si
Mutiwas	5442	0,52	0,37	0,68	0,57	-0,05	Si

Este mismo resultado se representa en las figuras 3 y 4, donde se muestra la comparación del levantamiento realizado en la verificación y el de la cartografía de la empresa. Los polígonos que aparecen coloreados pertenecen a la cartografía de la empresa y los que presentan una línea roja (con un buffer de 6 m) corresponden con el levantamiento realizado durante la verificación.

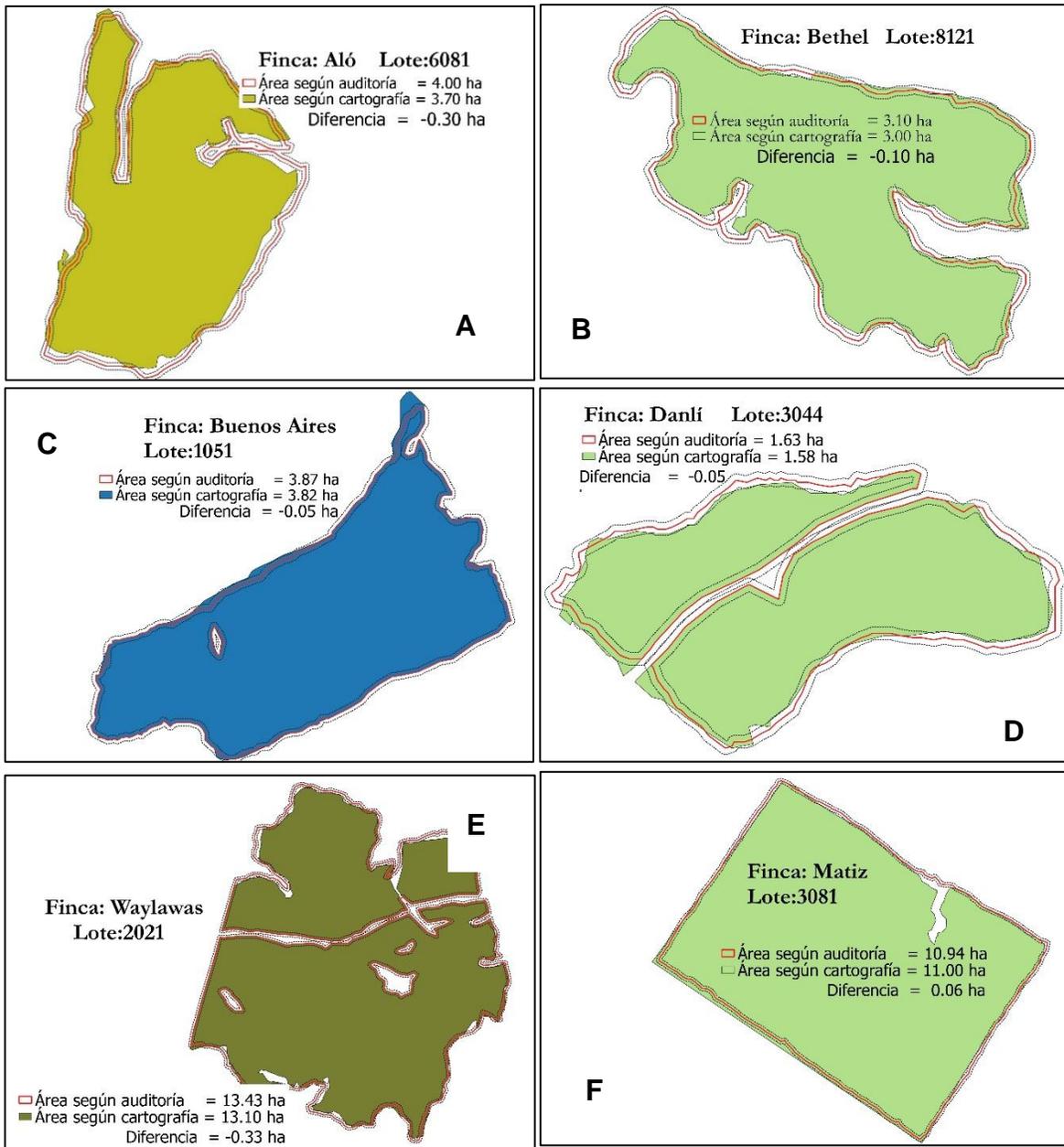


Figura 3: Verificación de los polígonos en la estimación del área efectiva plantada, en lotes elegidos aleatoriamente en la empresa MLR Nicaragua, en las fincas: A. Aló-6081, B. Bethel-8121, C. Buenos Aires-1051, D. Danlí-3044, Waylawas-2021 y Matiz-3081.

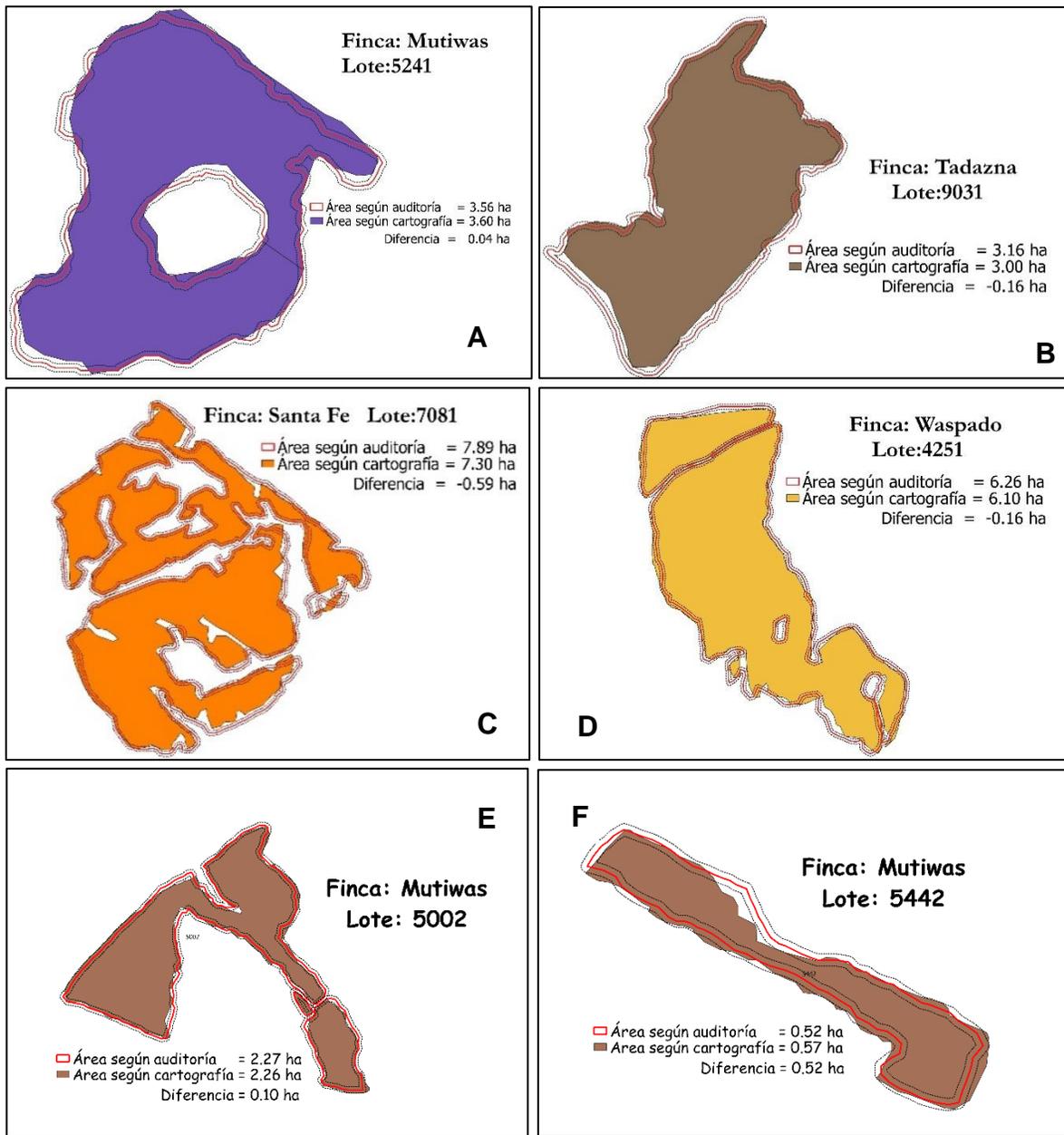


Figura 4: Verificación de los polígonos en la estimación del área efectiva plantada, en lotes elegidos aleatoriamente en la empresa MLR Nicaragua, en las fincas:: A. Mutiwás-5441, B. Tadazna-9031, C. Santa Fe-7081, D. Waspado-4251, E. Mutiwás-5002 y F. Mutiwás-5442..

## Validación del inventario

La empresa MLR cuenta con un manual de procedimientos para inventarios e instalación de parcelas permanentes de medición (PPM) publicado a nivel interno en 2016. Este instructivo establece la realización de un inventario sistemático con la asignación de una parcela de 500 m<sup>2</sup> cada 2,5 hectáreas. Las parcelas deberán ser distribuidas de manera proporcional por toda el área con la ayuda de una grilla, para cumplir con una intensidad de muestreo del 2%. Dicho protocolo establece que las PPM se establecerán y medirán una vez que las plantaciones hayan cumplido 1 año [15], cuando los árboles ya han superado la altura necesaria para obtener la primera medición de diámetro. De esta forma, la empresa tiene establecidas 937 PPM, la mayoría en parcelas circulares de 500 m<sup>2</sup>, aunque en algunos rodales se establecieron parcelas de 1000 m<sup>2</sup>.

Se procedió a validar los datos dasométricos de las plantaciones, mediante la comparación entre las mediciones registradas por el inventario reciente y las tomadas por esta auditoría. En total se muestrearon 47 parcelas (5%) a las que se les midió el diámetro y se verificó el número de trozas y la calificación de la calidad de las trozas.

La medición del DAP obtuvo una precisión muy alta (89% de aciertos), lo que indica una gran mejoraría en la calidad del inventario respecto a años anteriores, donde se obtuvo una precisión del 75% en el 2019 [16], y del 66% en 2020 [17].

Cuadro 3: Distribución de valores acertados, sobreestimados y subestimados para el DAP, Número de Trozas y para las primeras 6 trozas en el árbol.

PARÁMETRO	dap		#T		CT 1		CT 2		CT 3		CT 4		CT 5		CT 6	
	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%
Datos Acertados	481	89%	444	82%	482	89%	445	83%	343	68%	258	68%	110	65%	3	75%
Datos Sobrestimados	0	0%	56	10%	11	2%	19	4%	82	16%	67	18%	29	17%	1	25%
Datos Subestimados	60	11%	41	8%	48	9%	71	13%	78	16%	53	14%	29	17%	0	0%
<b>TOTAL</b>	<b>541</b>	<b>100%</b>	<b>541</b>	<b>100%</b>	<b>541</b>	<b>100%</b>	<b>535</b>	<b>100%</b>	<b>503</b>	<b>100%</b>	<b>378</b>	<b>100%</b>	<b>168</b>	<b>100%</b>	<b>4</b>	<b>100%</b>

El parámetro número de trozas comerciales por árbol (#T) es esencial en la estimación de la altura y volumen comercial por árbol, y obtuvo un 82% de aciertos, que puede considerarse como altamente confiable (superior al 80%). A pesar de su

subjetividad por su dificultad de estimación en campo, el resultado es muy confiable y preciso. En su determinación requiere de un proceso de revisión y capacitación continua del personal del inventario de la empresa.

En el cuadro 3 además se observa que el error tipo 1 (datos sobreestimados) para el diámetro no existe, y el error tipo dos se encuentra en el 11% de las observaciones. En las demás estimaciones (número y calidad de trozas) se puede observar que los errores tipo 1 y tipo 2 se compensan. Por ejemplo, para la Calidad de Troza 3 en el fuste, los valores sobreestimados fueron de un 16%, misma proporción que los valores subestimados.

Es importante resaltar los buenos aciertos para la Calidad de Troza 1 y 2 (89 % y 83 % respectivamente), que son las más valiosas en el árbol. Pero se observa también que la calidad de trozas 3 a 5 bajó levemente la proporción de aciertos a un 70%. Esto se visualiza mejor en la figura 5, donde se observa que el porcentaje de aciertos para el diámetro, el número de trozas y la calidad de las dos primeras trozas, se mantienen por encima del 80 % permitido y por tanto, se pueden catalogar como datos confiables para realizar los análisis de productividad y valoración de la empresa.

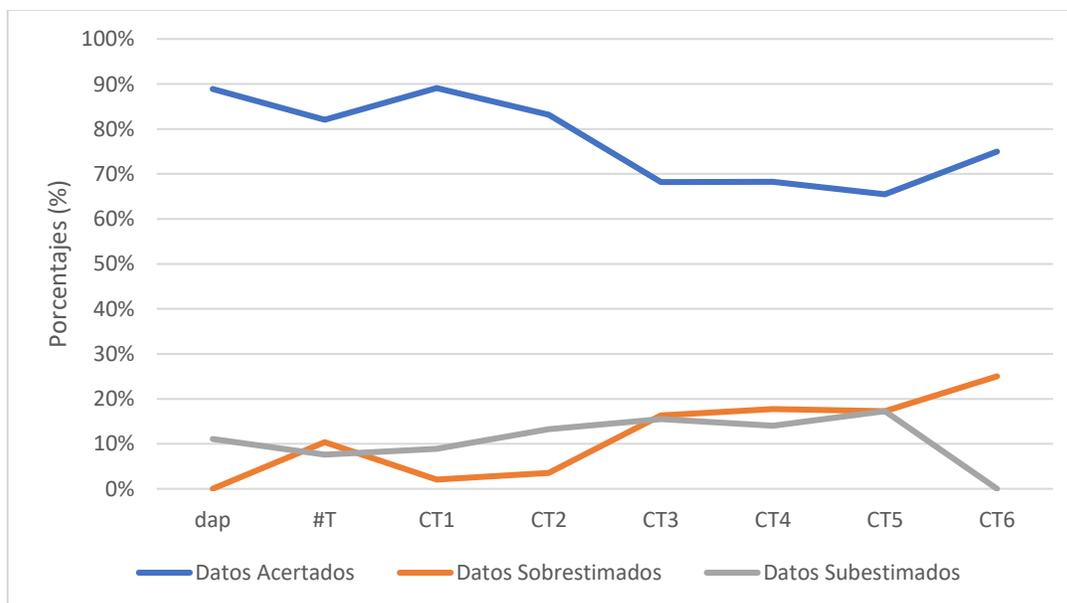


Figura 5: Verificación de la calificación de la calidad de las trozas del inventario forestal de MLR Forestal Nicaragua, determinado en proporción de datos acertados, sobrestimados y subestimados.

### Optimización de la estructura de datos del inventario

La empresa MLR cuenta con un manual de procedimientos para inventarios e instalación de parcelas permanentes de medición (PPM), publicado a nivel interno en 2016. Este establece un sistema de inventario sistemático, con la asignación de una parcela de 500 m<sup>2</sup> cada 2,5 hectáreas, distribuidas de manera proporcional por toda el área con la ayuda de una grilla (figura 6). Con esto se espera cumplir con una intensidad de muestreo del 2% [15]. De esta forma la empresa tiene establecidas 937 PPM, la mayoría en parcelas circulares de 500 m<sup>2</sup>, aunque en algunos rodales antiguos se establecieron parcelas de 1000 m<sup>2</sup>.

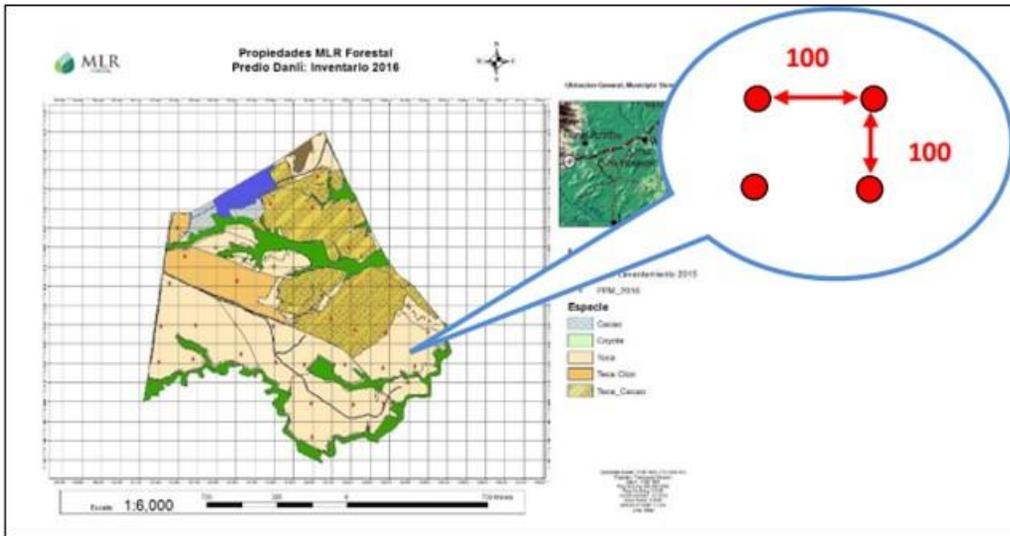


Figura 6: Método de asignación aleatoria de PPM en los lotes de teca, MLR Forestal Nicaragua.

El lote o rodal forestal es la unidad silvícola base de manejo en la mayoría de empresas u organizaciones forestales [18]. La rodalización adecuada de la plantación es una labor de planeamiento esencial, ya que se convertirá en la base del manejo operativo de la empresa y, permitirá la trazabilidad a largo plazo conforme con el concepto de manejo forestal sostenible [19]. Lotes grandes suelen ser más eficientes en cuanto al manejo silvícola y control de la información, en contraste con lotes pequeños o menores de 10 a 15 ha.

En el caso de MLR Forestal se observa una gran cantidad de lotes pequeños. Un 29% de los rodales tienen una superficie menor a 2,5 hectáreas, por tanto no se les asignó una PPM debido al protocolo de establecimiento de parcelas permanentes de medición [15]. Un 14% de los lotes tienen un tamaño entre 2,5 y 5 hectáreas, un 12% entre 5 y 7,5 ha, y un 13% entre 7,5 y 10 ha (Figura 7). En resumen, el 68% de los lotes del sistema de inventarios de MLR Forestal está compuesto por unidades menores a 10 ha. Esa gran cantidad de lotes pequeños y muy pequeños complica el sistema de muestreo y la gestión de la información.

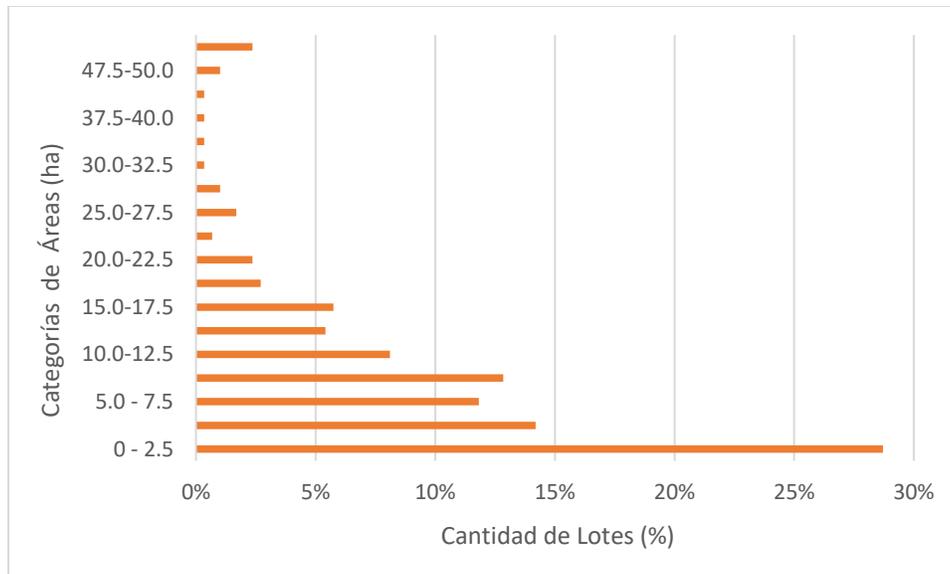


Figura 7: Distribución de los 297 lotes según su superficie de área efectiva plantada con teca, MLR Forestal Nicaragua.

En relación con la distribución de las 937 PPM, de los 297 lotes de teca 194 cuentan con al menos 1 PPM (65% del total), los restantes 103 lotes (35%) no poseen ni una sola PPM por su tamaño [15]. Estos 103 lotes representan un área de manejo de 846 ha (27% del total de área plantada) sin parcelas permanentes de medición (Anexo 1). Esta falta de homogeneidad en la distribución de las PPM y alto porcentaje de lotes muy pequeños, indican una falta de planificación del sistema de inventario. El protocolo de Inventarios establece que se debe colocar 1 PPM por cada 2,5 has, esta disposición se convierte en una norma rígida que no toma en cuenta otros factores como la varianza de la población, lo cual influye en la precisión de los estimados de volumen y valor de la plantación [20].

En el cuadro 4 se puede observar que solamente 29 lotes (10%) registraron un error de muestreo menor al 10%, como valor usual determinado de confiabilidad mínima del inventario forestal [21]. Estos 29 lotes suman 542 ha (17% del área total de manejo). Se registra además 41 lotes cuyo error de muestreo se encuentra entre un 10% al 20%, que abarcan 676 ha de manejo (22% del área total). Otro grupo de 80 lotes registró un error de muestreo superior al 20%, cuya área de manejo suma 921 ha (18% del área total). El resto del área de manejo está distribuida con lotes que

contienen solamente 1 PPM (127 ha) o ninguna PPM (846 ha). Esta información se resume en el cuadro 4 y muestra la debilidad del sistema de inventario forestal, cuando no se incluye otros criterios de muestro como el de la representatividad de la población [22].

Cuadro 4: Distribución de los 150 lotes de teca con 2 o más PPM según su error de muestreo, MLR Forestal Nicaragua.

Total Lotes y ha		Error Muestreo < 10 %		Error Muestreo 10% - 20%		Error Muestreo > 20%	
#	ha	#	ha	#	ha	#	ha
150	2139	29	542	41	676	80	921

Como resultado del análisis de fusión de lotes para la conformación de Unidades de Inventario (UI), se identificaron rodales semejantes en cuanto a características generales (edad, sitio, sistema de producción, material genético) y silviculturales (densidad actual, área basal, diámetro promedio). En total se logró conformar 27 UI (anexo 2), donde la de menor área fue la UI27 con 11,5 ha y las de menor número de PPM fueron la UI15 y UI27, con 5 PPM cada una (Cuadro 5).

En el cuadro 5 se puede observar en detalle una mejora significativa en el error de muestreo en la gran mayoría de las nuevas Unidades de Inventario. De las 27 UI 13 registraron un error menor al 10%, 9 UI obtuvieron un error entre 10% y 20%. Mientras que solamente 3 UI superaron el umbral del 20%.

Puede observarse con claridad una relación inversamente proporcional entre la cantidad de PPM y el error de muestreo. Todas las UI con menos de 10 PPM registraron valores altos de error de muestreo. La excepción se observa en la UI 19, donde a pesar de contar con 33 PPM y una intensidad de muestreo del 2%, el error de muestreo es alto (20,2%). Si se incluye en el análisis el coeficiente de variación intra y entre PPM, se puede encontrar nuevos hallazgos. El coeficiente de variación del diámetro (CV%) entre parcelas ayuda a explicar la necesidad de aumentar las PPM dentro de la Unidad de Inventario. Un valor alto es un reflejo de una alta

variabilidad interna en la Unidad de Muestreo, por tanto, un aumento en las PPM podría ayudar a reducir el error de muestreo. Esta variación alta intra-Unidad de muestreo puede también indicar la necesidad de revisar si la fusión fue correcta, o la necesidad de estratificar y subdividirla en nuevas Unidades de menor superficie. Otra explicación puede estar asociada a la ausencia de un raleo oportuno, que por lo general genera una competencia interna alta, con un efecto directo en el comportamiento del diámetro. Donde la diferencia diamétrica (coeficiente  $D_{\text{mayor}}/D_{\text{menor}}$ ) tiende a aumentar significativamente y provocar un aumento en la varianza diamétrica, que va a repercutir directamente en el error de muestreo basado en el área basal. El otro parámetro es el Coeficiente de Variación (CV%) diamétrico dentro de la PPM, cuya explicación está directamente asociada al comportamiento de la varianza del diámetro. Valores altos se explican también por la diferencia diamétrica ya mencionada o, en aquellos casos donde hay una pérdida significativa en la cantidad de individuos en la PPM. En el cuadro 5 se observa que las UI con los valores más altos del CV entre PPM (UI 15 y UI 27) corresponden con las dos UI con el error de muestreo más alto de todos. Lo cual sugiere que con un aumento de la cantidad de PPM o mayor intensidad de muestreo, podría reducir el error de muestreo en estas dos UI. La UI27 corresponde al bloque de la región de Bonanza, donde se plantó con semilla de baja calidad, se dio una alta mortalidad y el manejo no fue el oportuno, con la realización de raleos no homogéneos. Estas condiciones sin duda explican el aumento en la variabilidad entre PPM. La UI15 es una unidad de 22,5 hectáreas con tan solo 5 PPM, lo que representa una intensidad de muestreo muy baja del 1,3%.

Las 9 Unidades de Inventarios con error de muestreo entre 10% y 20% deben ser revisadas con detalle, con el fin de mejorar su precisión de estimación. Es muy probable que con un aumento en la intensidad de muestreo y un buen raleo se logre disminuir sensiblemente la precisión de la estimación del volumen en el inventario.

En todas las UI se registró un valor alto del CV dentro de PPM y superior al 13,7% en todos los casos. Lo cual sugiere que la densidad de las plantaciones es alta en general, con raleos atrasados, lo cual provoca un aumento en la varianza del DAP.

El parámetro diferenciación diamétrica simple ( $D_{\text{mayor}}/D_{\text{menor}}$ ) no mostró tener un comportamiento consistente con la variación diamétrica o, con el aumento de los valores de error de muestreo. La diferenciación diamétrica alta ocurrió tanto en UI con bajo o alto error de muestreo y alto o bajo coeficiente de variación intra-PPM. Su comportamiento no parece estar asociado a los cambios en la competencia entre árboles dentro de las PPM. Su medición no parece capturar ni reflejar el grado de competencia entre árboles dentro de la plantación. Posiblemente por tomar en cuenta un solo valor como DAP máximo y otro como DAP mínimo. El índice de diferenciación diamétrica propuesto por Földner (1995) [23] podría ser de mayor consistencia y logre capturar el efecto de la competencia, ya que se basa en una relación diamétrica entre el de menor valor con los diámetros de tres árboles vecinos.

Cuadro 5: Parámetros estadísticos y silviculturales de cada Unidad de Inventario (UI), MLR Forestal Nicaragua.

Unidad de Inventario	Año	Genética	Área Efectiva (ha)	No. de PPM	Tamaño Parcela (m <sup>2</sup> )	Intensidad Muestreo (%)	CV (%) entre PPM	CV (%) dentro PPM	Dmayor/ Dmenor	Error Muestreo (%)	dap (cm)	g (m <sup>2</sup> /ha)	N (árbo/ha)
UI01	2010	Sem. BC	141,06	65	500	2,3%	6,76	16,50	4,30	5,35	26,8 ± 0,2	15,2 ± 0,02	261 ± 14
UI02	2010	Sem. BC	75,54	25	1000	3,3%	13,19	14,96	3,36	12,61	30,7 ± 0,8	12,0 ± 0,07	174 ± 12
UI03	2011	Sem. BC	129,13	55	500	2,1%	9,70	16,79	3,62	6,04	25,1 ± 0,3	14,9 ± 0,02	296 ± 17
UI04	2011	Sem. BC	16,35	8	500	2,4%	6,69	16,59	1,88	19,62	40,1 ± 0,9	12,0 ± 0,05	95 ± 6
UI05	2011	Sem. BC	100,52	45	500	2,2%	8,67	20,98	5,94	6,77	22,2 ± 0,3	14,1 ± 0,02	355 ± 21
UI06	2011	Sem. BC	42,07	13	1000	3,1%	7,82	14,13	2,32	15,93	33,1 ± 0,7	7,9 ± 0,06	92 ± 6
UI07	2012	Sem. BC	154,11	74	500	2,4%	5,62	13,67	2,59	3,42	26,1 ± 0,2	15,0 ± 0,01	276 ± 15
UI08	2012	Sem. BC	81,82	31	500	1,9%	5,84	18,38	4,26	4,10	21,7 ± 0,2	16,6 ± 0,02	440 ± 27
UI09	2012	Sem. BC	55,32	19	500	1,7%	7,13	13,96	2,00	12,63	26,4 ± 0,4	6,8 ± 0,02	124 ± 8
UI10	2013	Sem. Mej	110,37	50	500	2,3%	4,78	14,71	3,82	4,73	24,9 ± 0,2	16,3 ± 0,02	330 ± 19
UI11	2013	Sem. Mej	122,25	56	500	2,3%	7,46	15,35	2,70	7,07	24,1 ± 0,2	7,6 ± 0,01	164 ± 9
UI12	2014	Sem. Mej	326,32	155	500	2,4%	7,18	16,65	4,04	2,64	23,3 ± 0,1	17,8 ± 0,01	408 ± 18
UI13	2014	Sem. Mej	95,66	38	500	2,0%	6,79	17,93	3,37	10,18	21,9 ± 0,3	14,5 ± 0,04	378 ± 23
UI14	2015	Clon	102,47	41	500	2,0%	8,33	15,55	3,36	9,22	22,4 ± 0,3	14,1 ± 0,03	355 ± 22
UI15	2015	Clon	18,57	5	500	1,3%	24,54	15,81	2,93	112,13	27,8 ± 3,9	14,0 ± 0,18	260 ± 19
UI16	2015	Sem. Mej	40,13	16	500	2,0%	5,48	16,69	4,02	8,10	22,1 ± 0,3	16,3 ± 0,03	413 ± 25
UI17	2016	Clon	56,51	9	500	0,8%	4,21	13,69	2,62	27,42	22,7 ± 0,3	16,7 ± 0,10	405 ± 27
UI18	2017	Clon	92,47	27	500	1,5%	9,11	14,26	4,77	10,77	20,2 ± 0,4	14,6 ± 0,04	452 ± 28
UI19	2018	Clon	82,95	33	500	2,0%	12,95	17,51	5,31	20,22	17,3 ± 0,4	3,1 ± 0,02	120 ± 8
UI20	2019	Clon	115,69	53	500	2,3%	19,97	26,81	8,91	10,15	11,2 ± 0,3	3,1 ± 0,01	282 ± 16
UI21	2019	Clon	147	53	500	1,8%	13,55	19,66	10,58	7,68	11,5 ± 0,2	3,0 ± 0,01	277 ± 16
UI23	2020	Sem. Hib.	65,35	232	Arboles Dis		na	29,07	6,15	6,73	9,8 ± 0,2	1,1 ± 0,00	131 ± 3
UI24	2021	Sem. Hib.	129,09	51	500	2,0%	20,94	23,61	9,08	14,30	5,2 ± 0,2	1,0 ± 0,00	398 ± 23
UI25	2021	Sem Hib.	148,78	345	Arboles Dis		na	30,16	10,41	5,87	9,0 ± 0,1	0,3 ± 0,00	58 ± 0
UI27	2011	Sem. BC	11,48	5	500	2,2%	22,94	18,53	4,49	37,22	23,50 ± 1,35	4,4 ± 0,04	153 ± 15

Cuadro 6: Distribución de lotes (antes de la fusión) y Unidades de Inventario (producto de la fusión de lotes) de teca según la magnitud del error de muestreo, MLR Forestal Nicaragua

<b>Unidad/Lote</b>	<b>Error &lt; 10%</b>	<b>Error 10% - 20%</b>	<b>Error &gt; 20%</b>	<b>Sin PPM</b>	<b>Área total ha)</b>
297 lotes	542 ha (17,4%)	676 ha (21,7%)	1048 ha (33,7%)	846 ha (27%)	3112
27 unidades de Inventario	1838 ha (59%)	642 ha (20,6%)	178 ha (5,7%)	454 ha (14,5%)	3112

Finalmente, se puede observar en el cuadro 6 el escenario del antes y del después de la fusión y creación de las UI. Por ejemplo, con la rodalización tradicional utilizada por la empresa, se tiene un total de 297 lotes. Con la conformación de las Unidades de Inventario este número baja a 27, que es una cantidad de mayor facilidad de manejo a nivel contable. El área de manejo muestreada que cumplía con el error de muestreo menor al 10%, con la rodalización de MLR correspondía apenas a 542 hectáreas (17%). Pero con las UI aumentó a 1838 ha (59%), mejorando significativamente en más de 3 veces la confiabilidad de las mediciones. El área de manejo afectada por errores de entre 10% y 20% no disminuyó significativamente, pues pasó de 676 has con la rodalización de MLR a 642 ha con las UI. Finalmente, los lotes con error de muestreo superior al 20%, que afectaban a 1048 ha en la rodalización MLR, y se redujo en una magnitud de 6 veces y quedar en tan sólo 178 ha (5,7%) con la creación de las UI.

Otra mejoría en la gestión del inventario dada por la unión de lotes fue el aumento en la representación de área plantada cubierta por PPM. Muchos de los rodales pequeños que no poseían PPM (846 ha o 27%), al unirse con lotes semejantes se redujo a 455 ha (14,5%). Sin embargo, se debe tomar en cuenta que dentro de estas 455 has hay 347 ha de rodales jóvenes (UI22 y UI27) que a la fecha del estudio no tenían PPM. Si se excluyen estas dos UI el área que realmente quedó sin cobertura de PPM se redujo a tan solo 108 ha (3,5%).

## Determinación del avalúo en pie de las plantaciones.

Determinación de P (Precio)

El cuadro 7 resume los resultados de las consultas realizadas.

Cuadro 7: Precios de referencia para la madera de teca, tanto para biomasa (\$USD/m<sup>3</sup> redondo) como para madera para aserrío (\$USD/m<sup>3</sup> hoppus).

<b>Rango Diamétrico (cm)</b>	<b>Valor (\$USD/m<sup>3</sup>)</b>
5 - 12	<b>16</b>
12,1 - 18	<b>100</b>
18,1 - 25	<b>200</b>
25,1 - 30	<b>260</b>
30,1 - 35	<b>400</b>
35,1 - 40	<b>450</b>
40,1 >	<b>550</b>

Un aspecto particular del mercado de la teca es que la madera aumenta su valor significativamente según aumenta su categoría diamétrica. Es por eso por lo que el software Avalúo tuvo que ser reprogramado según las categorías que maneja el mercado. La categoría 5 cm -12 cm es otro caso particular de la empresa MLR Forestal, que ha logrado comercializar este tipo de trozas, transformándolas en carbón o vendiéndolas como biomasa para producir dendroenergía. Este valor es marginal, pero contribuye a fortalecer los flujos financieros de la empresa.

Determinación de Q (Cantidad).

El cuadro 5 resume las características de las unidades de inventario que sirvieron como unidades de manejo forestal base para realizar los cálculos. El primer aspecto a mencionar es que las UI22 y UI26 carecen de parcelas debido a que son plantaciones jóvenes, por lo que su valoración se realiza no por la determinación de la cantidad de madera (Q), sino por el costo de inversión realizado a la fecha del estudio, esto se analiza más adelante.

De las 27 unidades de inventario, 13 obtienen errores de muestreo deseables (< a 10%), 9 obtienen errores de muestreo aceptables (entre 10% y 20%), y 3 muestran errores altos (más de 20%), probablemente por falta de aumentar la intensidad de muestreo (UI15 y UI 17), o en el caso de la UI27, por ser un rodal antiguo establecido en un sitio pobre (zona Bonanza), y que recibió muy mal manejo, resultando en alta mortalidad y afectando negativamente su error estadístico. Estas situaciones deberán se tomadas en cuenta a futuro como oportunidades por parte de la empresa.

En el cuadro 8 se resumen los volúmenes comerciales totales y por categoría diamétrica, por hectárea, obtenidos para cada unidad de inventario.

Cuadro 8: Resumen de los parámetros estadísticos y los parámetros silviculturales de cada Unidad de Inventario (UI).

UI	Características del lote				Parámetros Estadísticos						Parámetros Silviculturales			
	Año	Genética	Área Manejo (ha)	Área Cosecha (ha)	# Parcelas	Tipo Parcelas (m <sup>2</sup> )	Intensidad de Muestreo (%)	CV (%) entre PPM	CV (%) dentro PPM	Error Muestreo (%)	d (cm)	g (m <sup>2</sup> /ha)	Calidad (%)	N (arb/ha)
UI01	2010	Semilla BC	162.48	141.06	65	500	2.3%	6.76	16.50	5.35	26.8 ± 0.2	15.2 ± 0.02	53.25	261 ± 14
UI02	2010	Semilla BC	77.52	75.54	25	1000	3.3%	13.19	14.96	12.61	30.7 ± 0.8	12.0 ± 0.07	53.78	174 ± 12
UI03	2011	Semilla BC	136.36	129.13	55	500	2.1%	9.70	16.79	6.04	25.1 ± 0.3	14.9 ± 0.02	53.17	296 ± 17
UI04	2011	Semilla BC	16.46	16.35	8	500	2.4%	6.69	16.59	19.62	40.1 ± 0.9	12.0 ± 0.05	63.42	95 ± 6
UI05	2011	Semilla BC	108.19	100.52	45	500	2.2%	8.67	20.98	6.77	22.2 ± 0.3	14.1 ± 0.02	50.68	355 ± 21
UI06	2011	Semilla BC	45.17	42.07	13	1000	3.1%	7.82	14.13	15.93	33.1 ± 0.7	7.9 ± 0.06	53.36	92 ± 6
UI07	2012	Semilla BC	171.17	154.11	74	500	2.4%	5.62	13.67	3.42	26.1 ± 0.2	15.0 ± 0.01	52.96	276 ± 15
UI08	2012	Semilla BC	89.59	81.82	31	500	1.9%	5.84	18.38	4.10	21.7 ± 0.2	16.6 ± 0.02	46.04	440 ± 27
UI09	2012	Semilla BC	56.11	55.32	19	500	1.7%	7.13	13.96	12.63	26.4 ± 0.4	6.8 ± 0.02	54.45	124 ± 8
UI10	2013	Semilla Me	128.1	110.37	50	500	2.3%	4.78	14.71	4.73	24.9 ± 0.2	16.3 ± 0.02	49.49	330 ± 19
UI11	2013	Semilla Me	153.24	122.25	56	500	2.3%	7.46	15.35	7.07	24.1 ± 0.2	7.6 ± 0.01	50.47	164 ± 9
UI12	2014	Semilla Me	374.06	326.32	155	500	2.4%	7.18	16.65	2.64	23.3 ± 0.1	17.8 ± 0.01	48.81	408 ± 18
UI13	2014	Semilla Me	101.84	95.66	38	500	2.0%	6.79	17.93	10.18	21.9 ± 0.3	14.5 ± 0.04	49.01	378 ± 23
UI14	2015	Clon	110.94	102.47	41	500	2.0%	8.33	15.55	9.22	22.4 ± 0.3	14.1 ± 0.03	50.37	355 ± 22
UI15	2015	Clon	22.49	18.57	5	500	1.3%	24.54	15.81	112.13	27.8 ± 3.9	14.0 ± 0.18	48.29	260 ± 19

UI	Características del lote				Parámetros Estadísticos						Parámetros Silviculturales			
	Año	Genética	Área Manejo (ha)	Área Cosecha (ha)	# Parcelas	Tipo Parcelas (m <sup>2</sup> )	Intensidad de Muestreo (%)	CV (%) entre PPM	CV (%) dentro PPM	Error Muestreo (%)	d (cm)	g (m <sup>2</sup> /ha)	Calidad (%)	N (arb/ha)
UI16	2015	Semilla Me	42.31	40.13	16	500	2.0%	5.48	16.69	8.10	22.1 ± 0.3	16.3 ± 0.03	44.65	413 ± 25
UI17	2016	Clon	60.84	56.51	9	500	0.8%	4.21	13.69	27.42	22.7 ± 0.3	16.7 ± 0.10	43.58	405 ± 27
UI18	2017	Clon	99.67	92.47	27	500	1.5%	9.11	14.26	10.77	20.2 ± 0.4	14.6 ± 0.04	36.89	452 ± 28
UI19	2018	Clon	82.95	82.95	33	500	2.0%	12.95	17.51	20.22	17.3 ± 0.4	3.1 ± 0.02	46.95	120 ± 8
UI20	2019	Clon	115.69	115.69	53	500	2.3%	19.97	26.81	10.15	11.2 ± 0.3	3.1 ± 0.01	48.32	282 ± 16
UI21	2019	Clon	147	147	53	500	1.8%	13.55	19.66	7.68	11.5 ± 0.2	3.0 ± 0.01	47.82	277 ± 16
UI22	2019	Clon	96.21	96.21	0	sin parcelas								
UI23	2020	Semilla Hi	65.35	65.35	232	Arboles Dispersos		29.07	na	6.73	9.8 ± 0.2	1.1 ± 0.00	42.92	131 ± 3
UI24	2021	Semilla Hi	129.39	129.09	51	500	2.0%	20.94	23.61	14.30	5.2 ± 0.2	1.0 ± 0.00	51.12	398 ± 23
UI25	2021	Semilla Hi	148.78	148.78	345	Arboles Dispersos		30.16	na	5.87	9.0 ± 0.1	0.3 ± 0.00	54.26	58 ± 0
UI26	2022	Semilla Hi	250.93	250.93	0	sin parcelas								
UI27	2011	Semilla BC	11.48	11.48	5	500	2.2%	10.17	10.26	50.68	26.7 ± 1.2	4.4 ± 0.04	37.57	76 ± 5

Nota: la UI22 y UI26 son áreas que no tienen PPM, por lo que son excluidas del cálculo.

Semilla BC: Semilla Baja Calidad Genética

Semilla Me: Semilla Mejorada Genéticamente.

Cuadro 9: Volúmenes comerciales por categoría diamétrica, por hectárea y total, para cada Unidad de Inventario.

UI	Volumen comercial (m <sup>3</sup> /ha)							TOTAL
	5 -12 cm	12 - 18 cm	18 - 25cm	25 - 30 cm	30 - 35 cm	35 - 40 cm	> 40 cm	
<b>UI01</b>	10,91	15,82	39,26	10,03	1,01	0,20	0,20	<b>77,43</b>
<b>UI02</b>	9,37	7,66	30,16	13,16	3,51	0,94	0,94	<b>65,74</b>
<b>UI03</b>	11,35	20,77	33,89	6,87	0,61	0,00	0,00	<b>73,50</b>
<b>UI04</b>	6,02	0,90	17,39	16,13	20,17	17,02	17,02	<b>94,64</b>
<b>UI05</b>	11,22	26,13	24,16	3,49	0,07	0,00	0,00	<b>65,08</b>
<b>UI06</b>	6,39	1,55	19,94	10,75	3,94	0,75	0,75	<b>44,06</b>
<b>UI07</b>	12,06	18,29	38,49	6,50	0,21	0,00	0,00	<b>75,54</b>
<b>UI08</b>	14,46	33,81	21,71	1,71	0,00	0,00	0,00	<b>71,69</b>
<b>UI09</b>	4,87	7,15	17,94	3,76	0,00	0,00	0,00	<b>33,72</b>
<b>UI10</b>	13,47	23,54	35,91	4,40	0,08	0,00	0,00	<b>77,40</b>
<b>UI11</b>	5,88	12,34	15,21	1,70	0,06	0,00	0,00	<b>35,19</b>
<b>UI12</b>	15,43	31,65	32,28	3,19	0,15	0,00	0,00	<b>82,70</b>
<b>UI13</b>	12,34	29,03	20,97	1,10	0,13	0,00	0,00	<b>63,57</b>
<b>UI14</b>	11,76	28,11	21,88	1,21	0,00	0,00	0,00	<b>62,96</b>
<b>UI15</b>	11,88	13,69	27,72	13,86	4,86	1,54	1,54	<b>75,10</b>
<b>UI16</b>	14,29	32,47	22,42	1,13	0,00	0,00	0,00	<b>70,31</b>
<b>UI17</b>	13,46	31,23	23,61	1,11	0,00	0,00	0,00	<b>69,42</b>
<b>UI18</b>	14,85	35,48	9,40	0,02	0,00	0,00	0,00	<b>59,75</b>
<b>UI19</b>	2,23	6,61	1,24	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>10,07</b>
<b>UI20</b>	4,72	3,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>7,80</b>
<b>UI21</b>	5,32	1,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>7,22</b>
<b>UI23</b>	68,22	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>68,42</b>
<b>UI24</b>	0,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,86</b>
<b>UI25</b>	83,29	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>83,36</b>
<b>UI27</b>	3,27	3,84	8,49	1,99	0,00	0,00	0,00	<b>17,59</b>

De este cálculo se excluyen la UI22 y la UI26 por ser rodales en donde no hay presencia de PPM.

#### Determinación de V (valor)

El software Avalúos realiza los cálculos de P (cuadro 7) y lo multiplica por Q (cuadro 9), para obtener el valor en pie de las plantaciones forestales de MLR (cuadro 10), este valor de V se resume a continuación

Cuadro 10: Valor de la madera en pie (\$USD), obtenido según la categoría diamétrica, por hectárea y total, para cada Unidad de Inventario.

Sistema Producción	Valor por Área Efectiva (US\$/ha)							Valor Total UI (US\$)	Valor por ha US\$
	5 -12 cm	12 - 18 cm	18 - 25cm	25 - 30 cm	30 - 35 cm	35 - 40 cm	> 40 cm		
teca*	\$ 649,30	\$1 588,58	\$6 127,12	\$2 687,01	\$ 338,09	\$ 88,08	\$ -	\$ 1 864 368,82	\$ 11 474,45
teca*	\$ 491,79	\$ 635,16	\$3 819,68	\$3 494,46	\$1 094,81	\$ 411,41	\$ -	\$ 771 102,67	\$ 9 947,14
teca	\$ 607,39	\$1 971,43	\$5 688,02	\$1 839,72	\$ 245,94	\$ -	\$ -	\$ 1 410 979,83	\$ 10 347,46
teca-cacao	\$ 279,44	\$ 102,82	\$1 586,44	\$4 582,68	\$4 094,94	\$7 764,85	\$ -	\$ 305 201,04	\$ 18 541,98
teca-cacao	\$ 601,48	\$2 659,19	\$4 267,49	\$ 924,92	\$ 26,53	\$ -	\$ -	\$ 915 453,88	\$ 8 461,54
teca-cacao	\$ 328,65	\$ 82,13	\$1 937,72	\$2 895,48	\$1 336,21	\$ 328,46	\$ -	\$ 312 064,15	\$ 6 908,66
teca	\$ 629,46	\$1 503,73	\$6 433,95	\$1 699,27	\$ 83,05	\$ -	\$ -	\$ 1 771 273,09	\$ 10 348,03
teca-cacao	\$ 834,44	\$3 234,83	\$4 000,95	\$ 443,86	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 760 817,57	\$ 8 492,22
teca-cacao	\$ 261,11	\$ 634,60	\$2 901,12	\$1 008,02	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 269 600,29	\$ 4 804,85
teca	\$ 747,43	\$1 977,55	\$6 287,37	\$1 154,04	\$ 30,98	\$ -	\$ -	\$ 1 306 045,85	\$ 10 195,52
teca-cacao	\$ 341,73	\$1 152,57	\$2 795,63	\$ 448,63	\$ 22,01	\$ -	\$ -	\$ 729 326,94	\$ 4 759,38
teca	\$ 802,45	\$2 813,52	\$5 778,56	\$ 820,36	\$ 59,77	\$ -	\$ -	\$ 3 840 583,69	\$ 10 267,29
teca-cacao	\$ 631,29	\$2 652,03	\$4 097,86	\$ 295,18	\$ 51,62	\$ -	\$ -	\$ 785 778,67	\$ 7 715,82
teca	\$ 591,57	\$2 661,83	\$4 205,14	\$ 320,36	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 862 394,35	\$ 7 773,52
teca-cacao	\$ 563,28	\$1 359,03	\$2 694,23	\$3 503,43	\$1 328,47	\$ 655,73	\$ -	\$ 227 114,40	\$ 10 098,46
teca	\$ 830,11	\$2 925,98	\$4 259,05	\$ 294,54	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 351 083,30	\$ 8 297,88
teca*	\$ 852,03	\$2 948,10	\$4 689,06	\$ 311,50	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 534 661,91	\$ 8 788,00
teca*	\$ 718,69	\$2 822,50	\$1 746,55	\$ 4,49	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 527 227,56	\$ 5 289,73
teca-cacao*	\$ 109,86	\$ 643,84	\$ 251,50	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 82 461,08	\$ 994,11
teca	\$ 286,43	\$ 298,66	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 53 463,74	\$ 462,13
teca-cacao	\$ 327,03	\$ 185,76	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 54 818,11	\$ 372,91
teca-cacao	\$3 827,49	\$ 18,44	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 249 510,38	\$ 3 818,06

Sistema Producción	Valor por Área Efectiva (US\$/ha)							Valor Total UI (US\$)	Valor por ha US\$
	5 -12 cm	12 - 18 cm	18 - 25cm	25 - 30 cm	30 - 35 cm	35 - 40 cm	> 40 cm		
<b>teca</b>	\$ 40,72	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 5 137,54	\$ 39,71
<b>teca-cacao</b>	\$3 640,43	\$ 6,73	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 540 534,44	\$ 3 633,11
<b>teca-cacao*</b>	\$ 282,81	\$ 260,70	\$1 348,83	\$ 540,39	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 27 927,74	\$ 2 432,73
<b>TOTAL</b>								<b>\$ 18 558 931,05</b>	

El cuadro 10 resume el valor (\$USD) por hectárea y total, de cada UI. También se logra presentar estos valores distribuidos por categoría diamétrica. Se observa por ejemplo, que en la categoría diamétrica 35-40 cm apenas hay reporte de ingreso para 5 UI, y en la categoría de 40>, no existe ningún dato, esto porque aún MLR Forestal no tiene ningún rodal maduro, o cercano a la cosecha, sino que el más antiguo apenas ha superado la mitad de su turno de aprovechamiento. Es evidente que las plantaciones de teca irán incrementando su valor rápidamente con el paso de los años. El buen ritmo de crecimiento permitirá, que año con año, cada troza dentro del árbol avance hacia la siguiente categoría diamétrica de mayor valor comercial, lo que producirá un aumento significativo del valor de la inversión de la empresa. Se concluye que el valor en pie para toda la masa forestal de MLR Forestal se calcula en \$18,558,931.05USD para el año 2022.

#### Cálculo de V (valor) para plantaciones jóvenes

La UI22 es un rodal de 3 años que fue establecido a una densidad de 100 árboles por hectárea en combinación con el cacao, este rodal no presenta PPM, por lo que para calcular su valor en pie se utilizan los costos de establecimiento y manejo del año 1, 2 y 3. Los costos de establecimiento de plantaciones para estos primeros años se obtienen del Plan de Manejo de MLR Forestal [15] y se resumen en el cuadro 11.

La UI26 tampoco posee PPM por ser una rodal menor a año, por lo que para calcular su valor se utiliza también el costo de establecimiento del primer año según este mismo cuadro. En síntesis, se concluye que las plantaciones jóvenes tienen un valor en pie de \$309,029.89USD (Cuadro 7).

Cuadro 11: Valoración de plantaciones de teca jóvenes. MLR Forestal Nicaragua.

UI	Año Plantación	Genética	Área Manejo (ha)	Costo Establecimiento / ha	Avalúo \$USD total
UI22	2019	Clon	96.21	\$ 398.85	\$ 38,373.36
UI26	2022	Semilla Hi	250.93	\$1,078.61	\$ 270,656.54
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 309,029.89</b>

De esta forma, si sumamos el valor en pie de las plantaciones adultas y la inversión de las plantaciones jóvenes se concluye que el valor total de las plantaciones de teca de la empresa MLR Forestal suman \$18,867,960.94USD

## CONCLUSIONES

### **Optimizar una metodología de verificación y certificación del inventario.**

El área de teca incluida en la muestra de verificación no presentó ninguna inconsistencia con el área efectiva reportada en la base de datos cartográfica oficial de la empresa. Por lo que se concluye que el área efectiva global de MLR plantada con teca es consistente y real.

Se observa una mejora significativa en la toma de valores del inventario. Los datos son confiables y satisfactorios para el diámetro, el número de trozas y calidad de troza 1, y aceptables para las calidades de la troza 2 a la 6.

La distribución y cantidad de PPM a través del área de manejo de las plantaciones es ineficiente, no existe una distribución homogénea, ni son representativas de la población. La empresa debe buscar una solución a esta situación ya que es preocupante que este sistema de gestión de inventarios sea tan deficiente

Se concluye por tanto la veracidad de la base de datos de la cartografía y los inventarios forestales, validando los resultados que derivan de estos datos. Pero se verifica que la muestra del conjunto de PPM debe ser reorganizada y mejora, ya que tal y como está no es confiables.

### **Optimizar la calidad y representatividad del sistema de inventario.**

El sistema de inventario de MLR Forestal posee limitaciones estructurales donde un 68% de los lotes tienen una superficie menor a 10ha y un 35% de ellos no registran ni una sola PPM.

Con el sistema actual de lotes de la empresa, solamente un 10% de ellos registró un error de muestreo menor al 10%, mientras que un 27% registró un error de muestreo superior al 20%.

El método de fusión de lotes para conformar las Unidades de Inventario (UI), redujo en una magnitud de 11 veces la cantidad de unidades de muestreo, que resultó en que el 59% del área plantada mejorara en más de 3 veces la confiabilidad de las mediciones. El área plantada con error de muestreo superior al 20% se redujo de 1048 (33,7%) ha a tan solo 178 ha (5,7%).

El error de muestreo del sistema actual basado en lotes registró valores altos, explicados por la baja cantidad de PPM y probablemente por el efecto del raleo tardío en la varianza del DAP.

El método de fusión de lotes en Unidades de Inventario, resultó ser funcional, operativo y mejoró sustancialmente la gestión del inventario del patrimonio de la empresa MLR Forestal Nicaragua.

### **Validar una metodología de avalúo para plantaciones de la empresa.**

Se validó una metodología para realizar un avalúo de las plantaciones de la empresa MLR Forestal Nicaragua, mejorando la confiabilidad de los resultados

Se concluye que el valor actual del proyecto forestal de MLR Forestal Nicaragua se estima en \$USD 18,867,960.94 para un inventario de 3112.2 ha de teca.

## RECOMENDACIONES

MLR debe trabajar en funciones de volumen basadas solamente en el DAP para mejorar su estimación de volumen.

Es importante además que al empresa revise y actualice su protocolo de inventarios forestales, con el fin de incorporar a este las recomendacions derivadas de los resultados de este trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] FAO, 2016. Estado de los Bosques del Mundo, Resumen.
- [2] Ruiz Pérez, M., García Fernández, C., Sayer, J. A. Los servicios ambientales de los bosques. Ecosistemas [en línea]. 2007, 16(3), 80-89 [fecha de Consulta 16 de Marzo de 2022]. ISSN: 1132-6344. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54016309AVANCE 2>:
- [3] Prado, J. (2017), Plantaciones Forestales, más allá de los árboles. Ingenieros Forestales Chile.
- [4] FONAFIFO, 2003. Manual para productores de Teca (*Tectona grandis* L. f.) en Costa Rica. Heredia, Costa Rica.
- [5] Koller, Klaine, 2017. The Global Teak study, analysis, evaluation and future potential of Teak resources. IUFRO World Series Vol 36.
- [6] Santamaría, J. Determinación de la demanda de madera para la industria forestal en Nicaragua. Principales variables de negocios para el periodo 2008-2009 / Oscar J. Santamaría y Guillermo A. Navarro. – 1ª ed. – Turrialba, C.R. : CATIE, 2010. 74 p.
- [7] CATIE. (2009). *El Inventario Forestal Nacional (IFN) del 2009* (N.º 89).
- [8] MLR Forestal, 2015. Quienes somos, [fecha de Consulta 16 de Marzo de 2022]. Disponible en: <https://mlr.com.ni/quienes-somos/>
- [9] MLR Forestal, 2022. Plan de Manejo Forestal. Gerencia de Operaciones Forestales.
- [10] FAO. (s.f.). Inventario forestal nacional | Monitoreo forestal nacional | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO. Recuperado el 29 de mayo de 2023 de <https://www.fao.org/national-forest-monitoring/areas-de-trabajo/inventario-forestal-nacional/es/>
- [11] MLR Forestal. 2019. Términos de Referencia para la valoración del Activo Biológico de MLR Forestal Nicaragua. Siuna, Nicaragua.
- [12] Murillo, O., Badilla, Y. 2004a. Calidad y valoración de plantaciones forestales. Manual. Taller de Publicaciones del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica. 51 p.

- [13] Murillo, O., y Badilla, W. (s.f.). Método de inventario para plantaciones pequeñas. En: Herramienta práctica para la evaluación de una iniciativa de reforestación a pequeña escala (EvaRefo) (pp. 13-14). CATIE.
- [14] Murillo, Olman & Badilla, Yorleny. 2005. Software para la determinación de la calidad y el valor de la plantación forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica. EXCEL
- [15] MLR Forestal. 2016. Manual de Procedimientos para Inventario e Instalación de PPM Plantaciones de Teca (PDF)
- [16] Gamboa, J.P., Murillo O., 2019. Auditoría de la Activos Biológicos de la empresa MLR Forestal Nicaragua. Siuna, Nicaragua.
- [17] Gamboa, J.P., Murillo O., 2020. Auditoría de la Activos Biológicos de la empresa MLR Forestal Nicaragua. Siuna, Nicaragua.
- [18] Ladrach, W.; 2010. Manejo práctico de plantaciones forestales en el trópico y subtrópico. Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica. 660 p.
- [19] Hernandez-Díaz, J. C. (n.d.). IMPORTANCIA DE LOS RODALES EN EL MANEJO FORESTAL SUSTENTABLE. ResearchGate. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/353839286\\_IMPORTANCIA\\_DE\\_LOS\\_RODALES\\_EN\\_EL\\_MANEJO\\_FORESTAL\\_SUSTENTABLE](https://www.researchgate.net/publication/353839286_IMPORTANCIA_DE_LOS_RODALES_EN_EL_MANEJO_FORESTAL_SUSTENTABLE)
- [20] McRoberts, R.; Tomppo, E.; Czaplewski, R.; sf. Diseños de muestreo de las Evaluaciones Forestales Nacionales. Antología de conocimiento para la evaluación de los recursos forestales nacionales. FAO, 21pp.
- [21] El Heraldo. (2 de Febrero de 2018). La importancia de los inventarios forestales. Recuperado de [https://www.elheraldo.com.ar/web/noticias/158459\\_la-importancia-de-los-inventarios-forestales.html](https://www.elheraldo.com.ar/web/noticias/158459_la-importancia-de-los-inventarios-forestales.html)
- [22] Murillo, O, Badilla, Y. 2015. Consultoría. Definición de una metodología de muestreo de contratos del programa de pago de servicios ambientales para la

medición de la biomasa, para el desarrollo de proyectos de comercialización de créditos de carbono. FONAFIFO. San José, Costa Rica. 108 p

- [23] Földner, K. 1995: Strukturbeschreibung von Buchen-EdellaubholzMischwäldern. Dissertation, Forstliche Fakultät, Göttingen. Cuvillier Verlag, Göttingen, Germany.

## ANEXOS

Anexo 1: Parámetros estadísticos y silviculturales de cada lote forestal con parcelas de medición permanente (PPM).

Lote	Error Muestreo (%)	Parámetros silviculturales del lote			
		d (cm)	g (m <sup>2</sup> )	Calidad (%)	N (arb/ha)
1051	na	24,28 ±	11,44 ±	50,44	240 ±
1071	20,39	25,98 ± 0,96	15,92 ± 0,038	50,33	294 ± 18
1081	5,92	19,38 ± 0,58	14,30 ± 0,013	29,40	475 ± 30
2011	43,34	27,61 ± 1,41	18,46 ± 0,093	50,63	300 ± 19
2021	12,61	27,66 ± 0,33	16,74 ± 0,025	57,65	274 ± 17
2031	7,89	27,84 ± 0,48	17,90 ± 0,031	49,57	280 ± 17
2041	20,95	27,64 ± 0,74	16,85 ± 0,069	56,69	270 ± 17
2051	11,99	28,72 ± 0,54	18,39 ± 0,043	50,67	277 ± 17
2081	183,14	25,29 ± 0,41	10,30 ± 0,074	55,68	200 ± 13
2101	19,20	27,96 ± 0,51	16,07 ± 0,056	56,93	256 ± 16
2131	na	25,86 ±	9,90 ±	51,11	180 ±
2161	26,82	18,77 ± 0,92	15,61 ± 0,086	34,46	538 ± 34
3011	50,14	35,48 ± 1,42	10,26 ± 0,162	53,38	100 ± 6
3021	7,29	33,38 ± 0,27	8,52 ± 0,020	50,98	95 ± 6
3031	12,86	32,18 ± 0,75	9,57 ± 0,050	55,88	116 ± 7
3041	32,86	33,10 ± 1,02	7,32 ± 0,094	52,72	87 ± 6
3043	22,86	35,88 ± 0,51	8,52 ± 0,045	49,98	84 ± 5
3044	na	33,16 ±	7,85 ±	55,41	90 ±
3051	35,38	39,22 ± 1,31	11,61 ± 0,074	62,37	96 ± 6
3052	162,10	41,30 ± 1,65	13,49 ± 0,086	64,44	100 ± 6
3054	na	32,32 ±	20,30 ±	57,89	240 ±
3061	na	42,00 ±	11,14 ±	66,67	80 ±
3071	50,47	31,06 ± 0,82	8,28 ± 0,131	56,86	105 ± 7
3072	na	24,69 ±	13,63 ±	50,67	280 ±
3091	7,68	11,51 ± 0,21	3,01 ± 0,006	47,82	277 ± 15
4021	na	20,62 ±	10,01 ±	52,14	280 ±
4031	112,66	18,82 ± 0,29	12,92 ± 0,057	46,83	430 ± 27
4041	16,84	24,68 ± 0,45	13,92 ± 0,042	55,52	276 ± 17
4051	na	19,13 ±	14,46 ±	38,06	480 ±
4061	99,35	23,09 ± 0,55	11,69 ± 0,046	44,05	270 ± 17
4071	na	21,42 ±	17,91 ±	46,83	460 ±
4081	20,00	24,61 ± 0,34	13,80 ± 0,043	56,72	280 ± 18
4082	na	19,93 ±	14,09 ±	52,30	440 ±
4091	na	22,01 ±	5,52 ±	55,24	140 ±
4101	na	21,96 ±	7,79 ±	53,67	200 ±
4102	19,91	22,69 ± 0,62	16,77 ± 0,065	51,05	404 ± 26
4121	23,39	21,20 ± 0,36	14,61 ± 0,066	50,26	397 ± 25
4131	30,48	20,39 ± 0,80	15,56 ± 0,075	44,90	450 ± 28

Lote	Error Muestreo (%)	Parámetros silviculturales del lote			
		d (cm)	g (m <sup>2</sup> )	Calidad (%)	N (arb/ha)
4141	10,79	21,88 ± 0,37	14,37 ± 0,034	48,27	368 ± 21
4152	11,90	22,45 ± 0,53	17,44 ± 0,037	53,15	420 ± 26
4171	11,41	24,45 ± 0,79	14,95 ± 0,033	49,12	310 ± 19
4191	36,20	26,15 ± 1,01	16,64 ± 0,070	58,13	300 ± 19
4201	30,58	23,42 ± 0,52	13,30 ± 0,016	57,34	300 ± 19
4211	266,06	27,53 ± 2,49	17,96 ± 0,188	59,14	290 ± 18
4222	11,58	21,26 ± 0,19	15,56 ± 0,032	44,02	428 ± 27
4224	333,65	31,07 ± 2,59	22,28 ± 0,292	64,64	310 ± 21
4231	9,33	21,79 ± 0,23	16,27 ± 0,033	43,39	423 ± 26
4232	na	21,62 ±	17,98 ±	48,96	480 ±
4241	8,00	22,02 ± 0,39	16,57 ± 0,029	40,44	425 ± 27
4252	na	19,29 ±	17,43 ±	48,70	560 ±
4253	na	21,84 ±	15,57 ±	49,25	400 ±
4261	41,74	21,09 ± 1,44	14,51 ± 0,070	52,53	427 ± 28
4281	14,19	20,79 ± 0,35	17,77 ± 0,040	51,75	510 ± 32
4282	24,60	21,59 ± 0,73	15,98 ± 0,046	51,78	420 ± 27
4293	na	20,78 ±	14,59 ±	47,32	420 ±
4313	7,52	22,08 ± 0,14	16,66 ± 0,053	48,07	419 ± 26
4321	na	20,71 ±	15,77 ±	35,20	440 ±
4331	20,37	20,64 ± 0,62	15,68 ± 0,025	54,79	450 ± 28
4341	31,04	21,93 ± 1,04	17,89 ± 0,129	47,57	460 ± 29
4351	45,75	21,68 ± 1,37	16,54 ± 0,176	48,10	427 ± 27
4352	328,92	20,58 ± 1,10	13,44 ± 0,348	42,89	380 ± 24
4361	5,70	20,68 ± 0,26	15,51 ± 0,020	46,81	448 ± 25
4401	20,22	17,32 ± 0,39	3,15 ± 0,015	46,95	120 ± 7
5011	23,13	24,97 ± 0,35	13,23 ± 0,060	57,85	264 ± 17
5031	15,08	22,69 ± 0,82	14,81 ± 0,035	49,42	355 ± 22
5051	44,96	26,98 ± 0,61	13,93 ± 0,073	58,85	240 ± 15
5061	na	28,31 ±	16,89 ±	52,56	260 ±
5071	44,82	23,41 ± 0,69	16,05 ± 0,130	50,22	352 ± 23
5141	na	22,18 ±	16,71 ±	49,30	420 ±
5161	na	23,11 ±	15,49 ±	49,63	360 ±
5181	28,26	27,29 ± 0,60	14,08 ± 0,086	54,97	232 ± 15
5201	na	26,40 ±	12,32 ±	49,39	220 ±
5251	62,79	28,64 ± 0,78	16,28 ± 0,119	57,62	254 ± 16
5261	27,40	25,90 ± 0,92	6,80 ± 0,036	53,33	127 ± 8
5271	10,09	26,35 ± 0,60	16,04 ± 0,031	49,25	290 ± 18
5281	6,84	25,52 ± 0,10	14,08 ± 0,022	49,13	270 ± 16
5282	39,91	25,16 ± 0,69	17,06 ± 0,107	50,46	335 ± 22
5284	9,70	22,28 ± 0,32	15,97 ± 0,033	50,05	400 ± 25
5301	20,66	26,28 ± 0,45	14,23 ± 0,057	55,15	257 ± 16
5302	7,86	27,21 ± 0,52	13,87 ± 0,023	55,65	238 ± 15

Lote	Error Muestreo (%)	Parámetros silviculturales del lote			
		d (cm)	g (m <sup>2</sup> )	Calidad (%)	N (arb/ha)
5312	74,65	28,20 ± 0,92	5,50 ± 0,065	55,17	85 ± 6
5331	15,09	24,22 ± 0,56	19,28 ± 0,034	49,76	407 ± 26
5341	16,87	25,77 ± 0,61	14,43 ± 0,028	56,48	274 ± 17
5381	47,68	22,72 ± 0,11	19,02 ± 0,036	48,07	460 ± 29
5382	192,24	22,96 ± 0,49	14,18 ± 0,317	38,34	320 ± 24
5391	na	25,68 ±	8,54 ±	52,13	160 ±
5401	9,28	22,63 ± 0,39	6,76 ± 0,011	47,59	164 ± 10
5422	na	20,74 ±	7,69 ±	42,39	220 ±
5433	na	24,15 ±	5,63 ±	36,67	120 ±
5451	18,36	24,98 ± 0,79	7,90 ± 0,028	43,15	157 ± 10
5461	38,11	22,36 ± 1,05	8,23 ± 0,036	54,19	207 ± 13
5471	13,56	21,80 ± 0,22	15,35 ± 0,033	43,70	395 ± 25
5472	11,58	23,18 ± 0,41	18,06 ± 0,041	45,64	414 ± 26
5473	13,68	21,56 ± 0,78	16,34 ± 0,043	42,66	434 ± 27
5482	na	22,91 ±	15,88 ±	44,47	380 ±
5483	na	23,34 ±	16,70 ±	44,21	380 ±
6021	9,09	25,62 ± 0,44	15,45 ± 0,030	55,45	294 ± 18
6041	12,80	26,39 ± 0,60	16,50 ± 0,038	54,90	296 ± 19
6061	26,62	24,59 ± 0,88	14,44 ± 0,060	50,36	295 ± 19
6072	18,50	23,20 ± 1,29	14,62 ± 0,011	43,94	340 ± 22
6092	117,53	22,44 ± 0,20	16,65 ± 0,077	46,78	410 ± 26
6101	54,40	25,20 ± 0,74	13,64 ± 0,086	53,78	267 ± 17
6112	18,17	21,76 ± 0,33	17,45 ± 0,012	49,71	450 ± 28
6131	50,14	24,90 ± 0,46	16,66 ± 0,131	44,32	335 ± 22
6142	11,73	23,35 ± 0,52	9,47 ± 0,027	52,16	222 ± 12
6241	7,86	24,50 ± 0,32	21,12 ± 0,026	55,51	440 ± 28
7011	8,66	23,40 ± 0,33	16,75 ± 0,034	50,10	376 ± 21
7031	12,18	23,84 ± 0,48	17,91 ± 0,049	52,02	396 ± 24
7051	23,01	24,18 ± 0,33	18,15 ± 0,088	44,37	380 ± 24
7061	18,35	23,78 ± 0,44	19,90 ± 0,057	47,47	430 ± 27
7071	26,39	25,75 ± 0,55	7,87 ± 0,045	54,28	152 ± 10
7081	26,20	24,41 ± 0,63	8,99 ± 0,050	52,40	180 ± 11
7111	15,16	24,02 ± 0,33	16,91 ± 0,052	50,96	366 ± 23
8082	226,26	24,09 ± 1,77	21,44 ± 0,191	44,07	450 ± 28
8083	31,34	23,27 ± 0,15	19,14 ± 0,024	53,17	440 ± 28
8091	11,96	22,63 ± 0,40	18,37 ± 0,048	46,79	440 ± 26
8111	25,48	22,02 ± 0,57	16,88 ± 0,068	56,55	430 ± 27
8121	142,52	22,41 ± 0,19	18,01 ± 0,101	55,75	440 ± 28
8131	9,31	22,45 ± 0,72	17,94 ± 0,030	46,40	444 ± 28
8132	10,01	23,24 ± 0,43	18,59 ± 0,038	53,94	429 ± 27
8141	8,10	22,09 ± 0,30	16,62 ± 0,031	44,65	415 ± 22
9012	17,53	23,32 ± 0,06	17,41 ± 0,048	49,78	400 ± 25

Lote	Error Muestreo (%)	Parámetros silviculturales del lote			
		d (cm)	g (m <sup>2</sup> )	Calidad (%)	N (arb/ha)
9051	18,44	23,74 ± 0,54	16,90 ± 0,056	51,28	376 ± 24
9071	11,83	23,73 ± 0,41	17,35 ± 0,037	50,61	384 ± 24
9081	na	23,71 ±	15,35 ±	50,20	340 ±
9091	316,46	23,86 ± 0,83	17,29 ± 0,215	46,70	370 ± 24
9101	8,32	23,98 ± 0,22	19,98 ± 0,030	46,89	432 ± 27
9111	42,72	23,62 ± 0,50	15,62 ± 0,078	47,69	347 ± 22
9131	22,04	21,52 ± 0,33	12,23 ± 0,062	39,00	328 ± 21
13022	50,68	26,67 ± 1,21	4,45 ± 0,041	37,57	76 ± 5
1021	19,45	25,64 ± 0,53	10,92 ± 0,038	52,46	208 ± 13
1031	202,77	24,97 ± 1,17	11,72 ± 0,094	51,28	240 ± 16
1061	na	25,89 ±	13,87 ±	55,90	260 ±
2061	2,02	25,49 ± 0,85	11,79 ± 0,003	53,19	227 ± 14
2071	5,74	26,14 ± 0,75	12,94 ± 0,013	54,92	240 ± 15
2091	38,52	26,26 ± 0,29	15,14 ± 0,068	55,29	274 ± 17
3081	10,15	11,24 ± 0,31	3,05 ± 0,008	48,32	282 ± 16
3092	17,14	5,02 ± 0,16	0,82 ± 0,003	50,32	385 ± 22
4001	31,79	4,08 ± 0,19	0,52 ± 0,004	48,79	365 ± 22
4011	na	21,30 ±	15,36 ±	52,81	420 ±
4111	35,08	24,54 ± 0,63	11,78 ± 0,065	54,21	245 ± 16
4161	47,81	25,08 ± 0,82	15,55 ± 0,086	52,12	307 ± 19
4221	na	22,76 ±	17,56 ±	49,02	420 ±
4223	na	22,60 ±	18,70 ±	52,55	460 ±
4251	59,91	23,11 ± 1,12	16,35 ± 0,039	54,52	380 ± 24
4262	na	20,41 ±	14,50 ±	46,70	420 ±
4271	na	22,23 ±	8,37 ±	53,79	210 ±
4272	na	20,01 ±	11,73 ±	52,35	360 ±
4292	na	21,45 ±	14,84 ±	45,05	400 ±
4301	110,92	22,34 ± 0,32	15,25 ± 0,133	55,89	375 ± 24
4332	1,49	22,78 ± 2,23	7,58 ± 0,001	54,56	185 ± 12
4333	na	25,05 ±	21,84 ±	62,50	440 ±
5001	32,90	6,55 ± 0,39	1,55 ± 0,011	52,11	425 ± 27
5021	39,44	26,21 ± 1,99	13,93 ± 0,064	53,51	260 ± 17
5022	na	21,46 ±	14,91 ±	55,67	400 ±
5081	3,70	27,35 ± 0,03	18,01 ± 0,003	52,72	300 ± 19
5171	7,30	25,76 ± 0,27	15,96 ± 0,014	51,96	300 ± 19
5191	249,81	26,36 ± 1,06	15,16 ± 0,149	51,74	270 ± 17
5231	13,64	26,56 ± 0,49	16,01 ± 0,034	46,70	285 ± 18
5241	13,50	25,03 ± 1,29	13,87 ± 0,022	55,04	280 ± 18
5262	14,02	26,22 ± 0,39	7,28 ± 0,022	55,37	133 ± 8
5291	41,32	26,13 ± 1,50	14,66 ± 0,070	54,04	267 ± 17
5313	na	22,59 ±	17,21 ±	48,54	420 ±
5321	na	24,04 ±	8,42 ±	50,93	180 ±

Lote	Error Muestreo (%)	Parámetros silviculturales del lote			
		d (cm)	g (m <sup>2</sup> )	Calidad (%)	N (arb/ha)
5332	232,15	22,40 ± 0,32	16,34 ± 0,149	49,22	400 ± 26
5351	80,97	27,00 ± 0,97	13,22 ± 0,042	56,34	230 ± 15
5411	16,92	22,73 ± 0,71	6,83 ± 0,021	44,62	164 ± 10
5421	23,59	23,66 ± 0,53	6,77 ± 0,029	48,50	152 ± 10
5431	5,77	23,78 ± 0,45	6,92 ± 0,005	48,71	154 ± 10
5432	na	22,90 ±	6,63 ±	45,42	160 ±
5441	14,71	23,89 ± 0,47	7,02 ± 0,020	55,44	154 ± 10
5442	312,39	24,67 ± 1,16	9,38 ± 0,115	56,29	190 ± 12
5481	na	23,35 ±	19,17 ±	51,52	440 ±
5484	na	19,90 ±	14,63 ±	49,20	460 ±
6011	na	27,60 ±	18,15 ±	58,89	300 ±
6031	3,20	24,07 ± 0,27	13,28 ± 0,005	50,22	287 ± 18
6051	8,97	24,53 ± 0,38	14,68 ± 0,015	51,86	307 ± 19
6052	90,26	25,77 ± 0,08	14,83 ± 0,053	53,11	280 ± 18
6071	4,08	26,31 ± 0,20	16,51 ± 0,012	48,83	300 ± 19
6081	8,56	25,66 ± 0,33	15,82 ± 0,026	47,93	300 ± 19
6091	237,41	23,52 ± 0,22	15,97 ± 0,149	47,30	360 ± 23
6111	12,18	25,96 ± 0,51	16,11 ± 0,031	54,71	300 ± 19
6121	24,36	24,30 ± 0,21	14,86 ± 0,042	43,81	314 ± 20
7001	22,95	5,90 ± 0,22	1,21 ± 0,006	56,35	413 ± 26
7021	49,24	24,38 ± 0,56	16,92 ± 0,097	44,77	354 ± 22
7022	na	24,23 ±	21,65 ±	52,93	460 ±
7041	21,17	23,66 ± 0,54	18,91 ± 0,063	51,29	420 ± 26
7052	159,68	22,93 ± 1,43	17,19 ± 0,108	44,80	420 ± 27
7073	na	21,97 ±	17,28 ±	48,61	440 ±
8081	19,07	23,30 ± 0,31	18,50 ± 0,041	44,38	427 ± 27
8101	25,12	23,81 ± 0,78	19,56 ± 0,077	53,95	430 ± 27
9001	50,07	5,05 ± 0,41	0,94 ± 0,009	49,27	410 ± 26
9061	107,18	23,55 ± 1,98	18,13 ± 0,076	39,96	410 ± 26
9121	5,20	21,86 ± 0,08	17,51 ± 0,004	45,73	460 ± 29

na: No Aplica, aparece en lotes que poseen sólo 1 parcela, por lo que no se puede calcular ni el Error de Muestreo, ni los límites de confianza de los parámetros silviculturales.

Anexo 2: Composición de las Unidades de Inventario según rodales afines.

UI1	UI3	UI5	UI7	UI9	UI12	UI12 cont.	UI14	UI17	UI21	UI25
4041	4051	4011	5191	5261	4321	5482	4361	5381	3091	3111
1021	4061	4021	5201	5262	8081	5483	5284	5382	<b>UI22</b>	3101
1031	4171	4031	5231	5312	8082	5484	5332	7052	6141	4422
1051	4191	4071	5241	5321	8083	4311	6142	9121	6151	13011
1061	4201	4081	5251	<b>UI10</b>	8091	4351	6241	5492	6161	13031
1071	4211	4091	5271	7111	8101	4352	4371	5493	6171	13041
2081	5011	4101	5281	5331	8111	5272	4381	6032	6173	13042
2101	5021	4111	5282	6051	8121	6102	5242	6062	6181	13051
2131	5022	4121	5291	6052	8131	6122	5292	6073	6183	13052
2041	5031	4131	5301	6061	8132	9041	5314	6113	6191	13053
2051	5051	4141	5302	6071	4224	4341	6063	6132	6193	13054
2071	5061	4152	5341	6081	4333	<b>UI13</b>	<b>UI15</b>	7012	6202	13055
2091	5071	4161	5351	6091	5313		3054	7072	<b>UI23</b>	13056
2011	5081	4072	6011	6101	6072	4102	4082	7091	13061	13057
2021	5141	4181	6021	6111	6092	4222	3072	7112	4411	<b>UI26</b>
2031	5161	<b>UI6</b>	6031	6121	6112	4253	3042	9022	4421	4002
2061	5171	3041	6041	6131	7011	4262	3053	5386	<b>UI24</b>	5002
1041	5181	3043	5211	7061	7021	4272	4132	5453	4001	6211
2151	4062	3071	5221	7092	7022	4282	4151	5491	5001	1001
2111	5091		5371	<b>UI11</b>	7031	4292	4303	7082	7001	2001
2141	5131		5311	7081	7041	4293	4312	7115	9001	<b>UI27</b>
<b>UI2</b>	5151		<b>UI8</b>	5391	7051	5422	4342	<b>UI18</b>	3092	13022
3011	<b>UI4</b>		4221	5401	7073	5433	5263	8041		13023
3021	3051		4223	5411	9012	4271	5315	9131		
3031	3052		4231	5421	9051	4301	3044	1081		
8011	3061		4232	5431	9061	4313	<b>UI16</b>	2161		
8012			4241	5432	9071	4343	8141	6911		
8013			4251	5441	9081	5443		7114		
8021			4252	5442	9091	7083		5383		
8031			4261	5451	9101	4332		4233		
			4281	5461	9111	4331		<b>UI19</b>		
			4225	7071	5471			4402		
			4273		5472			4401		
			4291		5473			<b>UI20</b>		
			6022		5481			3081		