



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA INGENIERÍA FORESTAL

Proyecto de investigación previo a la
obtención del título de Ingeniera Forestal

Título del proyecto de investigación:

**“DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO Y FORMA DE PARCELAS DE MUESTREO
PARA INVENTARIO FORESTAL EN PLANTACIONES DE *Tectona grandis* L.F.
(Teca) EN EL RECINTO PAVÓN, CANTÓN QUEVEDO, PROVINCIA LOS RIOS”**

Autora:

Vidal Herrera María Gabriela

Director del proyecto de investigación:

Ing. For. M.Sc. Darwin Marcos Salvatierra Pilozo

Quevedo-Los Ríos-Ecuador

2017

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **María Gabriela Vidal Herrera**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; el cual no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La **Universidad Técnica Estatal de Quevedo**, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

María Gabriela Vidal Herrera
C.I. 092840583-6

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

El suscrito, Ing. For, Darwin Salvatierra Pilozo M.Sc., Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el Egresada María Gabriela Vidal Herrera, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**Determinación del tamaño y forma de parcelas de muestreo para inventario forestal en plantaciones de *Tectona grandis* L.F. (teca) en el recinto Pavón, cantón Quevedo, provincia Los Ríos**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Forestal, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. For. MSc. Darwin Salvatierra Pilozo

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO Y FORMA DE PARCELAS DE MUESTREO PARA INVENTARIO FORESTAL EN PLANTACIONES DE *Tectona grandis* L.F. (TECA) EN EL RECINTO PAVÓN, CANTÓN QUEVEDO, PROVINCIA LOS RIOS”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Forestal.

APROBADO POR:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. José Luis Muñoz

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Guillermo Law Blanco

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Renato Baque Mite

QUEVEDO – ECUADOR

2017

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mis padres Leonor y Fausto y demás familiares quienes me brindaron su apoyo desde el primer día en que inicie, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo a mi madre por ser un excelente ejemplo a seguir.

A mi Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

A la Facultad de Ciencias Ambientales.

A la Carrera de Ingeniería Forestal.

Agradezco a cada uno de mis docentes que impartieron sus conocimientos, saberes y principios de docente a estudiante a lo largo de mi carrera universitaria, demostrando disciplina, honestidad y responsabilidad en cada una de sus cátedras compartidas.

A la persona que sin lugar a dudas, se merece todo mi reconocimiento y agradecimiento, mi director de tesis, el Ing. Darwin Salvatierra, quien ha sido capaz de ganarse mi lealtad y admiración, por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, experiencias, paciencia y motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

También me gustaría agradecer al Ing. Herminio Paredes por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento, gracias por su paciencia, apoyo y colaboración que permitieron la realización del presente trabajo de investigación, ha sido un privilegio poder contar con su guía y ayuda.

DEDICATORIA

Dedico mi tesis a mis padres pilares fundamentales en mi vida, con mucho amor y cariño, les dedico todo mi esfuerzo, en reconocimiento a todo el sacrificio puesto para que yo pueda estudiar, se merecen esto y mucho más.

A mis hermanos por ser parte importante de mi vida, sobre todo a ti querido hermano Robert gracias por creer en mí, por estar presente no tan sólo en esta etapa tan importante de mi vida si no en todo momento ofreciéndome todo de ti y buscando siempre lo mejor para mí, a ustedes por llenar mi vida de alegría y amor cuando más lo he necesitado.

A Oscar, por ser parte muy importante de mi vida, por haberme apoyado en las buenas y en las malas, la ayuda que me has brindado ha sido sumamente importante, estuviste a mi lado inclusive en los momentos y situaciones más tormentosas, me ayudaste hasta donde te era posible, incluso más que eso; sobre todo por tu paciencia y amor incondicional.

A mis amigos Arianna, María, Ximena, Christopher, Doris y German, por confiar y creer en mí, por hacer de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidaré, gracias al compañerismo, amistad y apoyo moral han aportado en un alto porcentaje a mis ganas de seguir adelante en mi carrera profesional.

A todos los que de una u otra manera estuvieron pendientes de mi trabajo para darme apoyo y ánimo para iniciar y culminar esta investigación.

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación tuvo como objetivo principal determinar el tamaño y forma de parcelas de muestreo para inventario forestal en plantaciones de *Tectona grandis* L.F. (Teca), además se zonificó el área efectiva de la plantación para dividir las en lotes e instalar los tipos de muestreo, se evaluó las variables dasométricas de los tipos de tamaño y forma de muestreo y se determinó qué tipo de muestreo se ajusta al censo total. La plantación se encuentra ubicada en la finca “Hnos. Mendoza”, en el recinto Pavón de la parroquia San Carlos, kilómetro 13,5 de la vía Quevedo-San Carlos; donde se registraron los datos de la plantación con la ayuda de un GPS, cinta diamétrica, hipsómetro de Sunnto.

El terreno tiene un total de 11,98 ha; la metodología consistió en dividir la plantación en 6 lotes, en cada lote se instalaron 9 unidades de muestreo de diferente tamaño y forma; de 500 m², 750 m², y 1000 m²; las formas geométricas: circular, cuadrada y rectangular. Los resultados muestran que la unidad de muestreo circular de 500 m² es el tamaño y forma que mejor se ajusta al censo total con un margen de error 4,97% menor a lo admitido en la norma forestal de 5% para plantaciones forestales.

Palabras claves: determinación, tamaño y forma.

ABSTRACT

The present research had as main objective to determine the size and form of sampling plots for forest inventory in plantations of *Tectona grandis* L.F. (Teca). In addition, the effective area of the plantation was zoned to divide them into lots and install the types of sampling, the dasometric variables of the sample size and shape types were evaluated and the type of sampling was determined according to the total census. The plantation is located in the farm "Hnos. Mendoza ", in the Pavón precinct of the parish San Carlos, kilometer 13,5 of the route Quevedo-San Carlos; Where the data of the plantation were registered with the aid of a GPS, diametric tape, Sunnto hypsometer.

The land has a total of 11.98 ha; The methodology consisted in dividing the plantation into 6 lots, in each lot were installed 9 sampling units of different size and shape; The sizes were 500 m², 750 m², and 1000 m²; The geometric forms: circular square and rectangular. The results show that the circular sampling unit of 500 m² is the size and shape that best fits the total census with a margin of error 4.97% lower than that allowed in the forest standard of 5% for forest plantations.

Keywords: determination, size and shape.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINAS
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA	vi
RESUMEN EJECUTIVO.....	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	2
1.1. Problematización de la investigación	3
1.1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.1.2. Diagnóstico del problema.....	3
1.1.3. Pronóstico	3
1.1.4. Formulación del problema.....	4
1.1.5. Sistematización del problema	4
1.2. Objetivos.....	4
1.2.1. General	4
1.2.2. Específicos	4
1.3. Justificación.....	5
CAPÍTULO II.....	6
2.1. Marco conceptual.....	7
2.1.1. Plantación forestal.....	7
2.1.2. Manejo forestal.....	7
2.1.3. Tipos de muestreo.....	7
2.1.4. Formas de las parcelas de muestreo	8
2.1.5. Tamaño de las unidades de muestreo	9
2.1.6. Distribución de la muestra	9
2.1.7. Muestreo selectivo	9
2.1.8. Muestreo aleatorio.....	10
2.1.9. Muestreo sistemático.....	10
2.1.10. Intensidad de muestreo	11
2.1.11. Inventario forestal.....	11
2.1.12. Descripción taxonómica de <i>Tectona grandis</i> L.F. (Teca)	12

2.1.13. Descripción botánica	12
2.2. Marco referencial.....	13
CAPÍTULO III	15
3.1. Métodos.....	16
3.1.1. Localización.....	16
3.1.2. Diseño y tipo de la investigación.....	16
3.1.3. Materiales de campo.....	16
3.1.4. Materiales de oficina	17
3.2. Metodología	17
3.2.1. Reconocimiento del terreno	17
3.2.2. Instalación de las parcelas de muestreo en campo	17
3.2.3. Registro de árboles y datos	19
CAPÍTULO IV.....	20
4.1. Resultados.....	21
4.1.1. Zonificación del área efectiva de la plantación, dividida en lotes e instalación de parcelas	21
4.1.2. Evaluación de las variables dasométricas de los tipos de tamaño y forma de muestreo	22
4.1.3. Determinación del tipo de muestreo que se ajusta al censo total.....	38
4.2. Discusión	39
CAPÍTULO V	40
5.1. Conclusiones	41
5.2. Recomendaciones	42
CAPÍTULO VI.....	43
6.1. Literatura citada	44
CAPÍTULO VII.....	46
7.1. Anexos	47

INDICE DE CUADROS

1. Tamaños y formas de parcelas de muestreo	18
2. Análisis de varianza número de plantas (valor estimado)	22
3. Análisis de varianza número de plantas	24
4. Análisis de varianza diámetro 1,30 m	26
5. Análisis de varianza altura comercial (Hc)	28
6. Análisis de varianza área basal	30
7. Análisis de varianza área basal	32
8. Análisis de varianza volumen m³	34
9. Análisis de varianza volumen m³	36
10. Promedio de volúmenes por tipo de forma y tamaño de unidades de muestreo ...	38
11. Volumen del censo total y porcentaje de error de unidad de muestreo circular de 500 m³	38

INDICE DE FIGURAS

1. Mapa levantamiento planimétrico de la plantación de <i>T. grandis</i> en la Finca "Hnos. Mendoza"	21
2. Análisis de varianza entre lote, forma, tamaño y forma-tamaño para número de plantas estimadas.....	23
3. Análisis de varianza de lote, forma, tamaño y forma-tamaño para número de plantas.....	25
4. Análisis de varianza de lote, forma, tamaño y forma-tamaño para DAP	27
5. Análisis de varianza de lote, forma, tamaño y forma-tamaño de altura comercial	29
6. Análisis de varianza de lote, forma, tamaño y forma-tamaño de área basal estimada	31
7. Analisis de varianza de lote, forma, tamaño y forma-tamaño de área basal	33
8. Análisis de varianza de lote, forma, tamaño y forma-tamaño de volumen estimado	35
9. Análisis de varianza de lote, forma, tamaño y forma-tamaño de volumen.....	37

INDICE DE ANEXOS

1. Análisis de varianza para número de plantas reales	47
2. Prueba de tukey para la variable lote	47
3. Prueba de tukey para la variable forma.....	47
4. Prueba de tukey para la variable tamaño	47
5. Prueba de tukey para la variable forma-tamaño	48
6. Análisis de varianza para número de plantas estimadas	48
7. Prueba de tukey para la variable lote.....	48
8. Prueba de tukey para la variable forma.....	49
9. Prueba de tukey para la variable tamaño	49
10. Prueba de tukey para la variable forma-tamaño	49
11. Análisis de varianza para número de diámetro 1,30m.....	49
12. Prueba de tukey para la variable lote.....	50
13. Prueba de tukey para la variable forma.....	50
14. Prueba de tukey para la variable tamaño	50
15. Prueba de tukey para la variable forma-tamaño	50
16. Análisis de varianza para altura comercial.....	51
17. Prueba de tukey para la variable lote.....	51
18. Prueba de tukey para la variable forma.....	51
19. Prueba de tukey para la variable tamaño	51
20. Prueba de tukey para la variable forma-tamaño	52
21. Análisis de varianza para área basal	52
22. Prueba de tukey para la variable lote.....	52
23. Prueba de tukey para la variable forma.....	53
24. Prueba de tukey para la variable tamaño	53
25. Prueba de tukey para la variable forma-tamaño	53
26. Análisis de varianza para área basal estimada	53
27. Prueba de tukey para la variable lote.....	54
28. Prueba de tukey para la variable forma.....	54
29. Prueba de tukey para la variable tamaño	54
30. Prueba de tukey para la variable forma-tamaño	54
31. Análisis de varianza para volumen	55
32. Prueba de tukey para la variable lote.....	55

33. Prueba de tukey para la variable forma.....	55
34. Prueba de tukey para la variable tamaño	55
35. Prueba de tukey para la variable forma-tamaño	56
36. Análisis de varianza para volumen estimado.....	56
37. Prueba de tukey para la variable lote.....	56
38. Prueba de tukey para la variable forma.....	57
39. Prueba de tukey para la variable tamaño	57
40. Prueba de tukey para la variable forma-tamaño	57

Código Dublín

Título:	“Determinación del tamaño y forma de parcelas de muestreo para inventario forestal en plantaciones de <i>Tectona grandis</i> L.F. (teca) en el recinto Pavón, cantón Quevedo, provincia Los Ríos”			
Autor:	Vidal Herrera María Gabriela			
Palabras claves:	Determinación	Tamaño	Forma	<i>T. grandis</i>
Fecha de publicación:				
Editorial:	FACAMB; Carrera de Ingeniería Forestal; Vidal Herrera María Gabriela			
Resumen: (hasta 300 palabras)	<p>La presente investigación tuvo como objetivo principal determinar el tamaño y forma de parcelas de muestreo para inventario forestal en plantaciones de <i>Tectona grandis</i> L.F. (Teca), además se zonificó el área efectiva de la plantación para dividir las en lotes e instalar los tipos de muestreo, se evaluó las variables dasométricas de los tipos de tamaño y forma de muestreo y se determinó qué tipo de muestreo se ajusta al censo total. La plantación se encuentra ubicada en la finca “Hnos. Mendoza”, en el recinto Pavón de la parroquia San Carlos, kilómetro 13,5 de la vía Quevedo-San Carlos; donde se registraron los datos de la plantación con la ayuda de un GPS, cinta diamétrica, hipsómetro de Sunnto. El terreno tiene un total de 11,98 ha; la metodología consistió en dividir la plantación en 6 lotes, en cada lote se instalaron 9 unidades de muestreo de diferente tamaño y forma; de 500 m², 750 m², y 1000 m²; las formas geométricas: circular, cuadrada y rectangular. Los resultados muestran que la unidad de muestreo circular de 500 m² es el tamaño y forma que mejor se ajusta al censo total con un margen de error 4,97% menor a lo admitido en la norma forestal de 5% para plantaciones forestales.</p>			
Descripción:	57 Hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM			
URI:				

INTRODUCCIÓN

El Ecuador gracias a su ubicación geográfica posee un clima favorable y ventajoso para la reforestación, generando un enorme potencial forestal, que no ha sido aprovechado apropiadamente; el fomento a las plantaciones forestales comerciales, es un sector muy dinámico a nivel mundial (1).

El Ecuador es un país que posee una diversidad de regiones aptas para el desarrollo de plantaciones forestales, provisto de una gran gama de recursos naturales, suelos muy fértiles, condiciones agroecológicas apropiadas, tiene ventajas competitivas y climáticas, aun así el sector forestal no ha sido aprovechado en una forma eficiente, siendo este uno de los sectores productivos con mayor potencial de desarrollo y crecimiento (2).

La teca es un árbol caducifolio de tamaño grande, natural del sudeste de Asia, en donde alcanza 45 m de altura y desarrolla un tronco con contrafuertes al llegar a la madurez. La Teca, fuente de una de las maderas tropicales más valiosas y mejor conocidas, ha sido plantada extensamente para la producción de madera para la construcción naviera, muebles y carpintería en general (3).

En los inventarios forestales, no existe una definición de población perfecta. El problema clave en las aplicaciones básicas de un muestreo forestal es definir de una forma precisa las fronteras geográficas de la población objetivo, como pueden ser los terrenos, ya sean forestales o no forestales. La configuración de la parcela viene definida por el tamaño y la forma y determina las variables que se van a medir en cada ubicación de la parcela de muestra (4).

Las plantaciones pequeñas, los lotes pequeños dentro de fincas y los sistemas agroforestales, generan un problema de muestreo débilmente atendido dentro del esquema del inventario forestal tradicional. Por tanto, la unidad muestral debe ser redefinida, de modo que permita capturar información representativa de la masa forestal, a bajo costo y con un error de muestreo bajo (5).

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problematización de la investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

La falta de investigación sobre el tamaño y forma de muestreo que se aplica a los inventarios forestales para obtener información de rendimiento volumétrico y características morfológicas y fenológica en plantaciones forestales son muy escasas, no se conoce que tipo de parcelas se deben aplicar para estos estudios.

Los inventarios forestales están basados en muestreo porque es la técnica más apropiada para obtener los parámetros de las poblaciones, debido a que las plantaciones forestales son por lo general extensas y de difícil acceso.

1.1.2. Diagnóstico del problema

No existe un tamaño y tipo de parcela estándar para los muestreos de los inventarios forestales en plantaciones de *Tectona grandis* L.F. (Teca), además el desconocimiento de aplicación de parámetros de valoración, podría afectar en su eficiencia para la estimación y medición de las variables dasométricas.

1.1.3. Pronóstico

El correcto uso de tamaño y forma de parcelas podría ser manejado adecuadamente obteniendo información sobre la cantidad y calidad de una plantación al momento de ejecutar un inventario forestal.

De acuerdo al terreno se debe de aplicar tipos de parcelas y formas que permitan evaluar y registrar los arboles con mayor facilidad y ahorrar mayor tiempo en las tareas de campo, determinar una forma y tipo que facilite la realización del inventario forestal.

1.1.4. Formulación del problema

¿Qué técnica de muestreo es la más recomendable para la aplicación de un inventario forestal?

1.1.5. Sistematización del problema

¿Cuál es el área efectiva de la plantación de teca, para determinar volúmenes por lotes, unidades de muestreos y totales?

¿Qué tamaño y forma de muestreo es la más idónea para el inventario forestal?

1.2. Objetivos

1.2.1. General

Determinar el tamaño y forma de parcelas de muestreo para inventario forestal en plantaciones de *Tectona grandis* L.F. (Teca) en el recinto Pavón, cantón Quevedo, provincia Los Ríos.

1.2.2. Específicos

- Zonificar el área efectiva de la plantación para dividir las en lotes e instalar los tipos de muestreo.
- Evaluar las variables dasométricas de tamaño y forma de muestreo.
- Determinar qué tipo de muestreo se ajusta al censo total.

1.3. Justificación

Esta investigación pretende mejorar el conocimiento del tipo de muestreo idóneo al momento de realizar un inventario forestal. Por lo cual, se planteó en el siguiente estudio evaluar las variables dasométricas obtenidas de parcelas de muestreo establecidas en campo, de tamaños y formas variables.

Las plantaciones de *T. grandis* L.F. son extensas y numerosas debido a los múltiples usos que posee su madera, por lo que éstas deben tener una adecuada evaluación del tamaño y forma de parcelas de muestreo. En cuanto a tamaño se considerará parcelas con áreas de: 500 m², 750 m² y 1000 m²; y en cuanto a forma geométrica: circular, cuadrada y rectangular, que posteriormente, se podrá conocer cuál es el tamaño y forma de parcelas más idóneo para la realización de un inventario forestal.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Plantación forestal

Una plantación forestal consiste en el establecimiento de árboles que conforman una masa boscosa y que tiene un diseño, tamaño y especies definidas para cumplir objetivos específicos como plantación productiva, fuente energética, protección de zonas agrícolas, protección de espejos de agua, corrección de problemas de erosión, plantaciones silvopastoriles, entre otras (6).

2.1.2. Manejo forestal

El manejo forestal es un instrumento de gestión forestal resultante de un proceso de planificación racional basado en la evaluación de las características y el potencial forestal del área a utilizarse, elaborado de acuerdo a las normas y prescripciones de protección y sostenibilidad. Se trata del uso responsable del bosque, las actividades y prácticas aplicables para el rendimiento sostenible, la reposición mejoramiento cualitativo y cuantitativo de los recursos y el mantenimiento del equilibrio del ecosistema. El manejo es promover y realizar el uso sostenible del bosque natural a través de una planificación adecuada que garantice la sostenibilidad del recurso forestal (7).

2.1.3. Tipos de muestreo

La configuración de la parcela viene definida por el tamaño y la forma y determina las variables que se van a medir en cada ubicación de la parcela de muestra. En la elección de configuraciones de parcela se incluyen las parcelas de área variable, las parcelas de área fija, las subdivisiones de parcelas en subparcelas y las parcelas agrupadas, cuyos tamaños y formas deben tenerse en consideración (4).

El muestreo consiste en establecer parcelas de dimensiones y forma fija en las plantaciones a estudiar, entre las diferentes formas que se utilizan se pueden mencionar: cuadradas, rectangulares y circulares. Inicialmente se debe decidir la forma a utilizar en el muestreo. Con respecto a que forma y tamaño de parcela es mejor, eso depende del propósito del

muestreo, de la composición y tamaño del sitio a estudiar, así como también de los recursos con los que se disponga (4).

2.1.4. Formas de las parcelas de muestreo

Es el lugar físico o parcela, establecida convenientemente en el área de estudio y donde se miden las variables previamente definidas. Esta debe ser representativa del sector las cuales deben estar distribuidas en el área de interés de acuerdo al diseño establecido (8).

❖ Parcelas circulares

Las parcelas circulares son las más utilizadas en plantaciones, dado que su establecimiento es muy fácil ya que solo se requiere fijar un punto y ver cuales arboles queda dentro del círculo. En inventarios en bosques naturales latifoliados, debido a su alta heterogeneidad, siempre es recomendable establecer parcelas largas y angostas para cubrir una mayor área de terreno. La decisión de la forma ideal de la unidad muestral debe basarse en lograr máxima eficiencia y minimizar el sesgo. No obstante, no se recomienda utilizar parcelas circulares ni cuadradas debido a que demandan un mayor tiempo para su levantamiento (9).

❖ Parcelas rectangulares y cuadradas

Las parcelas rectangulares y cuadradas se emplean corrientemente en inventarios de bosque naturales, las parcelas se delimitan con igual dimensiones tanto en largo como en el ancho. En las parcelas rectangulares el ancho de las fajas corresponde a una distancia que permita comprobar fácilmente la situación de árboles en el límite, aun en condiciones de visibilidad muy adversas. El ancho de las fajas varía en general entre 5 y 20 metros, mientras que su longitud puede variar entre 50 y varias centenas de metros. Las fajas permiten delimitar con facilidad, unidades de gran magnitud, a la vez captan una alta proporción de la variabilidad del bosque (10).

2.1.5. Tamaño de las unidades de muestreo

El tamaño de la muestra se refiere al área total por inventariar, expresado en número de parcelas de un tamaño definido. De la fórmula del error del muestreo se desprende que el tamaño de la muestra está en función de la variabilidad del bosque (CV%) y del error requerido. Pero llega un momento en que, a pesar de que aumente el número de parcelas, el error no disminuye en la misma proporción. En términos generales, el tamaño de la muestra es decir, el número de unidades experimentales que queremos evaluar o medir campo, se puede calcular en función del máximo error de muestreo requerido o en relación con una intensidad de muestreo establecida (9).

2.1.6. Distribución de la muestra

La representatividad de la muestra es fundamental para lograr resultados fidedignos. Una muestra pequeña bien distribuida es mucho más eficiente que muestras de gran tamaño mal distribuidas. Las formulas estadísticas parten del hecho de que las muestras son representativas, lo cual se logra con una buena distribución. La selección de las unidades de muestreo que serán parte de la muestra puede ser selectiva, aleatoria o sistemática. Cada sistema de muestreo posee ventajas y desventajas. Las cuales deben analizarse en cada paso en particular, con el propósito de determinar cuál alternativa permite recolectar la información requerida al menor costo y la precisión deseada (9).

2.1.7. Muestreo selectivo

En los inventarios forestales la selectividad de la muestra es poco frecuente, pero puede darse el caso de que el bosque tenga una forma muy irregular, por lo que se hace necesario escoger las unidades de muestreos que según el criterio del profesional son representativas de la población. El profesional puede seleccionar unidades de muestreo promedio de la población, o bien aquellas que representan los extremos (9).

El muestreo selectivo es subjetivo, pero es muy eficiente cuando se desea conocer rápidamente la población, su posición y el grado de variación, aunque puede generar información sesgada. Lógicamente los estadísticos de precisión generados por el muestreo

selectivo, aunque se pueden calcular utilizando las fórmulas de un muestreo aleatorio, no tienen validez estadística (9).

2.1.8. Muestreo aleatorio

El método muestreo aleatorio simple es aquél donde el método de selección es tal que, cada uno de los elementos tiene igual probabilidad de presentarse, n/N , o bien que cada muestra posible tiene igual probabilidad de selección (11).

$$1. /C N. n$$

En este muestreo, la probabilidad de selección de cada elemento puede indicarse como (11):

N = número de elementos de la población

n = tamaño de la muestra

$$f = n / N$$

En donde f es la fracción de muestreo (11).

2.1.9. Muestreo sistemático

Este procedimiento exige, como el anterior, numerar todos los elementos de la población, pero en lugar de extraer n números aleatorios sólo se extrae uno. El riesgo en este tipo de muestreo está en los casos en que se dan periodicidades en la población ya que al elegir a los miembros de la muestra con una periodicidad constante (k) podemos introducir una homogeneidad que no se da en la población. Imaginemos que estamos seleccionando una muestra sobre listas de 10 individuos en los que los 5 primeros son varones y los 5 últimos mujeres, si empleamos un muestreo aleatorio sistemático con $k=10$ siempre seleccionaríamos o sólo hombres o sólo mujeres, no podría haber una representación de los dos sexos (10).

2.1.10. Intensidad de muestreo

La relación porcentual entre el tamaño del área muestreada y el área total de la población nos da la intensidad de muestreo, la cual está definida por la siguiente fórmula:

$I = \text{superficie de la muestra} / \text{superficie de la población}$ (9).

2.1.11. Inventario forestal

Un inventario forestal se define como un procedimiento que permite recopilar eficientemente información de área, localización, cantidad, calidad y crecimiento de los recursos maderables de un bosque. Dentro del concepto básico se han definido varios tipos de inventarios clasificados según el método estadístico y según su objetivo. Es decir, un inventario puede ser diseñado considerando el total de la muestra, o bien que se tome una muestra al azar y se considere o no la división de estratos existentes. También se puede muestrear de manera sistemática y cumplir o no con la división de estratos (9).

La clasificación de inventarios según su objetivo considera los siguientes tipos:

- Inventario exploratorio
- Inventario para manejo de bosques naturales
- Inventario para aprovechamiento forestal
- Inventario para manejo forestal

Entonces, el diseño y realización de cualquier inventario, necesariamente debe de incluir al menos uno de los inventarios clasificados según el método estadístico (9).

❖ Inventario forestal o censo forestal al 100%

Este inventario se realiza en el área de una Parcela de Corta Anual (PCA) equivalente a un veinteavo del total del área concesionada, consignadas en la distribución administrativa del Plan General de Manejo Forestal (PGMF) de la concesión. El inventario o censo forestal al 100% es una herramienta de evaluación cuantitativa y cualitativa que da cuenta de las

especies arbóreas de importancia comercial para la empresa concesionaria, representando el potencial total de recursos forestales aprovechables de la PCA, teniendo como referencia los Diámetros Mínimos de Corta (DMC) (12).

2.1.12. Descripción taxonómica de *Tectona grandis* L.F. (Teca)

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Lamiales

Familia: Lamiaceae

Género: *Tectona*

Especie: *grandis*

2.1.13. Descripción botánica

Tectona grandis L. F. es una especie latifoliada que pertenece a la familia Verbenaceae. Es un árbol grande, decíduo, que puede alcanzar más de 50 m de altura y 2 m de diámetro en su lugar de origen. En Costa Rica alcanza alturas superiores a los 35 m en los mejores sitios. (13).

Es un árbol de fuste recto, con corteza áspera y fisurada de 1,2 mm de espesor, de color café claro que desfolia en placas grandes y delgadas. Los árboles generalmente presentan dominancia apical, que se pierde con la madurez o cuando florece a temprana edad, originando una copa más amplia con ramas numerosas (13).

Las hojas son simples, opuestas, de 11 a 85 cm de largo y de 6 a 50 cm de ancho, con pecíolos gruesos. Inflorescencia en panículas terminales de 40 cm hasta 1,0 m de largo. Flores de cáliz campanulado, color amarillo verdoso, de borde dentado, los pétalos se juntan formando un tubo corto, 5 o 6 estambres insertados debajo del tubo de la corola, anteras amarillas, ovadas y oblongas. Estilo blanco amarillento, más o menos pubescente

con pelos ramificados, estigma blanco amarillento bífido, ovario ovado o cónico, densamente pubescente, con cuatro celdas (13).

El fruto es subgloboso, más o menos tetragono, aplanado; exocarpo delgado, algo carnosos cuando fresco y tomentoso; endocarpo grueso, óseo, corrugado con cuatro celdas que encierran generalmente 1 o 2 semillas de 5 mm de largo (13).

La producción de semillas fértiles se presenta entre los 15 y los 20 años, sin embargo, en algunos casos se da una floración temprana entre 5 y 8 años. La floración se da en los meses de junio a septiembre y la producción de frutos al inicio del verano, de febrero a abril (13).

Presenta una raíz pivotante gruesa y larga que puede persistir o desaparecer, pero forma numerosa y fuerte raíces laterales. Las raíces son sensibles a la deficiencia de oxígeno, de ahí que se encuentran a poca profundidad (primeros 30 cm) creciendo en suelos bien drenados (13).

2.2. Marco referencial

González, (2002) realizó en la Microcuenca "La Quebrada", Mpio. de Tomatlán, Las Agujas, Jalisco. La cual sustenta Bosque Tropical Subcaducifolio. De los 357 sitios del inventario forestal de 1999, se seleccionaron 72 sitios de muestreo, los cuáles se agruparon en tres clases de área basal: Baja 0-20 m² /ha, Media 21-40 m² /ha y Alta > 40 m²/ha. Para localizar los sitios ya establecidos se usaron posicionadores geográficos (GPS). Los sitios de muestreo fueron trazados con clinómetro, brújula, distanciómetro láser y una cuerda acotada de 35m de largo. Se levantaron sitios de muestreos rectangulares y circulares (concéntricos) de 1200 m² partiendo de un centro común (14).

Los sitios rectangulares se trazaron de 10m de ancho por 120 de largo, mientras que los circulares tuvieron un radio de 19.54 m. En cada sitio se identificaron los árboles de acuerdo a su nombre común y se midió el diámetro a 1.30 m > 10 cm. En ambos casos se cuantificó el tiempo real de levantamiento de cada sitio. Los datos de campo fueron tomados por un equipo de 4 personas. Los datos levantados permitieron realizar un análisis con diferentes tamaños de sitio para rectangulares y circulares siendo estos de 250 m², 500

m², 750 m², 1 000 m² y 1200 m². El análisis estadístico se realizó tomando como base el área basal calculada para cada sitio de acuerdo a su tamaño y forma. Los resultados obtenidos permiten concluir que los sitios más convenientes, por confiabilidad estadística y costos, son los circulares de 500m² (14).

Machado, *et al.* (2005) realizó el método multiobjetivo de sobrevaloración en Santiago de Cuba, Cuba. PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*), con el objetivo de determinar el tamaño más adecuado de las parcelas de muestreo para el inventario de Bosques Pluviosilvas de Montaña en la región de Baracoa, provincia de Guantánamo. En la formulación del problema fueron introducidos 3 criterios que representan los aspectos relevantes en la selección del tamaño de la parcela y un conjunto de 9 alternativas que representan las posibles elecciones disponibles para el centro decisor. Cada una de estas alternativas es evaluada para cada criterio, dando lugar a una matriz de información con 3 x 9 evaluaciones que representan el resultado alcanzado por cada alternativa o elección en cada uno de los atributos o criterios (15).

Los resultados muestran que la alternativa P5 (500 m²) es el tamaño de parcela que mejor concilia los criterios considerados, corroborando la validez de los métodos de decisión multicriterio discreto, como herramientas útiles, para tomar decisiones en el campo de los inventarios forestales y como base para la ordenación sostenible de los bosques en la región (15).

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Métodos

3.1.1. Localización

La presente investigación se realizó en una plantación forestal de teca de 17 años, ubicada en la finca “Hnos. Mendoza”, la cual está ubicada en el recinto Pavón de la parroquia San Carlos, kilómetro 13,5 de la vía Quevedo-San Carlos, perteneciente al cantón Quevedo, provincia Los Ríos.

3.1.2. Diseño y tipo de la investigación

La investigación fue de tipo experimental, el terreno tiene un total de 11,98 ha, el cual se lo dividió en 6 lotes, cada uno de 1,99 ha y se instalaron unidades de muestreo de forma circular, cuadrada y rectangular, cada forma de 3 distintos tamaños (500 m², 750 m² y 1000 m²), 9 parcelas en cada lote; un total de 54 repeticiones; para un inventario forestal en plantaciones de teca; este es un método científico que se deriva de la observación y se obtiene conclusiones generales a partir de los análisis realizados.

3.1.3. Materiales de campo

- Machete
- Balizas
- Receptor GPS Navegador
- Cinta métrica
- Cinta diamétrica
- Pinturas Spray
- Formulario de campo
- Lápiz
- Piola
- Cámara digital
- Hipsómetro Haga

3.1.4. Materiales de oficina

- Computadora
- Pendrive
- Impresora
- Software (Excel, Word)
- AutoCAD

3.2. Metodología

3.2.1. Reconocimiento del terreno

El levantamiento planimétrico consistió en realizar un recorrido con Sistema de Posicionamiento Global (GPS) por todo el perímetro de la plantación, manteniendo una distancia de 1,50 m entre la plantación y los árboles dentro del predio a levantar, obteniendo de este modo los puntos de referencia los cuales fueron llevados al programa de dibujo AutoCAD 2010; determinando su área efectiva el cual se dividió en 6 lotes.

3.2.2. Instalación de las parcelas de muestreo en campo

Una vez dividido el terreno en 6 lotes se instalaron 9 parcelas de muestreo en cada lote de diferente tamaño y forma. Los tamaños fueron de 500 m², 750 m² y 100 m²; y las formas geométricas: circular, cuadrada y rectangular; dando así un total de 54 unidades de muestreo.

3.2.2.1. Modelación del tamaño y forma de las parcelas de muestreo

Para obtener la ubicación aproximada de las parcelas de muestreo en campo, se simuló su localización estableciendo varios puntos de coordenadas en el plano correspondiente de cada lote, luego se procedió a realizar trazados de la siguiente forma:

❖ Trazo de la parcela circular

El trazo de la parcela circular se realizó considerando el radio de la misma, partiendo de un punto central que correspondió a un árbol escogido por su buen estado fitosanitario.

❖ Trazo de la parcela cuadrada

Para efectuar el trazo de la parcela cuadrada se tomó como referencia la distribución en filas e hileras de los árboles en la plantación para figurar un cuadrado, en los vértices se colocaron estacas para facilitar su localización.

❖ Trazo de la parcela rectangular

Partiendo del mismo principio del trazado de la parcela cuadrada, se tomó como referencia la distribución de la plantación en filas e hileras, pero esta vez, considerando lados de diferentes dimensiones paralelas.

Para facilitar el reconocimiento de las parcelas establecidas se colocó una cinta de calle de color vistoso que representara el borde de cada parcela. En el Cuadro 1 se puede observar las dimensiones de las diferentes parcelas de muestreo en cuanto a su tamaño y forma.

Cuadro 1. Tamaños y formas de parcelas de muestreo

Tamaño parcelas de muestreo (m ²)	Circular		Cuadrada		Rectangular		N° árboles
	Radio (m)	N° árboles	Lado (m)	N° árboles	Ancho (m)	Largo (m)	
500	12,62	24	22,36	34	25,00	20,00	41
750	15,45	21	27,39	30	25,00	30,00	30
1000	17,84	26	31,62	34	25,00	40,00	40

Fuente: Elaboración propia

3.2.3. Registro de árboles y datos

Los árboles inventariados fueron marcados con un número utilizando pintura en spray, por debajo de los 1,30 m desde el suelo. Aquellos árboles que sirvieron como punto centro o de referencia fueron señalados con un código que identifique el tipo de parcela de muestreo instalado. Ejemplo: (L1:P1/CIR).

Para el registro de árboles en parcelas circulares, ya conocido el radio a considerar, se empleó una cinta cuyo extremo fue sujeto al árbol elegido como punto centro dirigida hacia la periferia de la circunferencia en dirección al norte. Luego se recorrió la cinta en sentido horario, de manera que, el primer árbol que tocó la cinta fue el primer registrado y siguiendo este principio se continuó con el registro de los demás árboles hasta cerrar el área de la circunferencia. Se tomó un punto de coordenada en el centro de la circunferencia luego de realizar el registro.

En las parcelas cuadradas y rectangulares se siguió la distribución entre individuos más conveniente (hileras o filas) y en sentido de zigzag se marcó desde el primero hasta el último árbol en esa área. Se tomó puntos de coordenadas en los vértices de cada cuadrado y rectángulo.

Se utilizó un formulario de campo, donde se llevó el registro de la circunferencia a 1,30 m, la altura comercial.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

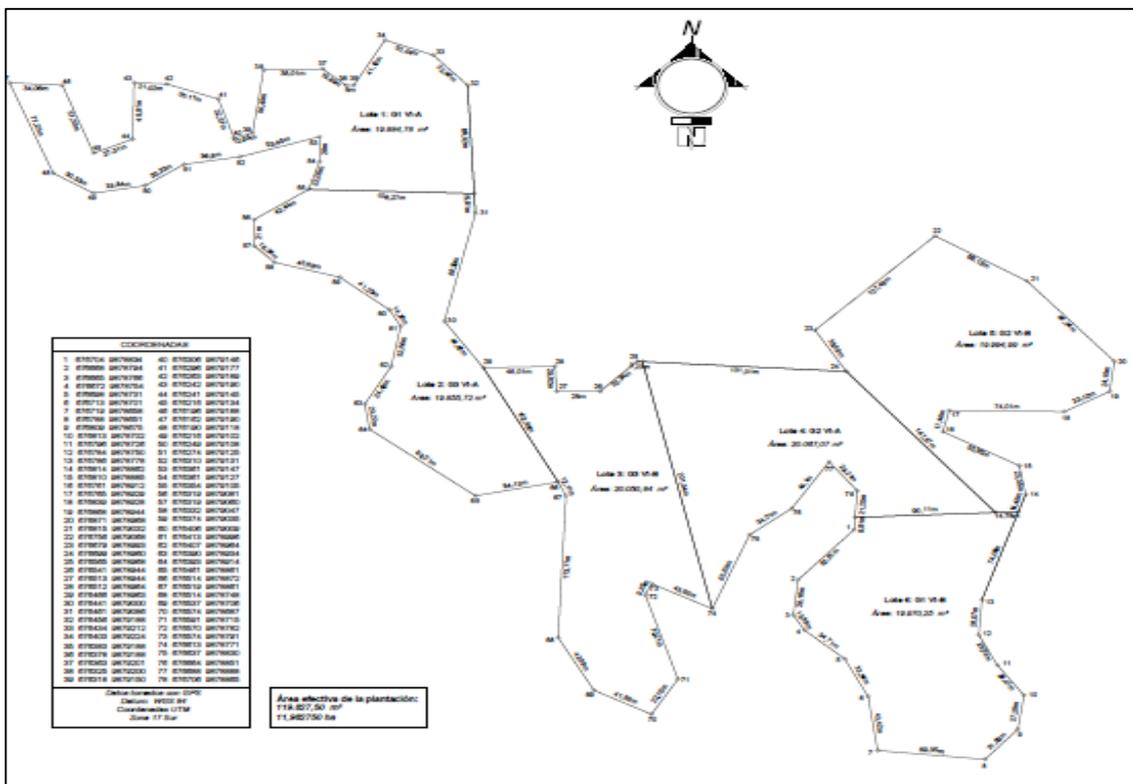
4.1. Resultados

4.1.1. Zonificación del área efectiva de la plantación, dividida en lotes e instalación de parcelas

➤ Superficie de plantación y establecimiento de parcelas

Se registraron 78 coordenadas geográficas UTM en el programa AutoCAD, lo cual permitió elaborar el croquis y así poder conocer la superficie total de la plantación que es de 11.98 ha, del mismo modo la ubicación de las unidades de muestreo establecidas en cada lote.

Figura 1. Mapa levantamiento planimétrico de la plantación de *T. grandis* en la Finca "Hnos. Mendoza"



Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Evaluación de las variables dasométricas de los tipos de tamaño y forma de muestreo

Para el análisis de varianza se aplicó un diseño de bloques completos al azar con arreglo bifactorial (3x3) con nueve combinaciones de tratamientos y seis repeticiones (lotes). Los factores evaluados fueron tamaño de parcela de (500, 750 y 1000 m²).

➤ **Número de plantas (valor estimado)**

Cuadro 2. Análisis de varianza número de plantas (valor estimado)

N° de plantas estimadas				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
N° árboles estimados	54	0,81	0,74	22,68

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	250065007,41	13	19235769,80	12,85	<0,0001
Lote	15383703,70	5	3076740,74	2,06	0,0915
Forma	53184770,37	2	26592385,19	17,76	<0,0001
Tamaño	167677392,59	2	83838696,30	56,00	<0,0001
Form*Tam	13819140,74	4	3454785,19	2,31	0,0747
Error	59881896,30	40	1497047,41		
Total	309946903,70	53			

Fuente: Elaboración propia

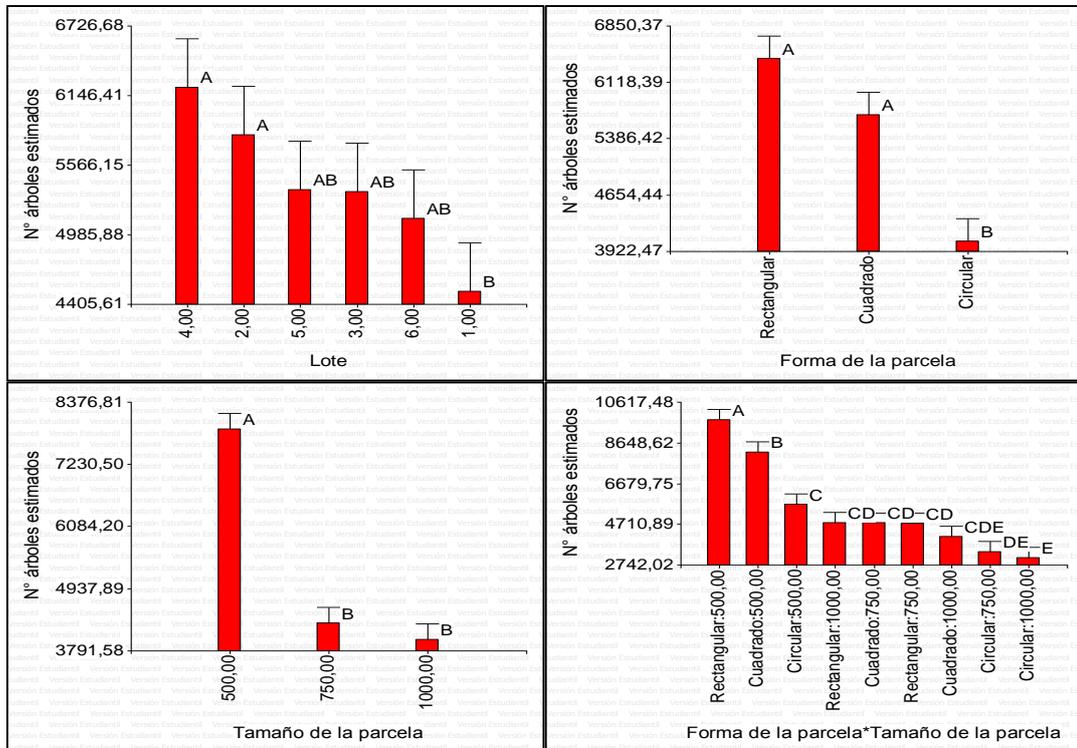
No hay efecto de (diferencias entre) lotes (P-valor= 0,0915) para la variable número de plantas estimadas.

Si hay efecto de (diferencia entre) forma (P-valor= 0,0001) para la variable número de plantas estimadas.

Si hay efecto de (diferencia entre) tamaño (P-valor= 0,0001) para la variable número de plantas estimadas.

No hay interacción (forma*tamaño) (P-valor= 0,0747) para la variable número de plantas estimadas.

Figura 2. Análisis de varianza entre lote, forma, tamaño y forma-tamaño para número de plantas estimadas



Fuente: Elaboración propia

El promedio más alto para la variable número de plantas estimadas, se presentó en el lote 4; mientras que el lote 1 corresponde al promedio más bajo y difiere significativamente de los lotes 2 y 4.

El promedio más alto para la variable de número de plantas estimadas, se presentó en la forma rectangular; sin embargo, no difiere de la forma cuadrada pero si de la circular.

El tamaño 500 m² presentó el mayor promedio; sin embargo, el tamaño 750 m² y 1000 m² son similares, siendo ambas diferentes del tamaño 500 m².

La combinación de parcelas rectangulares por 500 m² presentó el promedio más alto, sin embargo no difiere de la cuadrada de 500 m²; mientras la combinación circular de 1000 m² correspondió al promedio más bajo.

➤ **Número de plantas (Censo real)**

Cuadro 3. Análisis de varianza número de plantas

N° de plantas				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
N° árb. Parc	54	0,54	0,39	25,15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2859,13	13	219,93	3,61	0,0009
Lote	621,65	5	124,33	2,04	0,0931
Forma	1643,81	2	821,91	13,51	<0,0001
Tamaño	462,70	2	231,35	3,80	0,0308
Form*Tam	130,96	4	32,74	0,54	0,7086
Error	2433,85	40	60,85		
Total	5292,98	53			

Fuente: Elaboración propia

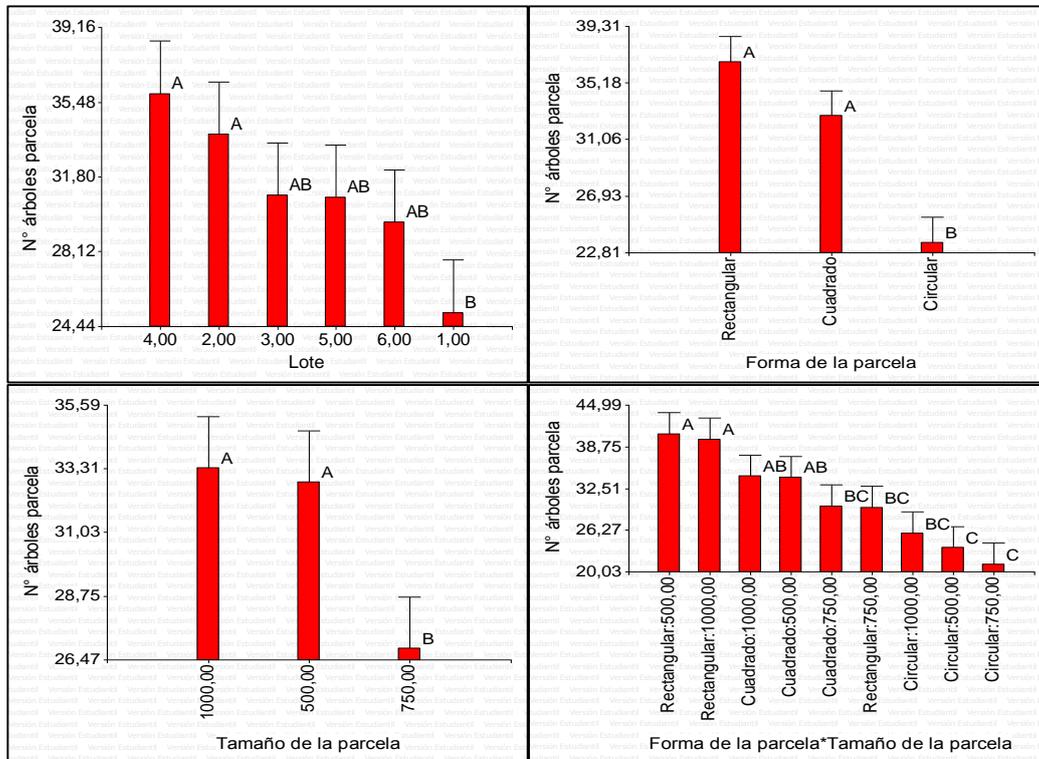
No hay efecto de (diferencias entre) lotes (P-valor= 0,0931) para la variable número de plantas.

Si hay efecto de (diferencia entre) forma (P-valor= 0,0001) para la variable número de plantas.

Si hay efecto de (diferencia entre) tamaño (P-valor= 0,0308) para la variable número de plantas.

No hay interacción (forma*tamaño) (P-valor= 0,7086) para la variable número de plantas.

Figura 3. Análisis de varianza de lote, forma, tamaño y forma-tamaño para número de plantas



Fuente: Elaboración propia

El promedio más alto para la variable número de plantas, se presentó en el lote 4; sin embargo, difiere significativamente del lote 1.

El promedio más alto para la variable de número de plantas, se presentó en la forma rectangular; sin embargo, no difiere de la forma cuadrada pero si de la circular.

El tamaño 1000 m² presentó el mayor promedio siendo similar al tamaño 500 m², pero diferente al tamaño de 750 m².

La combinación de parcelas rectangulares por 500 m² presentó el promedio más alto mientras la combinación de parcelas circulares por 750 m² correspondió al promedio más bajo, el promedio más bajo difiere de la rectangular y cuadrada de 1000 m² y rectangular y cuadrada de 500 m².

➤ **Diámetro a 1,30 m**

Cuadro 4. Análisis de varianza diámetro 1,30 m

Diámetro 1,30 m					
<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>	
Diám 1,30 m	54	0,42	0,23	4,96	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	53,47	13	4,11	2,23	0,0265
Lote	17,77	5	3,55	1,92	0,1119
Forma	14,00	2	7,00	3,79	0,0311
Tamaño	18,74	2	9,37	5,07	0,0109
Form*Tam	2,96	4	0,74	0,40	0,8071
Error	73,92	40	1,85		
Total	127,39	53			

Fuente: Elaboración propia

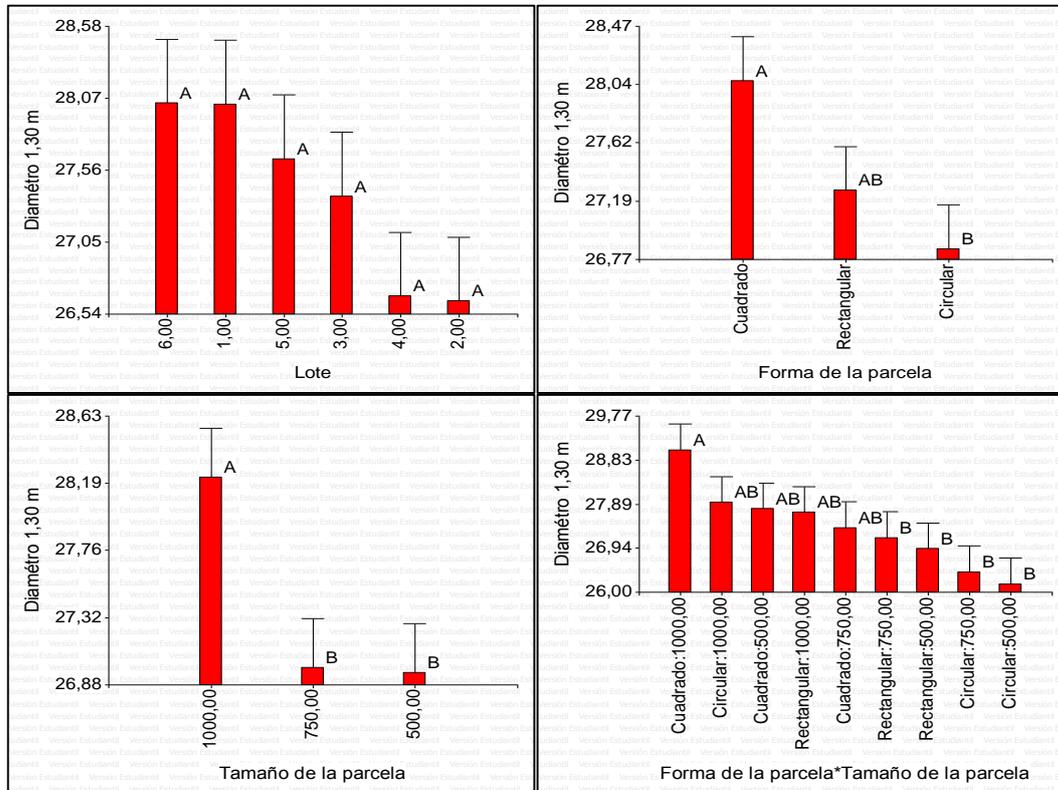
No hay efecto de (diferencias entre) lotes (P-valor= 0,1119) para la variable diámetro 1,30 m.

Si hay efecto de (diferencia entre) forma (P-valor= 0,0311) para la variable diámetro 1,30 m.

Si hay efecto de (diferencia entre) tamaño (P-valor= 0,0109) para la variable diámetro 1,30 m.

Si hay interacción (forma*tamaño) (P-valor= 0,8071) para la variable diámetro 1,30 m.

Figura 4. Análisis de varianza de lote, forma, tamaño y forma-tamaño para diámetro a 1,30 m



Fuente: Elaboración propia

El promedio más alto para la variable diámetro 1,30 m, se presentó en el lote 6; no difiere significativamente del resto de lotes.

El promedio más alto para la variable diámetro 1,30 m, se presentó en la forma cuadrada; y el promedio más bajo en la forma circular y difiere significativamente de la forma cuadrada.

El tamaño 1000 m² presento el mayor promedio de la variable diámetro 1,30 m; sin embargo, si difiere significativamente del resto de tamaño.

La combinación de parcelas cuadrado por 1000 m² presentó el promedio más alto, sin embargo; difiere de las combinaciones circulares y rectangulares por 500 y 750 m². Mientras que la combinación circular de 500 m² corresponde al promedio más bajo.

➤ **Altura comercial**

Cuadro 5. Análisis de varianza altura comercial (Hc)

Altura comercial					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Altura comercial	54	0,67	0,56	5,69	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	15,90	13	1,22	6,22	<0,0001
Lote	12,60	5	2,52	12,80	<0,0001
Forma	1,31	2	0,66	3,34	0,0457
Tamaño	1,08	2	0,54	2,73	0,0771
Form*Tam	0,92	4	0,23	1,16	0,3407
Error	7,87	40	0,20		
Total	23,78	53			

Fuente: Elaboración propia

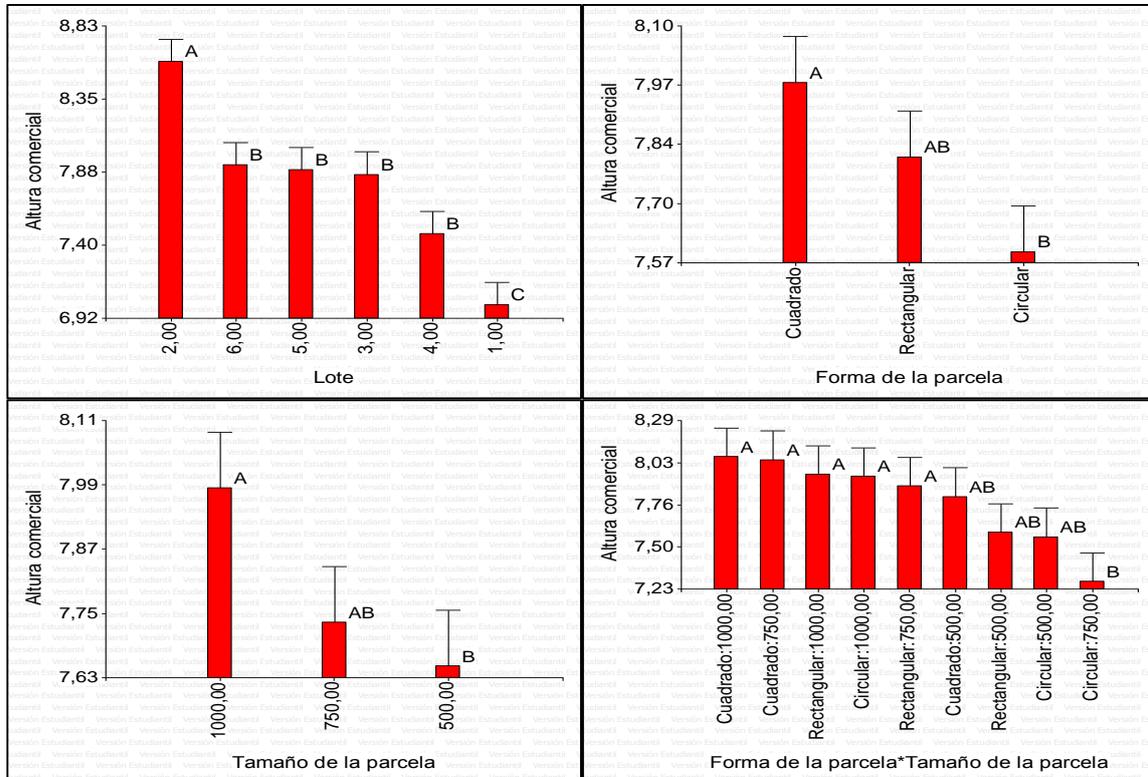
Si hay efecto de (diferencias entre) lotes (P-valor= 0,0001) para la variable altura comercial.

Si hay efecto de (diferencia entre) forma (P-valor= 0,0457) para la variable altura comercial.

No hay efecto de (diferencia entre) tamaño (P-valor= 0,0771) para la variable altura comercial.

No hay interacción (forma*tamaño) (P-valor= 0,3407) para la variable altura comercial.

Figura 5. Análisis de varianza de lote, forma, tamaño y forma-tamaño de altura comercial



Fuente: Elaboración propia

El promedio más alto para la variable altura comercial, se presentó en el lote 2; el lote 1 corresponde al promedio más bajo.

El promedio más alto para la variable altura comercial, se presentó en la forma cuadrada; y el promedio más bajo en la forma circular; sin embargo, el promedio más bajo solo difiere de la cuadrado.

El tamaño 1000 m² presento el mayor promedio en la variable altura comercial; sin embargo, difiere significativamente del tamaño de 1000 m².

La combinación de parcelas cuadrado por 1000 m² presentó el promedio más alto. Mientras que la combinación circular de 750 m² corresponde al promedio más bajo, siendo la única combinación que difiere del resto.

➤ **Área basal (valor estimado)**

Cuadro 6. Análisis de varianza área basal

Área basal estimada					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Área basal estimada	54	0,37	0,16	20,17	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	90248,81	13	6942,22	1,79	0,0784
Lote	28873,52	5	5774,70	1,49	0,2141
Forma	24075,60	2	12037,80	3,11	0,0555
Tamaño	26342,21	2	13171,11	3,40	0,0432
Form*Tam	10957,49	4	2739,37	0,71	0,5914
Error	154821,58	40	3870,54		
Total	245070,39	53			

Fuente: Elaboración propia

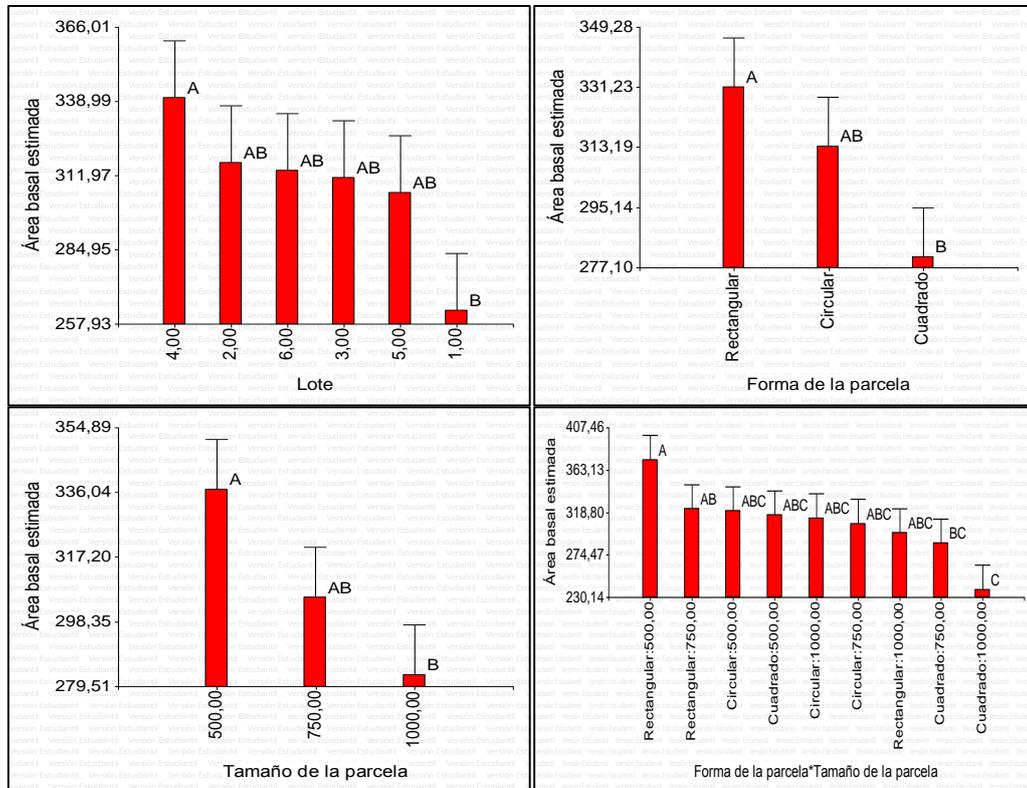
Si hay efecto de (diferencias entre) lotes (P-valor= 0,2141) para la variable área basal estimada.

Si hay efecto de (diferencia entre) forma (P-valor= 0,0555) para la variable área basal estimada.

Si hay efecto de (diferencia entre) tamaño (P-valor= 0,0432) para la variable área basal estimada.

Si hay interacción (forma*tamaño) (P-valor= 0,5914) para la variable área basal estimada.

Figura 6. Análisis de varianza de lote, forma, tamaño y forma-tamaño de área basal estimada



Fuente: Elaboración propia

El promedio más alto para la variable área basal estimada, se presentó en el lote 4; sin embargo, difiere significativamente del lote 1.

El promedio más alto para la variable área basal estimada, se presentó en la forma rectangular; y el promedio más bajo en la forma cuadrado; sin embargo, difiere de la forma rectangular.

El tamaño 500 m² presentó el mayor promedio en la variable área basal estimada; sin embargo, difiere del tamaño 1000 m² que corresponde al promedio más bajo.

La combinación de parcelas rectangular por 500 m² presentó el promedio más alto, sin embargo difiere de las combinaciones cuadradas de 750 y 1000 m². Mientras que la combinación cuadrado de 1000 m² corresponde al promedio más bajo.

➤ **Área basal (censo real)**

Cuadro 7. Análisis de varianza área basal

Área basal					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Área basal	54	0,61	0,48	22,23	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	10,87	13	0,84	4,73	0,0001
Lote	0,99	5	0,20	1,13	0,3625
Forma	1,03	2	0,51	2,92	0,0657
Tamaño	8,21	2	4,10	23,24	<0,0001
Form*Tam	0,64	4	0,16	0,90	0,4730
Error	7,06	40	0,18		
Total	17,93	53			

Fuente: Elaboración propia

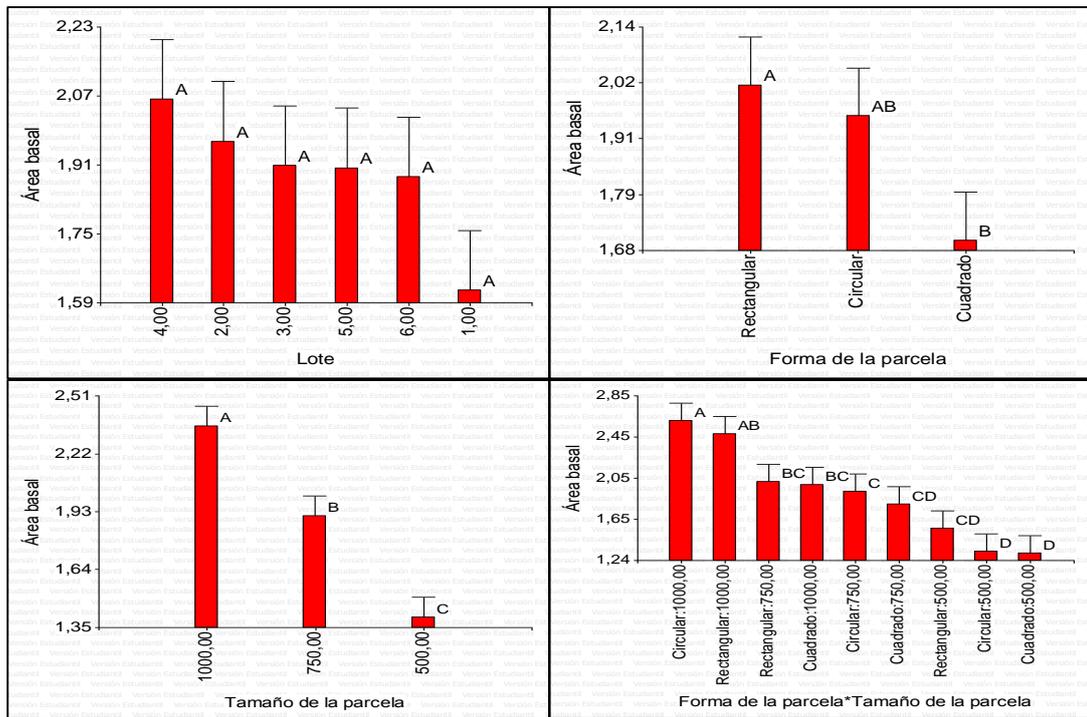
No hay efecto de (diferencias entre) lotes (P-valor= 0,3625) para la variable área basal.

Si hay efecto de (diferencia entre) forma (P-valor= 0,0657) para la variable área basal.

Si hay efecto de (diferencia entre) tamaño (P-valor= <0,0001) para la variable área basal.

Si hay interacción (forma*tamaño) (P-valor= 0,4730) para la variable área basal.

Figura 7. Analisis de varianza de lote, forma, tamaño y forma-tamaño de área basal



Fuente: Elaboración propia

El promedio más alto para la variable área basal, se presentó en el lote 4; sin embargo, no difiere significativamente del resto de lotes.

El promedio más alto para la variable área basal, se presentó en la forma rectangular; y el promedio más bajo en la forma cuadrado; difiere significativamente de la forma rectangular.

El tamaño 1000 m² presento el mayor promedio en la variable área basal; sin embargo, solo difiere del tamaño de 500 m².

La combinación de parcelas circular por 1000 m² presentó el promedio más alto. Mientras que la combinación cuadrado de 500 m² corresponde al promedio más bajo.

➤ **Volumen m³ (valor estimado)**

Cuadro 8. Análisis de varianza volumen m³

Volumen estimado					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Volumen estimado	54	0,74	0,66	16,47	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6354415,55	13	488801,20	8,90	<0,0001
Lote	349528,13	5	69905,63	1,27	0,2949
Forma	36585,03	2	18292,52	0,33	0,7188
Tamaño	5602916,64	2	2801458,32	50,98	<0,0001
Form*Tam	365385,74	4	91346,44	1,66	0,1778
Error	2198006,77	40	54950,17		
Total	8552422,32	53			

Fuente: Elaboración propia

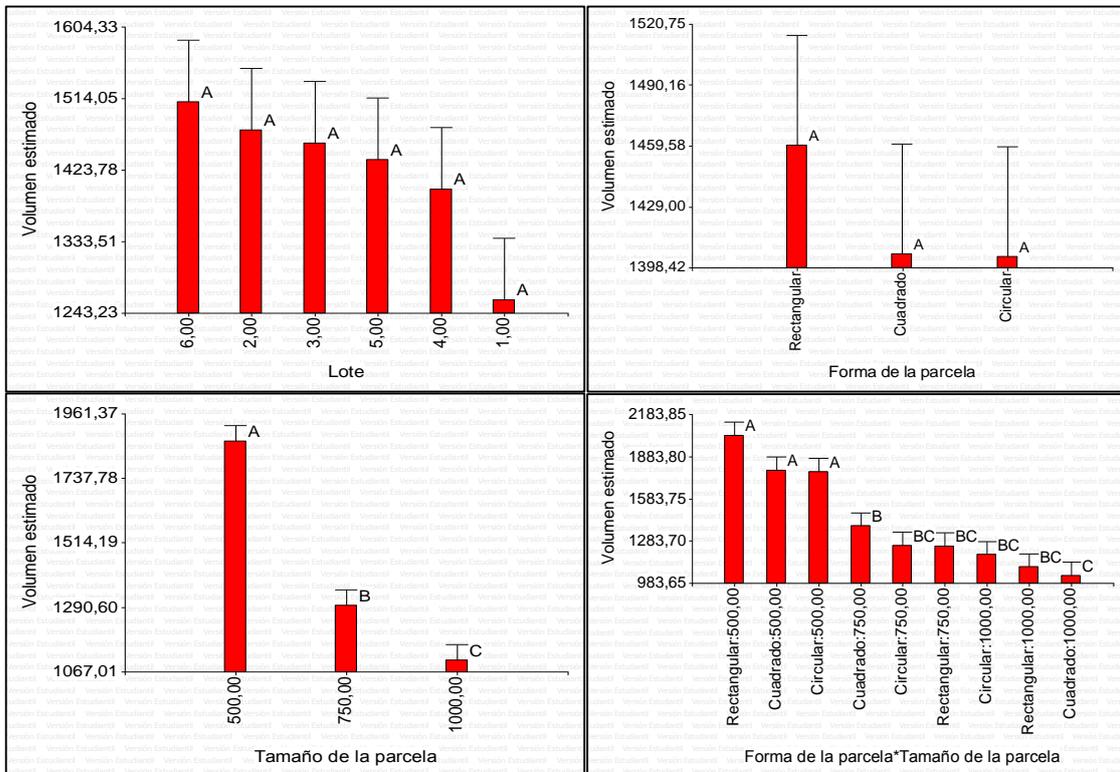
No hay efecto de (diferencias entre) lotes (P-valor= 0,2949) para la variable volumen estimado.

No hay efecto de (diferencia entre) forma (P-valor= 0,7188) para la variable volumen estimado.

Si hay efecto de (diferencia entre) tamaño (P-valor= <0,0001) para la variable volumen estimado.

Si hay interacción (forma*tamaño) (P-valor= 0,1778) para la variable volumen estimado.

Figura 8. Análisis de varianza de lote, forma, tamaño y forma-tamaño de volumen estimado



Fuente: Elaboración propia

El promedio más alto para la variable volumen estimado, se presentó en el lote 6; no difiere significativamente del resto de lotes.

El promedio más alto para la variable volumen estimado, se presentó en la forma rectangular; y el promedio más bajo en la forma circular; sin embargo, no difiere del resto de forma.

El tamaño 500 m² presento el mayor promedio en la variable volumen estimado; sin embargo, solo difiere del tamaño de 1000 m².

La combinación de parcelas rectangular por 500 m² presentó el promedio más alto, mientras que la combinación cuadrada de 1000 m² corresponde al promedio más bajo.

➤ **Volumen m³ (censo real)**

Cuadro 9. Análisis de varianza volumen m³

Volumen				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Volumen	54	0,36	0,15	16,76

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	43,56	13	3,35	1,70	0,0979
Lote	10,31	5	2,06	1,05	0,4031
Forma	0,40	2	0,20	0,10	0,9032
Tamaño	21,05	2	10,52	5,35	0,0087
Forma *Tam	11,80	4	2,95	1,50	0,2204
Error	78,66	40	1,97		
Total	122,21	53			

Fuente: Elaboración propia

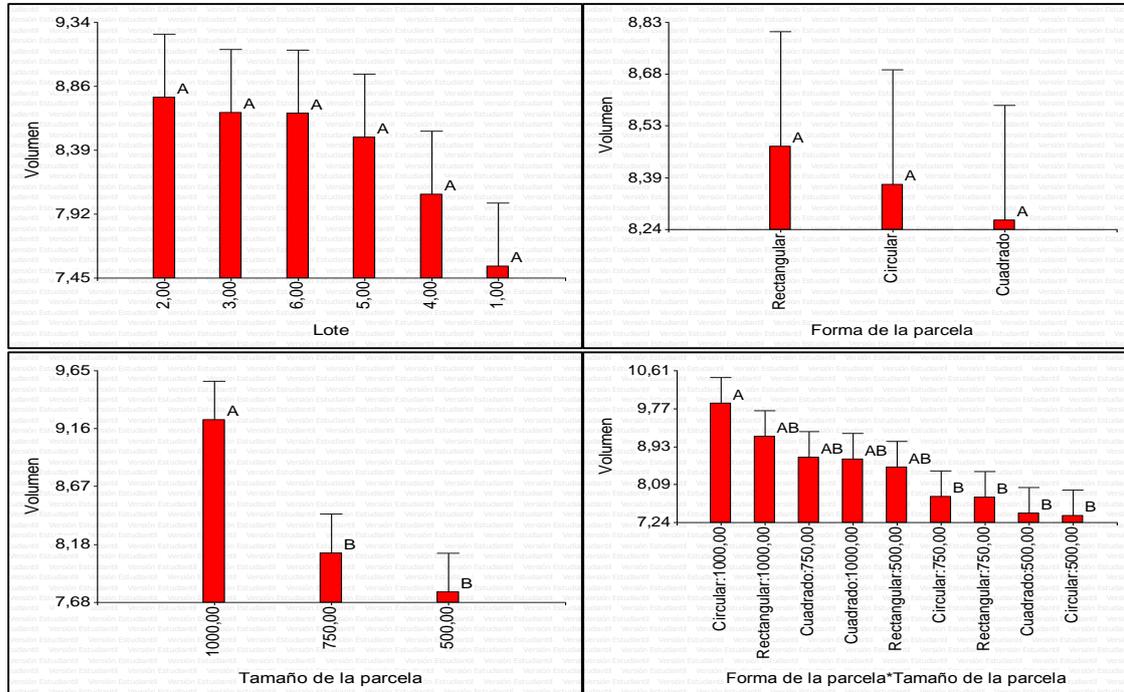
No hay efecto de (diferencias entre) lotes (P-valor= 0,4031) para la variable volumen.

No hay efecto de (diferencia entre) forma (P-valor= 0,9032) para la variable volumen.

Si hay efecto de (diferencia entre) tamaño (P-valor= 0,0087) para la variable volumen.

Si hay interacción (forma*tamaño) (P-valor= 0,2204) para la variable volumen.

Figura 9. Análisis de varianza de lote, forma, tamaño y forma-tamaño de volumen



Fuente: Elaboración propia

El promedio más alto para la variable volumen, se presentó en el lote 2; sin embargo, no difiere significativamente del resto de lotes.

El promedio más alto para la variable volumen, se presentó en la forma rectangular; y el promedio más bajo en la forma cuadrado; sin embargo, no difiere del resto de forma.

El tamaño 1000 m² presentó el mayor promedio en la variable volumen; y el promedio más bajo en el tamaño de 500 m².

La combinación de parcelas circular por 1000 m² presentó el promedio más alto. Mientras que la combinación circular de 500 m² corresponde al promedio más bajo.

4.1.3. Determinación del tipo de muestreo que se ajusta al censo total

Cuadro 10. Promedio de volúmenes por tipo de forma y tamaño de unidades de muestreo

PROMEDIO DE VOLÚMENES									
FORMA	CIRCULAR			CUADRADA			RECTANGULAR		
TAMAÑO	500 m ²	750 m ²	1000 m ²	500 m ²	750 m ²	1000 m ²	500 m ²	750 m ²	1000 m ²
Lote 1	7.27	9.63	11.89	6.52	7.21	11.20	5.90	5.37	11.91
Lote 2	7.09	8.72	22.42	8.73	12.04	13.70	9.80	12.36	18.73
Lote 3	8.38	10.30	18.07	5.55	11.18	8.80	10.66	15.99	14.64
Lote 4	7.96	11.11	11.09	9.19	13.33	15.71	10.30	11.33	12.39
Lote 5	6.16	12.57	14.46	7.16	9.96	15.28	9.25	9.78	15.66
Lote 6	8.05	10.38	18.44	8.86	10.87	5.29	10.04	15.87	14.44
SUMA	44.91	62.71	96.37	46.01	64.59	69.98	9.32	70.70	87.77
PROMEDIO	7.49	10.45	16.06	7.67	10.77	11.66	9.33	11.78	14.63

Fuente: Elaboración propia

Los resultados mostraron una pauta similar, en ninguna de las formas y tamaños no mostraron diferencia significativa, sin embargo; el tipo de muestreo que más se ajustó al censo real fue la parcela circular de 500 m².

Cuadro 11. Volumen del censo total y porcentaje de error de unidad de muestreo circular de 500 m³

Descripción	Total
V. Censo total m ³	1707, 28
V. Total/ha m ³	1792,21
% Error	4,97
Intensidad de muestreo %	33,8

Fuente: Elaboración propia

El volumen del censo total fue de 1707, 28 m³ mientras que el volumen estimado fue de 1792,21 m³; se realizó una resta entre el volumen censo real y el volumen estimado dando como resultado 84,92 m³ al cual se le calculo el porcentaje el cual fue de 4,97 % de error; cabe recalcar que la intensidad de muestreo fue de 33,80 %.

4.2. Discusión

La unidad de muestreo circular de 500 m² tiene una diferencia del 4,97% del censo total esto concuerda con (16) dice que el tipo de Plan y Programa Intensidad mínima de supervisión de Aprovechamiento aleatoria en el campo para o corta verificar el cumplimiento según el programa de Corta de Plantaciones Forestales el margen de error aceptable para muestreo es de 5%.

Las unidades de muestreo cuadradas y rectangulares en los distintos tamaños (500, 750, 1000 m²) tienen diferencia numérica de volumen significativo con las parcelas circulares de 500 m² esto se debe al conjunto de individuos que contienen, esto concuerda con (17) que indica que las unidades de muestreo cuadradas y rectangulares tienen diferencia debido a las cantidades de árboles que abarcan, es por eso que se recomienda utilizar unidades de muestreo circulares para muestras pequeñas.

Las unidades de muestreo de forma circular de 500 m² presenta mayor exactitud que las cuadradas y rectangulares en los distintos tamaños estudiados, sin embargo; no hay diferencia significativa entre formas y tamaños; es importante considerar que las unidades de muestreo circulares de 500 m² tienen una mayor eficiencia a menor costo, esto concuerda con (18) que realizaron una Evaluación Estadística de cuatro tamaños de sitios circulares en Inventarios Forestales en un Bosque in coetáneo de pino encino con grados variables de pendiente y de calidad de estación, y concluyen que en los cuatro tamaños de sitio que se probaron (500, 750, 1000 y 1250 m²) la precisión fue muy satisfactoria, ya que en virtud de que los cuatro tamaños de sitio evaluados, dieron lugar a valores pequeños de los coeficientes de variación de la media (menores a 10 %), se deduce que, en condiciones de campo semejantes a la de la zona estudiada y de acuerdo al diseño de muestreo empleado, pueden aplicarse satisfactoriamente de 500, 750, 1000 o 1250 m² y que la elección del tamaño debe estar en función del aspecto económico, cabe destacar que para una intensidad de muestreo fija , es factible emplear sitios de 500 o 750 m² en vez de los sitios de 1000 m² que normalmente se han venido utilizando, esto redundaría en un aumento en el número total de sitios y en una mejor distribución de la muestra.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Al aplicarse en la plantación los tres tipos de parcelas, circular, cuadrada, y rectangular en sus respectivas dimensiones, podemos decir que la mejor parcela, o la más apta en plantaciones forestales es la parcela circular de 500 m².
- La parcela que tuvo menos margen de error en las diferentes formas y tamaño para realizar un muestreo fue la circular de 500 m² (12,62 m) con un margen de error de 4,97%, cabe recalcar que el margen de error aceptable es de un 5%; sin embargo las parcelas cuadradas y rectangulares en todos las formas y tamaños no difieren significativamente.
- Se evaluaron las variables dasométricas diámetro 1,30 m y altura comercial y se determinó el volumen comercial por parcelas, el mayor promedio de volumen comercial fue de 14, 63 m³, se presentó en la parcela rectangular de 1000 m² esto debido a que por su tamaño abarca una mayor cantidad de árboles.

5.2. Recomendaciones

- La forma de parcela que establece menor tiempo y facilidad de instalación es la parcela circular ya que solo se toma como base el radio según la superficie a diferencia de las parcelas cuadradas y rectangulares en la cuales hay que determinar en ancho y largo de la parcela.
- Los parámetros estadísticos deben ser usados siempre que se realice un inventario, ya sea total o comercial; esto nos ayuda a saber el desarrollo que ha tenido en DAP, altura comercial, área basal y volumen de cada individuo en la plantación.
- Es recomendable realizar más unidades de muestreo para obtener mejores resultado y así minimizar el margen de error de los cálculos estadísticos establecidos en la plantación forestal.
- Se recomienda realizar la correcta utilización de los instrumentos de medición en campo para evitar errores en la estimación de las principales variables dasométricas, lo que podría afectar la veracidad de los datos y sobrestimar el valor comercial real de las plantaciones.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Literatura citada

- (1) Espinoza, R. El fomento de plantaciones forestales comerciales en el Ecuador en el período 2006-2012. Propuesta de un nuevo sistema de cofinanciamiento a las Plantaciones Forestales. Pontificia Universidad Católica del Ecuador Facultad de Economía. 129 p. 2014.
- (2) Dalmau, K. Proyecto del cultivo de la teca, como alternativa de forestación e inversión a largo plazo. Tesis, ICHE, Escuela Superior Politécnica del Litoral. 102 p. 2004.
- (3) Weaver, P. *Tectona grandis* L.F. Teca. Producción de semillas y su disseminación. U.S.A. 2000. (Citado 7 diciembre 2016). Disponible en: <http://www.fs.fed.us/globaliitf/Tectonagrandis>
- (4) FAO. Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2000. Informe principal. Documento Forestal de la FAO 140. FAO, Roma. 479 p. 2001.
- (5) Murillo, O. Método de inventario para plantaciones pequeñas. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 16 p.
- (6) Trujillo, E. Plantación forestal: Planeación para el éxito. Revista MM. 2000. (Citado 7 diciembre 2016). 51(1):1-9. Disponible en: <http://www.revista-mm.com/ediciones/rev51/forestal>
- (7) Aguayo, J. Determinación del volumen de *Tectona grandis* L.F. (Teca) utilizando distintos tamaños y formas de unidades de muestreo, en el recinto San Mateo, cantón Esmeraldas, provincia de Esmeraldas, UTEQ. Quevedo, Ecuador. 53p. 2012.
- (8) Rodríguez, M. Elaboración de un inventario forestal multipropósito con énfasis en el contenido de carbono de las diferentes clases de uso de tierra. Riobamba, Ecuador. 199 p. 2013.

- (9) Orozco, L. Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 278 p. 2002.
- (10) Prodan, M. "Mensura forestal" deutsche gesellschaft für technische zusammenarbeit (gtz) gmbh: Instituto interamericano de cooperación para la agricultura. San José, Costa Rica. Rzedowski, J. 1978. "Vegetación de México" ed. Limusa. México. 1997.
- (11) Vélez, C. Apuntes de Metodología de la Investigación. EAFIT. Medellín, Colombia. 48 p. 2001.
- (12) Meléndez, N. Guía práctica de inventarios forestales al 100% para concesiones maderables. Tahuamanu, Perú. 16 p. 2001.
- (13) Fonseca, W. Manual para productores de teca (*Tectona grandis* L.F.) en Costa Rica. Heredia, Costa Rica. 121 p. 2004.
- (14) González, G. Tamaño y forma de sitio de muestreo para inventarios forestales en bosques tropicales de la Costa de Jalisco. Las Agujas, Jalisco. 56 p. 2002.
- (15) Machado, G. Selección del tamaño de parcela de muestreo para el inventario de los bosques Pluvisilvas en Guantánamo. Santiago de Cuba, Cuba. 11 p. 2005.
- (16) Aguiñaga, M. Procedimientos para autorizar el aprovechamiento y corta de madera. Norma: Acuerdo Ministerial # 139. Ecuador. 33 p. 2010.
- (17) Synnott, T. Manual de procedimiento de unidades de muestreo permanentes para bosque húmedo tropical. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Serie de apoyo académico N° 12. 1- 103 p. 1991.
- (18) Gerardo, A. Evaluación del tamaño y forma de sitio de muestreo para inventarios forestales en bosques tropicales. Proyecto CONACYT 31808-B. Alemania. 05 p. 2015.

CAPÍTULO VII
ANEXOS

7.1. Anexos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
N° árboles	54	0,54	0,39	25,15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2859,13	13	219,93	3,61	0,0009
Lote	621,65	5	124,33	2,04	0,0931
Forma	1643,81	2	821,91	13,51	<0,0001
Tamaño	462,70	2	231,35	3,80	0,0308
Form*Tam	130,96	4	32,74	0,54	0,7086
Error	2433,85	40	60,85		
Total	5292,98	53			

Anexo 1. Análisis de varianza para número de plantas reales

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=11,00284

Error: 60,8463 gl: 40

Lote	Medias	n	E.E.	
4	35,89	9	2,60	A
2	33,89	9	2,60	A
3	30,89	9	2,60	A B
5	30,78	9	2,60	A B
6	29,56	9	2,60	A B
1	25,11	9	2,60	B

Anexo 2. Prueba de tukey para la variable lote

Test: Tukey Alfa=0,05

Error: 60,8463 gl: 40

Forma	Medias	n	E.E.	
Rectangular	36,72	18	1,84	A
Cuadrado	32,78	18	1,84	A
Circular	23,56	18	1,84	B

Anexo 3. Prueba de tukey para la variable forma

Test: Tukey Alfa=0,05

Error: 60,8463 gl: 40

Tamaño	Medias	n	E.E.	
1000	33,33	18	1,84	A
500	32,83	18	1,84	A
750	26,89	18	1,84	B

Anexo 4. Prueba de tukey para la variable tamaño

Test: Tukey Alfa=0,05

Error: 60,8463 gl: 40

Forma	Tamaño	Medias	n	E.E.	
Rectangular	500	40,67	6	3,18	A
Rectangular	1000	39,83	6	3,18	A
Cuadrado	1000	34,33	6	3,18	A B
Cuadrado	500	34,17	6	3,18	A B
Cuadrado	750	29,83	6	3,18	B C
Rectangular	750	29,67	6	3,18	B C
Circular	1000	25,83	6	3,18	B C
Circular	500	23,67	6	3,18	C
Circular	750	21,17	6	3,18	C

Anexo 5. Prueba de tukey para la variable forma-tamaño

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
N° árboles	54	0,81	0,74	22,68

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	250065007,41	13	19235769,80	12,85	<0,0001
Lote	15383703,70	5	3076740,74	2,06	0,0915
Forma	53184770,37	2	26592385,19	17,76	<0,0001
Tamaño	167677392,59	2	83838696,30	56,00	<0,0001
Form*Tam	13819140,74	4	3454785,19	2,31	0,0747
Error	59881896,30	40	1497047,41		
Total	309946903,70	53			

Anexo 6. Análisis de varianza para número de plantas estimadas

Test: Tukey Alfa=0,05

Error: 1497047,4074 gl: 40

Lote	Medias	n	E.E.	
4	6213,33	9	407,85	A
2	5817,78	9	407,85	A
5	5360,00	9	407,85	A B
3	5342,22	9	407,85	A B
6	5120,00	9	407,85	A B
1	4511,11	9	407,85	B

Anexo 7. Prueba de tukey para la variable lote

Test: Tukey Alfa=0,05
 Error: 1497047,4074 gl: 40

Forma	Medias	n	E.E.	
Rectangular	6428,89	18	288,39	A
Cuadrado	5697,78	18	288,39	A
Circular	4055,56	18	288,39	B

Anexo 8. Prueba de tukey para la variable forma

Test: Tukey Alfa=0,05
 Error: 1497047,4074 gl: 40

Tamaño	Medias	n	E.E.	
500	7880,00	18	288,39	A
750	4302,22	18	288,39	B
1000	4000,00	18	288,39	B

Anexo 9. Prueba de tukey para la variable tamaño

Forma	Tamaño	Medias	n	E.E.	
Rectangular	500	9760,00	6	499,51	A
Cuadrado	500	8200,00	6	499,51	B
Circular	500	5680,00	6	499,51	C
Rectangular	1000	4780,00	6	499,51	C D
Cuadrado	750	4773,33	6	499,51	C D
Rectangular	750	4746,67	6	499,51	C D
Cuadrado	1000	4120,00	6	499,51	C D E
Circular	750	3386,67	6	499,51	D E
Circular	1000	3100,00	6	499,51	E

Anexo 10. Prueba de tukey para la variable forma-tamaño

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diamétero 1,30 m	54	0,42	0,23	4,96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	53,47	13	4,11	2,23	0,0265
Lote	17,77	5	3,55	1,92	0,1119
Forma	14,00	2	7,00	3,79	0,0311
Tamaño	18,74	2	9,37	5,07	0,0109
Form *Tam	2,96	4	0,74	0,40	0,8071
Error	73,92	40	1,85		
Total	127,39	53			

Anexo 11. Análisis de varianza para número de diámetro 1,30m

Test: Tukey Alfa=0,05

Error: 60,8463 gl: 40

Alfa=0,05

Error: 1,8480 gl: 40

Lote	Medias	n	E.E.	
6	28,03	9	0,45	A
1	28,03	9	0,45	A
5	27,64	9	0,45	A
3	27,38	9	0,45	A
4	26,67	9	0,45	A
2	26,63	9	0,45	A

Anexo 12. Prueba de tukey para la variable lote

Test: Tukey Alfa=0,05

Error: 1,8480 gl: 40

Forma	Medias	n	E.E.	
Cuadrado	28,07	18	0,32	A
Rectangular	27,27	18	0,32	A B
Circular	26,84	18	0,32	B

Anexo 13. Prueba de tukey para la variable forma

Test: Tukey Alfa=0,05

Error: 1,8480 gl: 40

Tamaño	Medias	n	E.E.	
1000	28,23	18	0,32	A
750	26,99	18	0,32	B
500	26,96	18	0,32	B

Anexo 14. Prueba de tukey para la variable tamaño

Test: Tukey Alfa=0,05

Error: 1,8480 gl: 40

Forma	Tamaño	Medias	n	E.E.	
Cuadrado	1000	29,05	6	0,55	A
Circular	1000	27,93	6	0,55	A B
Cuadrado	500	27,79	6	0,55	A B
Rectangular	1000	27,71	6	0,55	A B
Cuadrado	750	27,38	6	0,55	A B
Rectangular	750	27,17	6	0,55	B
Rectangular	500	26,93	6	0,55	B
Circular	750	26,44	6	0,55	B
Circular	500	26,17	6	0,55	B

Anexo 15. Prueba de tukey para la variable forma-tamaño

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura comercial	54	0,67	0,56	5,69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	15,90	13	1,22	6,22	<0,0001
Lote	12,60	5	2,52	12,80	<0,0001
Forma	1,31	2	0,66	3,34	0,0457
Tamaño	1,08	2	0,54	2,73	0,0771
Form *Tam	0,92	4	0,23	1,16	0,3407
Error	7,87	40	0,20		
Total	23,78	53			

Anexo 16. Análisis de varianza para altura comercial

Test: Tukey Alfa=0,05

Error: 0,1968 gl: 40

Lote	Medias	n	E.E.	
2	8,60	9	0,15	A
6	7,92	9	0,15	B
5	7,89	9	0,15	B
3	7,86	9	0,15	B
4	7,47	9	0,15	B
1	7,01	9	0,15	C

Anexo 17. Prueba de tukey para la variable lote

Test: Tukey Alfa=0,05

Error: 0,1968 gl: 40

Forma	Medias	n	E.E.	
Cuadrado	7,97	18	0,10	A
Rectangular	7,81	18	0,10	A B
Circular	7,59	18	0,10	B

Anexo 18. Prueba de tukey para la variable forma

Test: Tukey Alfa=0,05

Error: 0,1968 gl: 40

Tamaño	Medias	n	E.E.	
1000	7,99	18	0,10	A
750	7,73	18	0,10	A B
500	7,65	18	0,10	B

Anexo 19. Prueba de tukey para la variable tamaño

Test: Tukey Alfa=0,05

Error: 0,1968 gl: 40

Forma	Tamaño	Medias	n	E.E.	
Cuadrado	1000	8,06	6	0,18	A
Cuadrado	750	8,05	6	0,18	A
Rectangular	1000	7,95	6	0,18	A
Circular	1000	7,94	6	0,18	A
Rectangular	750	7,88	6	0,18	A
Cuadrado	500	7,81	6	0,18	A B
Rectangular	500	7,59	6	0,18	A B
Circular	500	7,56	6	0,18	A B
Circular	750	7,28	6	0,18	B

Anexo 20. Prueba de tukey para la variable forma-tamaño

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Área basal	54	0,61	0,48	22,23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	10,87	13	0,84	4,73	0,0001
Lote	0,99	5	0,20	1,13	0,3625
Forma	1,03	2	0,51	2,92	0,0657
Tamaño	8,21	2	4,10	23,24	<0,0001
Form*Tam	0,64	4	0,16	0,90	0,4730
Error	7,06	40	0,18		
Total	17,93	53			

Anexo 21. Análisis de varianza para área basal**Test: Tukey Alfa=0,05**

Error: 0,1766 gl: 40

Lote	Medias	n	E.E.	
4	2,06	9	0,14	A
2	1,97	9	0,14	A
3	1,91	9	0,14	A
5	1,90	9	0,14	A
6	1,88	9	0,14	A
1	1,62	9	0,14	A

Anexo 22. Prueba de tukey para la variable lote

Test: Tukey Alfa=0,05

Error: 0,1766 gl: 40

Forma	Medias	n	E.E.	
Rectangular	2,02	18	0,10	A
Circular	1,95	18	0,10	A B
Cuadrado	1,70	18	0,10	B

Anexo 23. Prueba de tukey para la variable forma

Test: Tukey Alfa=0,05

Error: 0,1766 gl: 40

Tamaño	Medias	n	E.E.	
1000	2,36	18	0,10	A
750	1,91	18	0,10	B
500	1,40	18	0,10	C

Anexo 24. Prueba de tukey para la variable tamaño

Test: Tukey Alfa=0,05

Error: 0,1766 gl: 40

Forma	Tamaño	Medias	n	E.E.	
Circular	1000	2,61	6	0,17	A
Rectangular	1000	2,48	6	0,17	A B
Rectangular	750	2,02	6	0,17	B C
Cuadrado	1000	1,99	6	0,17	B C
Circular	750	1,92	6	0,17	C
Cuadrado	750	1,79	6	0,17	C D
Rectangular	500	1,56	6	0,17	C D
Circular	500	1,34	6	0,17	D
Cuadrado	500	1,32	6	0,17	D

Anexo 25. Prueba de tukey para la variable forma-tamaño

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Área basal estimada	54	0,37	0,16	20,17

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	90248,81	13	6942,22	1,79	0,0784
Lote	28873,52	5	5774,70	1,49	0,2141
Forma	24075,60	2	12037,80	3,11	0,0555
Tamaño	26342,21	2	13171,11	3,40	0,0432
Form*Tama	10957,49	4	2739,37	0,71	0,5914
Error	154821,58	40	3870,54		
Total	245070,39	53			

Anexo 26. Análisis de varianza para área basal estimada

Test: Tukey Alfa=0,05

Error: 3870,5394 gl: 40

Lote	Medias	n	E.E.		
4	340,36	9	20,74	A	
2	316,58	9	20,74	A	B
6	313,87	9	20,74	A	B
3	311,16	9	20,74	A	B
5	305,69	9	20,74	A	B
1	262,84	9	20,74		B

Anexo 27. Prueba de tukey para la variable lote

Test: Tukey Alfa=0,05

Error: 3870,5394 gl: 40

Forma	Medias	n	E.E.		
Rectangular	331,33	18	14,66	A	
Circular	313,53	18	14,66	A	B
Cuadrado	280,38	18	14,66		B

Anexo 28. Prueba de tukey para la variable forma

Test: Tukey Alfa=0,05

Error: 3870,5394 gl: 40

Tamaño	Medias	n	E.E.		
500	336,80	18	14,66	A	
750	305,51	18	14,66	A	B
1000	282,93	18	14,66		B

Anexo 29. Prueba de tukey para la variable tamaño

Test: Tukey Alfa=0,05

Error: 3870,5394 gl: 40

Forma	Tamaño	Medias	n	E.E.		
Rectangular	500	374,00	6	25,40	A	
Rectangular	750	322,40	6	25,40	A	B
Circular	500	320,40	6	25,40	A	B C
Cuadrado	500	316,00	6	25,40	A	B C
Circular	1000	313,00	6	25,40	A	B C
Circular	750	307,20	6	25,40	A	B C
Rectangular	1000	297,60	6	25,40	A	B C
Cuadrado	750	286,93	6	25,40		B C
Cuadrado	1000	238,20	6	25,40		C

Anexo 30. Prueba de tukey para la variable forma-tamaño

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Volumen	54	0,36	0,15	16,76

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	43,56	13	3,35	1,70	0,0979
Lote	10,31	5	2,06	1,05	0,4031
Forma	0,40	2	0,20	0,10	0,9032
Tamaño	21,05	2	10,52	5,35	0,0087
Form*Tam	11,80	4	2,95	1,50	0,2204
Error	78,66	40	1,97		
Total	122,21	53			

Anexo 31. Análisis de varianza para volumen

Test: Tukey Alfa=0,05

Error: 1,9665 gl: 40

Lote	Medias	n	E.E.	
2	8,78	9	0,47	A
3	8,67	9	0,47	A
6	8,66	9	0,47	A
5	8,49	9	0,47	A
4	8,07	9	0,47	A
1	7,54	9	0,47	A

Anexo 32. Prueba de tukey para la variable lote

Test: Tukey Alfa=0,05

Error: 1,9665 gl: 40

Forma	Medias	n	E.E.	
Rectangular	8,48	18	0,33	A
Circular	8,37	18	0,33	A
Cuadrado	8,26	18	0,33	A

Anexo 33. Prueba de tukey para la variable forma

Test: Tukey Alfa=0,05

Error: 1,9665 gl: 40

Tamaño	Medias	n	E.E.	
1000	9,23	18	0,33	A
750	8,10	18	0,33	B
500	7,77	18	0,33	B

Anexo 34. Prueba de tukey para la variable tamaño

Test: Tukey Alfa=0,05

Error: 1,9665 gl: 40

Forma	Tamaño	Medias	n	E.E.	
Circular	1000	9,89	6	0,57	A
Rectangular	1000	9,15	6	0,57	A B
Cuadrado	750	8,69	6	0,57	A B
Cuadrado	1000	8,65	6	0,57	A B
Rectangular	500	8,47	6	0,57	A B
Circular	750	7,81	6	0,57	B
Rectangular	750	7,80	6	0,57	B
Cuadrado	500	7,45	6	0,57	B
Circular	500	7,40	6	0,57	B

Anexo 35. Prueba de tukey para la variable forma-tamaño

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Volumen estimado	54	0,74	0,66	16,47

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6354415,55	13	488801,20	8,90	<0,0001
Lote	349528,13	5	69905,63	1,27	0,2949
Forma	36585,03	2	18292,52	0,33	0,7188
Tamaño	5602916,64	2	2801458,32	50,98	<0,0001
Form*Tam	365385,74	4	91346,44	1,66	0,1778
Error	2198006,77	40	54950,17		
Total	8552422,32	53			

Anexo 36. Análisis de varianza para volumen estimado

Test: Tukey Alfa=0,05

Error: 54950,1693 gl: 40

Lote	Medias	n	E.E.	
6	1509,78	9	78,14	A
2	1474,53	9	78,14	A
3	1458,00	9	78,14	A
5	1437,11	9	78,14	A
4	1399,73	9	78,14	A
1	1259,64	9	78,14	A

Anexo 37. Prueba de tukey para la variable lote

Test: Tukey Alfa=0,05
 Error: 54950,1693 gl: 40

Forma	Medias	n	E.E.	
Rectangular	1459,93	18	55,25	A
Cuadrado	1405,49	18	55,25	A
Circular	1403,98	18	55,25	A

Anexo 38. Prueba de tukey para la variable forma

Test: Tukey Alfa=0,05
 Error: 54950,1693 gl: 40

Tamaño	Medias	n	E.E.	
500	1865,47	18	55,25	A
750	1296,27	18	55,25	B
1000	1107,67	18	55,25	C

Anexo 39. Prueba de tukey para la variable tamaño

Test: Tukey Alfa=0,05
 Error: 54950,1693 gl: 40

Forma	Tamaño	Medias	n	E.E.	
Rectangular	500	2033,60	6	95,70	A
Cuadrado	500	1787,60	6	95,70	A
Circular	500	1775,20	6	95,70	A
Cuadrado	750	1390,67	6	95,70	B
Circular	750	1250,13	6	95,70	B C
Rectangular	750	1248,00	6	95,70	B C
Circular	1000	1186,60	6	95,70	B C
Rectangular	1000	1098,20	6	95,70	B C
Cuadrado	1000	1038,20	6	95,70	C

Anexo 40. Prueba de tukey para la variable forma-tamaño