

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería Forestal



BARCA S.A



**CONTRIBUCIONES AL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE
BARCA S.A EN COSTA RICA**

**Informe de Proyecto de Graduación para optar por el grado de
Bachiller en Ingeniería en Forestal**

Jonathan Aníbal Vallejos Salazar

CARTAGO, 2007

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería Forestal

**CONTRIBUCIONES AL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE
BARCA S.A EN COSTA RICA**

**Informe de Proyecto de Graduación para optar por el grado de
Bachiller en Ingeniería en Forestal**

Jonathan Aníbal Vallejos Salazar

CARTAGO, 2007

Contribuciones al Programa de Mejoramiento Genético de BARCA S.A en Costa Rica.

Jonathan Vallejos Salazarⁱ

RESUMEN

En el presente documento, se describe en tres capítulos el trabajo realizado como apoyo al programa de mejoramiento genético de la empresa reforestadora BARCA S.A. En el primer capítulo se describe la evaluación y validación fenotípica de los árboles plus de teca (*Tectona grandis*) y amarillón (*Terminalia amazonia*) seleccionados en Parrita, Pacífico Central. Solamente 10 árboles de teca registraron superioridad tanto en volumen como en calidad, mientras que en amarillón, solamente 6. En relación con los mejores 4 vecinos, los árboles plus registraron un diferencial de selección de una magnitud de un 36% en volumen y un 33% en calidad para teca; un 65% en volumen comercial y un 35% en calidad para amarillón. La base genética es débil para ambas especies y se debe ampliar mediante la selección de nuevos árboles plus. En el segundo capítulo se aborda el establecimiento de un ensayo clonal de teca en Finca Salamá, Piedras Blancas, Osa, Puntarenas. El ensayo se estableció el 29 octubre 2007 a un distanciamiento de siembra de 3x3m. El diseño del ensayo es de bloques completos al azar, con 6 bloques y 4 parejas de rametos por clon en cada bloque. Se plantó 25 clones y dos testigos (semilla comercial del CATIE y semilla de huerto semillero de primera generación del CACH). Alrededor del ensayo se plantó dos líneas de borde para eliminar el efecto borde. En el capítulo tres se evalúa un ensayo de progenie de pilón (*Hieronima alchorneoides*) de 13 años, ubicado en la sede del ITCR en Santa Clara de San Carlos, Zona Norte. Se realizó un análisis de varianza a las variables DAP, calidad del árbol, volumen comercial y al índice de selección (volumen-calidad) utilizando el paquete estadístico SAS. Se determinó una diferencia significativa moderada entre familias para volumen y leve en calidad. Los bloques ubicados en topografía ondulada registraron valores superiores en calidad e índice de volumen-calidad. Los estimados de los parámetros genéticos para calidad y volumen comercial se obtuvieron utilizando el Software Selegen REML/BLUP. Los valores de heredabilidad para calidad y volumen comercial fueron de $h^2=0,144 \pm 0,096$ y de $h^2=0,084 \pm 0,074$ respectivamente. Dada la baja ganancia genética esperada, se seleccionaron los mejores 40 individuos del ensayo con el fin de iniciar un proceso de reproducción clonal.

Palabras clave: mejoramiento genético, selección, ensayo clonal, ensayo de progenie, teca, *Tectona grandis*, amarillón, *Terminalia amazonia*, pilón, *Hieronima alchorneoides*, Costa Rica.

ⁱ Vallejos, J. 2007. Informe de Práctica de Especialidad. Escuela de Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

Contributions to BARCA S.A.'s breeding program in Costa Rica.

Jonathan Vallejos Salazarⁱⁱ

Abstract

This document describes in three chapters the work realized in BARCA S.A.'s breeding program. The first chapter describes the phenotypic evaluation and validation of plus tree selections with teak (*Tectona grandis*) and amarillón (*Terminalia amazonia*) in Parrita, Central Pacific. Only 10 teak plus trees registered superiority in volume and quality, while in amarillón, only 6 trees did. In relation with the best neighbour trees, the teak plus trees registered a selection differential of 36% in volume and 33% in quality, meanwhile 65% in commercial volume and 35% in quality for amarillón. The genetic base is weak for both tree species and must be increased through new selections. In the second chapter is described the establishment of a teak clonal test at Finca Salamá, Piedras Blancas, Osa, Puntarenas. This test was established in October 29th 2007, and planted at 3 x3 m. The genetic test was a randomized complete block design, with 6 blocks and 4 pairs of ramets per clone in ever single block. 25 clones were planted and 2 control lots (CATIE's commercial seed and CACH's first progeny generation from their rogued seed orchard). Around the test was planted two border lines in order to reduce border effect. In chapter three is described the pilón (*Hieronima alchorneoides*) 13 year-old progeny test evaluation. This genetic test is localized in Santa Clara, San Carlos, Zona Norte. The variance analysis was executed on traits diameter, tree quality, commercial volume and selection index, based on SAS statistical program. Moderate significant differences were determined among families for volume, and low differences in quality. The blocks localized in hilly topography registered the best values in quality and volume-quality index. The genetic parameter estimates for quality and commercial volume were obtained using Selegen REML/BLUP Software. Heritability values for quality and commercial volume were $h^2=0,144 \pm 0,096$ and $h^2=0,084 \pm 0,074$ respectively. The low genetic gain estimates suggest the selection of the best 40 ranking trees, as basis for the development of clonal production.

Keywords: breeding, selections, clonal test, progeny test, teca, *Tectona grandis*, amarillón, *Terminalia amazonia*, pilón, *Hieronima alchorneoides*, Costa Rica.

ⁱⁱ Vallejos, J. 2007. Informe de Práctica de Especialidad. Escuela de Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

**CONTRIBUCIONES AL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO
GENÉTICO DE BARCA S.A. EN COSTA RICA**

Informe presentado a la Escuela de Ingeniería Forestal del
Instituto Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial
para optar al título de Bachiller en Ingeniería Forestal

Miembros del Tribunal

Ing. Olman Murillo Gamboa. Ph.D
Profesor Guía

Ing. Gustavo Torres Córdoba. Msc
Lector

Ing. Félix Picado Valverde.
Lector

Ing. Yorleny Badilla.
Lectora

DEDICATORIA

A Dios
por darme el entendimiento e iluminarme
en el camino día con día,
trayéndome de su mano hasta
donde me encuentro hoy.

A mis padres
Aníbal y Elizabeth, hermanas
y toda la familia,
por apoyarme incondicionalmente
durante mis estudios.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su agradecimiento por la colaboración y apoyo en la realización del presente trabajo a las siguientes personas:

Al Ing. Olman Murillo por apoyarme en la realización de esta investigación. Por transmitirme parte de su valiosa sabiduría. Por su amistad y confianza que ha tenido sobre mi.

Al Ing. Gustavo Torres, por su contribución a esta práctica y por lo que me ha enseñado.

A la Ing. Yorleny Badilla por el apoyo en esta práctica y las enseñanzas que me ha transmitido.

Al Ing. Felix Picado por darme la oportunidad de realizar este proyecto, apoyarme y fortalecer mi conocimiento.

A todo el equipo técnico de BARCA S.A, por apoyarme en la ejecución de esta práctica.

Al personal del vivero en Palmar Sur por apoyarme en la ejecución de labores relacionado con los temas de investigación.

A todos los profesores y compañeros, por el apoyo y conocimiento transmitido.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	3
EVALUACIÓN Y VALIDACIÓN FENOTÍPICA DE ÁRBOLES PLUS DE TECA (<i>Tectona grandis</i> L.F) Y AMARILLÓN (<i>Terminalia amazonia</i> (J. F. GMEL.) EXELL)	3
RESUMEN	4
INTRODUCCIÓN.....	5
OBJETIVOS.....	6
Objetivo general	6
Objetivos específicos	6
METODOLOGÍA.....	7
Ubicación geográfica de los árboles plus.....	7
Evaluación fenotípica de los árboles plus	7
Validación de superioridad fenotípica	12
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
Evaluación y validación fenotípica de los árboles plus de teca	14
Evaluación y validación fenotípica de los árboles plus de amarillón	19
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	22
BIBLIOGRAFÍA.....	24
CAPÍTULO 2	25
ESTABLECIMIENTO DE UN ENSAYO CLONAL CON TECA (<i>Tectona grandis</i> L.F) EN FINCA SALAMÁ PROPIEDAD DE BARCA S.A.....	25
RESUMEN	26
INTRODUCCIÓN.....	27

OBJETIVOS.....	29
Objetivo general	29
Objetivo específico.....	29
METODOLOGÍA.....	30
Ubicación del sitio.....	30
Descripción físico-ambiental del sitio.....	30
Uso anterior de la finca	31
Preparación del sitio	31
Material vegetativo a utilizar	31
Producción de plantas/clon	32
Diseño experimental y trazado en el terreno.....	33
Establecimiento del ensayo	33
RESULTADOS Y DISCUSION.....	34
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	35
BIBLIOGRAFÍA.....	36
CAPÍTULO 3	37
EVALUACIÓN DE UN ENSAYO DE PROGENIE DE PILÓN (<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allemao), ITCR, SANTA CLARA, SAN CARLOS, ALAJUELA.....	37
RESUMEN	38
INTRODUCCIÓN.....	39
OBJETIVOS.....	41
Objetivo general	41
Objetivo específico.....	41
METODOLOGÍA.....	42
Localización del ensayo	42
Descripción del sitio.....	42

Diseño experimental del ensayo.....	42
Variables evaluadas.....	43
Procesamiento y análisis de datos.....	45
RESULTADOS Y DISCUSION.....	46
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	54
BIBLIOGRAFÍA.....	55

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Variables cuantitativas evaluadas a los árboles plus de teca (<i>Tectona grandis</i>) seleccionados por BARCA S.A en Finca The Birds, Pacífico Central de Costa Rica.	14
Cuadro 2. Evaluación fenotípica de los árboles plus de teca (<i>Tectona grandis</i>) seleccionados por BARCA S.A en Finca The Birds, Pacífico Central de Costa Rica.....	16
Cuadro 3. Validación de superioridad fenotípica de los árboles plus de teca (<i>Tectona grandis</i>) seleccionados por la empresa BARCA S.A. en la zona de Parrita, Pacífico Central de Costa Rica.	17
Cuadro 4. Evaluación fenotípica de los árboles plus de amarillón (<i>Terminalia amazonia</i>) seleccionados por BARCA S.A en finca The Birds, Pacífico Central de Costa Rica.	19
Cuadro 5. Evaluación fenotípica de los árboles plus de amarillón (<i>Terminalia amazonia</i>) seleccionados por BARCA S.A en finca The Birds, Pacífico Central de Costa Rica.	20
Cuadro 6. Validación de superioridad fenotípica de los árboles plus de amarillón (<i>Terminalia amazonia</i>) seleccionados por la empresa BARCA S.A. en la zona de Parrita, Pacífico Central de Costa Rica	21
Cuadro 10. Clones de teca (<i>Tectona grandis</i>) aportado por las empresas miembros de GENFORES para realizar el ensayo clonal en Finca Salamá, Osa. Puntarenas, Costa Rica....	32
Cuadro 11. Procedencia de las familias utilizadas en el ensayo de progenie de pilón (<i>Hyeronima alchorneoides</i>), Santa Clara, ITCR, Zona Norte.	43
Cuadro 12. Análisis de varianza para el carácter diámetro en un ensayo de progenie de pilón (<i>Hyeronima alchorneoides</i>) en Santa Clara, San Carlos. Datos tomados del programa SAS.	47
Cuadro 13. Análisis de varianza para el carácter volumen comercial en un ensayo de progenie de pilón (<i>Hyeronima alchorneoides</i>) en Santa Clara, San Carlos. Datos tomados del programa SAS.	48
Cuadro 14. Análisis de varianza para el carácter calidad en un ensayo de progenie de pilón (<i>Hyeronima alchorneoides</i>) en Santa Clara, San Carlos. Datos tomados del programa SAS..	48

Cuadro 15. Promedio y desviación estándar para las variables diámetro, volumen comercial y calidad para cada bloque del ensayo de progenie de pilón (<i>Hieronima alchorneoides</i>), Santa Clara, ITCR.....	49
Cuadro 16. Análisis de varianza para la variable índice calidad-volumen en un ensayo de progenie de pilón (<i>Hieronima alchorneoides</i>) en Santa Clara, San Carlos. Datos tomados del programa SAS.....	49
Cuadro 17. Valores genéticos para los caracteres de calidad y volumen en un ensayo de progenie de pilón (<i>Hieronima alchorneoides</i>) en Santa Clara, San Carlos. Datos obtenidos mediante el programa Selegen REML/BLUP (Resende, 2002)	51
Cuadro 18. Selección de los mejores 40 individuos en un ensayo de progenie de pilón (<i>Hieronima alchorneoides</i>), en Santa Clara, San Carlos, con base en la varianza genética aditiva del índice de selección (calidad y volumen). Datos obtenidos mediante el programa Selegen REML/BLUP (Resende, 2002)	53

INDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Distribución del peso para obtener la calidad del árbol producto de la evaluación de cada una de las primeras 4 trozas (10 m) y con un peso económico según la posición de la troza en el árbol (Murillo y Badilla, 2004).	11
Figura 2. Dispersión de familias de pilón (<i>Hyeronima alchorneoides</i>), de acuerdo a sus valores de diámetro y calidad total.	50

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Formulario de campo para la evaluación fenotípica de los árboles plus.....	57
Anexo 2. Ubicación de árboles plus, Los Saltos, Finca The Birds, Jicote de Parrita.	58
Anexo 3. Ubicación de árboles plus, Las Lomas, Finca The Birds, Jicote de Parrita.	59
Anexo 4. Ubicación de árboles plus, Monte Fresco, Finca The Birds, Jicote de Parrita.....	60
Anexo 5. Croquis de distribución de bloques, ensayo clonal de teca (<i>Tectona grandis</i>), Finca Salamá, Osa.	61
Anexo 6. Diseño del ensayo clonal (bloque 1, 2 y 3) de teca (<i>Tectona grandis</i>) ubicado en Finca Salamá, Salamá, Piedras Blancas de Osa, Puntarenas.	62
Anexo 7. Diseño del ensayo clonal (bloque 4, 5 y 6) de teca (<i>Tectona grandis</i>) ubicado en Finca Salamá, Salamá, Piedras Blancas de Osa, Puntarenas.	63
Anexo 8. Ubicación geográfica del ensayo clonal de teca (<i>Tectona grandis</i>) en Finca Salamá, Osa, Puntarenas.....	64
Anexo 9. Formulario de campo para la evaluación del ensayo de progenie.	65
Anexo 10. Diseño del ensayo de progenie de pilón (<i>Hyeronima alchorneoides</i>), Santa Clara, San Carlos, Alajuela.	66

INTRODUCCIÓN

En Costa Rica la tasa de reforestación ha aumentado en forma significativa en los últimos años, debido principalmente a los incentivos brindados por el estado y la inversión de grandes empresas reforestadoras a lo largo del territorio nacional. Actualmente muchas empresas se dieron cuenta que reforestar si es una actividad rentable, pero para ver el retorno de las plantaciones forestales se debe mejorar o desarrollar todas las fases que contempla un proyecto de reforestación: entre ellas una buena selección de especies, excelente preparación de sitio, buena calidad del material vegetativo a plantar y por supuesto, buenas prácticas de manejo silvicultural.

Sin embargo, la calidad de muchas plantaciones no es óptima en cuanto al crecimiento y la calidad de los fustes. En su mayoría, estas plantaciones se establecieron sin considerar la fuente de semilla que se usó para producir las plantas en el vivero. Ya sea por desconocimiento o por falta de disponibilidad de fuentes comprobadas de semilla. Como consecuencia, el reforestador y el país están sufriendo pérdidas económicas; pues, aumentan los costos en el manejo de la plantación y disminuye su rendimiento (COSEFORMA-CATIE, sf)ⁱⁱⁱ

Ante la falta de material vegetativo superior y el control del material genético que se utiliza en los proyectos de reforestación, cada empresa busca crear un programa de mejoramiento genético a partir de la creación de Genfores (Cooperativa de Genética Forestal) para dar soluciones a estos dos problemas. La genética es una vía que permite al silvicultor la obtención de árboles de rápido crecimiento, resistencia a plagas y enfermedades y de mejor calidad.

ⁱⁱⁱ COSEFORMA-CATIE. sf. Semillas Superiores Mejores Plantaciones Consideraciones para la selección de la fuente de semilla en proyectos de reforestación .Turrialba, Costa Rica. 6 pp.

La reforestación clonal, en un programa de mejoramiento genético y silvicultural, es la combinación necesaria para alcanzar el éxito reportado en otros países. Solamente el trabajo continuo y sistemático puede lograr la conjugación de estos factores (Murillo *et al*, 2003).^{iv}

En el presente documento, se describen en tres capítulos el trabajo realizado como apoyo al programa de Mejoramiento Genético de la empresa reforestadora BARCA S.A. En el primer capítulo se describe la evaluación y validación fenotípica de los árboles plus de teca y amarillón seleccionados por BARCA S.A en Finca The Birds, Jicote, Parrita, Puntarenas. En el segundo capítulo se aborda el establecimiento de un ensayo clonal de teca en Finca Salamá, Piedras Blancas de Osa, Puntarenas. El capítulo tres se refiere a la evaluación de un ensayo de progenie de pilón ubicado en Santa Clara de San Carlos, Zona Norte de Costa Rica.

^{iv} Murillo, O; Badilla, Y y Rojas, J. 2003. Reforestación clonal. 2da ed. Escuela de Ingeniería Forestal. Taller de Publicaciones del ITCR. Cartago, Costa Rica. 36 pp.

CAPÍTULO 1

EVALUACIÓN Y VALIDACIÓN FENOTÍPICA DE ÁRBOLES
PLUS DE TECA (*Tectona grandis* L.F) Y AMARILLÓN (*Terminalia
amazonia* (J. F. GMEL.) EXELL)

RESUMEN

Evaluación y validación fenotípica de árboles plus de teca (*Tectona grandis* L.f) y amarillón (*Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell)

Se realizó una evaluación fenotípica de 26 árboles plus de teca y 11 de amarillón, seleccionados en finca The Birds, en Jicote de Parrita, Pacífico Central de Costa Rica. Se estimó la altura total y comercial con un hipsómetro, se midió el diámetro a 1,3 m y el número de trozas comerciales por árbol. Se calificó la posición sociológica, rectitud, aletones o gambas, estado fitosanitario, grosor y ángulo de ramas y la calidad de las primeras 4 trozas del árbol (hasta 10 m). Con base en la evaluación individual de cada troza se obtuvo un índice de calidad para el árbol, basado en el peso económico de cada una de sus trozas según su ubicación en el árbol. Esta evaluación también se realizó a los mejores 4 vecinos, en un radio de 20 metros del árbol plus seleccionado, para validar la superioridad fenotípica del árbol plus con respecto a sus mejores competidores. Los árboles plus se clasificaron en una lista A (árboles plus que presentaron superioridad en volumen y en calidad con respecto a los mejores vecinos) y una lista B (árboles que registraron superioridad solamente en volumen ó en calidad). Los árboles plus de teca identificados con los-códigos LS2, LS5, LS6, LS11, LL1, LL5, MF1, MF2, MF3 y MF4 y de amarillón 3, 6, 7, 9, 10 y 13, presentaron superioridad en volumen y en calidad (lista A). Los árboles plus de la lista B deben formar parte de la colección genética y se utilizarán exclusivamente para su evaluación en campo. Los árboles plus de la lista A son el material base para usar en los programas de reforestación. Si se utiliza el material de la lista A, se obtiene un diferencial de selección, con respecto al promedio de los mejores 4 vecinos, de una magnitud de un 36% en volumen y un 33% en calidad para teca; un 65% en volumen comercial y un 35% en calidad para amarillón. Valores que pueden interpretarse como el potencial posible de alcanzar. Para ambas especies la base genética es débil, por lo que se debe aumentar la población de árboles plus, con el fin de aumentar la variabilidad genética en el programa de mejoramiento genético.

Palabras clave: mejoramiento genético, teca, *Tectona grandis*, amarillón, *Terminalia amazonia*, selección, Pacífico Central

INTRODUCCIÓN

A partir de 1980 se incentivaron los proyectos de reforestación en nuestro país por parte del estado que apoyaba la reforestación de pequeños, medianos y grandes propietarios. Muchos de estos proyectos fracasaron por diversas razones: mala selección de especies, un mal manejo dado a las plantaciones y quizás la más importante, una mala calidad del material vegetativo que se utilizó en la reforestación.

Entre los árboles de una misma especie, normalmente hay mucha variación en cuanto a las características de la forma, tales como rectitud del tronco, el desarrollo de la copa, la cantidad y tamaño de las ramas y otros, así como su vigor y rapidez de crecimiento (COSEFORMA-CATIE, sf). Muchas veces, estas características se heredan; es decir, si un árbol madre tiene características deseables, es muy probable que su genotipo sea muy bueno.

El primer paso en un programa de reforestación clonal consiste en seleccionar un material de muy alta calidad. Este es el punto de partida, no tendrá ningún sentido la propagación vegetativa con fines de reforestación clonal, si no se propagan solamente los individuos sobresalientes o superiores. Se debe elegir fenotípicamente un número alto de árboles plus a partir de la revisión minuciosa de todas las plantaciones posibles de más de 5 años de edad. Los árboles a seleccionar deben ser individuos superiores a los mejores 4-5 vecinos en un radio de 15- 20 m a la redonda. En algunas ocasiones se eligen individuos que a pesar de que muestren un fuste con algunos defectos leves (torcedura leve o ángulo de ramas agudo), manifiesten un crecimiento y desarrollo volumétrico excepcional. Así también se seleccionan a veces individuos, que a pesar de tener un DAP menor a sus vecinos, su altura total alcanza el dosel superior y su fuste es excepcionalmente bueno para la producción maderera (Murillo *et al*, 2003).

OBJETIVOS

Objetivo general

1. Evaluar y validar la superioridad fenotípica de los árboles plus del Programa de Mejoramiento Genético seleccionados por la empresa BARCA S.A en Costa Rica, en Finca The Birds, Jicote de Parrita, Costa Rica.

Objetivos específicos

1. Evaluar y validar la superioridad fenotípica de los árboles plus de teca (*Tectona grandis*) seleccionados en el programa de mejoramiento genético.
2. Evaluar y validar la superioridad fenotípica de los árboles plus de amarillón (*Terminalia amazonia*) seleccionados en el programa de mejoramiento genético.

METODOLOGÍA

Un árbol plus (selecto o superior), es el árbol que se ha recomendado para utilizarlo en un huerto de investigación o producción, después de haberlo evaluado. Posee un fenotipo superior para crecimiento, forma, calidad de la madera u otras características deseables, y parece ser adaptable. Sin embargo, no se ha probado su valor genético, aunque las probabilidades de que posea un buen genotipo son por lo general altas (Zobel y Talbert, 1984).

Los árboles plus que habían sido seleccionados e identificados por la empresa BARCA S.A en el Pacífico Central de Costa Rica (Jicote de Parrita), fueron sujeto de una revisión detallada. Se les realizó una evaluación fenotípica y se ubicó geográficamente con un GPS.

Ubicación geográfica de los árboles plus

Para ubicar los árboles plus se utilizó un GPS Garmin Etrex modelo Vista Cx. Se tomo las coordenadas en el sistema de proyección Lambert Costa Rica Sur. Se elaboró un mapa con la ubicación de los árboles, esta ubicación presenta un error que varia entre los 5 y 15 metros, provocado por la disponibilidad de satélites y la presencia de cobertura que afecta la recepción del GPS.

Evaluación fenotípica de los árboles plus

Una vez encontrado el árbol plus se evaluó su fenotipo utilizando la metodología de evaluación propuesta por Murillo y Badilla (2004) para validar su condición de extraordinario. Las variables cuantitativas y cualitativas evaluadas fueron las siguientes:

Variables cuantitativas

- **Diámetro:** Se midió el dap en centímetros con una cinta diamétrica.
- **Altura total:** Medida desde la base del árbol hasta el final de la copa con un hipsómetro.
- **Altura comercial:** Se midió con un hipsómetro, desde la base del árbol hasta donde el árbol presente alguna bifurcación, torcedura severa, copa quebrada o cualquier otro defecto que impida la obtención de madera útil para el objetivo de producción.
- **Número de trozas:** Se obtuvo el número máximo posible de trozas comerciales del árbol en longitudes de de 2,5 m.
- **Volumen comercial:** Para la estimación del volumen comercial se utilizó la siguiente ecuación tomada de Ladrach (en prensa):

$$V = 0,00003*d^2*hc$$

donde;

V= volumen comercial en m³,

d= diámetro al DAP en centímetros y

hc= altura comercial en metros.

Variables cualitativas

- **Posición sociológica:** Se anotó una D a individuos dominantes, CD a árboles codominantes, I a árboles intermedios y S a árboles con una posición sociológica suprimida.

- **Bifurcación o reiteración:** Se anotó un 1 cuando no hay bifurcación o reiteración y un 2 cuando el árbol evaluado está bifurcado o presenta reiteración en algún punto de las primeras 4-5 trozas del fuste principal.

- **Rectitud del fuste:** Se calificó observando el árbol desde su base hacia su copa, girando a su alrededor para poder verificar todos sus lados. Un árbol rectitud 1 es aquel que se asemeja a los fustes utilizados como poste eléctrico. Un árbol rectitud 2 es aquel que presenta torceduras o alaveos leves, que definitivamente disminuirán el rendimiento de la troza. Un árbol rectitud 3 es aquel que presenta torceduras severas que no permite obtener ninguna pieza de madera.

- **Grosor de ramas:** Se anotó un 1 si no se observa ninguna rama gruesa a lo largo del fuste y un 2 si se observa al menos una rama gruesa en la zona comercial del fuste. Una rama se considera gruesa cuando su diámetro supera los 4 cm, o también, cuando su diámetro alcanza aproximadamente un 1/3 del diámetro del fuste principal.

- **Angulo de inserción de las ramas:** Se anotó un 1 si todas las ramas insertan en un ángulo entre 90° y 45°, y se anotó un 2 cuando al menos una rama inserta a menos de 45°.

- **Estado fitosanitario:** Esta variable registra en forma conjunta la incidencia y la severidad del problema sanitario, bajo tres categorías:
 - a. Totalmente sano (calificación 1): Árbol sin evidencia de problemas fitosanitarios, y con buena nutrición aparente.
 - b. Aceptable sano (calificación 2): Árbol con alguna evidencia de problemas fitosanitarios, siempre y cuando no se presente en más de un 50% del follaje, no le haya provocado herida severas, no haya alta probabilidad de muerte, y en especial que el daño no tenga un impacto económico.

- c. Enfermo (calificación 3): Árboles con problemas fitosanitarios que evidentemente afectan su desarrollo normal o el problema tiene ya un alto impacto económico.
- **Aletones o gambas**: Se anotó un 1 cuando no presenta gambas o aletones; sí presentó gambas menor a 40 cm de la altura de la primera troza se anotó un 2 y un 3 cuando el defecto afecta en forma marcada más de 40 cm de la altura de la primera troza.
 - **Calidad de trozas**: Esta es una variable general que integra las siguientes variables: altura total, altura comercial, dap, posición sociológica, ángulo de ramas, rectitud, ausencia de bifurcaciones, reiteraciones, gambas, grano en espiral, ejes múltiples y estado fitosanitario (Murillo y Badilla, 2004).
 - a. *Calidad 1 (excelente)*: Se designaron así aquellas trozas cuyas calificaciones han sido absolutamente de 1 en todas las variables específicas.
 - b. *Calidad 2 (muy buena a buena)*: Son todas aquellas trozas que han recibido entre 1 y 2 veces una calificación de 2 en alguna de las siguientes variables específicas: rectitud, ángulo de inserción de ramas, presencia de reiteraciones, grosor de ramas, y estado fitosanitario. Es decir una troza con defectos leves, que solamente le disminuirá pero no limitará severamente su potencial productivo.
 - c. *Calidad 3 (aceptable)*: Son todas aquellas trozas con limitaciones severas, pero que le permiten aprovechar al menos un 50% del fuste en producto de aserrío. Son todas aquellas trozas que han recibido más de 2-3 veces una calificación de 2, todas las que reciban calificación de 2 en las variables daño mecánico, gambas o aletones, árboles inclinados.
 - d. *Calidad 4 (sin valor comercial maderable)*: Son aquellas trozas que se les pueden observar defectos que merecen una calificación de 3 en algunas de las variables específicas. En este grupo se debe ubicar aquellas trozas con presencia de bifurcaciones a muy baja altura, grano en espiral y a veces, con presencia de gambas o aletones bien prominentes en la primera troza.

- e. **Calidad del árbol:** El valor de calidad del árbol se obtiene de la evaluación independiente de cada una de las primeras 4 trozas. La calificación de la calidad de cada troza se promedia en forma ponderada para obtener un valor de calidad del árbol. Dado que el valor económico de la troza disminuye desde la base hasta la copa, su peso debe ser ponderado por su posición dentro del árbol (Murillo y Badilla, 2004).

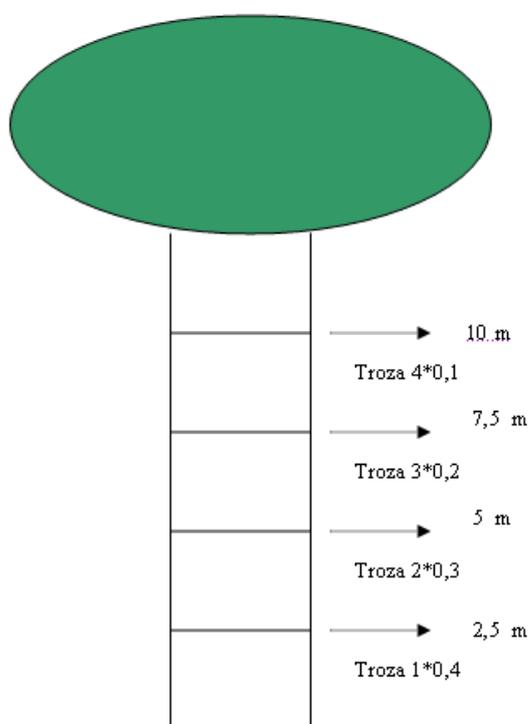


Figura 1. Distribución del peso para obtener la calidad del árbol producto de la evaluación de cada una de las primeras 4 trozas (10 m) y con un peso económico según la posición de la troza en el árbol (Murillo y Badilla, 2004).

- a) *Calidad 1*: Corresponde a un árbol con ausencia absoluta de características indeseables en sus primeros 10 metros de fuste (las primeras 4 trozas).
- b) *Calidad 2*: Corresponde a un árbol con alguna calificación 2, exceptuando las variables descalificadoras como bifurcación o estado fitosanitario 3 (lo cual lo bajaría de calidad).
- c) *Calidad 3*: Corresponde a individuos que presentan una de las siguiente variables calificadas de esta forma: posición sociológica de 3 ó 4, estado fitosanitario 3, rectitud 2.
- d) *Calidad 4*: Corresponden a individuos cuyos defectos severos nunca le permitirán un desarrollo en el campo. Son los árboles que fueron evaluadas con un estado fitosanitario de 3 ó un daño mecánico de 2.

Bajo esta misma metodología se evaluó los mejores 4 vecinos más cercanos a los árboles plus seleccionados en un radio de 20 metros a la redonda.

Validación de superioridad fenotípica

Para validar la superioridad de los clones seleccionados y evaluados en el campo se utilizó la metodología propuesta por Zobel y Tolbert (1984), para validar la superioridad fenotípica del árbol plus en relación con sus mejores vecinos. Para la evaluación de campo se utilizó el formulario del anexo 1. Las dos variables de mayor peso que se utilizaron para validar la superioridad fueron el volumen y la calidad del árbol, ya que el volumen integra la relación diámetro y altura comercial; y la calidad del árbol integra todas las otras variables de calidad (número de trozas, diámetro de ramas, ángulo de inserción de ramas, gambas o aletones, etc).

Para cada árbol plus se obtuvo el porcentaje de superioridad en volumen comercial y calidad con respecto a la media de los mejores 4 vecinos en un radio de 20 m del árbol evaluado, para la transformación porcentual de cada variable se utilizaron las siguientes ecuaciones:

Dado que la variable calidad del árbol completo representa valores bajos para la máxima calidad y valores altos para la peor, se creó una nueva variable denominada inversa de la calidad. Para crear esta variable los datos se transformaron de modo que la mejor calidad tuviera un valor de 1 y la peor, un valor de 0. Para esto se utilizó el siguiente algoritmo en la hoja de EXCEL:

$$1 + \left(\frac{1 - \text{calidad}}{3} \right)$$

Porcentaje de superioridad en volumen

$$\%SV = (VAP - VMV) / VMV * 100$$

Donde;

%SV= Porcentaje de superioridad en volumen

VAP= Volumen del árbol plus

VMV= Volumen medio de los vecinos

Porcentaje de superioridad en calidad

$$\%SC = (CAP - CMV) / CMV * 100$$

Donde;

%SC= Porcentaje de superioridad en calidad

CAP= Calidad del árbol plus

CMV= Calidad media de los vecinos

Los árboles plus seleccionados que presentaron superioridad en volumen y en calidad se clasificaron como árboles plus de la lista A, pero aquellos árboles plus seleccionados que no superaron a los vecinos en alguna de las dos variables se clasificaron como árboles de la lista B, ya que poseen al menos un carácter deseable, que podría ser capturado a través de cruas controladas en el programa de mejoramiento genético.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación y validación fenotípica de los árboles plus de teca

En el cuadro 1 se muestra las variables cuantitativas evaluadas a todos los árboles plus de teca (*Tectona grandis*) seleccionados por BARCA S.A en Jicote para el desarrollo del programa de mejoramiento genético.

Cuadro 1. Variables cuantitativas evaluadas a los árboles plus de teca (*Tectona grandis*) seleccionados por BARCA S.A en Finca The Birds, Pacífico Central de Costa Rica.

Árbol plus	Dap (cm)	Altura total (m)	Altura comercial (m)	Nº de trozas	Volumen comercial (m ³)	Año de plantación
LS1	28,50	25,50	16,00	6	0,390	1997
LS2	29,60	25,00	15,50	6	0,407	1997
LS3	27,00	24,00	14,00	5	0,306	1997
LS4	28,80	25,50	12,50	5	0,311	1998
LS5	27,10	22,50	13,00	5	0,286	1998
LS6	27,60	24,00	11,00	4	0,251	1998
LS7	16,50	19,00	10,00	4	0,082	1998
LS8	20,60	24,00	15,00	6	0,191	1998
LS9	25,50	25,00	14,00	5	0,273	1998
LS10	19,80	21,00	15,00	6	0,176	1998
LS11	28,50	24,00	12,00	4	0,292	1998
LS12	25,80	25,00	17,00	7	0,339	1998
LS13	27,80	23,00	10,00	5	0,232	1997
LS14	29,70	23,00	12,00	6	0,318	1997
LS15	45,60	23,50	13,00	5	0,811	1997
LS16	27,60	26,00	18,00	7	0,411	1997
LL1	25,20	24,00	12,00	5	0,229	-
LL2	21,20	21,50	11,50	6	0,155	-
LL3	26,40	24,00	14,00	6	0,293	-
LL4	26,40	24,00	13,00	7	0,272	-
LL5	33,60	28,00	17,00	7	0,576	-
MF1	39,20	28,50	17,00	8	0,784	1995
MF2	28,30	25,00	14,00	7	0,336	1995
MF3	31,50	28,00	13,00	6	0,387	1995
MF4	44,50	27,00	10,00	5	0,594	1995
MF5	29,50	27,50	15,00	7	0,392	1995
Promedio	28,53	24,52	13,63	5,77	0,350	
Desviación estándar	6,57	2,22	2,28	1,07	0,174	

Los 26 árboles plus de teca seleccionados en Finca The Birds se encuentran muy bien ubicados e identificados en el campo y aun están en pie (ver anexo 3, 4 y 4). Los árboles plus fueron seleccionados en rodales puros de edades entre 9 a 12 años de establecidos.

Los árboles plus de teca seleccionados presentan en general incrementos medios anuales (IMA) en diámetro de $2,88 \pm 0,57$ cm; el crecimiento máximo lo obtuvo el árbol plus LS15 con un incremento de 4,56 cm/año y el incremento mínimo, lo obtuvo el árbol plus LS7 registrando un incremento de 1,83 cm/año. La variable altura total, registró un incremento medio de $2,46 \pm 0,22$ m; donde el valor de incremento máximo los registró el árbol plus LS4 con 2,83 m/año y el incremento mínimo lo obtuvo el árbol plus MF2 con 2,08 m/año.

En el cuadro 2 se presenta la evaluación fenotípica que se realizó a los árboles plus de teca. Todos los árboles plus seleccionados presentaron una posición sociológica de dominante con respecto a los mejores 4 competidores, estos reciben luz de todas direcciones, por lo tanto son los árboles más altos de la plantación.

La rectitud fue buena en el 80% de los árboles plus seleccionados; únicamente hay un individuo que presentó una rectitud no deseable (árbol plus LS15) por su doblamiento, pero posee un volumen extraordinario ($0,811 \text{ m}^3$ a los 10 años de edad) razón por la cual se incorporó en la colección genética para validarlo en las pruebas genéticas.

En toda la población de árboles plus seleccionados en Finca The Birds, se presentan características deseables en cuanto al carácter grosor de ramas, ya que presentaron ramas delgadas o con un grosor menor a 4 cm de diámetro, presentan ángulos de ramas entre 45° a 90° y un excelente estado fitosanitario de los árboles. La variable aletones o gambas, todos los individuos presentaron buenas características, ya que un 35% de los árboles plus no presentan gambas y el 65% presentaron gambas a una altura menor a 40 cm en la primera troza.

Cuadro 2. Evaluación fenotípica de los árboles plus de teca (*Tectona grandis*) seleccionados por BARCA S.A en Finca The Birds, Pacífico Central de Costa Rica

Árbol plus	Posición sociológica	Rectitud (1, 2 ó 3)	Ramas delgada (1 ó 2)	Ángulo de rama (1 ó 2)	Estado fitosanitario (1, 2 ó 3)	Aletones o gambas (1, 2 ó 3)	Calidad de árbol (1 a 4)
LS1	1	1	1	1	1	2	1,90
LS2	1	1	1	1	1	2	1,00
LS3	1	1	1	1	1	2	1,10
LS4	1	1	1	1	1	2	1,40
LS5	1	2	1	1	1	1	1,00
LS6	1	1	1	1	1	1	1,10
LS7	1	1	1	1	1	1	1,00
LS8	1	1	1	1	1	1	1,00
LS9	1	1	1	1	1	1	1,00
LS10	1	1	1	1	1	2	1,70
LS11	1	2	1	1	1	2	1,70
LS12	1	1	1	1	1	2	1,70
LS13	1	2	1	1	1	2	1,10
LS14	1	1	1	1	1	2	1,30
LS15	1	3	1	1	1	2	3,00
LS16	1	2	1	1	1	2	2,50
LL1	1	1	1	1	1	1	1,00
LL2	1	1	1	1	1	2	1,40
LL3	1	1	1	1	1	2	1,10
LL4	1	1	1	1	1	1	1,00
LL5	1	1	1	1	1	1	1,10
MF1	1	1	1	1	1	2	1,00
MF2	1	1	1	1	1	2	1,00
MF3	1	1	1	1	1	1	1,00
MF4	1	1	1	1	1	2	1,40
MF5	1	1	1	1	1	2	1,00
Promedio	1,00	1,23	1,00	1,00	1,00	1,65	1,33
Desviación estándar	-	0,51	-	-	-	0,49	0,50

En promedio la variable calidad de árbol, registró un índice de calidad de $1,33 \pm 0,50$. En general, todos los árboles plus seleccionados presentan una calidad muy buena y deseable para usar en los proyectos de reforestación. Son pocos los individuos que presentan una mala calidad y estos se introdujeron al programa por presentar una condición extraordinaria en volumen ó algún otro caracter deseable.

En el cuadro 3 se muestra la validación de los árboles plus en superioridad (volumen comercial y calidad del árbol) con respecto a los mejores 4 vecinos y el porcentaje de superioridad.

Cuadro 3. Validación de superioridad fenotípica de los árboles plus de teca (*Tectona grandis*) seleccionados por la empresa BARCA S.A. en la zona de Parrita, Pacífico Central de Costa Rica.

Árbol plus	Clasificación	Árbol plus		Promedio de los mejores 4 vecinos	
		Volumen comercial (m ³) (% superioridad)	Calidad inversa (0 a 1) (% superioridad)	Volumen comercial (m ³)	Calidad inversa (0 a 1)
LS1	B	0,39 (41,91%)	0,70 (-6,67%)	0,27	0,75
LS2	A	0,41 (23,08%)	1,00 (48,15%)	0,33	0,68
LS3	B	0,31 (-18,03%)	0,97 (31,82%)	0,37	0,73
LS4	B	0,31 (-6,14%)	0,87 (15,56%)	0,33	0,75
LS5	A	0,28 (16,47%)	1,00 (53,85%)	0,25	0,65
LS6	A	0,251 (11,86%)	0,97 (43,21%)	0,22	0,68
LS7	B	0,08 (-59,96%)	1,00 (11,11%)	0,20	0,90
LS8	B	0,19 (-36,08%)	1,00 (34,83%)	0,30	0,74
LS9	B	0,19 (-36,08%)	1,00 (34,83%)	0,30	0,74
LS10	B	0,17 (5,95%)	0,77 (-5,15%)	0,16	0,81
LS11	A	0,29 (1,70%)	0,77 (24,32%)	0,29	0,62
LS12	B	0,339 (72,89%)	0,77 (-5,15%)	0,20	0,81
LS13	B	0,23 (-2,14%)	0,97 (39,76%)	0,24	0,69
LS14	B	0,31 (31,03%)	0,90 (-1,82%)	0,24	0,92
LS15	B	0,81 (216,03%)	0,33 (-51,22%)	0,26	0,68
LS16	B	0,41 (74,79%)	0,50 (-34,78%)	0,23	0,77
LL1	A	0,22 (11,82%)	1,00 (48,15%)	0,21	0,68
LL2	A	0,16 (-2,79%)	0,87 (9,47%)	0,16	0,79
LL3	B	0,29 (-2,83%)	0,97 (14,85%)	0,30	0,84
LL4	B	0,27 (-14,52%)	1,00 (55,84%)	0,32	0,64
LL5	A	0,57 (21,91%)	0,97 (38,10%)	0,47	0,70
MF1	A	0,78 (93,12%)	1,00 (23,71%)	0,40	0,81
MF2	A	0,33 (71,37%)	1,00 (31,87%)	0,20	0,76
MF3	A	0,38 (29,24%)	1,00 (20,00%)	0,29	0,83
MF4	A	0,59 (85,55%)	0,87 (4,00%)	0,32	0,83
MF5	B	0,39 (-19,98%)	1,00 (84,62%)	0,49	0,54
Diferencial de selección (<i>i</i>) de todos los árboles plus seleccionados		23,47%	21,66%		
Diferencial de selección (<i>i</i>) de árboles plus de la lista A		36,61%	33,54 %		
Diferencial de selección (<i>i</i>) de árboles plus superiores en volumen		50,55%	14,41%		

De los 26 árboles plus seleccionados únicamente 10 árboles presentaron superioridad en volumen y en calidad, estos árboles se clasificaron como árboles plus de la lista A. Los árboles plus de la lista B son individuos que presentaron una condición de superioridad solamente en uno de los dos caracteres volumen ó calidad.

Los 26 árboles deben constituir parte de la base genética de la empresa para desarrollar el programa de mejoramiento genético. Los individuos de la lista A son los recomendados para su reproducción y utilización en las plantaciones comerciales. Aquellos individuos de la lista B, con al menos clara superioridad en volumen, fueron también elegidos para su utilización en las plantaciones comerciales. Los individuos de la lista B que registraron superioridad en calidad, no se recomienda su utilización en plantaciones comerciales. Su uso futuro será para cruzamientos controlados con el resto de la población de mejoramiento.

Los árboles plus identificados con el código LS2, LS5, LS6, LS11, LL1, LL5, MF1, MF2, MF3 y MF4 presentaron superioridad fenotípica tanto en volumen como en calidad. Los árboles LS1, LS12, LS14, LS15 y LS16 únicamente presentaron superioridad en volumen. Estos 15 árboles plus son potenciales para utilizar como material base para clonar y plantar en los proyectos de reforestación comercial de la empresa BARCA S.A.

La utilización de los árboles plus de teca como clones, registran un diferencial de selección de un 23,47% en volumen comercial y un 21,66% en calidad. Si se utiliza únicamente los árboles plus de la lista A, el diferencial aumenta a un 36,61% en volumen comercial y un 33,54% en calidad. Si a los árboles plus de la lista A se incorporan individuos que presentaron superioridad en volumen el diferencial de selección aumenta en un 50,55% en volumen comercial pero la calidad disminuye a un 14,41%. Por tanto, los árboles plus de la lista A, es el material que se debería usar para clonar. Sin embargo, la base genética es débil, por lo que se debe aumentar la población de árboles plus, con el fin de aumentar la variabilidad genética en el programa de mejoramiento genético.

Evaluación y validación fenotípica de los árboles plus de amarillón

En el cuadro 4 se muestra las variables cuantitativas evaluadas en los árboles plus de amarillón en finca The Birds, Jicote de Parrita.

Cuadro 4. Evaluación fenotípica de los árboles plus de amarillón (*Terminalia amazonia*) seleccionados por BARCA S.A en finca The Birds, Pacífico Central de Costa Rica.

Árbol	Dap (cm)	Altura total (m)	Altura comercial (m)	Nº de trozas	Volumen comercial (m ³)
1	17,2	22	13	7	0,115
2	23	21	12	7	0,190
3	25	26	18	6	0,338
4	23	25	15	7	0,238
5	22	20	11	5	0,160
6	23	28,5	15	7	0,238
7	22,2	23	11	6	0,163
8	25,6	24	11	4	0,216
9	21	23	13	6	0,172
10	27	25	15	6	0,328
11	19,7	23	13	5	0,151
13	28	31	18	8	0,423
Promedio	23,06	24,29	13,75	6,17	0,228
Desviación estándar	3,04	3,11	2,49	1,11	0,092

Los 12 árboles plus seleccionados de amarillón se encuentran en pie, bien ubicados e identificados en el campo (ver anexo 2, 3 y 4). Los rodales de amarillón de donde se seleccionaron los árboles plus poseen edades que abarcan los 9 a 12 años de edad.

El cuadro 5 se presenta la evaluación fenotípica de los árboles plus de amarillón, seleccionados en Finca The Birds, Jicote de Parrita.

Cuadro 5. Evaluación fenotípica de los árboles plus de amarillón (*Terminalia amazonia*) seleccionados por BARCA S.A en finca The Birds, Pacífico Central de Costa Rica.

Árbol	Posición sociológica	Rectitud (1, 2 ó 3)	Rama delgada (1 ó 2)	Ángulo de rama (1 ó 2)	Estado fitosanitario (1, 2 ó 3)	Aletones o gambas (1, 2 ó 3)	Calidad del árbol (1 a 4)
1	1	1	1	1	1	1	1,10
2	1	1	1	1	1	1	1,30
3	1	1	1	1	1	2	1,00
4	1	1	1	1	1	1	1,90
5	1	1	1	1	1	1	1,10
6	1	1	1	1	1	1	1,00
7	1	1	1	1	1	2	1,40
8	1	1	1	1	1	2	1,70
9	1	1	1	1	1	1	1,00
10	1	1	1	1	1	1	1,00
11	2	1	1	1	1	1	1,20
13	1	1	1	1	1	2	1,10
Promedio	1,08	1,00	1,00	1,00	1,00	1,33	1,23
Desviación estándar	0,29	-	-	-	-	0,49	0,30

El 92% de los árboles plus seleccionados poseen dominancia con respecto a los mejores cuatro vecinos en un radio de 20 metros con respecto al árbol plus evaluado. Únicamente hay un árbol plus que posee una posición sociológica de codominante. Todos los árboles poseen muy buena rectitud, presentan un grosor de ramas menor a 4 cm de diámetro, un ángulo de rama muy bueno (se registraron valores entre 45° a 90°) y un excelente estado fitosanitario. Un 33% de los árboles de amarillón presentó gambas a una altura menor a 40 cm y el restante de los árboles plus careció de gambas.

La variable calidad presentó un índice general de $1,23 \pm 0,30$, lo que indica que estos árboles presentan características fenotípicas deseables para usar en reforestación, estos árboles plus van a constituir parte de colección genética de la empresa para ser investigados y para validar su condición de superioridad por medio de la certificación genética.

En el cuadro 6 se observa el estado de superioridad de los árboles plus de amarillón seleccionados por BARCA S.A en finca The Birds en Parrita.

Cuadro 6. Validación de superioridad fenotípica de los árboles plus de amarillón (*Terminalia amazonia*) seleccionados por la empresa BARCA S.A. en la zona de Parrita, Pacífico Central de Costa Rica

Árbol plus	Clasificación	Árbol plus		Promedio de los mejores 4 vecinos	
		Volumen comercial (m3)	Calidad inversa (0 a 1)	Volumen comercial (m3)	Calidad inversa (0 a 1)
1	B	0,115 (-27,44%)	0,97 (30,63%)	0,159	0,74
2	B	0,190 (-2,34%)	0,90 (37,06%)	0,195	0,66
3	A	0,337 (75,78%)	1,00 (41,51%)	0,192	0,71
4	B	0,238 (45,15%)	0,70 (-10,64%)	0,164	0,78
5	B	0,160 (-3,20%)	0,97 (13,73%)	0,165	0,85
6	A	0,238 (98,38%)	1,00 (57,89%)	0,120	0,63
7	A	0,162 (17,01%)	0,87 (18,18%)	0,139	0,73
8	B	0,216 (-26,94%)	0,77 (27,78%)	0,296	0,60
9	A	0,172 (33,33%)	1,00 (11,11%)	0,129	0,90
10	A	0,328 (89,62%)	1,00 (15,38%)	0,173	0,87
11	B	0,151 (-31,82%)	0,93 (20,69%)	0,222	0,77
13	A	0,423 (80,92%)	0,97 (68,60%)	0,234	0,57
Diferencial de selección (<i>i</i>) de todos los árboles plus seleccionados		29,04%	27,66%		
Diferencial de selección (<i>i</i>) de árboles plus de la lista A		65,84%	35,45%		
Diferencial de selección (<i>i</i>) de árboles plus superiores en volumen		62,88%	28,86%		

De los 12 árboles plus seleccionados, solamente 6 individuos registraron superioridad fenotípica en volumen y en calidad (clasificados en la lista A). Dicho material registró un diferencial de selección en volumen de 65,84% y en calidad de 35,45%. El grupo restante de individuos seleccionados se clasificó en la lista B, por presentar superioridad en volumen ó en calidad; y el uso de dicho material disminuye el potencial posible de alcanzar en volumen y calidad, con respecto al mejor material seleccionado (árboles de la lista A). Los árboles que se recomienda para usar a escala comercial son todos los de la lista A (árboles 3, 6, 7, 9, 10 y 13) y en cuanto a los árboles plus de la lista B únicamente el árbol 4, también se recomienda para dicho uso, dada su superioridad en volumen.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los árboles plus de teca registró una calidad media de $1,33 \pm 0,50$.
- Los árboles plus de teca LS2, LS5, LS6, LS11, LL1, LL5, MF1, MF2, MF3 y MF4 presentaron superioridad fenotípica tanto en volumen y en calidad.
- Los árboles plus de teca LS2, LS5, LS6, LS11, LL1, LL5, MF1, MF2, MF3, MF4, LS1, LS12, LS14, LS15 y LS16 se recomiendan para utilizar en los proyectos de reforestación.
- El uso de material superior de teca registró un diferencial de selección de 36,61% en volumen y un 33,54% en calidad.
- Los árboles plus de amarillón registró una calidad media de $1,23 \pm 0,30$.
- Los árboles plus de amarillón 3, 6, 7, 9, 10 y 13 presentaron superioridad en volumen y en calidad.
- Los árboles plus de amarillón 3, 4, 6, 7, 9, 10 y 13 se recomiendan para ser utilizado en los proyectos de reforestación.
- El uso de material superior de amarillón registró un diferencial de selección de 65,84% en volumen y un 35,45% en calidad.
- En teca y amarillón se deben seleccionar más árboles plus con el fin de aumentar la base genética en el Programa de Mejoramiento Genético.

- Para seleccionar los nuevos árboles plus se debe evaluar y validar los árboles candidatos y sus mejores vecinos con la misma metodología que se aplicó en este estudio. Se debe seleccionar como árbol plus los candidatos que presenten superioridad en calidad y en volumen con respecto a los mejores vecinos.
- En las plantaciones de amarillón se deben profundizar estudios sobre técnicas de reproducción vegetativa para llevar a escala comercial los árboles plus por medio de la reproducción asexual.

BIBLIOGRAFÍA

COSEFORMA y CATIE (sf). Semillas Superiores Mejores Plantaciones Consideraciones para la selección de la fuente de semilla en proyectos de reforestación. Turrialba, Costa Rica. 6pp.

Ladrach, W. (en prensa). Manejo Práctico de Plantaciones Forestales en el Trópico y Subtrópico. Editorial Tecnológica. Cartago, Costa Rica.

Murillo, O; Badilla, Y; y Rojas, J. 2003. Reforestación clonal. 2da ed. Escuela de Ingeniería Forestal. Taller de Publicaciones del ITCR. Cartago, Costa Rica. 36 pp.

Murillo, O y Badilla, Y. 2004. Evaluación de la calidad y estimación del valor en pie de la plantación forestal. Escuela de Ingeniería Forestal, ITCR. Cartago, Costa Rica. 50 p.

Zobel, B y Talbert, J. 1984. Applied Foresttree Improvement. John Wiley & Sons. New Cork, USA. 510 p.

CAPÍTULO 2

**ESTABLECIMIENTO DE UN ENSAYO CLONAL CON TECA
(*Tectona grandis* L.F) EN FINCA SALAMÁ PROPIEDAD DE
BARCA S.A.**

RESUMEN

Establecimiento del ensayo clonal de teca (*Tectona grandis* L.f) en Finca Salamá, Osa, Puntarenas.

En el invernadero de producción clonal de BARCA S.A en Palmar Sur, Osa de Puntarenas se propagó el material para el ensayo clonal de teca. El diseño del ensayo es de bloques completos al azar. Consta de 6 bloques y de 4 parejas por cada clon y testigo por bloque. El material genético a validar fue aportado por 5 empresas reforestadoras ECOdirecta, Expomaderas, Ganadera Basa, Panamerican Woods y BARCA S.A (todas miembros de Genfores). Cada empresa aportó un número de 5 clones. Se utilizó dos testigos de semilla una proveniente del CATIE (semilla comercial) y otra del CACH (semilla de huerto semillero de primera generación). En el vivero se produjo 50 rametos/clon en pellets de 50 mm hasta alcanzar un tamaño aproximado de 25 cm. El material se identificó debidamente y se organizó en líneas de siembra según diseño de cada bloque, para facilitar la labor de distribución de plantas en el campo. El ensayo se estableció a un distanciamiento de siembra de 3x3 m. Alrededor del ensayo se establecieron dos hileras de bordes con el mismo material sobrante de los clones. El ensayo se estableció en Finca Salamá, Caserío Salamá, Piedras Blancas de Osa, Puntarenas el 29 de octubre 2007. El sitio del ensayo es un aluvión casi completamente plano.

Palabras clave: diseños experimentales, ensayos genéticos, ensayos clonales, teca, *Tectona grandis*, zona sur

INTRODUCCIÓN

La prueba genética es primordial en cualquier programa de mejoramiento genético forestal exitoso, serio y eficaz. Igualmente, establece las bases para tomar decisiones genéticas, seleccionar material y brinda información que será la base de los esfuerzos del mejoramiento genético forestal de generación avanzada. Es esencial, por lo tanto, que se tenga extremo cuidado de asegurarse de que el programa de prueba genética este concebido y se ponga en práctica de modo que puedan obtenerse máximas ganancias tanto a corto como a largo plazo. Dicha prueba es uno de los aspectos más costosos de un programa de mejoramiento genético forestal, pero la utilidad de los esfuerzos está directamente relacionada con la calidad del programa de prueba genética (Zobelt y Talbert, 1992).

El primer paso en un programa de mejoramiento genético forestal consiste en seleccionar un número amplio de árboles superiores fenotípicamente. Estos individuos se utilizarán luego para satisfacer temporalmente la producción de material a escala comercial. La selección individual para la mayoría de los caracteres debe ir seguida de una prueba para determinar si el árbol seleccionado es en realidad genéticamente superior.

El seleccionar cuales árboles son superiores genéticamente permite en los proyectos de reforestación aumentar el crecimiento de los rodales, disminuyendo ciclos de corta, incrementando la producción, aumentando la calidad de la madera, entre otras ventajas que favorece la comercialización de la madera. Razón por la cual hay que realizar una serie de investigaciones y estudios para determinar, cuáles son los árboles genéticamente superiores en las características deseables o de importancia económica. Una vez que se ha logrado determinar una buena población base de árboles plus, se establecen ensayos genéticos para poder realizar el proceso de validación o certificación genética, así como para obtener los parámetros genéticos necesarios para el avance del programa de mejoramiento (varianzas genéticas, heredabilidades, efectos ambientales, etc.).

Los ensayos genéticos permitirán determinar el ranking en calidad, volumen, crecimiento, etc. de los árboles plus basado en su valor genético, es decir, eliminando los factores ambientales. Lo anterior implica un paso vital para la toma de decisiones en la población comercial y poder proceder a plantar, a escala comercial, con el mejor material genético posible.

Los ensayos clonales debidamente diseñados y establecidos, realizarán la comprobación (certificación genética) de cada uno de los materiales para verificar su superioridad en distintas zonas geográficas, climáticas o edáficas. Las propiedades de la madera deberán ser también evaluadas, en especial la formación temprana de duramen.

En el presente capítulo se brinda los detalles sobre el establecimiento de un ensayo clonal de teca, plantado por BARCA S.A dentro del programa de mejoramiento genético para validar genéticamente 25 clones y dos testigos de semilla mejorada, una perteneciente a semilla del CACH (semilla de huerto semillero de primera generación) y otra del CATIE (semilla comercial). El ensayo se replicó en terrenos de las empresas participantes con el objetivo de comparar el nivel genético de las colecciones de cada una de las organizaciones participantes y determinar las posibles interacciones genotipo x ambiente, con el fin de conocer la posibilidad de mover clones de una región a otra sin riesgo de afectar la productividad.

OBJETIVOS

Objetivo general

1. Establecer un ensayo genético de teca (*Tectona grandis*) en BARCA S.A para validar la colección de clones de los miembros de GENFORES y compararlo con su propia colección genética.

Objetivo específico

1. Crear la base para futuros intercambios genéticos forestales a través de la validación de 25 clones en Finca Salamá, Salamá de Osa, Puntarenas, Costa Rica.

METODOLOGÍA

Ubicación del sitio

El sitio se ubica en Finca Salamá, caserío Salamá, distrito de Piedras Blancas, Cantón Osa, Puntarenas, Costa Rica (ver anexo 8). El ensayo se estableció en propiedad de BARCA S.A.

Descripción físico-ambiental del sitio

El sitio en estudio, ubicado en Finca Salamá, presenta una precipitación media anual de 4000-4500 mm. Según la clasificación de zonas de vida de Holdridge (1978), Salamá se encuentra dentro de la zona de vida Bosque Muy Húmedo Tropical piso basal. El balance hídrico con un 75% de probabilidad indica que siempre hay exceso de agua en todos los meses; más abundante en septiembre y octubre, y menos en enero, febrero y marzo. Este balance se determinó para una plantación de teca con una capacidad máxima de retención de 442 mm en una textura franco arenosa, para un sistema radicular de 66 centímetros en Venecia, Palmar Norte de Osa. (Arguedas *et al*, 2006).

La clasificación taxonómica del suelo es Fluvaquentic Eutrudepts. Es un suelo del orden inceptisol, que presenta un régimen de humedad údico o sea aquellos que no presentan una estación seca marcada, incipiente, inmaduro, con desarrollo pedogenético (pero escaso). Estos suelos presentan un horizonte B conocido taxonómicamente como cámbico, el cual muestra principalmente desarrollo de estructura y color propios del suelo. El suelo presenta una textura franco arenosa y una alta saturación de bases. Esos suelos son de origen aluvial (Fluvaquentic) y con drenaje moderadamente lento (Mata, 2006). Terreno plano con pendientes suaves entre 0-5% (ITCR, 2004).

Uso anterior de la finca

Anteriormente, el uso de la tierra estuvo bajo cobertura forestal, ya que desde aproximadamente 18 años existió en el sitio una plantación de melina (*Gmelina arborea*).

Preparación del sitio

En la preparación del sitio se eliminó todos los obstáculos y los escombros de madera que no fue extraída durante el aprovechamiento. Todo el material se acumuló para que no obstaculizara las diferentes labores durante el establecimiento y manejo del ensayo. Se eliminó las malezas usando un herbicida de contacto conocido comercialmente como Round-up (componente activo glifosato 35,6%). No se realizó procesos de descompactación de suelo. Se diseñaron y construyeron drenajes terciarios de aproximadamente 60 cm de profundidad, cada 15 metros para evacuar adecuadamente el agua y evitar afectar el desarrollo normal de la teca. Se rehabilitaron los drenajes secundarios y primarios que estaban construidos cada 50 metros.

Material vegetativo a utilizar

Este es un ensayo genético GENFORES, que se caracteriza por estar constituido con el aporte de material genético compartido por un número de empresas miembro. El ensayo se replicó en terrenos de las empresas participantes. Este ensayo busca cumplir con los siguientes objetivos:

1. Determinar y comparar el nivel genético de las colecciones de cada una de las organizaciones participantes.
2. Determinar la posible interacción genotipo x ambiente, con el fin de conocer la posibilidad de mover clones de una región a otra sin riesgo de afectar su productividad.

En este ensayo se plantaron 25 clones de teca, compuestos por el aporte de 5 clones de cada una de las empresas participantes (ECODirecta, EXPOMADERAS, Ganadera BASA, PANAMERICAN WOODS Y BARCA S.A., todas miembras de GENFORES). El ensayo incluye dos testigos o material control: a) lote compuesto de la semilla del huerto semillero de primera generación de teca del CACH (Santa Marta de Hojancha); b) lote compuesto por semilla ordinaria o comercial obtenida del Banco de Semillas del CATIE. En el cuadro 7 se presentan los clones que se utilizaron en el ensayo de teca.

Cuadro 7. Clones de teca (*Tectona grandis*) aportado por las empresas miembras de GENFORES para realizar el ensayo clonal en Finca Salamá, Osa. Puntarenas, Costa Rica.

ECODirecta	EXPOMADERAS	PANAMERICAN WOODS	Ganadera BASA	BARCA S.A.
ECO1	EXP7	PAW4	GB11	LL4
ECO30	EXP8	PAW6	GB14	LS6
ECO31	EXP48	PAW44	GB15	LS11
ECO31-CM	EXP49	PAW51	GB37	LS14
ECO68	EXP55	PAW62	GB41	MF2

Producción de plantas/clon

En el invernadero clonal de BARCA en Palmar Sur, se produjo un total de 60 rametos por cada clon y 60 plántulas por cada testigo. El material se propagó y se sembró en pellets (Jiffy) de 50 mm de diámetro. El material se produjo en un lapso de 7 a 8 semanas en invernadero.

Las raíces que sobresalían del jiffy fueron podadas y desinfectadas con Agrodrench 50% (10 cc/litro), con el fin de prevenir el ataque de un hongo en la herida provocada con la poda de raíces. Se aplicó una fertilización foliar con regadera de 4 litros, utilizando Multimineral (5 cc/regadera) y otra al jiffy con 10-30-10 (fertilizante granular disuelto en agua).

En el invernadero se organizó y empacó el material para su traslado al campo, siguiendo el orden de siembra de cada hilera dentro de cada bloque. Las cajas se identificaron externamente con el número del bloque y la hilera de siembra dentro del bloque. Todas las plantas fueron debidamente etiquetadas, utilizando paletas de madera con el número del clon.

Diseño experimental y trazado en el terreno

El ensayo clonal se estableció a un distanciamiento de siembra de 3 X 3 m \pm 40 cm con el objetivo de colocar el árbol en el mejor micrositio posible. El diseño experimental del ensayo clonal fue proporcionado por la dirección de GENFORES. El diseño experimental es de bloques completos al azar, con 6 bloques y 8 rametos por clon/bloque, distribuidos aleatoriamente dentro del bloque en 4 parejas (el diseño del ensayo se presenta en el anexo 3 y 4). Lo anterior implicó un total de 48 plantas/clon en todo el ensayo. Todo el ensayo fue establecido con 1 a 2 hileras de borde. Para el trazado se estaquilló el área a plantar con el fin de facilitar la ubicación de cada árbol dentro del bloque.

Establecimiento del ensayo

El ensayo se plantó el lunes 29 de octubre de 2007. Después de la plantación y a los 30 días de establecido el ensayo se realizó la resiembra.

RESULTADOS Y DISCUSION

El sitio del ensayo reúne condiciones aptas, ya que el relieve es plano y muy homogéneo en toda el área. Con esto se logra disminuir posibles efectos ambientales en los análisis de varianza y obtener una variación genética con mucho menor sesgo. Al ser un sitio de topografía plana y de alta precipitación se debió construir una red sistematizada de drenajes superficiales con el fin de drenar las áreas anegadas, ya que la teca es muy susceptible en áreas inundadas implicando altos índices de mortalidad.

Con el fin de eliminar posibles efectos de borde causados por los drenajes primarios y los tendidos eléctricos, se tuvo que reubicar los bloques, inclusive establecer el último bloque a 50 m del resto de los bloques (ver anexo 5).

Este ensayo genético es el primero que establece BARCA, como parte de su programa de mejoramiento genético forestal. Este proveerá información de sumo interés para la empresa, donde se podrá comparar el efecto del uso de los clones respecto a la semilla comercial hasta hoy utilizada. Así también las posibles diferencias con las demás colecciones genéticas de los otros miembros de GENFORES. Debe sin embargo recordarse, que BARCA debe continuar realizando esfuerzos por establecer apropiadamente su colección completa con las selecciones realizadas en Parrita. Así también, debe establecer su propio ensayo genético, con el fin de comparar sus clones con el resto de los miembros de GENFORES.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El ensayo establecido es un elemento fundamental para que el grupo GENFORES pueda validar el material genético.
- Después de los 30 días de establecido el ensayo no se debe resembrar y las plantas faltantes deben analizarse como mortalidad del ensayo.
- Se recomienda medir la altura y diámetro al cuello de todo el ensayo para determinar relaciones con el crecimiento futuro del ensayo, ya que no todas las plantas presentaban una misma altura y diámetro al momento de la siembra.

BIBLIOGRAFÍA

- Arguedas, M; Mata, R; Herrera, W; Arias, D; Calvo, J y Salas, B. 2006. Síndrome de decaimiento lento de la Teca en Costa Rica. Segunda etapa. Informe Final. Escuela de Ingeniería Forestal. Centro de Investigación e Integración Bosque Industria. ITCR, Cartago Costa Rica. 186 pp.
- Holdridge, L. 1978. Ecología basada en zonas de vida. Trad. Por H. Jiménez Saa. San José, Costa Rica. IICA. 220 pp.
- Mata, R. 2006. Informe del estudio de suelos de dos perfiles en la Finca Salamá ubicada en Salamá, Osa, Puntarenas. En digital. 7 pag.
- ITCR. 2004. Atlas de Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago. Costa Rica. 1 disco compacto.
- Murillo, O y Badilla, Y. 2004. Evaluación de la calidad y estimación del valor en pie de la plantación forestal. 1ª. Ed. Cartago: Taller de Publicaciones del ITCR. Costa Rica. 51 p.
- Murillo, O y Badilla, Y. 2005. ¿Qué es mejoramiento genético forestal?. ITCR-FUNDATEC. 1ª. Ed. Cartago: Taller de Publicaciones del ITCR. Costa Rica. 15 p.
- Murillo, O; Rojas, J y Badilla, Y. 2003. Reforestación clonal. ITCR-EXPOMADERA-FUNDECOR. 2ª. Ed. Cartago, Costa Rica. 36 p.
- Murillo, O. 2007. Consulta personal. Escuela de Ingeniería Forestal. ITCR. Cartago. Costa Rica.
- Zobel, B y Talbert, J. 1984. Applied Foresttree Improvement. John Wiley & Sons. New Cork, USA. 510 p

CAPÍTULO 3

**EVALUACIÓN DE UN ENSAYO DE PROGENIE DE PILÓN
(*Hyeronima alchorneoides* Allemao), ITCR, SANTA CLARA, SAN
CARLOS, ALAJUELA.**

RESUMEN

Evaluación de un ensayo de progenie de pilón (*Hieronima alchorneoides* Allemao), Santa Clara, San Carlos, Alajuela

Se evaluó en octubre 2007 el ensayo de progenie de pilón ubicado y establecido en noviembre de 1994, en finca La Esmeralda del ITCR en Santa Clara, San Carlos de Alajuela. Cada individuo del ensayo se identificó y se midió su dap a 1,3 m. Se evaluó la calidad de las primeras 4 trozas del cada árbol (10 m de altura de fuste), la calidad del árbol completo se obtuvo con base en el peso económico de cada una de sus cuatro trozas según su ubicación en el árbol. Se obtuvo un volumen comercial (hasta 10 m de fuste), un valor de calidad del árbol y un índice de selección (70% volumen comercial y 30% la calidad del árbol). Cada variable se analizó con un análisis de varianza utilizando el paquete estadístico SAS (procedimiento GLM) La ganancia genética en calidad y volumen comercial se obtuvo utilizando el Software Selegen REML/BLUP. La variable diámetro presentó únicamente diferencia significativas en la interacción bloque-familia, la gradiente del terreno no afectó la varianza de la media entre bloques y familias. El carácter volumen comercial presentó diferencia significativa moderada entre familias y muy elevada en la interacción bloque-familia. Para la variable calidad se registró diferencias significativas entre bloques y leve entre familias. El índice de calidad-volumen presentó una alta diferencia significativa entre bloques y en la interacción bloque-familia. Este índice optimiza la selección y en base a este se seleccionaron los mejores 40 individuos del ensayo. Las familias que presentaron mayor diámetro y calidad fueron 49, 405, 311, 363, 302, 105, 104, 306, 310, 27, 450 y 301. El carácter calidad presentó una heredabilidad moderada en sentido estrecho ($h^2=0,144 \pm 0,096$) y el volumen presentó una heredabilidad muy baja ($h^2=0,084681 \pm 0,074$), ya que existe un bajo control genético y un alto control ambiental del crecimiento diamétrico. El análisis parece indicar que no se logrará una ganancia importante vía semilla de este huerto semillero. Una mejor estrategia será entonces, intentar clonar los mejores individuos dentro de las mejores familias.

Palabras clave: Ensayo de progenie, *Hieronima alchorneoides*, zona norte, mejoramiento genético

INTRODUCCIÓN

La actividad forestal fue por muchos años una actividad con mucho apoyo económico, pero con pocos lineamientos para que la reforestación sea una actividad rentable. Por tal razón las plantaciones establecidas bajo el régimen de incentivos forestales, no satisficieron las expectativas en cuanto a cantidad y calidad en el producto final. Muchas de las plantaciones con especies nativas y exóticas se han perdido debido a una mala selección de sitios, mala calidad del material vegetativo y a un desconocimiento sobre el comportamiento de la plantación en rodales puros.

A partir de esos años se ha venido mejorando la silvicultura sobre las especies más comunes en reforestación en Costa Rica y se han aplicado buenas prácticas silvícolas, como el manejo oportuno de los rodales, adecuada selección de sitios y especies y la selección de un material vegetativo de alta calidad. La conjugación de todas las mejorías logra aumentar la eficiencia y la rentabilidad de los proyectos en donde la producción sea máxima y los costos mínimos.

Ante la falta de una fuente segura y comprobada de material genético de alta calidad, se han venido estableciendo ensayos genéticos con especies nativas y exóticas, con la finalidad de seleccionar los genotipos de la más alta calidad y además, de satisfacer la demanda de semilla. Ya que la ejecución de raleos genéticos en ensayos genéticos previamente diseñados para tal fin, permite su conversión en un huerto semillero.

En mejoramiento forestal, una familia es un grupo de individuos derivados del mismo árbol por vía sexual. Si un árbol es polinizado por muchos árboles se genera una familia de polinización abierta y a los hijos se les llama una familia de medios hermanos. Si un árbol es polinizado por otro (único) árbol bajo condiciones controladas, podemos llamar a los hijos una familia de polinización controlada o una familia de hermanos completos (Jara, 1995).

Los ensayos de progenie se establecen con el objetivo de poder evaluar y seleccionar las mejores familias e individuos dentro de familias, como germoplasma base para establecer futuras plantaciones de mayor calidad y productividad. Otro de los objetivos de estos ensayos es la obtención de los parámetros genéticos de la población, para poder luego tomar decisiones de mejoramiento genético.

El presente capítulo expone la evaluación de un ensayo de progenie de pilón ubicado en Santa Clara, San Carlos de Alajuela. En dicho capítulo se brinda un análisis general de crecimiento en diámetro y se compara con reportes de crecimiento brindados por otros autores para la misma zona de estudio. También, se presenta la distribución de la calidad de los árboles. Se realizaron los respectivos análisis de varianza para las variables diámetro, volumen comercial a una altura de 10 metros, calidad y para el índice volumen-calidad. Se graficó la dispersión de las familias, de acuerdo a sus valores de diámetro y calidad total y por último, se seleccionó los mejores 40 individuos con potencial para clonar.

OBJETIVOS

Objetivo general

1. Evaluar el material genético seleccionado y determinar las mejores familias e individuos dentro de familias, como base para la producción de semilla mejorada de pilón (*Hyeronima alchorneoides*) en Costa Rica.

Objetivo específico

1. Evaluar y determinar las mejores familias e individuos del ensayo de progenie, para su posterior utilización como progenitores de material de plantación en la zona norte y caribe del país.

METODOLOGÍA

Localización del ensayo

El ensayo de progenie se ubica en la provincia de Alajuela, en el Cantón de San Carlos, Distrito de Florencia, Finca La Esmeralda del Instituto Tecnológico de Costa Rica, en Santa Clara. El ensayo se estableció en noviembre de 1994 y es manejado por el programa de GENFORES.

Descripción del sitio

De acuerdo a la clasificación de Holdridge (1978), la plantación se encuentra en la zona de vida Bosque Muy Húmedo Transición a Basal (bmh-TB); con una precipitación que va desde los 2000 hasta los 4000 mm/año, y una temperatura promedio anual de 25°C. Presenta suelos arcillosos, de texturas pesadas, poco fértiles en términos generales y con un pH normalmente ácido y presenta un suelo del orden inceptisol. El uso anterior del suelo era de charral.

Diseño experimental del ensayo

El ensayo de progenie de pilón se estableció bajo el diseño experimental de bloques completos al azar, con parcelas lineales de 6 árboles por familia y con un distanciamiento de siembra de 3X3 m (ver diseño de ensayo en anexo 10).

El ensayo consta de 8 bloques y de 32 familias. El número de bloques como el número de familias de cada bloque, no fue constante, explicado por la poca disponibilidad de material. Además, se establecieron dos hileras de árboles alrededor del ensayo para eliminar el efecto borde.

Cuadro 8. Procedencia de las familias utilizadas en el ensayo de progenie de pilón (*Hyeronima alchorneoides*), Santa Clara, ITCR. Zona Norte.

Procedencia	Zona Norte	Zona Sur
Familia	10, 17, 27, 48, 49, 58, 88, 104, 105, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311	26, 116, 159, 225, 241, 277, 332, 363, 401, 405, 410, 450

Variables evaluadas

Se utilizó el formulario de campo adjuntado en el anexo 9 y las variables evaluadas en este estudio fueron las siguientes:

- **Diámetro:** medido con una cinta diamétrica a la altura del pecho (1,3 m) en centímetros.
- **Calidad de trozas:** Se evaluó la calidad de cada una de las primeras cuatro trozas en cada árbol, con base en la metodología propuesta por Murillo y Badilla (2004). Esta es una variable compuesta que reúne varias características determinantes en la calidad de un árbol, con fines principalmente para producción de madera para aserrío. Los valores para cada troza oscilaron de 1 a 4, siendo 1 la mejor calificación y 4 la peor, respectivamente.

Las cuatro primeras trozas se evaluaron en forma independiente y se calificaron bajo alguna de las siguientes categorías de calidad:

- a) *Calidad 1 (excelente):* Se designarán así aquellas trozas cuyas calificaciones han sido absolutamente de 1 en todas las variables específicas inspeccionadas.
- b) *Calidad 2 (muy buena a buena):* Son todas aquellas trozas que han recibido entre 1 y 2 veces una calificación de 2 en alguna de las siguientes variables específicas: rectitud, ángulo de inserción de ramas, presencia de reiteraciones, grosor de ramas, y estado fitosanitario. Es decir una troza con defectos leves, que solamente le disminuirá pero no limitará severamente su potencial productivo.

- c) *Calidad 3 (aceptable)*: Son todas aquellas trozas con limitaciones severas, pero que le permiten aprovechar al menos un 50% del fuste en producto de aserrío. Son todas aquellas trozas que han recibido más de 2-3 veces una calificación de 2, todas las que reciban calificación de 2 en las variables daño mecánico, gambas o aletones, y fuste inclinado.
- d) *Calidad 4 (sin valor comercial maderable)*: Son aquellas trozas que se les observa defectos que merecen una calificación de 3 en algunas de las variables específicas. En este grupo se debe ubicar aquellas trozas con presencia de bifurcaciones a una altura menor al 50% de su longitud, con grano en espiral, torceduras de fuste severas, inclinación o doblez del fuste severa y presencia de gambas o aletones prominentes (> 50% de la longitud) en la primera troza.
- **Índice de calidad**: Con base a la evaluación de cada troza de forma individual, se obtuvo un índice de calidad para el árbol completo, con base en la calidad de cada una de sus trozas ajustados por su posición dentro del árbol, descrito anteriormente en la metodología del capítulo 1 (Murillo y Badilla, 2004). Los valores de calidad del árbol oscilaron de 1 a 4, donde un valor de 1 corresponde con la máxima calidad posible (todas sus trozas fueron calificadas con un valor de calidad 1).

Dado que la variable calidad del árbol completo representa valores bajos para la máxima calidad y valores altos para la peor, se creó una nueva variable denominada inversa de la calidad. Para crear esta variable los datos se transformaron de modo que la mejor calidad tuviera un valor de 1 y la peor, un valor de 0. Para esto se utilizó el siguiente algoritmo en la hoja de EXCEL:

$$1 + \left(\frac{1 - \text{calidad}}{3} \right)$$

- **Volumen:** Se obtuvo el volumen comercial con corteza a una altura de 10 m. Esta variable se calculó con la siguiente fórmula tomada de Ladrach (en prensa):

$$V = 0,00003 * d^2 * hc$$

donde;

V= volumen comercial en m³,

d= diámetro al DAP en centímetros (cm) y

hc= altura comercial en metros

Procesamiento y análisis de datos

Toda la información se procesó en una hoja electrónica de Excel versión 2003. Los análisis de las familias del ensayo se evaluaron con base en las variables calidad y volumen. Así también se construyó un índice de selección empírico, que combinó ambas variables en una sola por medio de la estandarización previa de los datos. El índice se constituyó entonces con un peso de un 70% para el volumen y un 30% para la calidad, con el fin de seleccionar las mejores familias, tanto en volumen como en calidad.

$$\text{Índice} = 0,7 * \frac{\text{Volumen}}{\sigma_{vol}} + 0,3 * \frac{\text{Calidad}}{\sigma_{cal}}$$

Para los análisis de varianza se utilizó el procedimiento GLM (Modelo General Linearizado para estructura de datos desbalanceados) del paquete estadístico SAS versión 7.0. Se utilizó la prueba de Waller-Duncan para realizar el análisis de varianza a un 95% de confiabilidad. Se utilizó también el software especializado SELEGEN para analizar pruebas genéticas desbalanceadas con el modelo mixto (Resende, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis general del ensayo

El diámetro promedio del ensayo a los 13 años de edad fue de $21,66 \pm 4,43$ cm, que corresponde a un incremento medio anual ($IMA_{DAP\ 13\text{años}}$) de $1,67 \pm 0,34$ cm (N=377 árboles/ha). Al compararse este valor de IMA_{DAP} con el reportado por Acuña (1999), quien evaluó el mismo ensayo de progenie a los 5 años de edad, se observa que a los 13 años el IMA disminuyó a un valor de $IMA_{Dap\ 5} = 2,29$ cm. Estos valores son por tanto los esperados, dado que se conoce que el IMA_{DAP} disminuye con la edad.

Pilón es una especie que posee crecimientos iniciales muy rápidos, a una edad de 4 años con la aplicación de un raleo, Stoffler (1999) reportó un IMA de 2,26 y a una edad de 5 años, COSEFORMA (1999, citado por Acuña 1999) registró un IMA_{DAP} de 2,14 en San Marcos de Cutris, San Carlos.

El crecimiento del ensayo no se pudo comparar con rodales de la misma edad ya que no se encontró información al respecto, pero para la misma variable (DAP) Delgado *et al*, (2003) reportaron crecimientos medios anuales en San Carlos de 1,61 cm en una plantación de 8 años a una densidad de 521 árboles/ha. En rodales de 9 años los valores del IMA fueron de 1,32 (844 árboles/ha), 1,63 (781 árboles/ha) y 1,60 cm (508 árboles/ha). En la Estación Biológica la Selva en Sarapiquí Alice *et al*, (2004) reportaron un crecimiento anual de 1,64 cm (N=781 árboles/ha).

El índice de calidad general fue de $1,94 \pm 0,55$, lo cual indica que este presenta una calidad aceptable o muy buena para usar la madera para aserrío. La distribución de la calidad de árboles fue de 45,1% (226 árboles) en calidad $< 1,75$; 38,53% (193 árboles) en calidad de 1,76 a 2,5; 13,97% (70 árboles) en calidad de 2,6 a 3,25; y un 2,4% (12 árboles) con una calidad $> 3,26$ o de ningún valor para aserrío.

Análisis de varianza

Para el caracter diámetro, con base en todos los individuos, no se detectó diferencias significativas entre familias ni entre bloques. Esto indica que la gradiente del terreno no afectó la varianza de la media del diámetro entre los bloques y las familias. La interacción bloque x familia sí registró diferencias significativas ($p < 0,0050$), ya que se presentaron familias que en un bloque obtuvieron buenos diámetros y en otros no. El diseño experimental empleado pudo contribuir a que no se determinaran diferencias significativas entre familias y bloques, ya que en algunos bloques no se tiene representada alguna familia

Cuadro 9. Análisis de varianza para el caracter diámetro en un ensayo de progenie de pilón (*Hyeronima alchorneoides*) en Santa Clara, San Carlos. Datos tomados del programa SAS.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Tipo III SS	Cuadrado Medio	Valor F	Pr>F
Bloque	7	265,551277	37,935897	1,68	0,1158 *nds
Familia	31	1051,559370	33,921270	1,50	0,0532 *nds
Bloque*Familia	176	3966,874958	22,539062	1,41	0,0050 **ds
Error	286	4568,242233	15,972875		

*nds=no hay diferencia significativa

**ds=si hay diferencia significativa

El análisis de varianza de volumen comercial hasta los 10 metros de altura, no mostró diferencia significativa entre los bloques, pero si presentó diferencia significativa moderada entre familias ($p < 0,0337$) y muy elevada en la interacción bloque y familia ($p < 0,0011$).

Para la variable volumen comercial se determinó que hay familias que poseen mayor volumen comercial que otras. Lo anterior indica que en ese rodal existe mucha variación en cuanto a esta variable, al seleccionarse los mejores individuos para producir semilla mejorada, se logrará aumentar la productividad en rodales puros de pilón.

Cuadro 10. Análisis de varianza para el caracter volumen comercial en un ensayo de progenie de pilón (*Hyeronima alchorneoides*) en Santa Clara, San Carlos. Datos tomados del programa SAS.

Fuente de variación	Grados de libertad	Tipo III SS	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F
Bloque	7	0,04983960	0,00711994	1,71	0,1100 *nds
Familia	31	0,20535181	0,00662425	1,59	0,0337 **ds
Bloque*Familia	176	0,73413121	0,00417120	1,50	0,0011 **ds
Error	286	0,79378490	0,00277547		

*nds=no hay diferencia significativa

**ds=si hay diferencia significativa

Para el caracter calidad (0 a 1) se presentó diferencia significativa entre bloques ($p < 0,0153$). Aquí si influyeron las condiciones del terreno, ya que los bloques que se encontraban en las partes moderadamente onduladas tienen mejores calidades en comparación con los bloques que están ubicados en una topografía plana.

Cuadro 11. Análisis de varianza para el caracter calidad en un ensayo de progenie de pilón (*Hyeronima alchorneoides*) en Santa Clara, San Carlos. Datos tomados del programa SAS.

Fuente de variación	Grados de libertad	Tipo III SS	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F
Bloque	7	0,71804217	0,10257745	2,57	0,0153 **ds
Familia	31	1,88603789	0,06083993	1,52	0,0485 **ds
Bloque*Familia	176	7,03446447	0,03996855	1,61	0,0002 **ds
Error	286	7,09509259	0,02480802		

**ds=si hay diferencia significativa

Para la variable calidad se determinó diferencias significativa leves entre familias ($p < 0,0485$), lo cual permite plantear la posibilidad de mejorar la especie con respecto a su calidad, vía mejoramiento genético. Otra posible explicación, es que la calidad de los árboles remanentes, después de un primer raleo, resulta sensiblemente buena para la mayoría de los individuos en pie. Por tanto, casi todas las familias mantienen en pie sus mejores representantes, lo que significaría una variación relativamente modesta para la variable calidad. También hay altas diferencias significativas en la interacción familia-bloque ($p < 0,0002$), esta variación es de suma importancia en la selección de árboles madres, ya que se pueden seleccionar cuales son los árboles que desarrollan una mejor calidad sea en sitios malos o en sitios buenos.

Cuadro 12. Promedio y desviación estándar para las variables diámetro, volumen comercial y calidad para cada bloque del ensayo de progenie de pilón (*Hyeronima alchorneoides*), Santa Clara, ITCR.

Bloque	DAP (cm)	Volumen comercial (m ³)	Calidad (0 a 1)
1	21,75±5,01	0,149±0,067	0,63±0,23
2	22,41±4,45	0,157±0,060	0,69±0,20
3	22,16±5,29	0,156±0,075	0,65±0,21
4	20,15±3,91	0,126±0,048	0,68±0,16
5	22,36±4,06	0,154±0,053	0,70±0,15
6	20,43±3,44	0,129±0,044	0,72±0,17
7	21,96±4,87	0,152±0,066	0,71±0,15
8	22,43±3,66	0,155±0,051	0,77±0,15
Promedio general	21,66±4,44	0,147±0,060	0,69±0,18

La variable índice calidad-volumen presentó diferencia significativa altas entre bloques ($p < 0,0029$) y la interacción bloque-familia ($p < 0,0009$), pero no se presentaron diferencias significativas entre familias. Este índice busca optimizar la selección de los mejores individuos en los dos caracteres. Debe recordarse que se construyó dando mayor peso al volumen (70%) que a la calidad (30%), ya que el volumen es de más importancia en el mercado de esta especie. Para el índice los mejores valores se obtuvieron en las zonas de pendiente moderada y disminuyó conforme disminuía la variación en la pendiente. Existe una leve tendencia de que los sitios con topografía ondulada generan mejor índice que los bloques ubicados en los sitios de topografía baja.

Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable índice calidad-volumen en un ensayo de progenie de pilón (*Hyeronima alchorneoides*) en Santa Clara, San Carlos. Datos tomados del programa SAS.

Fuente de variación	Grados de libertad	Tipo III SS	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F
Bloque	7	21,84507530	3,12072504	3,25	0,0029 **ds
Familia	31	34,79736013	1,12249549	1,17	0,2623 *nds
Bloque*Familia	176	169,1535530	0,9610997	1,52	0,0009 **ds
Error	286	0,79378490	0,00277547		

*nds=no hay diferencia significativa

**ds=si hay diferencia significativa

En la figura 2 se presentan las familias según volumen y calidad total, para delimitar las curvas de los cuadrantes se fijó un peso al diámetro de un 60% y a la calidad un peso de 40%.

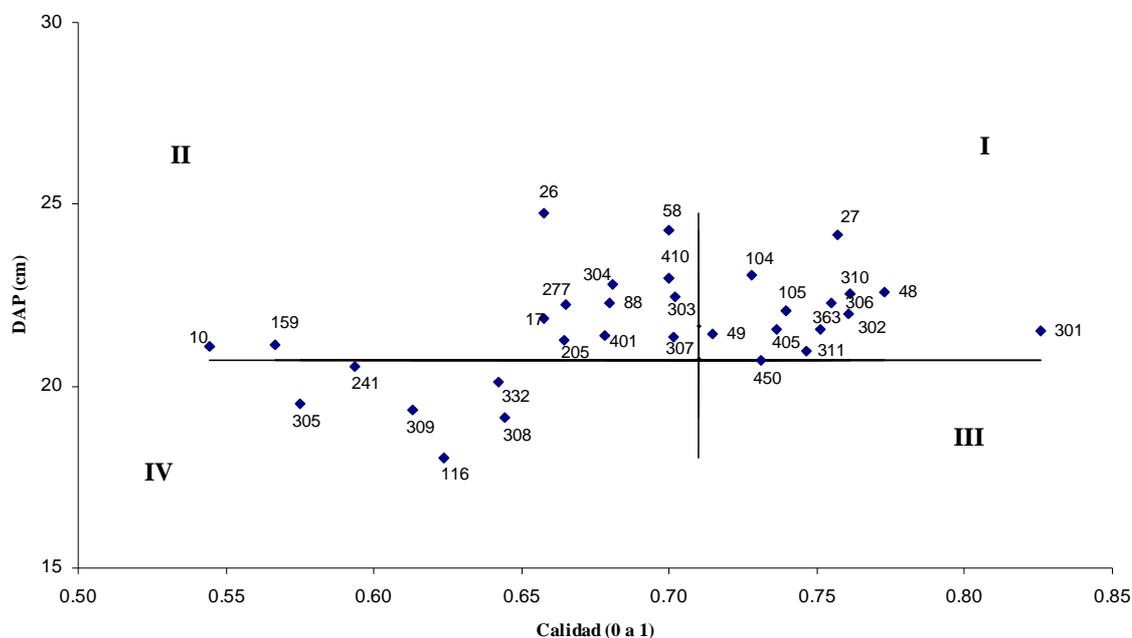


Figura 2. Dispersión de familias de pilón (*Hyeronima alchorneoides*), de acuerdo a sus valores de diámetro y calidad total.

Las familias que presentaron el mejor diámetro e índice de calidad son las que se encuentran en el cuadrante I (49, 405, 450, 311, 363, 302, 105, 104, 306, 48, 310, 27 y 301). Las familias 10, 159, 205, 401, 307, 303, 88, 17, 277, 304, 410, 58 y 26 ubicadas en el cuadrante II, presentan un buen diámetro pero una calidad muy mala. En el cuadrante III no se ubicó ninguna familia que registrara una buena calidad con diámetros malos. Por último las familias que se encuentran en el cuadrante IV (305, 241, 309, 116, 308 y 332) no se recomiendan como fuente de germoplasma ya que presentaron una calidad y diámetro no deseable para usar en los proyectos de reforestación.

Análisis genético del ensayo

La variación existente en las poblaciones de árboles puede separarse en componentes genéticos y ambientales. Los valores genéticos son afectados por efectos aditivos y no aditivos. La varianza genética aditiva surge de las diferencias entre los progenitores en lo que respecta a su actitud combinatoria general y es simplemente la varianza de los valores de cruce de la población. Mientras que la varianza genética no aditiva es el resultado de los efectos de la aptitud combinatoria específica o efecto de la dominancia (Zobel y Talbert, 1992).

Los valores de la heredabilidad expresan la proporción de la variación en la población que es atribuible a diferencias genéticas entre los individuos. Por lo tanto, es una proporción que indica el grado al cual los progenitores transmiten sus características a su descendencia. Existen dos tipos de heredabilidades a nivel de árbol. La heredabilidad en el sentido amplio (H^2), la cual se define como la proporción de la variación genética total de una población respecto de la variación fenotípica. Su mayor importancia es debido a que la variación tanto aditiva como no aditiva puede ser transmitida del progenitor a la descendencia (propagación vegetativa). La otra heredabilidad, es en el sentido estrecho (h^2), que es la proporción de la varianza genética aditiva respecto a la varianza total (Zobel y Talbert, 1992).

En el cuadro 14 se presenta los valores genéticos para los caracteres de calidad y volumen obtenidos en el ensayo de progenie por mediante el programa Selegen REML/BLUP.

Cuadro 14. Valores genéticos para los caracteres de calidad y volumen en un ensayo de progenie de pilón (*Hyeronima alchorneoides*) en Santa Clara, San Carlos. Datos obtenidos mediante el programa Selegen REML/BLUP (Resende, 2002)

Variable	Calidad	Volumen
Variación genética aditiva (V_a)	0,042704	0,0003
Variación fenotípica (V_f)	0,295726	0,00346
Heredabilidad individual en el sentido estrecho (h^2)	0,144404 \pm 0,096	0,084681 \pm 0,074

El carácter calidad presenta una varianza fenotípica muy alta principalmente afectada por la variación ambiental, ya que no todos los bloques tienen la misma condición topográfica. Cuando el programa muestra alta variación genética aditiva en un carácter, como en este caso, no es debido a la variación entre bloques, ya el programa corrigió esto. La variación genética aditiva es simplemente variación entre familias y dentro de familias. Por tanto, es precisamente variación verdadera e importante para un programa de mejoramiento. Es lo que un genetista siempre busca para poder provocar mejoramiento con cruzamientos (libres o controlados).

Además, la varianza genética aditiva representa una proporción muy baja con respecto a la varianza fenotípica. Este es un carácter que presenta una heredabilidad moderada en sentido estrecho ($h^2=0,144 \pm 0,096$), lo cual significa que buena parte de su genotipo puede ser transmitida a su progenie vía semilla tomada del huerto semillero.

Para el carácter volumen, se presentó una varianza fenotípica muy baja. Si la altura es 10 m para todos los árboles, actúa como una constante, no contribuye a que ocurra más o menos variación. Este carácter presenta una heredabilidad muy baja, ya que existe un bajo control genético y un alto control ambiental del crecimiento diamétrico. Por lo tanto, el análisis parece indicar que no se logrará una ganancia importante vía semilla de este huerto semillero. Una mejor estrategia será entonces, intentar clonar los mejores individuos dentro de las mejores familias.

En el cuadro 15 se muestra el ranking de los mejores individuos de acuerdo a su volumen y calidad. El componente volumen fue calculado con un peso de un 70% y el componente calidad con un peso de 30%.

Cuadro 15. Selección de los mejores 40 individuos en un ensayo de progenie de pilón (*Hieronyma alchorneoides*), en Santa Clara, San Carlos, con base en la varianza genética aditiva del índice de selección (calidad y volumen). Datos obtenidos mediante el programa Selegen REML/BLUP (Resende, 2002)

Ranking	Bloque	Familia	Árbol	Índice	Ranking	Bloque	Familia	Árbol	Índice
1	3	17	6	8,46	21	5	88	2	6,58
2	1	26	4	8,13	22	3	159	5	6,54
3	3	10	3	7,63	23	1	309	4	6,50
4	1	26	5	7,55	24	3	308	2	6,47
5	1	304	2	7,43	25	6	410	2	6,45
6	3	26	3	7,42	26	1	10	2	6,44
7	2	159	1	7,23	27	2	401	5	6,43
8	1	332	1	7,19	28	1	26	1	6,40
9	1	308	4	7,05	29	1	304	4	6,36
10	6	58	2	7,02	30	3	58	3	6,35
11	2	159	6	6,98	31	3	305	1	6,30
12	2	363	6	6,90	32	2	309	1	6,30
13	1	17	4	6,90	33	7	48	1	6,28
14	1	88	1	6,79	34	2	241	2	6,25
15	3	310	1	6,78	35	3	303	1	6,25
16	3	241	5	6,75	36	1	307	5	6,24
17	2	303	5	6,68	37	2	27	1	6,23
18	3	307	2	6,68	38	3	410	3	6,22
19	3	304	3	6,66	39	5	225	2	6,21
20	7	277	6	6,62	40	3	58	5	6,20

Este índice permite seleccionar simultáneamente a los individuos más voluminosos y los de mejor calidad. Aunque se corre el riesgo de incluir individuos muy voluminosos que no registren una excelente calidad, debido al mayor peso otorgado al volumen.

El ensayo de progenie presenta una alta variabilidad genética, aun entre individuos de una misma familia (son hermanos pero no idénticos), el análisis de varianza no registró diferencias significativas entre familias y la heredabilidad en sentido estrecho en volumen es muy baja, no se recomienda usar el ensayo de progenie como fuente semillera. Por tanto, para aumentar la productividad una opción es seleccionar los mejores individuos (individuos del cuadro 15) e intentar clonarlos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

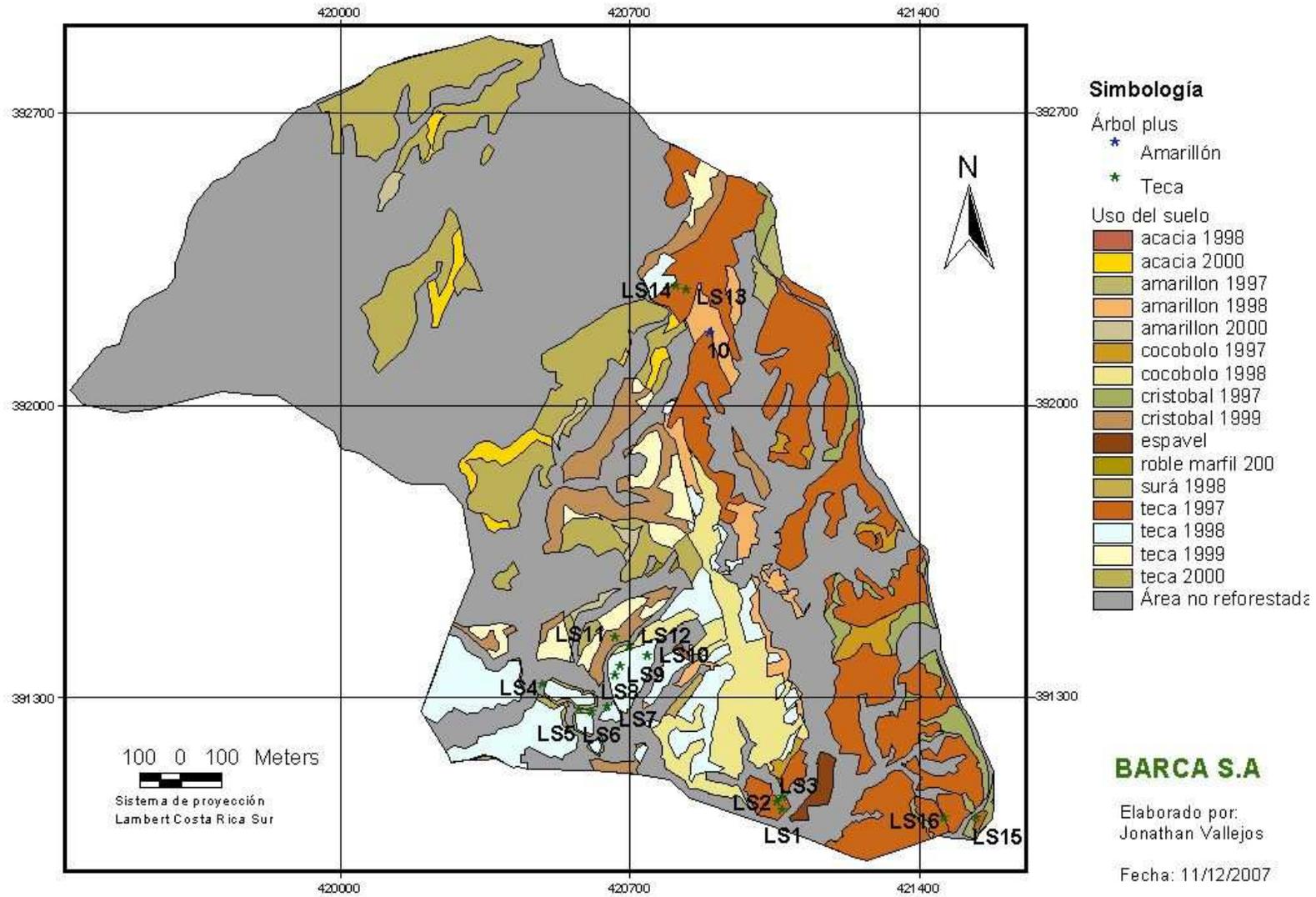
- El diámetro promedio del ensayo a los 13 años de edad fue de $21,66 \pm 4,43$ cm.
- El índice de calidad general del rodal fue de $1,94 \pm 0,55$.
- En cuanto a la calidad el ensayo presenta una heredabilidad moderada en sentido estrecho ($h^2=0,144 \pm 0,096$).
- En cuanto a volumen presenta una heredabilidad en sentido estrecho muy baja ($h^2=0,084681 \pm 0,074$).
- Las familias que presentaron mayor diámetro y la mejor calidad son 49, 405, 311, 363, 302, 105, 104, 306, 310, 27, 450 y 301.
- Las familias que presentaron menor diámetro y muy mala calidad son 305, 241, 309, 116, 308 y 332.
- No se logrará una ganancia importante vía semilla de este huerto semillero y se debe clonar los mejores individuos dentro de las mejores familias.
- Un total de 40 individuos fueron seleccionados como material de alta calidad genética para clonar.

BIBLIOGRAFÍA

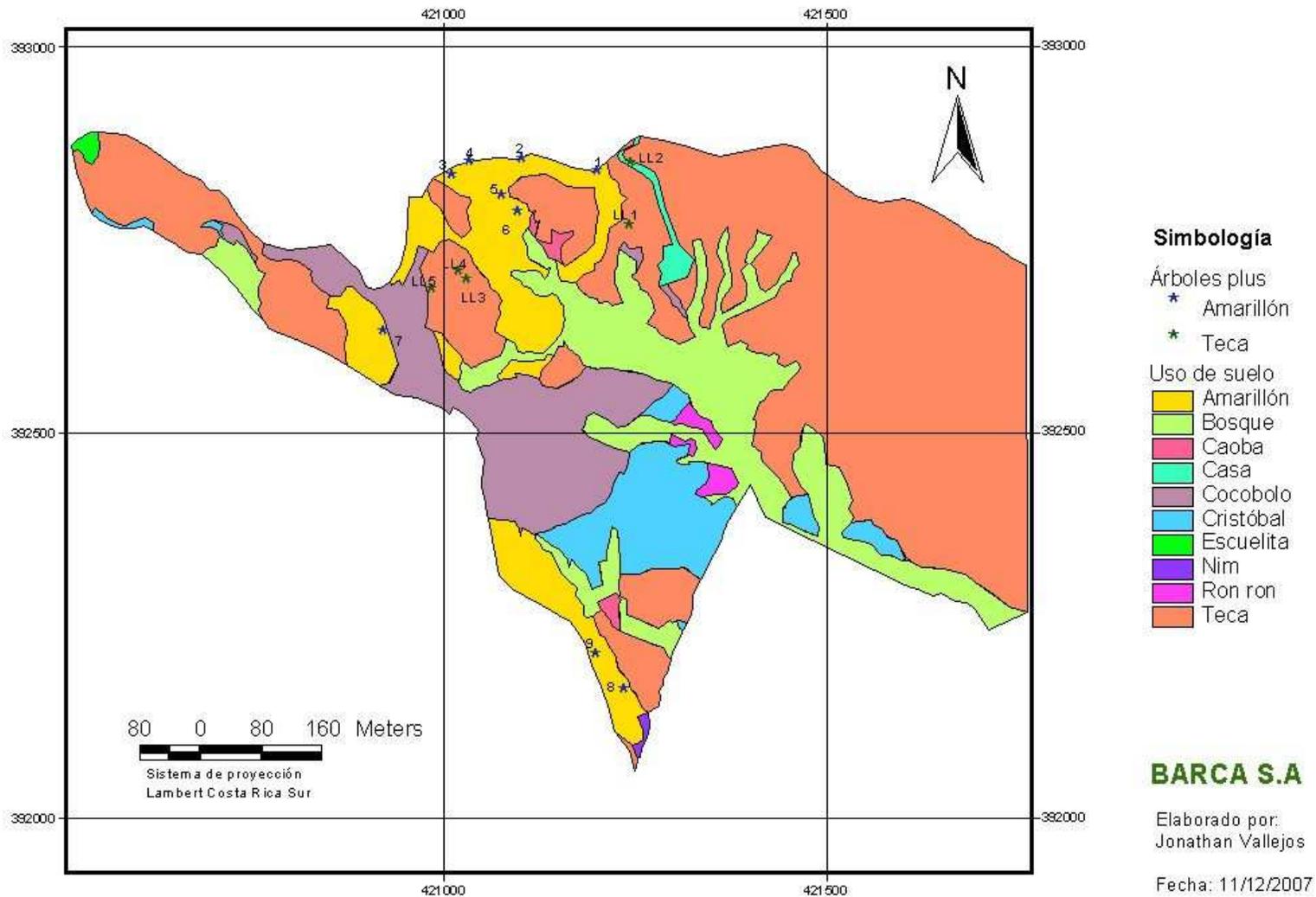
- Acuña, P. 1999. Evaluación de dos ensayos de progenie en Santa Clara, San Carlos. Informe de Práctica de Especialidad para optar al título de Bachiller Forestal. ITCR. Cartago, Costa Rica. 58pp.
- Alice, F; Montagmini, F y Montero, M. 2004. Productividad en plantaciones forestales puras y mixtas de especies forestales nativas en la Estación Biológica La Selva, Sarapiquí, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 28 (2): 61-71 pp.
- Delgado, A. 2002. Crecimiento de las plantaciones de especies nativas y su relación con la motivación de los finqueros a reforestar en la Región Huertar Norte de Costa Rica. Informe de Práctica de Especialidad para optar al título de Bachiller Forestal. ITCR. Cartago, Costa Rica.
- Holdridge, L. 1978. *Ecología basada en zonas de vida*. Trad. Por H. Jiménez Saa. San José, Costa Rica. IICA. 220 pp.
- Jara, L. 1995. *Mejoramiento forestal y conservación de recursos genéticos forestales*. Tomo I. Serie Técnica. Manual técnico N°.14. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 174 pp.
- Ladrach, W. (en prensa). *Manejo Práctico de Plantaciones Forestales en el Trópico y Subtrópico*. Editorial Tecnológica. Cartago, Costa Rica.
- Murillo, O y Badilla, Y. 2004. Evaluación de la calidad y estimación del valor en pie de la plantación forestal. Escuela de Ingeniería Forestal, ITCR. Cartago, Costa Rica. 50 p.
- Resende, M.D.V. de. 2002. *Software Selegen-REML/BLUP*. (EMBRAPA Florestas. Documentos, 77). Curitiba, Paraná, Brasil Colombo. 67 p.
- Stoffler, K. 1999. Potencial económico de las plantaciones y bosques secundarios. Producción versus mercado (madera y servicios ambientales). En: Seminario-Taller Situación actual y perspectivas de las plantaciones forestales y bosques secundarios en la Región Huertar Norte. Alajuela, Costa Rica.

ANEXOS

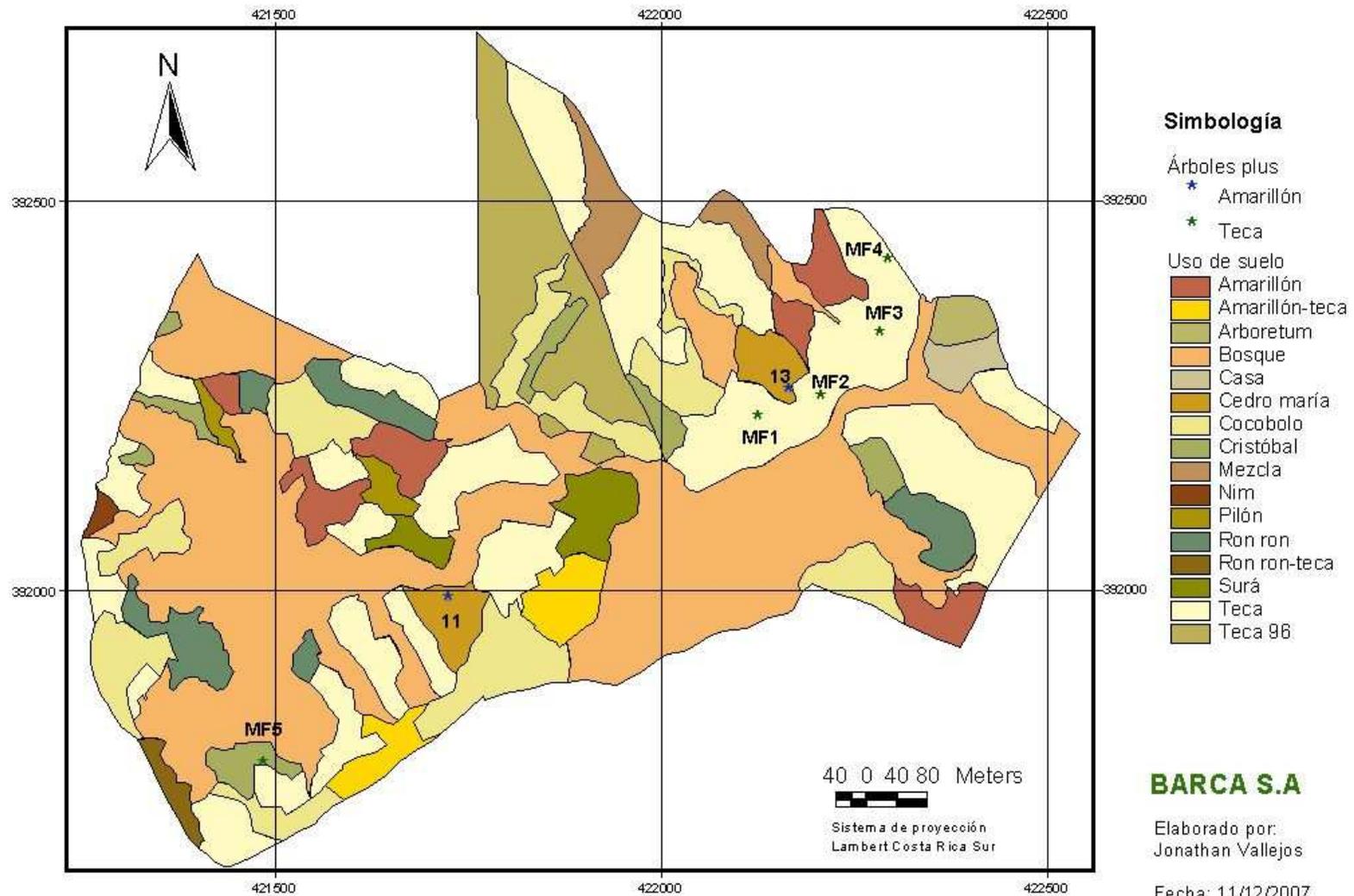
Anexo 2. Ubicación de árboles plus, Los Saltos, Finca The Birds, Jicote de Parrita.



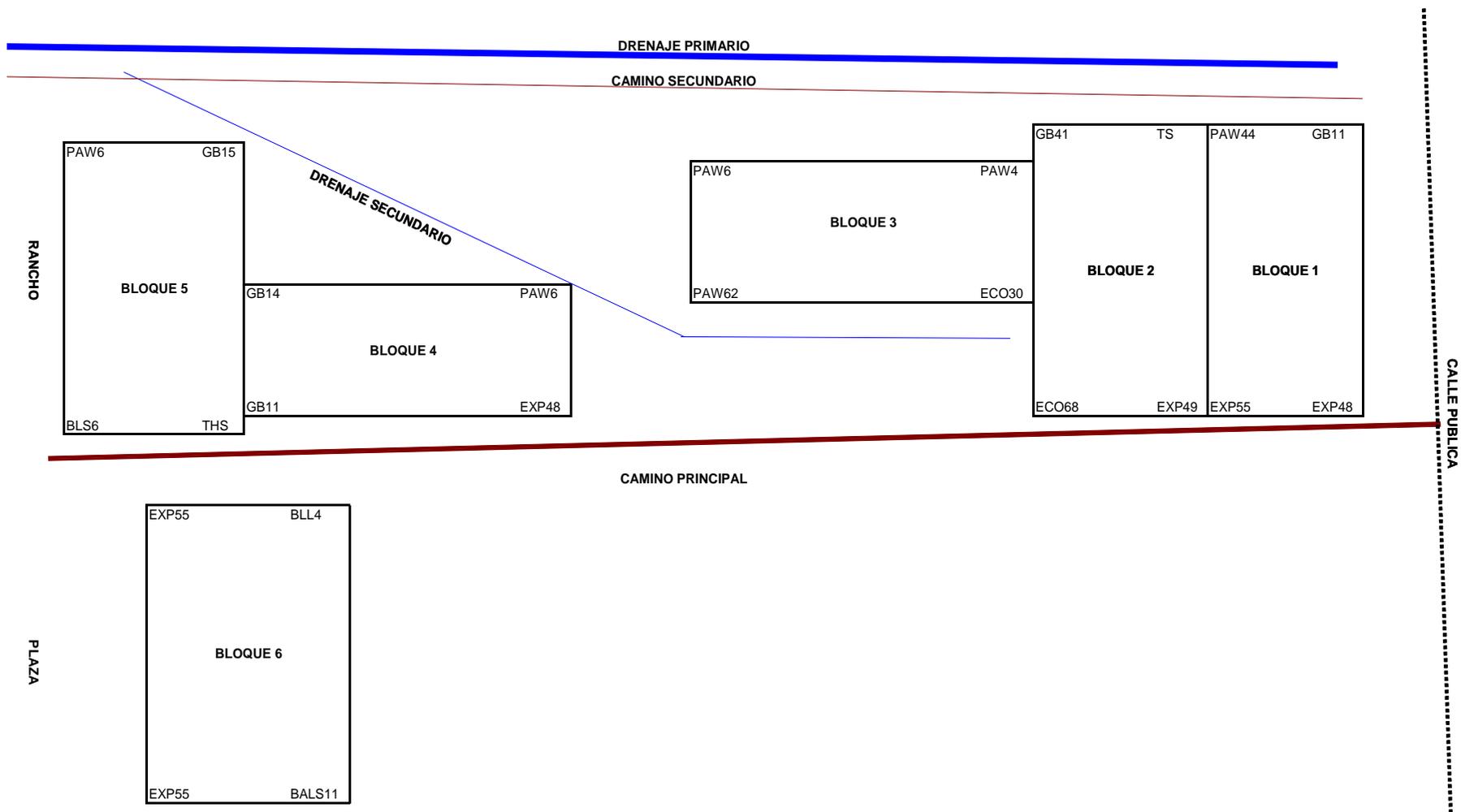
Anexo 3. Ubicación de árboles plus, Las Lomas, Finca The Birds, Jicote de Parrita.



Anexo 4. Ubicación de árboles plus, Monte Fresco, Finca The Birds, Jicote de Parrita.



Anexo 5. Croquis de distribución de bloques, ensayo clonal de teca (*Tectona grandis*), Finca Salamá, Osa.



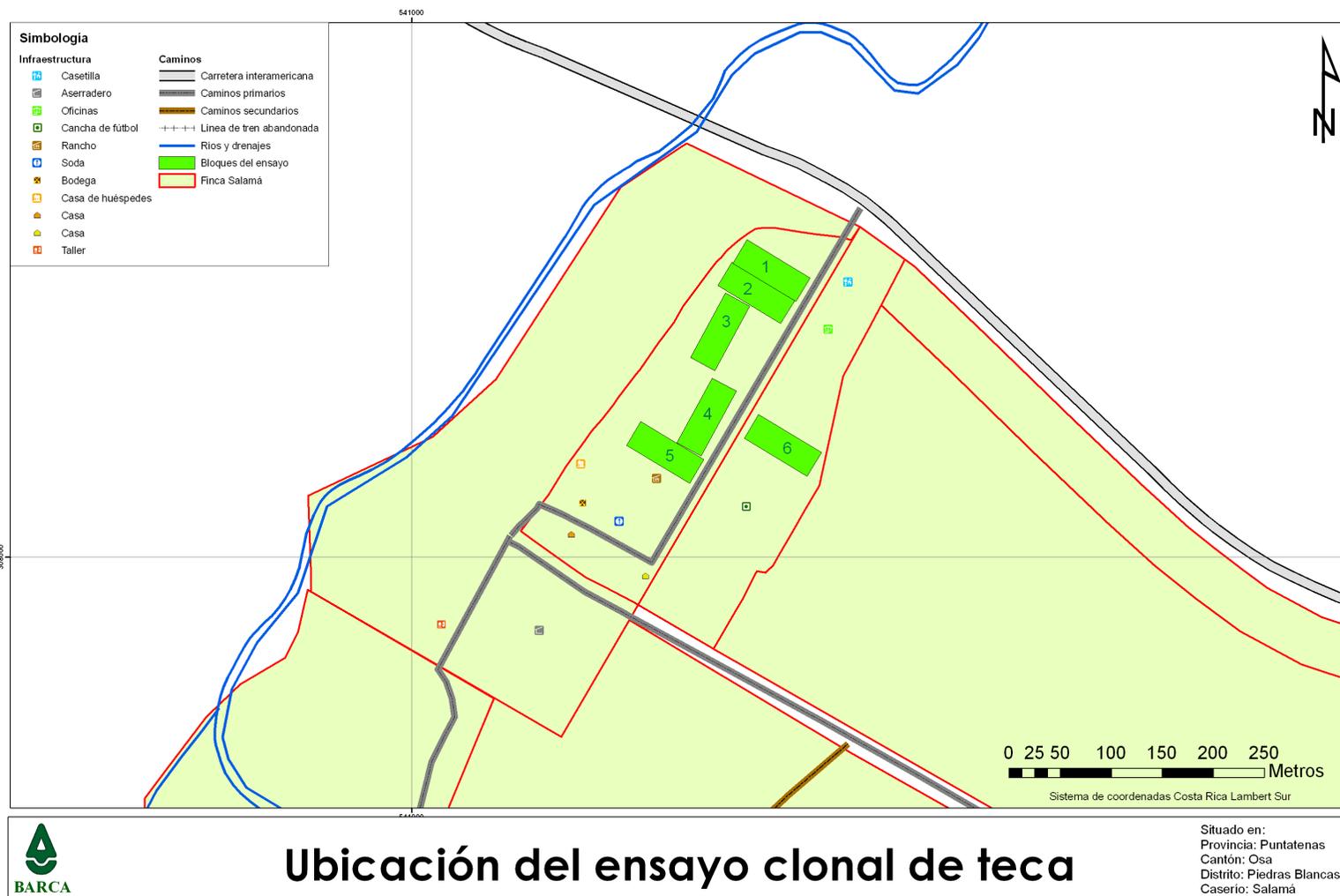
Anexo 6. Diseño del ensayo clonal (bloque 1, 2 y 3) de teca (*Tectona grandis*) ubicado en Finca Salamá, Salamá, Piedras Blancas de Osa, Puntarenas.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
BLOQUE 3	9	ECO30	ECO30	ECO68	ECO68	TS	TS	BALL4	BALL4	EX7	EX7	ECO1	ECO1	BALS6	BALS6	GB37	GB37	GB11	GB11	EX49	EX49	BALS14	BALS14	PAW62	PAW62		
	8	EX8	EX8	GB37	GB37	ECO31CM	ECO31CM	PAW51	PAW51	PAW62	PAW62	EX48	EX48	BAMF2	BAMF2	GB15	GB15	ECO30	ECO30	EX7	EX7	THS	THS	PAW44	PAW44		
	7	GB41	GB41	PAW6	PAW6	BALS6	BALS6	EX49	EX49	GB11	GB11	PAW44	PAW44	GB41	GB41	EX8	EX8	PAW6	PAW6	BALL4	BALL4	ECO31CM	ECO31CM	PAW51	PAW51		
	6	EX55	EX55	GB15	GB15	PAW4	PAW4	BAMF2	BAMF2	BALS11	BALS11	THS	THS	EX55	EX55	PAW4	PAW4	ECO31	ECO31	ECO68	ECO68	BALS11	BALS11	GB14	GB14		
	5	GB11	GB11	PAW44	PAW44	EX7	EX7	PAW62	PAW62	GB37	GB37	ECO31	ECO31	ECO30	ECO30	EX7	EX7	PAW62	PAW62	BAMF2	BAMF2	GB41	GB41	EX48	EX48		
	4	TS	TS	ECO1	ECO1	ECO30	ECO30	GB41	GB41	EX8	EX8	BALS14	BALS14	EX49	EX49	PAW51	PAW51	THS	THS	GB15	GB15	GB11	GB11	ECO1	ECO1		
	3	BAMF2	BAMF2	GB14	GB14	BALS14	BALS14	EX48	EX48	EX55	EX55	GB14	GB14	BALS11	BALS11	ECO1	ECO1	BALS6	BALS6	GB14	GB14	EX55	EX55	TS	TS		
	2	ECO31CM	ECO31CM	BALS11	BALS11	BALL4	BALL4	PAW6	PAW6	ECO68	ECO68	EX49	EX49	TS	TS	BALL4	BALL4	PAW44	PAW44	BALS14	BALS14	PAW4	PAW4	ECO31	ECO31		
	1	PAW4	PAW4	ECO31	ECO31	PAW51	PAW51	THS	THS	GB15	GB15	BALS6	BALS6	ECO68	ECO68	ECO31CM	ECO31CM	EX48	EX48	GB37	GB37	EX8	EX8	PAW6	PAW6		
BLOQUE 2	9	ECO68	ECO68	GB37	GB37	EX8	EX8	GB14	GB14	BAMF2	BAMF2	EX7	EX7	PAW4	PAW4	ECO31	ECO31	ECO68	ECO68	PAW62	PAW62	PAW51	PAW51	GB41	GB41		
	8	GB15	GB15	EX48	EX48	TS	TS	EX49	EX49	ECO1	ECO1	BALL4	BALL4	PAW6	PAW6	GB15	GB15	ECO30	ECO30	EX7	EX7	PAW44	PAW44	THS	THS		
	7	PAW6	PAW6	PAW62	PAW62	GB11	GB11	ECO31	ECO31	ECO30	ECO30	PAW51	PAW51	GB37	GB37	EX49	EX49	TS	TS	ECO31CM	ECO31CM	BALS6	BALS6	ECO1	ECO1		
	6	BALS6	BALS6	GB41	GB41	EX55	EX55	PAW4	PAW4	ECO31CM	ECO31CM	PAW44	PAW44	BAMF2	BAMF2	EX55	EX55	EX8	EX8	BALL4	BALL4	GB11	GB11	GB14	GB14		
	5	PAW51	PAW51	BALL4	BALL4	GB14	GB14	EX7	EX7	EX48	EX48	BALS11	BALS11	GB14	GB14	GB41	GB41	BALS14	BALS14	ECO31CM	ECO31CM	ECO30	ECO30	BALS11	BALS11		
	4	BALS14	BALS14	ECO30	ECO30	BAMF2	BAMF2	PAW6	PAW6	EX8	EX8	THS	THS	ECO68	ECO68	ECO1	ECO1	PW44	PW44	THS	THS	PAW6	PAW6	EX48	EX48		
	3	PAW4	PAW4	ECO1	ECO1	GB15	GB15	ECO68	ECO68	BALS6	BALS6	BALS14	BALS14	ECO31	ECO31	PAW62	PAW62	BALS6	BALS6	PAW51	PAW51	EX55	EX55	BALS14	BALS14		
	2	GB41	GB41	ECO31	ECO31	PAW44	PAW44	GB37	GB37	PAW62	PAW62	TS	TS	PAW4	PAW4	BALS11	BALS11	BALS11	BALS11	EX48	EX48	GB15	GB15	GB37	GB37	EX49	EX49
	1	EX49	EX49	ECO31CM	ECO31CM	THS	THS	BALS11	BALS11	GB41	GB41	EX55	EX55	BALL4	BALL4	GB11	GB11	EX7	EX7	BAMF2	BAMF2	EX8	EX8	TS	TS		
BLOQUE 1	9	EX55	EX55	EX48	EX48	PAW4	PAW4	BALS14	BALS14	GB14	GB14	PAW6	PAW6	EX49	EX49	GB15	GB15	ECO30	ECO30	PAW62	PAW62	THS	THS	PAW44	PAW44		
	8	BALS11	BALS11	EX7	EX7	ECO30	ECO30	PAW44	PAW44	ECO1	ECO1	ECO68	ECO68	BAMF2	BAMF2	EX8	EX8	ECO31CM	ECO31CM	ECO1	ECO1	BALS11	BALS11	BALS6	BALS6		
	7	GB37	GB37	TS	TS	PAW62	PAW62	ECO31	ECO31	BALL4	BALL4	GB11	GB11	EX7	EX7	ECO68	ECO68	PAW51	PAW51	GB41	GB41	BALS14	BALS14	PAW4	PAW4		
	6	THS	THS	GB41	GB41	EX49	EX49	BAFM2	BAFM2	PAW51	PAW51	GB15	GB15	EX48	EX48	TS	TS	GB37	GB37	GB11	GB11	PAW6	PAW6	BALL4	BALL4		
	5	BALL4	BALL4	ECO1	ECO1	EX8	EX8	PAW6	PAW6	PAW62	PAW62	ECO31CM	ECO31CM	BALS6	BALS6	EX55	EX55	THS	THS	EX8	EX8	ECO30	ECO30	GB14	GB14		
	4	PAW51	PAW51	GB37	GB37	GB11	GB11	EX7	EX7	PAW4	PAW4	EX8	EX8	PAW4	PAW4	ECO31	ECO31	PAW62	PAW62	TS	TS	GB41	GB41	EX55	EX55		
	3	BALS14	BALS14	ECO31	ECO31	GB14	GB14	GB15	GB15	ECO30	ECO30	BALS6	BALS6	PAW6	PAW6	BALS11	BALS11	ECO1	ECO1	EX49	EX49	ECO31CM	ECO31CM	ECO31	ECO31		
	2	BAMF2	BAMF2	PAW44	PAW44	ECO68	ECO68	EX55	EX55	EX49	EX49	TS	TS	PAW44	PAW44	GB14	GB14	EX7	EX7	GB15	GB15	ECO68	ECO68	EX48	EX48		
	1	EXP 48	EXP 48	BALS6	BALS6	ECO31CM	ECO31CM	BALS11	BALS11	GB41	GB41	THS	THS	PAW51	PAW51	BALL4	BALL4	BALS14	BALS14	BAMF2	BAMF2	GB37	GB37	GB11	GB11		

Anexo 7. Diseño del ensayo clonal (bloque 4, 5 y 6) de teca (*Tectona grandis*) ubicado en Finca Salamá, Salamá, Piedras Blancas de Osa, Puntarenas.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
BLOQUE 6	9	BALL4	BALL4	ECO31CM	ECO31CM	GB14	GB14	GB15	GB15	PAW51	PAW51	EX48	EX48	TS	TS	PAW44	PAW44	PAW62	PAW62	EX48	EX48	GB37	GB37	BALS11	BALS11
	8	GB11	GB11	GB41	GB41	PAW4	PAW4	BALS14	BALS14	ECO30	ECO30	ECO1	ECO1	EX8	EX8	GB14	GB14	ECO68	ECO68	GB11	GB11	BALL4	BALL4	BALS6	BALS6
	7	BAMF2	BAMF2	EX49	EX49	EX55	EX55	TS	TS	BALS11	BALS11	GB37	GB37	PAW4	PAW4	GB15	GB15	ECO31CM	ECO31CM	BALS14	BALS14	GB41	GB41	EX49	EX49
	6	ECO31	ECO31	BALS6	BALS6	PAW6	PAW6	EX7	EX7	PAW62	PAW62	ECO68	ECO68	BAMF2	BAMF2	EX55	EX55	ECO1	ECO1	ECO30	ECO30	PAW6	PAW6	PAW51	PAW51
	5	ECO30	ECO30	PAW4	PAW4	ECO1	ECO1	BAMF2	BAMF2	ECO31CM	ECO31CM	THS	THS	PAW6	PAW6	GB11	GB11	TS	TS	PAW44	PAW44	BALS11	BALS11	EX7	EX7
	4	PAW62	PAW62	BALS14	BALS14	PAW51	PAW51	GB37	GB37	GB14	GB14	EX8	EX8	ECO31	ECO31	GB41	GB41	EX49	EX49	GB14	GB14	EX8	EX8	THS	THS
	3	BALS11	BALS11	EX7	EX7	EX48	EX48	GB11	GB11	GB15	GB15	PAW44	PAW44	EX7	EX7	PAW51	PAW51	BALL4	BALL4	GB37	GB37	EX48	EX48	ECO31	ECO31
	2	PAW44	PAW44	ECO68	ECO68	ECO31	ECO31	EX49	EX49	BALS6	BALS6	GB41	GB41	ECO30	ECO30	BLS14	BLS14	PAW4	PAW4	BAMF2	BAMF2	PAW62	PAW62	ECO1	ECO1
	1	EX55	EX55	THS	THS	EX8	EX8	BALL4	BALL4	PAW6	PAW6	TS	TS	ECO31CM	ECO31CM	THS	THS	BALS6	BALS6	ECO68	ECO68	GB15	GB15	EX55	EX55
BLOQUE 5	9	BALS6	BALS6	BAMF2	BAMF2	PAW44	PAW44	ECO30	ECO30	ECO1	ECO1	BALS14	BALS14	GB37	GB37	EX48	EX48	EX8	EX8	ECO1	ECO1	ECO30	ECO30	PAW6	PAW6
	8	GB11	GB11	EX49	EX49	TS	TS	GB14	GB14	ECO68	ECO68	BALS11	BALS11	BALL4	BALL4	EX55	EX55	PAW62	PAW62	GB11	GB11	GB41	GB41	BALS14	BALS14
	7	BALL4	BALL4	GB37	GB37	GB15	GB15	GB41	GB41	EX7	EX7	EX55	EX55	PAW44	PAW44	GB15	GB15	ECO31	ECO31	TS	TS	ECO31CM	ECO31CM	PAW51	PAW51
	6	EX8	EX8	PAW4	PAW4	ECO31CM	ECO31CM	THS	THS	PAW51	PAW51	PAW62	PAW62	BALS6	BALS6	BAMF2	BAMF2	BALLS11	BALLS11	EX7	EX7	EX49	EX49	THS	THS
	5	PAW44	PAW44	EX7	EX7	BALS6	BALS6	EX48	EX48	BAMF2	BAMF2	ECO31	ECO31	ECO68	ECO68	GB14	GB14	TS	TS	ECO31CM	ECO31CM	BALS14	BALS14	BAMF2	BAMF2
	4	ECO30	ECO30	EX55	EX55	ECO1	ECO1	EX8	EX8	BALS14	BALS14	EX48	EX48	GB14	GB14	TS	TS	ECO31CM	ECO31CM	BALS14	BALS14	BAMF2	BAMF2	ECO68	ECO68
	3	GB15	GB15	PAW51	PAW51	GB11	GB11	TS	TS	PAW4	PAW4	PAW6	PAW6	PAW51	PAW51	GB41	GB41	PAW62	PAW62	BALS6	BALS6	PAW6	PAW6	GB14	GB14
	2	ECO31	ECO31	GB41	GB41	BALL4	BALL4	GB41	GB41	PAW62	PAW62	ECO31CM	ECO31CM	GB11	GB11	EX48	EX48	THS	THS	ECO30	ECO30	BALS11	BALS11	EX7	EX7
	1	THS	THS	ECO68	ECO68	BALS11	BALS11	GB37	GB37	GB14	GB14	EX49	EX49	PAW4	PAW4	EX8	EX8	PAW44	PAW44	ECO1	ECO1	ECO31	ECO31	GB15	GB15
BLOQUE 4	9	EX48	EX48	GB14	GB14	BALL4	BALL4	PAW6	PAW6	EX55	EX55	ECO31CM	ECO31CM	TS	TS	GB41	GB41	ECO68	ECO68	EX7	EX7	GB15	GB15	GB11	GB11
	8	BALS11	BALS11	PAW4	PAW4	GB37	GB37	ECO31	ECO31	PAW51	PAW51	GB11	GB11	THS	THS	PAW4	PAW4	ECO31CM	ECO31CM	BAMF2	BAMF2	GB37	GB37	BALL4	BALL4
	7	BALS6	BALS6	THS	THS	TS	TS	EX7	EX7	PAW62	PAW62	ECO68	ECO68	BALS14	BALS14	PAW44	PAW44	EX8	EX8	ECO1	ECO1	BALS11	BALS11	THS	THS
	6	EX49	EX49	ECO1	ECO1	EX8	EX8	BALS14	BALS14	EX48	EX48	GB15	GB15	ECO31	ECO31	EX49	EX49	PAW62	PAW62	GB14	GB14	PAW6	PAW6	PAW4	PAW4
	5	ECO68	ECO68	GB15	GB15	GB41	GB41	PAW44	PAW44	BAMF2	BAMF2	GB37	GB37	EX55	EX55	PAW51	PAW51	ECO30	ECO30	EX48	EX48	BALS6	BALS6	EX55	EX55
	4	EX7	EX7	ECO31CM	ECO31CM	PAW51	PAW51	EX49	EX49	BALS11	BALS11	GB41	GB41	PAW62	PAW62	ECO1	ECO1	BALL4	BALL4	ECO31	ECO31	PAW44	PAW44	EX8	EX8
	3	EX8	EX8	TS	TS	GB14	GB14	BALS6	BALS6	ECO1	ECO1	BALL4	BALL4	ECO30	ECO30	BALS11	BALS11	GB15	GB15	TS	TS	EXO31CM	EXO31CM	GB41	GB41
	2	GB11	GB11	ECO30	ECO30	PAW4	PAW4	ECO31	ECO31	THS	THS	PAW44	PAW44	BALS14	BALS14	PAW6	PAW6	GB37	GB37	EX49	EX49	ECO68	ECO68	EX48	EX48
	1	PAW6	PAW6	EX55	EX55	BAMF2	BAMF2	PAW62	PAW62	ECO30	ECO30	BALS14	BALS14	EX7	EX7	BALS6	BALS6	BAMF2	BAMF2	GB11	GB11	PAW51	PAW51	GB14	GB14

Anexo 8. Ubicación geográfica del ensayo clonal de teca (*Tectona grandis*) en Finca Salamá, Osa. Puntarenas.



Anexo 10. Diseño del ensayo de progenie de pilón (*Hyeronima alchorneide*), Santa Clara, San Carlos, Alajuela.

