



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Forestal

Establecimiento de una plantación a partir de plántulas procedentes de árboles plus de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze para la producción de semillas con calidad genética en la Región Sur del Ecuador

Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del Título de Ingeniera Forestal

AUTORA:

Dania Maribi Jiménez Jiménez

DIRECTOR:

Ing. Oscar Rodrigo Ordóñez Gutiérrez, M.Sc.

Loja-Ecuador

2023

Certificación

Loja, 24 de febrero del 2023

Ing. Oscar Rodrigo Ordóñez Gutiérrez M.Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Establecimiento de una plantación a partir de plántulas procedentes de árboles plus de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze para la producción de semillas con calidad genética en la Región Sur del Ecuador**, previo a la obtención del título de **Ingeniera Forestal**, de la autoría de la estudiante **Dania Maribi Jiménez Jiménez**, con **cédula de identidad Nro. 1900871128**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Firmado electrónicamente por:
OSCAR RODRIGO
ORDONEZ GUTIERREZ

Ing. Oscar Rodrigo Ordóñez Gutiérrez M.Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **Dania Maribi Jiménez Jiménez**, declaro ser la autora del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula de identidad: 1900871128

Fecha: 28 de noviembre del 2023

Correo electrónico: daniamjimenez@unl.edu.ec

Teléfono: 0985526883

Carta de autorización por parte de la autora; para consulta, reproducción parcial o total y publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.

Yo, **Dania Maribi Jiménez Jiménez**, declaro ser autora, del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Establecimiento de una plantación a partir de plántulas procedentes de árboles plus de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze para la producción de semillas con calidad genética en la Región Sur del Ecuador**, como requisito para optar por el título de **Ingeniera Forestal**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los veintiocho días del mes de noviembre de dos mil veintitrés.

Firma:



Autora: Dania Maribi Jiménez Jiménez

Cédula: 1900871128

Dirección: Loja, Los Ciprés

Correo electrónico: daniamjimenez1303@gmail.com

Teléfono: 0985526883

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Integración Curricular: Ing. Oscar Rodrigo Ordóñez Gutiérrez, M.Sc.

Dedicatoria

Este Trabajo va dedicado a mis padres Lastenia Jiménez y Sergio Alejandro Jiménez, quienes me inculcaron valores y ganas de salir adelante, a quienes les agradezco por su esfuerzo y sacrificio para darme una vida digna y sin necesidades, especialmente a mi papá, por haber sido mi motivación para estudiar una carrera universitaria, por haber sido mi principal apoyo moral y económico, quien espero que desde el cielo esté orgulloso por haber podido lograr mi objetivo.

A mi hermana, Astrid Jiménez, quien ha sido mi cómplice y mejor amiga, quien me ha acompañado y ha sido una fuente constante de motivación para seguir adelante y no dejarme vencer por los golpes que la vida nos ha dado.

Un lugar muy especial en mi dedicación lo ocupa mi sobrina, Briana Guamán, quien se ha convertido en una de las personas más importantes de mi vida y mi mayor motivación para salir adelante.

Dania Maribi Jiménez Jiménez

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Loja, por el gran aporte académico y profesional a través de sus métodos de enseñanza y su personal de docentes.

A mi familia por su esfuerzo y apoyo infinito, por ser el pilar de mi vida y ganas de superación. Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi director de tesis el Ing. Oscar Ordóñez quien con su paciencia, dirección, dedicación, pericia y experiencia permitió el desarrollo de este trabajo, su consejo experto, su visión estratégica y su guía constante me han brindado una perspectiva amplia y enriquecedora durante toda la realización de mi proyecto. No puedo agradecer lo suficiente la bondad que ha demostrado

Al Ing. Darlín González por su invaluable dedicación, tiempo y apoyo incondicional, el cual ha sido fundamental y ha dejado una huella imborrable en el exitoso desarrollo de mi Trabajo de Integración Curricular.

Dania Maribi Jiménez Jiménez

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimientos	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de Tablas	xii
Índice de Figuras	xiii
Índice de Anexos	xv
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract.....	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	6
4.1. Importancia de las plantaciones forestales	6
4.1.1. Plantaciones comerciales.....	7
4.1.2. Plantaciones para Productos Forestales No Maderables (PFNM)	7
4.1.3. Plantaciones para madera.....	7
4.1.4. Plantaciones de restauración.....	7
4.1.5. Plantaciones de protección.....	8
4.1.6. Plantaciones agroforestales	8
4.1.7. Plantaciones urbanas o periurbanas	8
4.2. Sistema de plantación forestal	8
4.3. Conservación genética	9
4.3.1. Conservación ex situ.....	9
4.3.2. Conservación in situ	10
4.4. Variabilidad genética	10
4.4.1. Germoplasma forestal	10

4.5. Mejoramiento genético forestal	10
4.6. Fuentes semilleras mejoradas	11
4.6.1. Árboles seleccionados o árboles plus	11
4.6.2. Rodal semillero	12
4.6.3. Área semillera	12
4.6.4. Huertos Semilleros.....	12
4.7. Crecimiento inicial de una plantación forestal	12
4.8. La Silvicultura.....	13
4.9. Labores silviculturales	14
4.9.1. Distanciamiento de plantaciones	14
4.9.2. Coronamiento.....	14
4.9.3. Replanteo.....	15
4.10. Parámetros dendrométricos	15
4.10.1. Sobrevivencia	15
4.10.2. Altura total.....	15
4.10.3. Diámetro de base	15
4.10.4. Diámetro medio de copa.....	16
4.11. Descripción e importancia de <i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze.....	16
4.11.1. Descripción Botánica	16
4.11.2. Distribución Geográfica	17
4.11.3. Propagación.....	17
4.11.4. Características edafoclimáticas de la especie	18
4.11.4.1. Altitud.....	18
4.11.4.2. Requerimiento del suelo.....	18
4.11.4.3. pH.....	18
4.11.4.4. Temperatura.....	19
4.11.4.5. Precipitación.....	19
4.11.4.6. Humedad Relativa.....	19

4.11.5. Plagas insectiles y enfermedades.....	19
4.11.5.1. Plagas insectiles.....	19
4.11.5.2. Enfermedades.....	19
4.11.6. Importancia de la especie	19
5. Metodología.....	20
5.1. Colecta de semillas y producción de plántulas	20
5.2. Metodología para el diseño y establecimiento de la plantación de <i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze	20
5.2.1. Área de plantación	20
5.2.2. Diseño de la plantación.....	21
5.2.3. Preparación del área de plantación	22
5.2.4. Establecimiento de la plantación	22
5.2.5. Colecta y análisis de datos	23
5.3. Metodología para el monitoreo del crecimiento inicial de los individuos de <i>Caesalpinia</i> <i>spinosa</i> (Molina) Kuntze	23
5.3.1. Colecta y análisis de datos	23
5.3.1.1. Sobrevivencia.....	25
5.3.1.2. Altura Total.....	25
5.3.1.3. Diámetro de base.....	25
5.3.1.4. Diámetro medio de copa.....	25
6. Resultados.....	26
6.1. Establecimiento de una base genética mejorada con semillas de cuatro procedencias de <i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze	26
6.1.1. Caracterización de los árboles matrices de <i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze.....	26
6.1.2. Establecimiento de la base genética de <i>Cesalpinia spinosa</i>	26
6.1.2.1. Sobrevivencia.....	28
6.1.2.2. Estimativa Individual de los parámetros genéticos.....	28
6.9. Crecimiento inicial de <i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze en un sistema de plantación en diferentes espaciamientos.	29
6.9.1. Diámetro a la base.....	29

6.2.1.1. Crecimiento del diámetro de base de acuerdo a las procedencias.....	29
6.2.1.2. Crecimiento del diámetro de base de acuerdo a los espaciamientos de siembra.....	30
6.2.1.3. Crecimiento del diámetro de base de acuerdo a los espaciamientos de siembra y procedencias.....	32
6.2.1.4. Crecimiento del diámetro de base por bloques.....	33
6.9.2. Altura total.....	34
6.2.2.1. Crecimiento de la altura total de acuerdo a las procedencias.....	34
6.2.2.2. Crecimiento de la altura total de acuerdo a los espaciamientos de siembra.....	34
6.2.2.3. Crecimiento de la altura total de acuerdo a los espaciamientos de siembra y procedencias.....	36
6.2.2.4. Crecimiento de la altura total por bloques.....	37
6.9.3. Diámetro medio de copa.....	38
6.2.3.1. Crecimiento del diámetro medio de copa de acuerdo a las procedencias.....	38
6.2.3.2. Crecimiento del diámetro medio de copa de acuerdo a los espaciamientos de siembra.....	38
6.2.3.3. Crecimiento del diámetro medio de copa de acuerdo a los espaciamientos de siembra y procedencias.....	40
6.2.3.4. Crecimiento del diámetro medio de copa por bloques.....	41
6.9.4. Regresión entre altura y diámetro a la base..	42
7. Discusión.....	43
7.1. Establecimiento de una base genética mejorada con semillas de cuatro procedencias de <i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze mediante la implementación de una plantación para futuros programas de reforestación.....	43
7.1.1. Supervivencia.....	43
7.1.2. Estimativa Individual de los parámetros genéticos.....	44
7.2. Crecimiento inicial de <i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze en un sistema de plantación a diferente espaciamiento.....	45
7.2.1. Altura total y diámetro a la base	45
7.2.2. Diámetro medio de copa	48
8. Conclusiones.....	49
9. Recomendaciones.....	50

10. Bibliografía.....	51
11. Anexos.....	64

Índice de tablas:

Tabla 1. Enfermedades más frecuentes de la tara (<i>Caesalpinia spinosa</i>) y sus consecuencias (Medina-Mendez, 2016).	19
Tabla 2. Valores de distancias lineales, área por planta y densidad de plantas de 7 espaciamientos para <i>Caesalpinia spinosa</i> en el diseño Sistemático Lineal Nelder. 21	
Tabla 3. Matriz para la toma de datos del crecimiento inicial de <i>Caesalpinia spinosa</i>	24
Tabla 4. Parámetros y características que se tomó en cuenta para la evaluación del estado fitosanitario de las plántulas.	24
Tabla 5. Estimativas de parámetros estadísticos y genéticos para Diámetro a la base (Db), Altura total (HT) y Diámetro medio de copa (DMC) en procedencias de <i>Caesalpinia spinosa</i> , (Molina) Kuntze a los 6 meses en la quinta experimental Punzara, Loja	28
Tabla 6. Diámetro a la base promedio (\pm error estándar) de <i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze a los 0, 3 y 6 meses de evaluación en un delineamiento sistemático lineal con 7 tratamientos (espaciamientos) (n=399 plantas).	30
Tabla 7. Altura total (\pm error estándar) de <i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze a los 0, 3 y 6 meses de evaluación en un delineamiento sistemático lineal con 7 tratamientos (espaciamientos) (n=399 plantas).	34
Tabla 8. Promedios por procedencia del Diámetro Medio de Copa de las plántulas de <i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze durante los 6 meses de evaluación.	38
Tabla 9. Diámetro medio de copa (\pm error estándar) de <i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze a los 0, 3 y 6 meses de evaluación en un delineamiento sistemático lineal con 7 tratamientos (espaciamientos) (n=399 plantas).	39

Índice de figuras:

Figura 1. Planta de <i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze (Chalco, 2019).....	17
Figura 2. Mapa de ubicación del área de estudio de <i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze.....	21
Figura 3. Detalle de la parcela experimental en Nelder Linear, compuesta por diecisiete plantas de <i>Caesalpinia spinosa</i> de cuatro procedencias.....	22
Figura 4. A) Medición de la altura total; B) Medición del Diámetro a la Base (DB); C) Medición del diámetro medio de copa (DMB) a los 6 meses de evaluación de <i>Caesalpinia spinosa</i>	25
Figura 5. Ubicación de árboles plus de <i>Caesalpinia spinosa</i> en cuatro cantones de la provincia de Loja	26
Figura 6. Plantación de <i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze proveniente de cuatro procedencias en sistema linear Nelder en la Quinta Experimental Punzara.....	27
Figura 7. Porcentaje de sobrevivencia de <i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze en cuatro procedencias a los 0, 3 y 6 meses de evaluación.	28
Figura 8. Crecimiento inicial en diámetro a la base (cm) de <i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze en cuatro procedencias a los 0, 3 y 6 meses de evaluación.....	30
Figura 9. Crecimiento promedio del diámetro a la base de <i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze de acuerdo a los diferentes espaciamientos de siembra utilizados y a la procedencia de los individuos. A) Promedio DB inicial; B) Promedio DB a los 6 meses.....	32
Figura 10. Crecimiento promedio del diámetro de base de <i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze por cada uno de los bloques	33
Figura 11. Crecimiento inicial en altura de las plántulas de <i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze de acuerdo a los meses de evaluación	34
Figura 12. Crecimiento inicial en altura total de <i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze de acuerdo a los diferentes espaciamientos de siembra utilizados y la procedencia de los individuos.....	36
Figura 13. Crecimiento promedio de la Altura Total de <i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze por cada uno de los bloques	37
Figura 14. Diámetro medio de copa de las plántulas de <i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze de acuerdo a los meses de evaluación.....	38

Figura 15. Diámetro medio de copa de <i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze de acuerdo a los diferentes espaciamientos de siembra utilizados y la procedencia de los individuos.....	40
Figura 16. Diámetro Medio de Copa de <i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze por cada uno de los bloques	41
Figura 17. Correlación entre diámetro a la base y altura total a los 6 meses de evaluación de plántulas de <i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze.....	42

Índice de anexos:

Anexo 1. Proceso de instalación y labores silviculturales de la plantación de <i>Caesalpinia spinosa</i>	64
Anexo 2. Proceso de rebrote de <i>Caesalpinia spinosa</i>	69
Anexo 3. Medida de parámetros dasométricos.....	70
Anexo 4. Promedios de las variables medidas durante los 6 meses de evaluación por procedencias	71
Anexo 5. Promedio de las variables medidas por procedencias y bloques de la medición inicial (0) y 6 meses	72
Anexo 6. Certificado de traducción del resumen	73

1. Título

Establecimiento de una plantación a partir de plántulas procedentes de árboles plus de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze para la producción de semillas con calidad genética en la Región Sur del Ecuador

2. Resumen

El germoplasma constituye la base genética de las plantas y se utiliza para conservar y crear nuevas variedades de cultivos o restaurar la diversidad genética en los ecosistemas, así cada procedencia vegetal tiene características genéticas propias, adaptadas a las condiciones ambientales en las que crecen, por tanto, la conservación de la biodiversidad y el desarrollo sostenible de los recursos naturales renovables dependen de preservar diferentes procedencias vegetales. *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze es una especie multiusos de importancia económica, social y ambiental, por ello se estableció una plantación con cuatro procedencias (Loja, Catamayo, Paltas y Gonzanamá), en la Quinta Experimental Punzara utilizando el diseño lineal a diferentes espaciamientos, con la finalidad de determinar la silvicultura y constituir la base genética de la especie. Se realizó el monitoreo de la plantación durante 6 meses, donde se evaluó sobrevivencia (SOB), altura total (HT), diámetro de base (DB), y diámetro medio de copa (DMC) de las plantas por procedencia. La tasa de sobrevivencia fue del 94,05 %, lo que indicó una alta adaptación de las plantas al medio, sin embargo, no hubo un incremento considerable de la HT (1,45 a 1,85 cm) y el DB (0,12 y 0,13 cm). *Caesalpinia spinosa* tiene alta tasa de supervivencia a los 6 meses de edad, lo que confirma la adaptabilidad al área de estudio. Además, las diferentes procedencias exhibieron variabilidad genética, alta heredabilidad y precisión en los valores obtenidos, aspectos que son significativos para futuros programas de investigación y selección de la especie. En cuanto al crecimiento inicial de los individuos, se observó que fue lento y no se encontraron diferencias significativas entre las variables medidas ni entre las procedencias, tampoco se identificó influencia del diseño de siembra debido a la edad de las plántulas.

Palabras claves: *Plantación forestal, silvicultura, crecimiento inicial, sobrevivencia, base genética, diseño Nelder.*

Abstract

Germplasm constitutes the plants' genetic basis and is used to conserve and create new crop varieties or restore genetic diversity in ecosystems. Thus, each plant origin has its own genetic characteristics, adapted to the environmental conditions in which they grow. Therefore, the conservation of biodiversity and the sustainable development of renewable natural resources depend on preserving different plant sources. *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze is a multipurpose species of economic, social and environmental importance, which is why a plantation with four origins (Loja, Catamayo, Paltas and Gonzanamá) was established in Quinta Experimental Punzara, using linear design at different spacings, in order to determine forestry and constitute the genetic basis of the species. The plantation was monitored for 6 months, where survival (SOB), total height (HT), base diameter (DB), and average crown diameter (DMC) of the plants were evaluated by origin. The survival rate was 94.05%, which indicated a high adaptation of the plants to the environment, however, there was no significant increase in HT (1.45 to 1.85 cm) and DB (0.12 and 0.13 cm). *Caesalpinia spinosa* has a high survival rate at 6 months of age, confirming its adaptability to the study area. In addition, the different origins showed genetic variability, high heritability and precision in the values obtained, aspects that are significant for future research and selection programs for the species. As for the initial growth of the individuals, it was observed that it was slow and no significant differences were found between the variables measured or between the origins, nor was the influence of the planting design identified due to the age of the seedlings.

Key words: Forest planting, forestry, early growth, survival, genetic basis, Nelder design.

3. Introducción

Los bosques son uno de los recursos naturales más valiosos del planeta, ya que proporcionan una amplia variedad de beneficios ecosistémicos, desde la regulación del clima hasta la conservación de la biodiversidad (Pérez et al., 2007). Sin embargo, el mundo ha perdido una gran cantidad de bosques debido a la deforestación, la tala ilegal, los incendios forestales y otros factores (Vergara y Gayoso, 2004). En este contexto, las plantaciones forestales se han convertido en una herramienta importante para la gestión sostenible de los bosques y la conservación de los ecosistemas forestales. Las plantaciones forestales son áreas de terreno ocupadas específicamente con árboles, con el objetivo de producir madera, papel, alimentos y otros productos forestales. Además de proporcionar recursos naturales, las plantaciones forestales también pueden desempeñar un papel importante en la protección de la biodiversidad y la mitigación del cambio climático (Pérez et al., 2007).

El establecimiento de plantaciones forestales además de provisión de materia prima para la industria maderera permite la conservación del suelo y la regulación hidrológica (Hofstede et al, 1998), así mismo, una de las técnicas claves para el buen manejo de estas plantaciones es la silvicultura, la cual está encaminada en el manejo adecuado de plantaciones forestales (Basantes, 2016).

El avance de la deforestación realizada por la intervención humana con fines de establecimiento de cultivos, pastizales, expansión demográfica y los incendios forestales, han provocado la destrucción de hábitats naturales de numerosas especies forestales y de fauna silvestre de la región sur del Ecuador, promoviendo la pérdida de genotipos élitos y por tanto variabilidad genética (Wiegant et al., 2020). En la región sur del Ecuador se encuentran árboles dispersos de *C. spinosa* en fragmentos forestales, potreros y cultivos, existiendo una baja variabilidad genética de la especie, sin embargo, la especie tiene una amplia distribución en varios ecosistemas del Ecuador y Perú, con una gran diversidad de usos maderables y no maderables (Jairo et al., 2019).

El germoplasma es esencial para el desarrollo de la agricultura sostenible y resistente, ya que permite la adaptación a nuevas condiciones climáticas y la resistencia a enfermedades y plagas. así como, un recurso valioso para la investigación científica y la conservación de la biodiversidad. Las procedencias vegetales son las fuentes primarias de material genético utilizado para la creación de nuevas variedades de plantas. Al recolectar frutos y conservar semillas u otros materiales de múltiples procedencias vegetales, se puede preservar la diversidad genética de una especie, lo que es esencial para el desarrollo de plantas más

resistentes a enfermedades y cambios ambientales. Además, la conservación y uso de las procedencias vegetales puede ayudar a mejorar la calidad y cantidad de los cultivos, ya que se pueden seleccionar variedades adaptadas a las condiciones locales, aumentando la productividad y la rentabilidad agrícola (Cortes et al., 2017; Thomas et al., 2015; Cuervo et al., 2020). El desconocimiento de la variabilidad genética de las especies conlleva al inadecuado manejo y a la subutilización del recurso, según Balaguer et al. (2011) la variabilidad genética de la “tara” es estrecha, sin embargo, la planta muestra alta plasticidad fenotípica, es decir, que se adapta a múltiples calidades de sitio (Cordero, 2016).

Así, la presente investigación tiene como propósito estudiar la variación genética, por caracteres cuantitativos: altura total (ALT), diámetro a la base (DAB), diámetro medio de copa (DMC), sobrevivencia (SOB) y estado fitosanitario, además, aportar al conocimiento de la silvicultura de la especie, y conservar los individuos con características fenotípicas sobresalientes de la provincia de Loja, para futuros programas de reforestación, en un ensayo de cuatro procedencias de *C. spinosa*, instalado en la Hoya de Loja, bajo un sistema de plantío lineal a diferentes espaciamientos de siembra, visando la conservación genética *ex situ* y la transformación del ensayo en un futuro huerto semillero, para la provisión de semillas con calidad genética y evitar la pérdida de genotipos en la especie.

La presente investigación se orienta a partir de los siguientes objetivos:

Objetivo general

Contribuir al conocimiento de la silvicultura y variabilidad genética de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze en la región sur del Ecuador, con la finalidad de apoyar a las estrategias de conservación *ex situ* y mejoramiento genético de la especie.

Objetivos específicos

- Establecer una base genética mejorada con semillas de cuatro procedencias de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze mediante la implementación de una plantación para futuros programas de reforestación.
- Evaluar el crecimiento inicial de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze en un sistema de plantación a diferente espaciamiento para conocer el comportamiento del crecimiento de la especie en fuste y diámetro de copa.

4. Marco teórico

4.1. Importancia de las plantaciones forestales

Una plantación forestal se define como el conjunto de árboles o plantas cultivadas (Gómez de Silva, 1996). La Corporación Nacional Forestal (CONAF) define las plantaciones forestales como aquellos bosques que se han corregido a través de las plantaciones de árboles de una misma especie o combinaciones con otras afectadas por el ser humano (CONAF, 2021).

Una plantación forestal consiste en el establecimiento de árboles que forman una masa boscosa y que tiene un diseño, espacio y especies definidas para cumplir objetivos específicos según el fin que se le dé a dicha plantación (Trujillo, 2003).

Según la FAO (2020) la superficie total forestal en el mundo es de 4 060 millones de hectáreas, lo que representa el 31 % de la superficie mundial, de la cual el 3 % (131 millones de hectáreas) está cubierto por plantaciones forestales y el 4 % (174,7 millones de hectáreas) por otros bosques plantados. El 93 % (3 750 millones de ha) de superficie forestal en todo el mundo está compuesto por bosques regenerados naturalmente y el 7 % (290 millones de ha) es plantado (FAO, 2020). Más de la mitad (54 %) de los bosques del mundo está situada en solo cinco países: la Federación de Rusia, Brasil, Canadá, los Estados Unidos de América y China. Generalmente la finalidad de una plantación es la producción industrial o para uso doméstico como postes de construcción, leña o forraje (Azpíroz et al., 2006).

La importancia de las plantaciones forestales se establece en los “Principios Forestales” adoptado por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) de 1992 desarrollada en Brasil; el principio 6d dice: *“Debe reconocerse, mejorarse y promoverse el papel de los bosques cultivados como fuentes sostenibles y ecológicamente racionales de energía renovable y materias primas industriales”*. La contribución al mantenimiento de los procesos ecológicos, la compensación de la presión sobre los bosques primarios, la creación de empleos y el desarrollo regional hacen que las plantaciones forestales sean una alternativa ecológica y de desarrollo (Shelton et al., 2001). La mayoría de plantaciones se destinan a la industria de la madera y celulosa, sin embargo, las plantaciones forestales tienen importancia económica, social y ambiental. La FAO hace una distinción entre plantaciones productivas y protectoras (FAO, 2006). Las plantaciones productivas se centran principalmente en la producción de madera industrial, leña y productos forestales no maderables, mientras que, las plantaciones de protección se establecen para proporcionar conservación, recreación, secuestro de carbono, control de la calidad del agua,

control de la erosión, rehabilitación de tierra degradada y servicios paisajísticos (Führer, 2000; Shelton et al., 2001; Lamb et al., 2005).

4.1.1. Plantaciones comerciales

Son aquellas plantaciones diseñadas y establecidas para la producción y comercialización de productos forestales, como la madera, pulpa y papel, entre otros. Estas plantaciones tienen como objetivo principal la obtención de ganancias económicas. Según López y Grau (2012) las plantaciones comerciales son aquellas que "se establecen en forma intensiva, con la finalidad de producir una gran cantidad de madera, en poco tiempo y de forma económica, para el mercado".

4.1.2. Plantaciones para Productos Forestales No Maderables (PFNM)

Se reconoce que los PFNM son importantes para el bienestar de muchas comunidades rurales y contribuyen a los procesos de conservación de los bosques tropicales, estos productos pueden recolectarse en forma silvestre o producirse en plantaciones forestales o sistemas agroforestales (López, 2008). Las plantaciones forestales destinadas para el aprovechamiento de Productos Forestales No Maderables (PFNM) son una estrategia que busca la conservación y la utilización sostenible de los recursos naturales. Los PFNM son productos derivados de los ecosistemas forestales que no son madera, como frutas, resinas, plantas medicinales, entre otros. Estas plantaciones tienen como objetivo principal satisfacer la demanda de PFNM sin agotar los recursos naturales silvestres, ya que se cultivan de manera controlada y sostenible. Además, estas plantaciones pueden ser una fuente de ingresos (Anastacio et al., 2016).

4.1.3. Plantaciones para madera

Las plantaciones forestales consisten en la siembra y cultivo de árboles específicamente para su uso posterior en la industria maderera. Estas plantaciones ofrecen numerosos beneficios que incluyen la conservación de los bosques naturales al reducir la presión sobre ellos, la creación de empleo y la generación de ingresos para las comunidades locales, así como el suministro de una fuente renovable de madera y productos (Abella, 1999; UPRA, 2008).

4.1.4. Plantaciones de restauración

Son aquellas plantaciones que se establecen con el propósito de restaurar suelos degradados y áreas que han sufrido impactos ambientales, como la deforestación o quema de bosques. Estas plantaciones buscan recuperar los procesos ecológicos y las funciones del ecosistema original. Las plantaciones de restauración son plantaciones dirigidas a la recuperación de la cobertura vegetal y la fauna, así como a la restauración de servicios ecosistémicos de áreas degradadas (Castro y Álvarez, 2016).

4.1.5. *Plantaciones de protección*

Son aquellas plantaciones que se establecen con el propósito de proteger áreas vulnerables a la erosión del suelo, la desertificación y la inundación. Estas plantaciones tienen como objetivo la protección del medio ambiente y la prevención y mitigación de desastres naturales (Ramírez y Villegas, 2017). Las plantaciones de protección pueden incluir la siembra y cultivo de árboles nativos o especies adaptadas al entorno específico con el fin de recuperar territorios degradados, evitar la invasión de especies exóticas y proporcionar hábitats naturales para la fauna y flora local, servir como barreras de protección y preservar la calidad del agua. A diferencia de las plantaciones forestales tradicionales, las plantaciones de protección no se establecen con el objetivo principal de la producción comercial de madera. En su lugar, se prioriza la conservación y restauración de los ecosistemas naturales y la promoción de la biodiversidad (Medrano, 2017).

4.1.6. *Plantaciones agroforestales*

Son aquellas plantaciones que combinan árboles con cultivos agrícolas, ganadería, pesca u otros usos productivos del suelo, con el fin de mejorar la productividad y sostenibilidad de estos sistemas de producción. Según Montagnini y Porras (2017), las plantaciones agroforestales son "plantaciones integradas de árboles y cultivos que buscan mejorar la productividad y la sostenibilidad de los sistemas de producción a largo plazo".

4.1.7. *Plantaciones urbanas o periurbanas*

Son aquellas plantaciones que se establecen en las ciudades o en las áreas circundantes a las ciudades, estas pueden incluir la siembra de árboles, arbustos y plantas de exterior en parques, plazas y jardines comunitarios, con el fin de proporcionar servicios ambientales, como la mitigación del cambio climático, la reducción de la contaminación ambiental, belleza escénica y el suministro de áreas verdes recreativas (Ewing y Kiker, 2002). Las plantaciones urbanas son una excelente forma de traer la naturaleza a estos entornos, ya que, a medida que las ciudades crecen, la vegetación y los espacios verdes se vuelven cada vez más escasos, pero también presentan desafíos que deben abordarse adecuadamente para lograr un resultado exitoso (Camacho, 2020).

4.2. Sistema de plantación forestal

Un sistema de plantación forestal consiste en la planificación y organización para establecer y mantener áreas de tierra dedicadas a la plantación o reforestación de árboles. Este sistema se utiliza para diferentes propósitos, como la producción de madera, la conservación del suelo y el agua, la captura de carbono, la protección de la biodiversidad y la generación de

ingresos. En un sistema de plantación forestal, se seleccionan y plantan especies adecuadas de árboles de acuerdo con los objetivos deseados (ONF, 2013).

Un sistema de plantaciones consiste en la combinación de la distancia entre árboles y la forma de distribuirlos (MARM, 2008). Existen varios sistemas de plantación, desde los más tradicionales hasta los menos utilizados, como: marco real, cinco de oros, marco rectangular, tresbolillo, pata de gallo, caballones, terrazas invertidas, mesetas corridas, sistema lineal, etc. (MARM, 2008).

Los sistemas de plantación lineal son un conjunto de plantas herbáceas, arbustivas o arbóreas, de una o varias especies, plantadas a espaciamientos regulares o irregulares, cortos o amplios, a lo largo de una o varias líneas paralelas, que siguen una trayectoria recta, curva o en ángulos, y que cumple objetivos definidos por el producto (Nova y Caro, 1991).

4.3. Conservación genética

La biodiversidad y conservación genética ha adquirido mayor relevancia en las últimas décadas debido a la disminución de hábitats y la pérdida de diversidad genética, debido a la actividad antropogénica que utiliza o elimina los recursos naturales (Ricklefs & Miller, 2000). A partir de esta discusión, se ha reconocido y valorado tanto la importancia de los ecosistemas naturales como el potencial de las especies para la economía y el entorno en el que se desenvuelven (Chivian & Bernstein, 2008).

La acción humana produce transformaciones significativas en los hábitats, tales como la pérdida de la diversidad genética, la aparición de especies exóticas, el incremento de patógenos y la fragmentación de bosques, que son factores que ponen en peligro la conservación de los recursos genéticos (Chivian y Bernstein, 2008). En particular, la fragmentación de bosques es una problemática que requiere mayor atención; la reducción de la cobertura vegetal nativa y el aislamiento de los remanentes de bosque generados por la fragmentación representan una grave amenaza para la conservación de los recursos genéticos (Costa & Scaryot, 2003).

4.3.1. Conservación ex situ

Esta estrategia se basa en mantener y reproducir especies en ambientes controlados fuera de su hábitat natural. Puede ser utilizada para especies domesticadas y no domesticadas. La conservación ex situ es una estrategia crucial para especies raras y en peligro de extinción, ya que puede garantizar la supervivencia a largo plazo de las especies, así como la disponibilidad de material genético para futuros esfuerzos de reintroducción (FAO, 2018). Según los informes del IPBES (2019), la conservación ex situ puede proporcionar una importante reserva de diversidad genética que puede ser utilizada para la recuperación y la restauración de los ecosistemas.

4.3.2. Conservación in situ

4.4. Esta estrategia se basa en mantener la biodiversidad en su hábitat natural, a través de la protección y restauración de los ecosistemas y sus procesos naturales. Esta estrategia también puede incluir el uso sostenible de los recursos naturales por parte de las comunidades locales (IPBES, 2019). La conservación in situ es crucial para mantener la funcionalidad de los ecosistemas y los beneficios que proporcionan a la humanidad, como la purificación del agua y del aire, la regulación del clima y la producción de alimentos y materiales (CBD, 2021). Variabilidad genética

La variabilidad genética hace referencia a la variación en el material genético de una población o especie, e incluye los genomas (Dolmus et al., 2006). La variabilidad genética determina en gran medida la evolución futura de las poblaciones, su adaptación al medio y su conservación. Algunas actividades de gestión forestal determinan o están influenciadas por las necesidades de conservación de los recursos genéticos, por la selección y mejora obtenida en los materiales objeto de repoblación y por los procesos de regeneración natural o artificial (Alia et al., 2003).

4.4.1. Germoplasma forestal

Germoplasma forestal es la parte o segmento de la vegetación forestal, capaz de originar un nuevo individuo mediante la reproducción sexual a través de semillas o asexual que incluye estacas, estaquillas, yemas, hijuelos, esquejes, bulbos, meristemos, entre otros (CONAFOR, 2015).

El germoplasma forestal se refiere a la variedad genética de las especies forestales, incluyendo árboles, arbustos y otras plantas, que son importantes para la conservación de la biodiversidad y el desarrollo sostenible de los bosques. El objetivo del germoplasma forestal es garantizar la conservación de los recursos genéticos de las especies forestales y su uso en programas de mejoramiento genético y adaptación al cambio climático (CONAFOR, 2015).

4.5. Mejoramiento genético forestal

El mejoramiento genético forestal pretende identificar la magnitud, clases y causas de la variabilidad dentro de las especies, se selecciona aquellas poblaciones e individuos con características fenotípicas sobresalientes, agrupándolos para que se crucen entre sí y produzcan semillas que generen árboles fenotípicamente superiores, al igual que los padres que les dieron origen (Mesén, 1994). Por lo general, el mejoramiento genético forestal tiene como objetivo maximizar ciertas características como: la adaptabilidad de una especie al sitio potencial de plantación, la tasa de crecimiento, la resistencia a enfermedades y la calidad del producto final (Vallejo et al., 2010).

Un programa de mejoramiento forestal está diseñado para producir árboles genéticamente deseables. Los objetivos de cualquier programa de mejoramiento deben definirse de acuerdo con las necesidades inmediatas, a corto plazo y a largo plazo de los programas nacionales y regionales de reforestación (Barner et al., 1992).

4.6.Fuentes semilleras mejoradas

Una fuente semillera mejorada es aquella que ha sido objeto de, al menos, una selección fenotípica relacionada con las características de producción forestal requeridas en una región y cuenta con un soporte de información geográfica y biológica para su manejo y distribución (Márquez et al., 2009).

Para una fuente de semillas forestales, en términos generales, es importante el origen (procedencia, familia e individuo) de donde se obtiene el germoplasma para los programas de plantaciones de un sitio o región; aunque la mayoría de los esfuerzos se han enfocado a la selección de las especies adecuadas y en el mejor de los casos las procedencias más productivas (Zobel y Talbert, 1988), es necesario también, identificar a las mejores familias e incluso los mejores individuos de cada especie para un sitio específico (Márquez et al., 2007).

Dentro del esquema tradicional del mejoramiento por métodos sexuales, las mayores ganancias genéticas se obtienen mediante el desarrollo de huertos semilleros genéticamente comprobados (Zobel y Talbert, 1984). Para el establecimiento de los huertos se requiere de cierta capacidad técnica, financiera y conocimientos sobre la especie involucrada que a veces no están disponibles; así mismo, es necesario cierto tiempo para que los huertos alcancen su producción plena. Mientras esto sucede, se deben tomar medidas alternativas para satisfacer la demanda inmediata de semillas (INSEFOR, 1999).

Las fuentes semilleras pueden considerarse desde: árboles seleccionados, rodal semillero, área semillera y huerto semillero:

4.6.1. Árboles seleccionados o árboles plus

Los árboles seleccionados o árboles plus son aquellos elegidos en rodales naturales o plantaciones de acuerdo con criterios preestablecidos, son árboles fenotípicamente sobresalientes en una o varias características de interés económico (Ipinza, 2022). El objetivo de la selección de árboles es usarlos como progenitores en las poblaciones de mejoramiento y de producción (Aguirre, 2013).

La identificación y selección del árbol de alto rendimiento, es el inicio y la base fundamental de un programa de mejoramiento genético forestal (Vallejos et al., 2010). En relación con la calidad y rigurosidad con que se realice la selección de estos árboles, así será en concordancia la ganancia genética que se alcanzará (Murillo, 1990).

4.6.2. Rodal semillero

Definido como un rodal natural o plantación completa donde la mayoría de los individuos presentan una apariencia fenotípica satisfactoria para la producción. Los rodales semilleros en bosques naturales debidamente manejados pueden suministrar semillas a partir del primer año de su establecimiento, siendo por tanto la alternativa inmediata para los programas de reforestación. Sin embargo, debido a la heterogeneidad de los bosques latifoliados, los rodales semilleros así establecidos no pueden ser monoespecíficos como en el caso de los huertos semilleros de plantación, conteniendo por tanto varias especies a ser seleccionadas entre todas las existentes en el área. La recolección de semillas se ve considerablemente dificultada debido al gran tamaño de los árboles, lo cual no es el caso de los huertos semilleros de clones (Lombardi y Nalvarte, 2001).

4.6.3. Área semillera

Es un rodal natural donde se han eliminado los individuos que presentan características fenotípicas poco satisfactorias para la producción forestal, y los árboles restantes se ubican con un espaciamiento suficiente para estimular la producción de semillas (Márquez et al., 2009).

4.6.4. Huertos semilleros

Es una plantación establecida a partir de árboles seleccionados que tiene la finalidad de producir semillas para abastecer los programas de plantación de una región determinada; los huertos pueden estar establecidos a partir de plántulas, es decir originados por reproducción sexual o bien a partir de técnicas de injertado o algún otro tipo de reproducción vegetativa (Márquez et al., 2009). Los huertos semilleros son poblaciones de producción más comúnmente utilizadas en los programas de mejora, son esenciales para la producción de semilla de alta calidad genética, ya que la semilla se origina a partir de árboles superiores, seleccionados ya sea de poblaciones naturales, plantaciones o ensayos genéticos de programas de generaciones avanzadas (Ipinza y Vergara, 1998).

Los huertos semilleros son plantaciones que han sido establecidos con material genéticamente superior, en un lugar aislado para reducir los riesgos de polinización con fuentes extrañas y genéticamente inferiores. Se maneja en forma intensiva para producir cosechas abundantes de semilla, de fácil recolección y calidad genética superior (Alvarado-Barrera et al., 2019; Aparicio et al., 2013)

4.7. Crecimiento inicial de una plantación forestal

El crecimiento es el aumento gradual de un organismo, población u objeto en un determinado período de tiempo. El crecimiento debe ser definido en función de una variable o parámetro y del período de tiempo transcurrido en su estimación (Prodan et al., 1997).

El desarrollo e incremento de los árboles en diámetro y altura, en el mismo sitio y bajo las mismas condiciones, de la misma especie y aun de la misma variedad, muestran incrementos en altura muy diferentes; el factor individual más importante es el genético, puesto que bajo las mismas condiciones algunos árboles exhiben un incremento hasta dos y tres veces mayor que otros, parece ser que los factores externos, la calidad del suelo influyen bastante en el crecimiento e incremento en altura (Klepac, 1976). El distanciamiento y arreglo de las especies en una plantación condiciona de manera significativa su desarrollo, ya que se ven favorecidas aquellas que son demandantes de luz y presentan rápido crecimiento (Van der Poel, 1988; Ladrach, 1992; Piotta et al., 2003; Moya y Arce, 2003; Alice et al., 2004; Grant et al., 2006; Kelly et al., 2009). Diversos autores concluyen que espaciamientos mayores a 3 x 3 m son una buena opción si las plantaciones combinan especies forestales de rápido y lento crecimiento con aclareos o entresacas periódicas de las primeras, o bien combinándolas con cultivos agrícolas (López y Musálem, 2007).

4.8.La silvicultura

La FAO describe la silvicultura como la disciplina encargada de gestionar, conservar y aprovechar de manera sostenible los recursos forestales. Se enfoca en la planificación y manejo de los bosques para garantizar su utilización tanto para la producción de madera y productos forestales como para la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos. La FAO promueve la adopción de prácticas y políticas forestales adecuadas, así como la colaboración internacional para asegurar la preservación y uso sostenible de los bosques a nivel global (FAO, 2016). La Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT) describe la silvicultura como la práctica de cultivar, manejar y aprovechar de forma sostenible los recursos forestales. Esta ordenanza establece los criterios y procedimientos para identificar y categorizar los diferentes tipos de madera, garantizando así la trazabilidad y la legalidad en el comercio de productos forestales (ITTO, 2014).

La silvicultura incluye todas las acciones encaminadas a regenerar, desarrollar, proteger los bosques y recolectar sus productos. La silvicultura es un recurso importante en la economía rural, proporcionando oportunidades de empleo complementarios a la agricultura y otras áreas donde los empleos son escasos. Entre otros temas, la silvicultura consiste en el uso sostenible de los recursos naturales, abarcando el manejo forestal, el manejo descentralizado de cuencas (suelo y agua) y el fortalecimiento del recurso humano, que lleva al desarrollo de áreas rurales y urbanas (Basantes, 2016).

La silvicultura es la rama de las ciencias forestales que se encarga de la creación, mantenimiento y tratamiento del bosque que permiten su aprovechamiento racional (Rojas

2001). Además, Implica la teoría y práctica de controlar el establecimiento, composición, constitución, crecimiento y desarrollo de los ecosistemas forestales para la continua producción de bienes y servicios (Valdez, 2014).

4.9.Labores silviculturales

Las labores silviculturales se realizan para mantener, fomentar o disminuir la competencia entre árboles, con cultivos y/o pastos por luz, agua y nutrientes (Lamprech, 1990; DFC, 1998). Es el proceso de toma de decisiones que implica la aplicación práctica de la ciencia, la tecnología y la economía a una propiedad forestal, para la producción de ciertos bienes deseados en forma eficiente (Valdez, 2014). La aplicación de los sistemas silviculturales debe tomar en consideración los requerimientos ecológicos particulares de las especies, las restricciones y lineamientos legales vigentes y la disponibilidad de recursos técnicos y económicos, y no deben ser aplicados como una receta, sino que en su diseño se deben tomar en cuenta las condiciones particulares del sitio (Hutchinson 1993).

4.9.1. Distanciamiento de plantaciones

El distanciamiento adecuado está influenciado por el comportamiento del desarrollo de la copa del árbol, así como también de la técnica de la poda (Medina-Mendez, 2016). El distanciamiento entre plantas depende del diseño y objetivos de la plantación, así las plantas establecidas a distanciamientos cortos son delgadas y con pocas ramas, pero logran una mayor altura por que compiten por luz, entre tanto las plantaciones con distancias grandes no compiten por luz, por eso los árboles tienen menor crecimiento en altura, pero son más gruesos y con más ramas (DFC et al., 1998).

REDFOR (1996) determina que:

- Para cultivo con fines de protección y conservación de laderas, la tara debe emplearse 1,4 x 1,4 m con una densidad de siembra de 5,102 unidades/ha.
- En ambientes secos y marginales el distanciamiento a emplearse será de 5 x 5 m.
- En suelos de valles interandinos para la producción comercial de tara el distanciamiento que se emplea es de 3,5 x 3,5 m dando una población de 816 árboles /ha esta densidad está relacionada con la profundidad del perfil del suelo.
- Para la costa, la densidad empleada es 3 x 4 m, 3,5 x 5 m y 4 x 4 m en función de las características del suelo y la tecnología a emplear.

4.9.2. Coronamiento

Esta actividad consiste en sacar la vegetación con toda su raíz, a una distancia aproximada de 50 cm alrededor de la planta (DFC et al., 1998). Con esto se consigue un mayor crecimiento inicial. La planta podrá defenderse de los animales, el viento y las heladas; las

plantas que se encuentran alrededor de la plantación joven, quitan nutrientes y agua al futuro árbol, por eso es necesario sacar la hierba, paja o pasto en el momento de la plantación y al final del periodo de lluvias (Britos y Leguizamón, 2013).

4.9.3. *Replanteo*

Consiste en volver a plantar en los hoyos donde las plantas han muerto. En una plantación masiva, ya sea en bosquetes o en silvopasturas económicamente no se justifica el replante cuando la sobrevivencia es mayor al 80 % (DFC et al., 1998).

4.10. *Parámetros dendrométricos*

Ciencia que se ocupa de la medición de bosques y sus productos con la aplicación de los principios de la matemática, estadística, geometría y física (Imaña – Encinas, 2011). La dendrometría trata de la medida de las dimensiones del árbol como “ente individual” del estudio de su forma y de la determinación de su volumen, los árboles tienen una amplia variedad de tamaños, formas y hábitos de crecimiento (Monteoliva y Hernández, 2014).

4.10.1. *Sobrevivencia*

Se define como la estimación de número de plantas vivas expresadas en porcentajes en un tiempo determinado, y en plantaciones la sobrevivencia se determina por lo general durante el primer año de su establecimiento a fin de cuantificar la tasa de la misma cuando ha estado expuesta a daños por factores abióticos y bióticos. La tasa de sobrevivencia para una especie en particular determina el éxito de su establecimiento como plantación, contribuyendo esto directamente a la conservación y recuperación de la productividad de suelos en áreas deforestadas (Patiño, 2011).

4.10.2. *Altura total*

La altura total es la distancia en vertical que existe desde la base del árbol hasta el ápice del mismo. Esta medida generalmente se expresa en metros y para determinarla se puede utilizar diferentes métodos y herramientas, como el uso de un medidor de altura láser, mediciones manuales con una cinta métrica o estimaciones visuales utilizando referencias cercanas. Es importante tener en cuenta que la altura total de un árbol puede variar según la especie y las condiciones individuales del árbol, como el crecimiento y el entorno. Además, algunas especies de árboles pueden tener configuraciones de ramas más bajas o copas más densas, lo que puede afectar la precisión de la medición de la altura total (Salazar, 1989).

4.10.3. *Diámetro de base*

El diámetro basal de las plántulas arbóreas se refiere al diámetro del tallo de una planta joven que se encuentra en la etapa inicial de crecimiento. Es una medida utilizada para evaluar el grosor del tallo de la plántula a una altura específica por encima del suelo. Se lo mide de

manera similar al diámetro basal de los árboles maduros. Se utiliza una cinta métrica o un calibrador de diámetro para medir el diámetro del tallo a una altura determinada, generalmente a unos pocos centímetros por encima de la base de la plántula (Gonzales, 2013).

4.10.4. Diámetro medio de copa

El diámetro medio de copa es una medida utilizada para describir el tamaño promedio de la copa de un árbol, se refiere a la distancia promedio desde el centro del tronco hasta la parte más alejada de las ramas o el contorno de las hojas en todas las direcciones (Salazar, 1989). La forma más común de medir el diámetro medio de copa es mediante una técnica llamada "cruz de copa". Consiste en medir la distancia desde el centro del tronco hasta el punto más lejano en una dirección, y luego realizar la misma medición en una dirección perpendicular; estas dos distancias se promedian para obtener el diámetro medio de copa. Otra forma es utilizando técnicas más avanzadas, como la fotografía aérea o el uso de imágenes satelitales, las cuales permiten estimar el tamaño promedio de la copa en grandes áreas forestales (Gonzales, 2013).

El diámetro medio de copa es una medida importante para evaluar el crecimiento y el desarrollo de los árboles, así como para estimar la cantidad de luz solar que alcanza el sotobosque y la disponibilidad de recursos para otras especies. También puede ser útil en la planificación forestal y en la gestión de los recursos naturales (Gonzales, 2013).

4.11. Descripción e importancia de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze

A continuación, se presenta la descripción taxonómica de *Caesalpinia spinosa* (Molina)

Kuntze:

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Caesalpinia*

Especie: *C. spinosa*

Nombre común: Tara, taro, guarango, vainillo o campeche

4.11.1. Descripción Botánica

Es un árbol pequeño que crece de 4 a 8 m de altura y puede llegar hasta los 12 m en condiciones adecuadas (Figura 1). Cuenta con una raíz principal y raíces laterales abundantes. Tiene una copa irregular, aparasolada y poco densa. La disposición de sus flores es en racimos y sus frutos son vainas aplanadas que cambian de color según su estado de madurez: verde cuando están inmaduras, rosado conforme van madurando, rojo parduzco o café rojizo cuando ya están maduras. Las vainas suelen contener hasta 10 semillas con una forma aplanada y color café negruzcas cuando maduran (De la Torre, 2018).



Figura 1. Planta de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze (Chalco, 2019).

4.11.2. Distribución Geográfica

La tara es una especie originaria de los Andes, se distribuye desde Venezuela hasta el norte de Chile (De la Torre, 2018). En Ecuador se encuentra en el Callejón Interandino, principalmente en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Chimborazo y Loja; aunque con mayor concentración en Imbabura. Se encuentra en lugares semiáridos que tienen un promedio de 300 a 800 mm de precipitación anual. Se desarrolla en formaciones de vida de bosque seco montano bajo (bs-MB) y bosque seco premontano (bs-PM), monte espinoso premontano (ms-PM) según la clasificación Holdridge (Ecuador Forestal, 2010).

En la provincia de Loja, esta especie se distribuye principalmente en los cantones Saraguro, Gonzanamá, Catamayo, Celica, Paltas y Loja (Nieto y Baraona, 2007).

4.11.3. Propagación

La regeneración natural se ve favorecida durante la época de lluvias por la caída y descomposición de las vainas bajo la protección de las copas, las cuales, libera la semilla que van a germinar dando origen a brinzales, los mismos que son atacados por hormigas cortadoras o áfidos o consumidos principalmente por ganado caprino. Bajo protección y con un pastoreo planificado, la regeneración puede ser una alternativa importante para restaurar poblaciones naturales de las especies (Flores et al, 2005).

4.11.4. Características edafoclimáticas de la especie

4.11.4.1. Altitud

Según la FAO (1998) *Caesalpinia spinosa* se encuentra desde los 800 a 2 800 m s.n.m. en la vertiente del Pacífico y desde los 1 600 a 2 800 m s.n.m. en la cuenca del Atlántico, y en microclimas especiales hasta los 3 150 m s.n.m. En sectores encerrados por cerros continuos que modifican principalmente la temperatura, se evidencian especies como la tara que desarrollan normalmente a menor altitud.

C. spinosa (tara) es una especie propia de climas semitropicales y subtropicales. En el Perú se encuentra en la costa, entre los 800 y los 2 800 m s.n.m, y en los valles interandinos entre los 1 600 y los 2 800 m s.n.m. (Cotrina y APT, 2019).

Díaz (2010) menciona que esta especie se desarrolla desde 0 a 2 800 m s.n.m., pero su rango de mayor eficiencia productiva esta entre los 800 – 2 800 m s.n.m. Barriga (2008), nos da un rango altitudinal desde los 200 a 2 600 m s.n.m.

4.11.4.2. Requerimiento del suelo

La tara es una planta que no necesita tierra especial para su crecimiento; puede fijarse en una gama de suelos (silíceos, arcillosos, secos, pedregosos, degradados, lateríticos, suelos de chacra ligeramente ácidos o medianamente alcalinos), aunque su producción es baja, pero se desarrolla en forma óptima y con porte arbóreo robusto. Se reporta que sus mejores rendimientos se dan en suelos de textura francos, franco-arenosos y franco-arcillosos (Díaz, 2010; Mancero, 2008).

Las evaluaciones realizadas en el sistema radical de la tara dan como respuesta una profundidad efectiva que va desde 0,7 m hasta 1,70 m dependiendo la textura del suelo. La tara tiene la peculiaridad de que su raíz profundiza y busca rápidamente la capa freática, es por ello que este cultivo logra su desarrollo en zonas áridas (Villanueva, 2007).

4.11.4.3. pH

El cultivo nativo de la tara necesita un suelo con pH comprendido entre 5 y 12; los mejores rendimientos se obtienen de un suelo con pH comprendido entre 7 y 9 (Díaz, 2010).

4.11.4.4. Temperatura

Este cultivo se desarrolla entre el rango de 12 a 18 °C, pero en los valles interandinos se da entre los 16 a 24 °C (Díaz, 2010). La temperatura ideal es de 13 a 22 °C (REDFOR, 1996).

4.11.4.5. Precipitación

Se desarrolla más en áreas con lluvias moderadas (De la Torre, 2018) con precipitaciones de 750 mm al año (Villanueva, 2007). Flores et al. (2005) indican que se desarrolla en precipitaciones promedias anuales de 230 a 500 mm.

4.11.4.6. Humedad relativa

El cultivo de la tara puede desarrollarse en amplio rango de humedad relativa, entre el 60 a 80 %. En la costa la humedad relativa es alta, propiciando el desarrollo de enfermedades fungosas y líquenes sobre la corteza del árbol (Díaz, 2010).

4.11.5. Plagas insectiles y enfermedades

4.11.5.1. Plagas insectiles

Son ocasionadas por insectos y ácaros que pertenecen a las órdenes: Lepidóptero, Homóptera, Díptera, Hymenóptera, Hemíptero, Ortóptero y Acarina (Medina-Mendez, 2016).

4.11.5.2. Enfermedades

Las enfermedades arbóreas se definen como cualquier anomalía o disfunción debido a la acción de algún agente externo (Lezcano, 1999). Las enfermedades más frecuentes son las fungosas y en menor grado las virósicas, no evidenciándose la presencia de nematodos. Se reportan como enfermedades virósicas, el enrollamiento o deformación de las hojas, mosaicos, ampolladuras, incluye necrosis (Medina-Mendez, 2016).

Tabla 1. Enfermedades más frecuentes de la tara (*Caesalpinia spinosa*) y sus consecuencias (Medina-Mendez, 2016).

Enfermedad	Atacan a	Consecuencia
Fumagina	Hojas y tallos donde existe miel producida por los áfidos	Mancha negra, como brea, llamada también "melaza negra"
<i>Oidium</i>	Hojas, vainas y tallos	Cubre con un polvo blanco a toda la planta
<i>Rizoctonia</i> sp.	Plantas tiernas y cubre todo el tallo	Produce la chupadera, hongo de color ferroso
<i>Botryosphaeria</i> sp.	Tallo y ramas con ennegrecimiento	Al final seca la planta
<i>Phytophthora</i> sp (ranchar)	Vainas y Hojas	Aspecto de quemado
<i>Taphyna</i> sp. (cloaca)	Hojas y Frutos	Encrespamiento y deformación

4.11.6. Importancia de la especie

La tara es un árbol que además de brindar productos de importancia económica, tiene la capacidad de ayudar a la recuperación de áreas degradadas, que han perdido su vegetación original y tienen suelos empobrecidos y no productivos, generalmente como resultados del mal manejo por parte del ser humano. Además, tiene usos alimenticios, maderables, comestibles y medicinales, estas últimas dadas por las propiedades astringentes de las vainas; también se usa los frutos para curtir cueros, impermeabilizar ollas de barro y elaborar tintes para textiles, cerámicas y para escribir. En la actualidad los usos más importantes por su relevancia económica son el de sus vainas secas para la obtención de taninos para la curtiembre de cueros y el de sus semillas para obtener goma como aditivo de alimentos (De la Torre, 2018).

5. Metodología

5.1. Colecta de semillas y producción de plántulas

Se realizó la colecta de frutos de polinización abierta en árboles matrices de *Caesalpinia spinosa* en cuatro cantones de la provincia de Loja (Loja, Catamayo, Paltas y Gonzanamá), en el año 2018, los cuales estaban aislados en pastizales, cultivos y fragmentos forestales. La selección de los árboles fue considerando rasgos fenotípicos sobresalientes como altura, DAP, forma de fuste, diámetro de copa, entre otros; en el marco del proyecto de investigación financiado por la Universidad Nacional de Loja: Caracterización e industrialización de *Caesalpinia spinosa* en cuatro cantones de la provincia de Loja.

A partir de las semillas recolectadas de los árboles matrices se realizaron tratamientos pregerminativos y de propagación en vivero en el periodo septiembre 2020 - mayo 2021 con el proyecto de tesis: Tratamientos pre-germinativos de semillas de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze con distintos sustratos en el vivero de la Universidad Nacional de Loja (Reyes, 2022). Con las plantas producidas en vivero en abril del 2022 se estableció la plantación en la Quinta Experimental Punzara.

5.2. Metodología para establecer una base genética mejorada con semillas de cuatro procedencias de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze mediante la implementación de una plantación para futuros programas de reforestación

5.2.1. Área de plantación

Con las plántulas de *Caesalpinia spinosa* de las cuatro procedencias se instaló una plantación (ensayo de procedencias) en la Quinta Experimental Punzara, localizada en la ciudadela Universitaria Guillermo Falconí Espinoza, parroquia Punzara del cantón y provincia de Loja. El área cuenta con un total de 0,63 ha, en las coordenadas 698 420,00 E y 9 553 257,00 S, a una altitud de 2 254 m s.n.m. (Figura 2).

El área de estudio registra una temperatura media anual de 15,9 °C y 18 °C, precipitación anual entre los 796 y 906,9 mm y humedad relativa del 74,5 %, corresponde a la formación ecológica Bosque seco Montano bajo (bs-MB). Existe la presencia de dos microclimas, templado lluvioso con invierno seco no riguroso y un clima templado lluvioso húmedo. La topografía es ondulada, plana y accidentada (irregular) en su orden (Moncayo, 2017; Villalta, 2014).

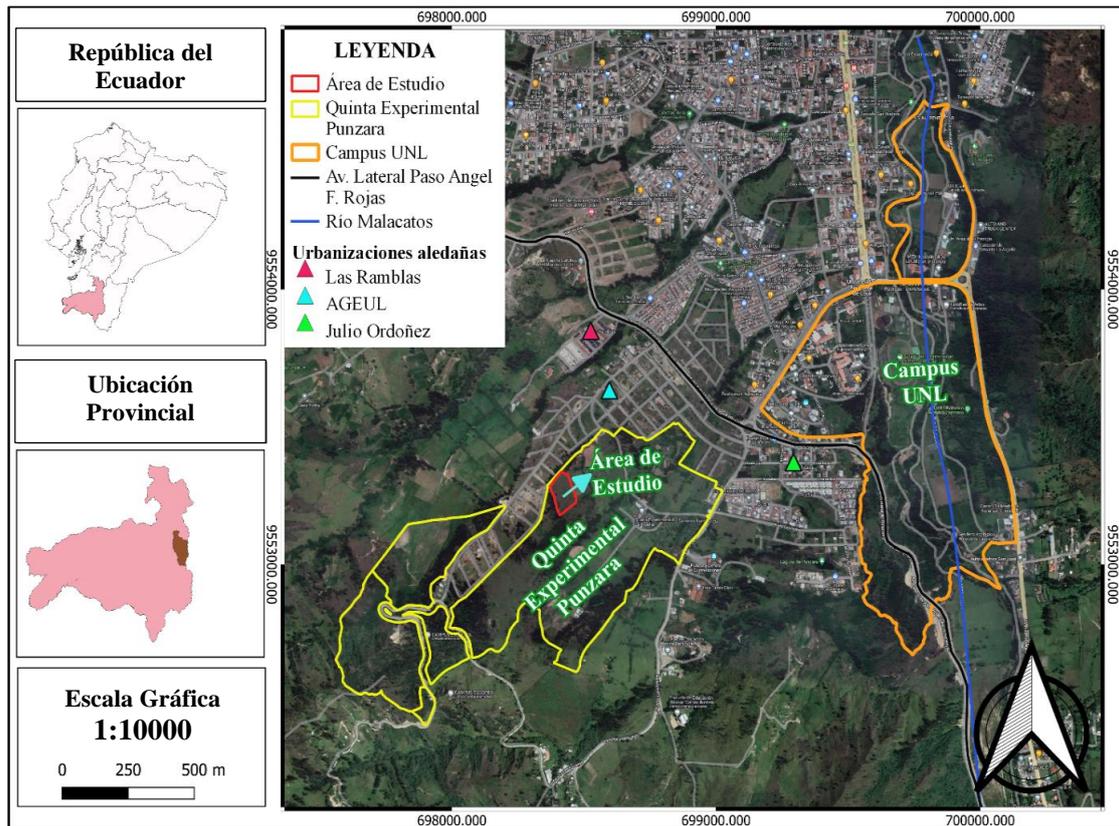


Figura 2. Mapa de ubicación del área de estudio de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze

5.2.2. Diseño de la plantación

El diseño de plantación se basó en el delineamiento experimental sistemático Nelder Linear, en base a los trabajos realizados por Nelder (1962), Bleasdale (1966), Chalita (1991), Stape (1995) y Moraes et al. (2013); el cual consiste en un sistema de plantío lineal con 7 diferentes espaciamientos que variaron de 3,0 m² a 21,0 m². La presente investigación contempla un diseño de plantación con un espaciamiento entre líneas de 3 m y entre plantas varió de 1 a 7 m (Tabla 2).

Tabla 2. Valores de distancias lineales, área por planta y densidad de plantas de 7 espaciamientos para *Caesalpinia spinosa* en el diseño Sistemático Lineal Nelder.

Espaciamiento	Distancia lineal (m)	Área (m ² /plántula)	Densidad (plantas/ha)
0 (Borde)	3 x 1	3,0	3 333
1	3 x 1,5	4,5	2 222
2	3 x 2,5	7,5	1 333
3	3 x 3,5	10,5	952
4	3 x 4,5	13,5	740
5	3 x 5,5	18,5	540
6	3 x 6,5	21,5	465

7	3 x 7,5	24,5	408
(Borde)	3 x 7,5	24,5	408

Los diferentes espaciamientos entre plántulas de *C. spinosa* se basaron en el potencial que tiene la especie en cuanto a la producción de madera, frutos para uso comercial y la recuperación de áreas degradadas, por tanto, se espera que a menor distanciamiento los individuos crecerán en altura, y a mayor distanciamiento las plantas crecerán en diámetro y copa.

En oficina por medio del programa QGIS, se delimitó el cuadrante del área de la plantación (0,63 ha) y posteriormente se diseñó el modelo de distanciamiento, tomando como punto de partida el centro del cuadrante para marcar el espaciamiento de siembra para cada uno de los lados del área. Posteriormente en campo, se procedió a marcar a lo largo de cada hilera los puntos para realizar los hoyos para la siembra de las plántulas.

5.2.3. Preparación del área de plantación

La preparación del área de plantación, anteriormente ocupada por pastizal, inicio con la delimitación del espacio físico y marcación de las hileras y en cada una de ellas se realizaron labores mecánicas (fumigación), con la finalidad de eliminar malezas presentes en el sitio, además, se realizó la tumba de árboles que pudieran afectar la futura plantación.

5.2.4. Establecimiento de la plantación

Para establecer la plantación se inició desde el centro del terreno, el cual sirvió como punto de partida; desde este punto se hizo marcaciones hasta los extremos de cada una de las hileras con la ayuda de una soga, iniciando con distanciamiento de un metro entre planta, y aumentando progresivamente hasta llegar a los siete metros (Figura 3).

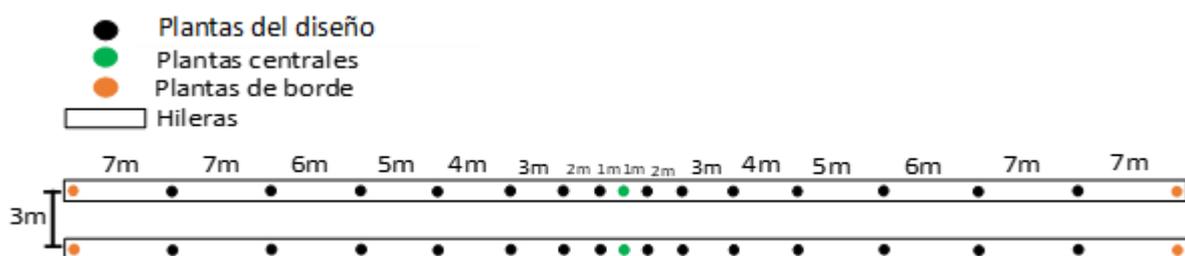


Figura 3. Detalle de la parcela experimental en Nelder Linear, compuesta por diecisiete plantas de *Caesalpinia spinosa* de cuatro procedencias.

Con la ayuda de una barreta se realizó los hoyos de 30 x 30 x 30 cm, donde fueron ubicadas cada una de las plántulas de *C. spinosa*, El experimento fue organizado en bloques de 4 hileras cada uno con 7 repeticiones, dando un total de 28 hileras y dos hileras que conformaron

el borde, sumando un total de 510 plantas. Cada hilera fue formada por 17 plantas de la misma procedencia, y subdividida por 7 espaciamientos (subparcelas). El borde fue compuesto por una línea de plantación (90 plantas) alrededor de todo el límite del experimento.

Cabe resaltar que se realizaron labores de mejoramiento del cercado para protección del área de plantación, con el fin de evitar el ingreso de animales que pudieran afectar el desarrollo de las plantas, así mismo, se realizaron labores silviculturales durante el periodo de monitoreo, como coronamiento y reposiciones de los plantines muertos. Es importante mencionar que fue indispensable hacer las reposiciones de las plantas muertas con el fin de no alterar la estructura del diseño de plantación y los resultados que se espera tener a futuro. En el Anexo 1 se detalla el proceso que se llevó a cabo para la instalación de la plantación.

5.2.5. Colecta y análisis de datos

Los datos colectados fueron de las variables silviculturales: diámetro a la base (DB, cm), altura total (HT, cm) y diámetro medio de copa (DMC, cm) durante los primeros 6 meses de la plantación. Con los datos obtenidos se estimó los componentes de variancia y parámetros genéticos por el método REML/BLUP (máxima verosimilitud restringida/mejor predicción lineal no sesgado), para lo cual, se utilizó el software genético-estadístico SELEGEN-REML/BLUP (Resende, 2002; Resende, 2016). Para verificar la significancia de los efectos genéticos y de los efectos de la interacción de las procedencias fue realizado el test del cociente de verosimilitud (LRT).

La metodología adoptada fue de bloques completos, varias procedencias, sin estructura de progenies y en un local, para ello según el procedimiento propuesto por Resende (2002) el modelo estadístico utilizado fue el 24:

$$y = Xr + Zg + Wp + e,$$

Donde:

“y” =vector de datos,

“r” =vector de los efectos de repetición (efectos fijos) sumados a m la media general,

“g” =vector de los efectos genotípicos de poblaciones (efectos aleatorios),

“p” =vector de los efectos de parcelas (aleatorios), y

“e” =vector de los errores o residuos (aleatorios).

5.3. Metodología para evaluar el crecimiento inicial de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze en un sistema de plantación a diferente espaciamiento

5.3.1. Colecta y análisis de datos

Las evaluaciones fueron realizadas al inicio de la plantación y luego cada 3 meses a partir de la fecha de plantación por el lapso de 6 meses, obteniendo un total de 3 mediciones.

Las variables que fueron medidas y calculadas en la plantación establecida fueron: altura total (HT), diámetro a la base (DB), diámetro medio de copa (DMC), estado fitosanitario (Excelente, regular y malo) y sobrevivencia (SOB). La información se registró en formatos de campo (Tabla 3), para posterior análisis.

Tabla 3. Matriz para la toma de datos del crecimiento inicial de *Caesalpinia spinosa*

N° hilera / procedencia	N° planta	DB (cm)		HT (m)	HC (m)	DMC (cm)		Estado fitosanitario			Obs.
		D1	D2			D1	D2	Exc.	Regular	Malo	

La calificación del estado fitosanitario se basó en los parámetros que se mencionan en la Tabla 4.

Tabla 4. Parámetros y características que se tomó en cuenta para la evaluación del estado fitosanitario de las plántulas (Murillo, 2018).

Categorías	Hojas	Ramas	Ápice
Excelente	Cantidad: del 80 al 100 % Color: Verde claro o verde oscuro y tendiendo a rojo Apariencia: 0 % presencia de agentes externos (insectos, síntomas de enfermedades)	Cantidad: del 80 al 100 % Color: verde claro u oscuro y rojo Apariencia: 0 % presencia de agentes externos (insectos, síntomas de enfermedades)	Color: verde claro u oscuro Apariencia: 0 % presencia de agentes externos (insectos, síntomas de enfermedades)
Regular	Cantidad: del 50 % al 80 % Color: de verde claro tendiendo a amarillo Apariencia: 1 % al 40 % de presencia de agentes externos (insectos, síntomas de enfermedades)	Cantidad: del 50 % al 80 % Color: amarillo tendiendo a café Apariencia: 1 % al 40 % de presencia de agentes externos (insectos, síntomas de enfermedades)	Color: amarillo y café oscuro Apariencia: 1 % al 40 % de presencia de agentes externos (insectos, síntomas de enfermedades)
Malo	Cantidad: < del 50 % Color: Café claro u obscuro Apariencia: > al 40 % de presencia de agentes externos (insectos, síntomas de enfermedades)	Cantidad: < del 50 % Color: Café oscuro o negro Apariencia: > al 40 % de presencia de agentes externos (insectos, síntomas de enfermedades)	Color: café oscuro o negro Apariencia: sin presencia de este o > al 40 % de presencia de agentes externos (insectos, síntomas de enfermedades)

5.3.1.1. Sobrevivencia

La sobrevivencia se determinó en base a la relación porcentual entre el número de plantas establecidas y el número de plantas vivas encontradas al momento de las mediciones utilizando una regla de tres simple.

$$\text{Sobrevivencia} = \frac{N^{\circ} \text{ de plantas vivas}}{N^{\circ} \text{ de plantas establecidas}} \times 100\% = \% \text{ sobrevivencia}$$

5.3.1.2. Altura total

La altura total de las plántulas se tomó con la ayuda de una cinta métrica, desde la base de la planta hasta el ápice de la misma (Figura 4A).

5.3.1.3. Diámetro de base

Para tomar los datos del diámetro de base de las plántulas se midió a dos centímetros desde el suelo con un calibrador pie de rey se tomó la medida en cruz, es decir dos medidas, de las cuales se obtuvo un promedio por cada una de las plantas (Figura 4B).

5.3.1.4. Diámetro medio de copa

Para el diámetro de copa se tomó dos medidas de extremo a extremo en forma de cruz como se muestra en la Figura 4 C, mediante una cinta métrica. Se obtuvo un promedio de ambas medidas.



Figura 4. A) Medición de la altura total; B) Medición del Diámetro a la Base (DB); C) Medición del diámetro medio de copa (DMB) a los 6 meses de evaluación de *Caesalpinia spinosa*.

Para el análisis de los datos se consideró el crecimiento en altura total (HT), diámetro a la base (DB), diámetro medio de copa (DMC), espaciamiento de plantado y procedencia de las plántulas. Para esto se utilizó Excel, donde se determinó cuál fue la dinámica de crecimiento durante el periodo de evaluación y si existió una influencia de procedencia y espaciamiento en el desarrollo y prendimiento de las plantas.

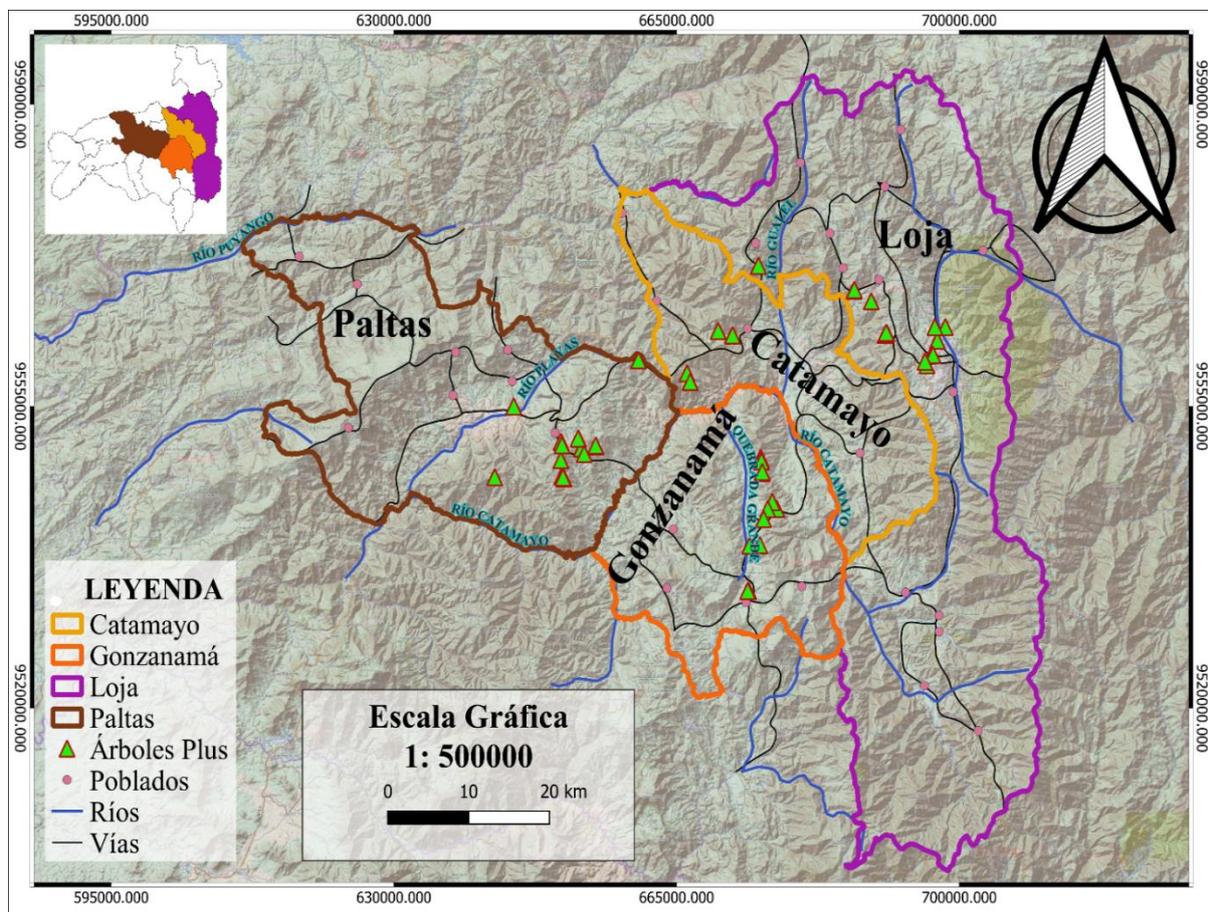
6. Resultados

6.1. Establecimiento de una base genética mejorada con semillas de cuatro procedencias de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze

6.1.1. Caracterización de los árboles matrices de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze

Los árboles matrices que se utilizaron para colecta de frutos y semillas estuvieron distribuidos en cuatro cantones de la provincia de Loja (Figura 5). Se tomaron en cuenta los árboles con mejores características fisiológicas, muestreando un total de 54 árboles, los cuales fueron considerados como los mejores individuos de *Caesalpinia spinosa*. Esto fue realizado por el equipo técnico y tesistas del proyecto de investigación “Caracterización e industrialización de *Caesalpinia spinosa* en cuatro cantones de la provincia de Loja” (2019).

Figura 5. Ubicación de árboles plus de *Caesalpinia spinosa* en cuatro cantones de la provincia de Loja.



6.1.2. Establecimiento de la base genética de *Caesalpinia spinosa*

El ensayo de progenies ocupó un área de 6 300 m² donde se plantó un total de 510 plantas de cuatro procedencias en 7 bloques, cada uno conformado por 4 hileras (una hilera por procedencia), además el diseño consistió en un delineamiento lineal a diferentes espaciamientos (Figura 6).

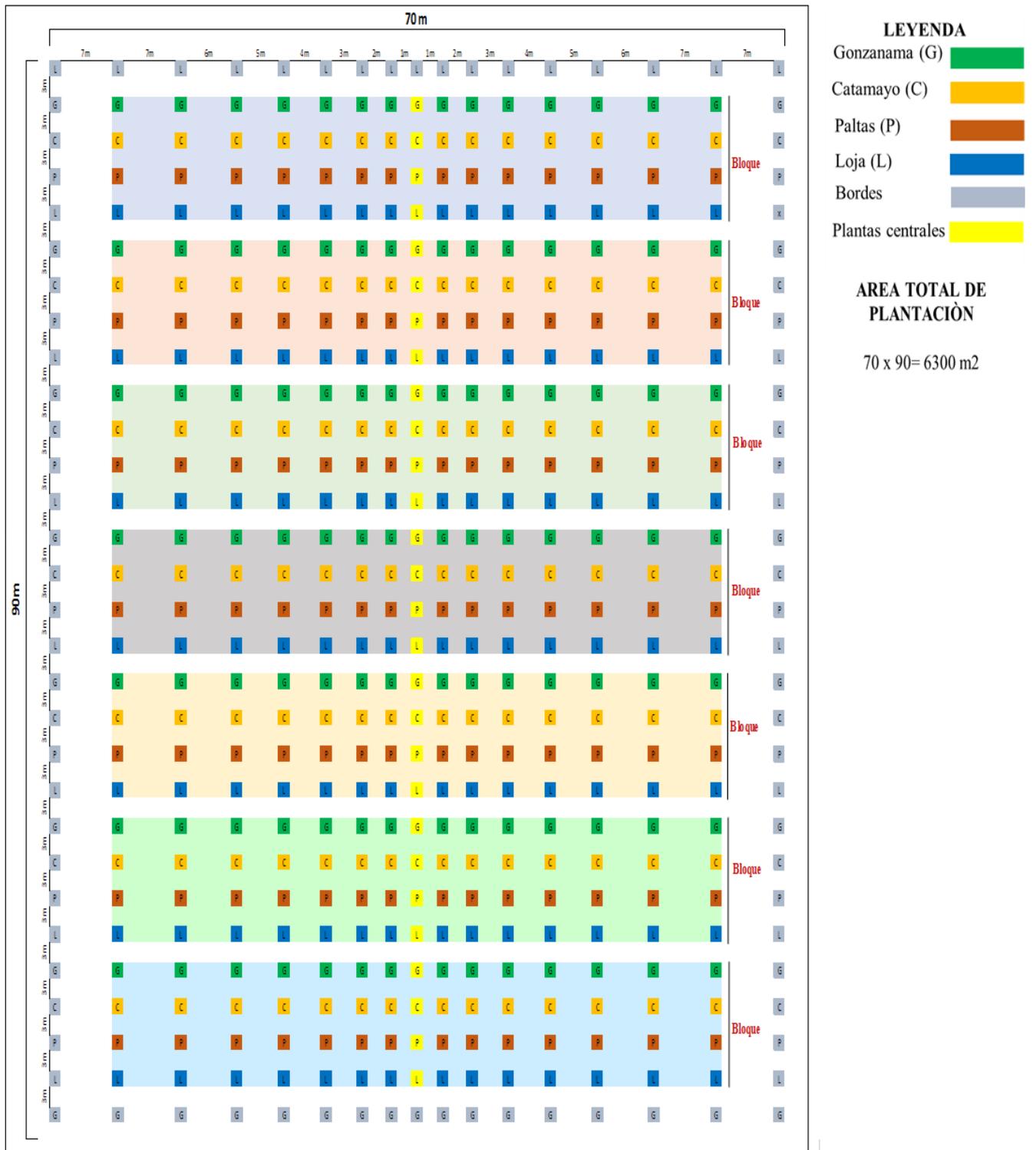


Figura 6. Plantación de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze proveniente de cuatro procedencias en sistema lineal Nelder en la Quinta Experimental Punzara.

6.1.2.1. Sobrevivencia

La sobrevivencia a los 6 meses de evaluación fue del 94,05 %, lo que muestra adaptación de la especie a las condiciones locales del experimento.

$$\text{Sobrevivencia} = \frac{395}{420} \times 100\% = 94,05\%$$

Cabe destacar, en los primeros tres meses de evaluación las procedencias de Catamayo y Loja registraron sobrevivencia del 100 %, mientras que las procedencias de Gonzanamá y Paltas presentaron una sobrevivencia del 98,10 %; mientras que a los 6 meses de evaluación las procedencias Gonzanamá, Loja y Paltas fueron las que tuvieron una mayor sobrevivencia del 96,19% y Catamayo obtuvo el 94,29 % de sobrevivencia (Figura 7).

Durante el periodo de monitoreo se realizó un total de 25 reposiciones de plántulas, a los 3 meses se repuso 4 plantas y a los 6 meses 21 plantas, siendo este periodo de tiempo donde existió mayor mortalidad.

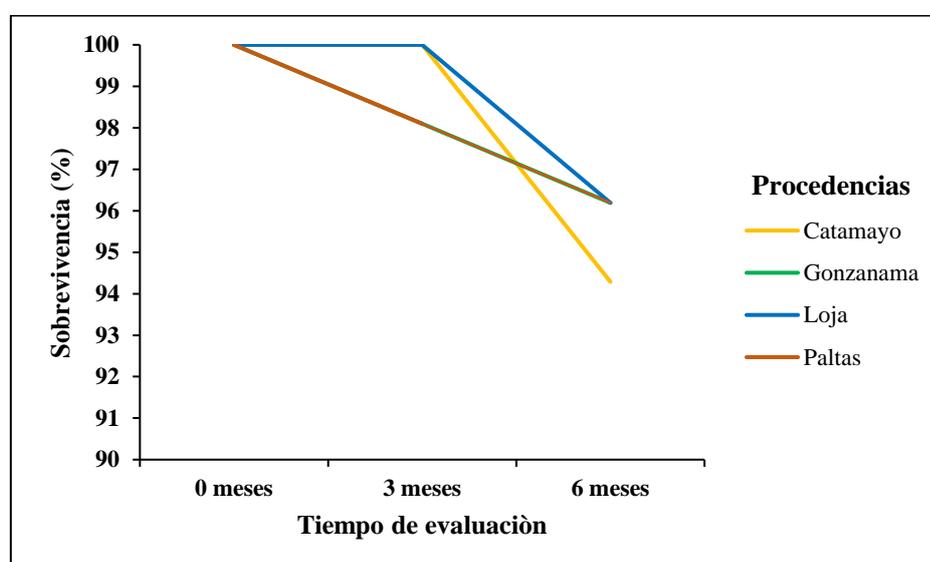


Figura 7. Porcentaje de sobrevivencia de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze en cuatro procedencias a los 0, 3 y 6 meses de evaluación.

6.1.2.2. Estimativa individual de los parámetros genéticos

Las variables evaluadas (DB, HT y DMC) presentan diferencia significativa entre procedencias (Tabla 3) de acuerdo con el LRT, indicando, por tanto, que la interacción de las procedencias en relación a los espaciamientos fue significativa (Tabla 5).

La población presenta valores altos de heredabilidad media (\hat{h}_m^2 : 0,25 a 0,31), entretanto los valores de exactitud fueron medianos, dado que oscilan entre 0,53 a 0,59.

Tabla 5. Estimativas de parámetros estadísticos y genéticos para Diámetro a la base (Db), Altura total (HT) y Diámetro medio de copa (DMC) en procedencias de *Caesalpinia spinosa*, (Molina) Kuntze a los 6 meses en la quinta experimental Punzara, Loja

Estimativas	DB (cm)	HT (m)	DMC (m)
$\hat{\sigma}_g^2$	0,000412	1,444605	0,469220

$\hat{\sigma}_{\text{parc}}^2$	0,001414	6,866450	1,994014
$\hat{\sigma}_e^2$	0,009883	47,993026	13,938378
$\hat{\sigma}_f^2$	0,011708	56,304080	16,401612
\hat{h}_g^2	0,03±0,03	0,03±0,02	0,03±0,02
c_{parc}^2	0,1207	0,1219	0,1216
\hat{h}_m^2	0,35	0,28	0,31
$r_{\hat{a}a}$	0,5948	0,5321	0,5535
\hat{m}	0,67	22,88	12,44
LRT(χ^2)	6,6*	4,24 ^{ns}	7,27*

*significativo a 5%:1 grado de libertad (6,63); ^{ns} no significativo. $\hat{\sigma}_g^2$: variancia genética aditiva; $\hat{\sigma}_{\text{parc}}^2$: variancia parcela; $\hat{\sigma}_e^2$: variancia residual (ambiental + no aditiva); $\hat{\sigma}_f^2$: variancia fenotípica individual; \hat{h}_g^2 : heredabilidad individual sentido restricto; \hat{h}_m^2 : heredabilidad media de progenies; $r_{\hat{a}a}$: exactitud; \hat{m} media general; LRT: test del cociente de verosimilitud; χ^2 chi-cuadrado.

6.2. Crecimiento inicial de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze en un sistema de plantación en diferentes espaciamientos

6.2.1. Diámetro a la base

6.2.1.1. Crecimiento del diámetro de base de acuerdo a las procedencias

Tomando como referencia el diámetro de base promedio al inicio de la plantación de los individuos de *Caesalpinia spinosa* se evidencio que luego de 6 meses de evaluación existe un crecimiento uniforme de las cuatro procedencias, siendo que, Catamayo y Loja crecieron 0,13 cm, Gonzanamá 0,12 y Paltas 0,11 cm (Figura 8).

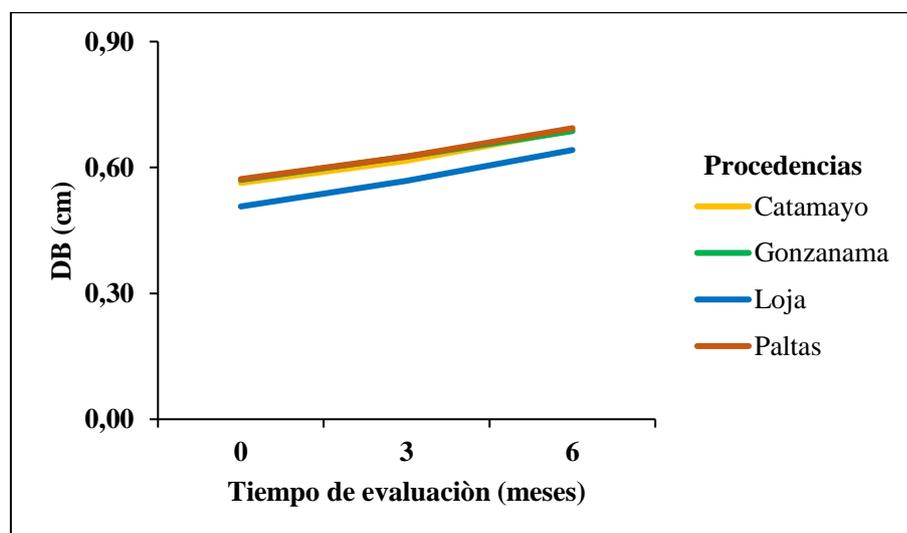


Figura 8. Crecimiento inicial en diámetro a la base (cm) de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze en cuatro procedencias a los 0, 3 y 6 meses de evaluación.

6.2.1.2. Crecimiento del diámetro de base de acuerdo a los espaciamientos

Para la variable de diámetro a la base, el tratamiento 5 fue el que presentó el crecimiento continuo, de 0,57 a 0,70 cm (0 a 6 meses), lo que corresponde a una densidad de 16,5 m²/planta y espaciamiento de aproximadamente 3 x 5,5 m. Entre tanto, en el tratamiento 0 las progenies presentaron el menor desarrollo, variando de 0,50 a 0,62 cm, lo que corresponde a una densidad de 3 m²/planta y espaciamiento de 3 x 1 m (Tabla 6).

Tabla 6. Diámetro a la base promedio (\pm error estándar) de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze a los 0, 3 y 6 meses de evaluación en un delineamiento sistemático lineal con 7 tratamientos (espaciamientos) (n=399 plantas).

Espaciamiento	Distancia lineal (m)	Área (m ² /plántula)	DB (cm) 0 meses	DB (cm) 3 meses	DB (cm) 6 meses
0	3 x 1	3	0,50 \pm 0,02	0,55 \pm 0,02	0,61 \pm 0,02
1	3 x 1,5	4,5	0,54 \pm 0,012	0,60 \pm 0,013	0,66 \pm 0,015
2	3 x 2,5	7,5	0,56 \pm 0,015	0,62 \pm 0,015	0,69 \pm 0,015
3	3 x 3,5	10,5	0,57 \pm 0,014	0,61 \pm 0,015	0,68 \pm 0,015
4	3 x 4,5	13,5	0,56 \pm 0,013	0,61 \pm 0,014	0,69 \pm 0,015
5	3 x 5,5	16,5	0,57 \pm 0,012	0,63 \pm 0,012	0,70 \pm 0,012
6	3 x 6,5	19,5	0,56 \pm 0,012	0,61 \pm 0,011	0,69 \pm 0,013
7	3 x 7,5	22,5	0,55 \pm 0,015	0,61 \pm 0,015	0,68 \pm 0,015

6.2.1.3. Crecimiento del diámetro de base de acuerdo a los espaciamientos de siembra y procedencias

Mediante la comparación de los datos de crecimiento del diámetro de base entre la medición inicial y a los 6 meses de edad de la plantación, se determinó que la mayoría de individuos tuvo un crecimiento constante y similar, no existió diferencia entre procedencias y espaciamiento, ya que, según la Figura 9 se puede observar que las plantas que al inicio contaban con diámetros menores crecieron igual que las que contaban con diámetros mayores al momento de plantarlas en el sitio de estudio. No se observó una diferencia notoria de la influencia de los espaciamientos en el desarrollo de las plántulas, ya que la plantación está en etapa inicial de crecimiento y por ello no existe una competencia significativa de nutrientes, espacio y luz entre plantas.

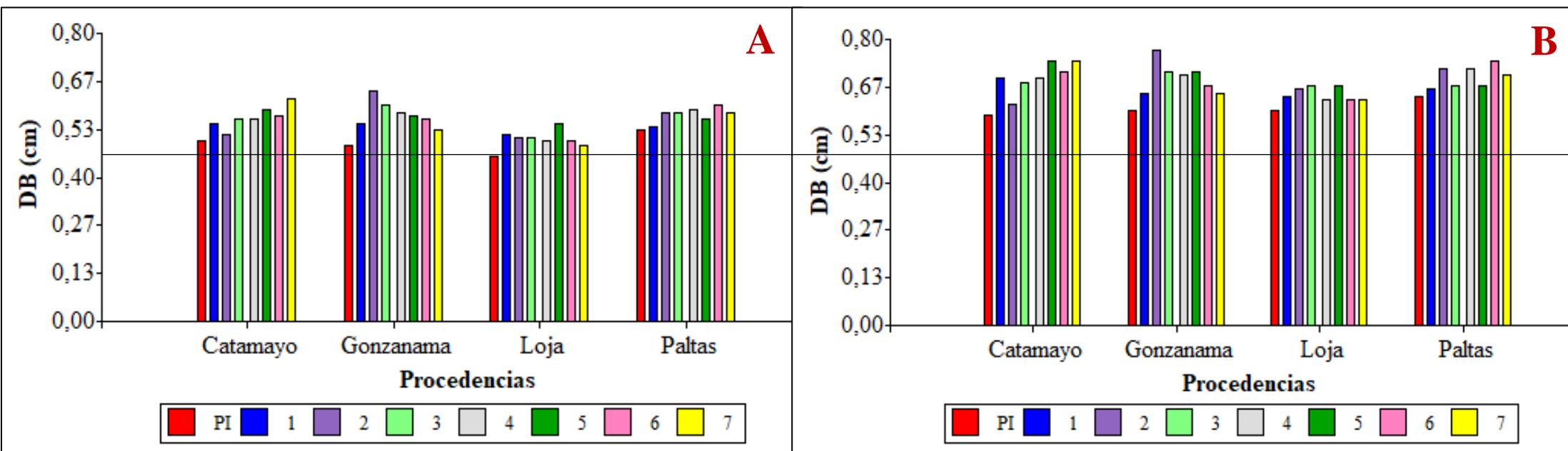


Figura 9. Crecimiento promedio del diámetro a la base de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze de acuerdo a los diferentes espaciamientos de siembra utilizados y a la procedencia de los individuos. A) Promedio DB inicial; B) Promedio DB a los 6 meses.

6.2.1.4. Crecimiento del diámetro de base por bloques

El diseño de plantación de *Caesalpinia spinosa* se realizó en 7 bloques, cada uno estuvo conformado por las cuatro procedencias utilizadas (Gonzanamá, Catamayo, Paltas y Loja). La Figura 10 muestra una comparación del crecimiento de DB al inicio de la plantación y a los seis meses de evaluación de cada una de las procedencias ubicadas en los diferentes bloques. Cabe mencionar que no existió una diferencia significativa del crecimiento de DB entre bloques. En promedio, el bloque que presentó mayor aumento de diámetro de base fue el B6 con un crecimiento de 0,16 cm, seguido de los bloques B5 y B7 con un incremento de 0,15 y 0,14, respectivamente, y el bloque con menor incremento fue el B1 (0,09 cm).

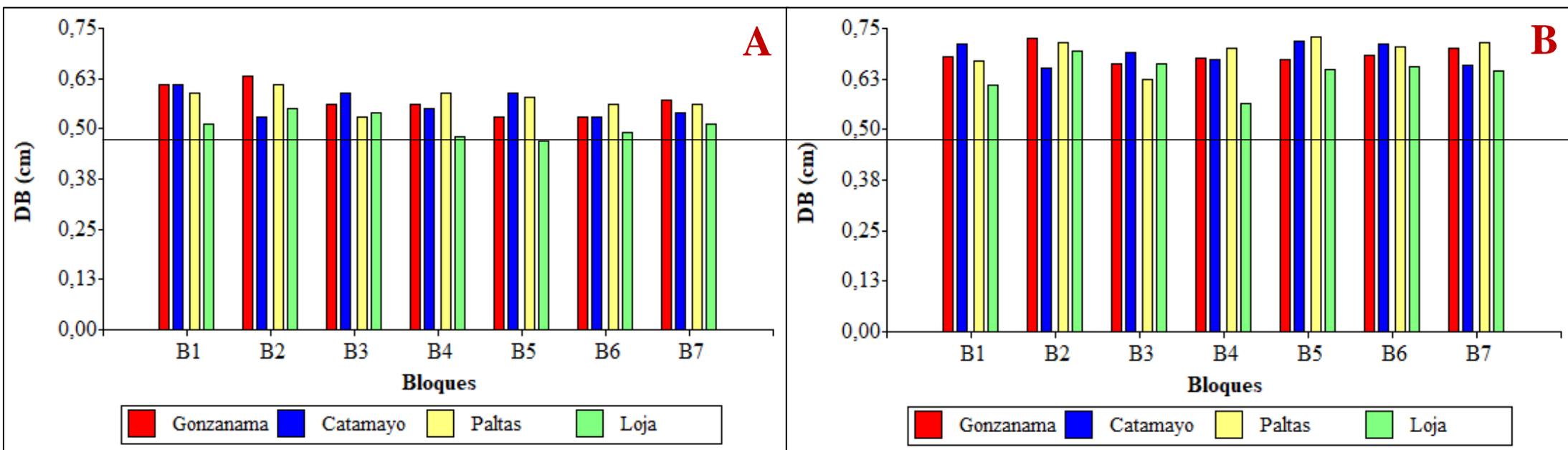


Figura 10. Crecimiento promedio del diámetro de base de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze por cada uno de los bloques. A) Promedio del DB inicial; B) Promedio del DB a los 6 meses de evaluación.

6.2.2. Altura total

6.2.2.1. Crecimiento de la altura total de acuerdo a las procedencias

En la Figura 11 se presentan los resultados del crecimiento en altura de las plántulas de las cuatro procedencias durante los 6 meses de evaluación. La procedencia que mostró el mayor desarrollo en altura fue Gonzanamá, seguida de Paltas, Catamayo, y la que presentó menor altura fue Loja. Al considerar el promedio de la altura inicial de las plántulas de cada procedencia (1,72 cm para Gonzanamá, 1,85 cm para Paltas, 1,45 cm para Catamayo y 1,79 cm para Loja), no se observó una diferencia notable entre ellas.

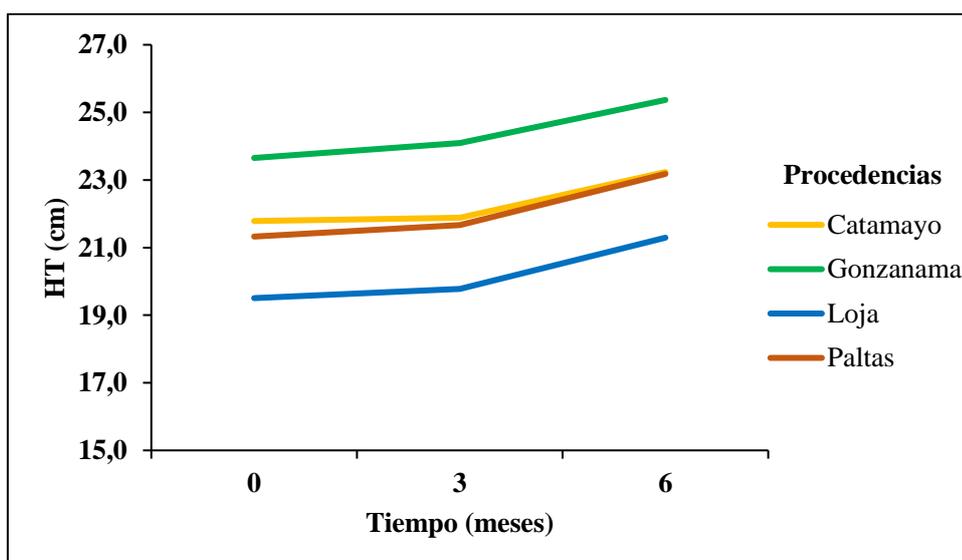


Figura 11. Crecimiento inicial en altura de las plántulas de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze de acuerdo a los meses de evaluación

6.2.2.2. Crecimiento de la altura total de acuerdo a los espaciamientos

Se determinó que las plántulas que se encontraron a los 2 y 7 m de distanciamiento crecieron en promedio más que el resto de plantas, con un crecimiento de 2,40 y 2,24 cm respectivamente, durante 6 meses de evaluación, esto tomando en cuenta la altura inicial con la que fueron plantados los individuos, sin embargo, los individuos que hasta los 6 meses en promedio cuentan con mayor altura son las plántulas que se encuentran a los 5 m de distanciamiento con una altura de 24,98 cm (Tabla 7).

Tabla 7. Altura total (\pm error estándar) de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze a los 0, 3 y 6 meses de evaluación en un delineamiento sistemático lineal con 7 tratamientos (espaciamientos) (n=399 plantas).

Espaciamiento	Distancia lineal (m)	Área (m ² /plántula)	HT (cm) 0 meses	HT (cm) 3 meses	HT (cm) 6 meses
0	3 x 1	3	18,53 \pm 1,46	18,42 \pm 1,46	19,34 \pm 1,48
1	3 x 1,5	4,5	20,74 \pm 0,97	20,78 \pm 0,98	22,19 \pm 0,97

2	3 x 2,5	7,5	21,40±0,94	21,34±1,03	23,80±0,96
3	3 x 3,5	10,5	22,20±1,08	22,10±1,05	23,61±1,02
4	3 x 4,5	13,5	21,96±0,91	22,07±0,95	23,86±0,90
5	3 x 5,5	16,5	23,45±1,09	23,82±1,06	24,98±1,10
6	3 x 6,5	19,5	21,70±0,92	22,64±0,97	23,14±0,89
7	3 x 7,5	22,5	21,06±0,89	21,92±0,96	23,30±0,93

6.2.2.3. Crecimiento de la altura total de acuerdo a los espaciamientos de siembra y procedencias

En la Figura 12 se presenta la diferencia en crecimiento de altura al inicio y a los 6 meses de las plántulas en función de espaciamientos y procedencias, donde se pudo observar que el crecimiento fue uniforme, siendo Paltas la procedencia que obtuvo un mayor desarrollo en promedio, seguida de Gonzanamá, Loja y Catamayo. En cuanto a los espaciamientos de siembra se observó que en la procedencia de Paltas destacan las plántulas del espaciamiento 2 con un promedio de crecimiento de 4,57 cm, seguida de la procedencia Gonzanamá en el espaciamiento 7 con 3,39 cm, y el crecimiento más bajo se observa en el punto 0, en la procedencia Gonzanamá y Catamayo con 0,07 cm y 0,54 cm respectivamente.

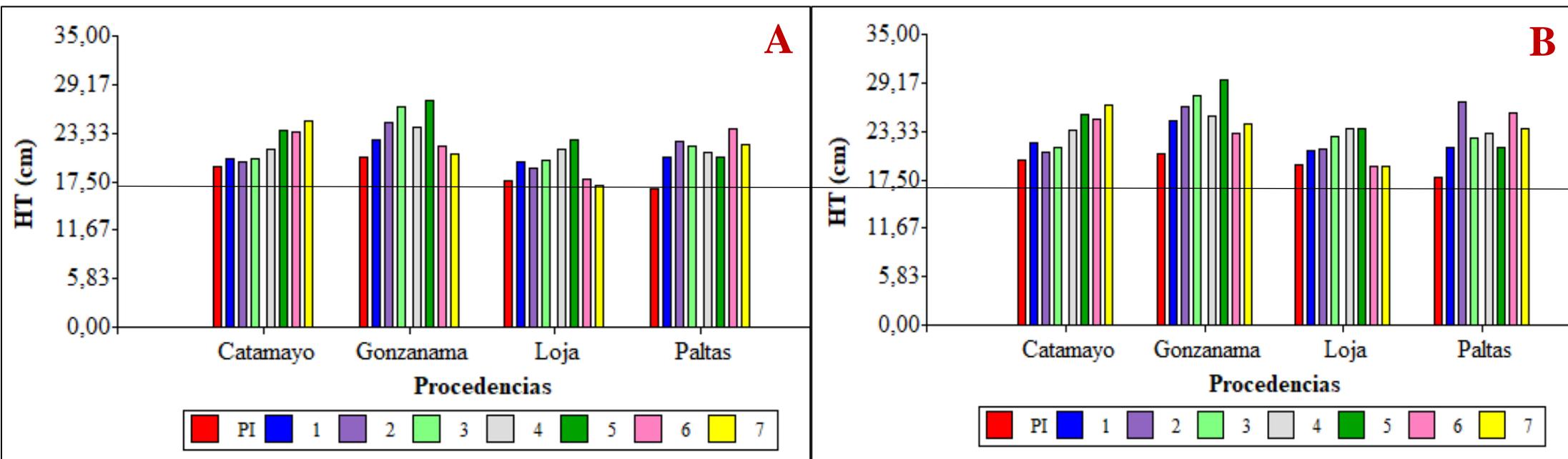


Figura 12. Crecimiento inicial en altura total de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze de acuerdo a los diferentes espaciamientos de siembra utilizados y la procedencia de los individuos. A) Promedio HT inicial; B) Promedio HT a los 6 meses.

6.2.2.4. Crecimiento de la altura total por bloques

En la Figura 13 se muestra una comparación entre el crecimiento inicial y el evaluado a los seis meses de plantación de cada una de las procedencias ubicadas en los diferentes bloques. En promedio, el bloque que presentó mayor aumento de altura fue el B5 con un crecimiento en promedio de 2,97 cm, seguido de los bloques B1 y B3 con un incremento de 2,10 cm y 2,07 cm respectivamente, y el bloque con menor incremento fue el B4 (0,73 cm). No existió una diferencia significativa entre bloques, y entre procedencias.

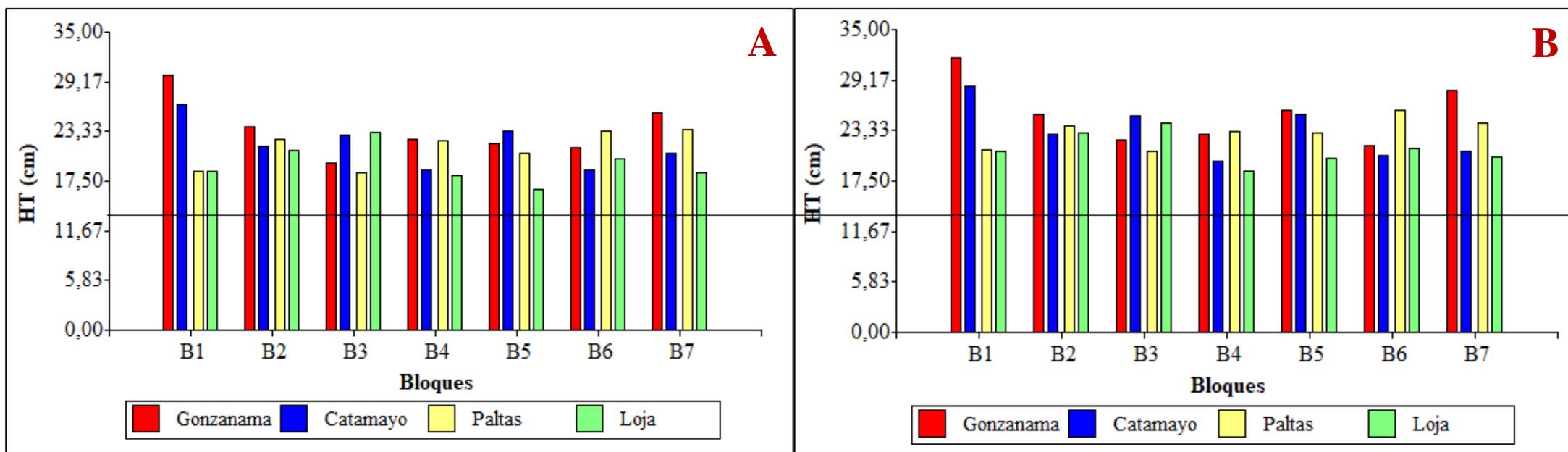


Figura 13. Crecimiento promedio de la Altura Total de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze por cada uno de los bloques. A) Promedio del HT inicial; B) Promedio del HT a los 6 meses de evaluación.

6.2.3. Diámetro medio de copa

6.2.3.1. Diámetro medio de copa de acuerdo a las procedencias

Con respecto al DMC no existió un crecimiento de esta variable, esto debido a que las plántulas de la especie presentaron caída de hojas y ramas a lo largo de los meses de monitoreo, así que no hablaremos de crecimiento en sí, si no, como la copa se mantuvo en cada procedencia. En el Anexo 2 se muestra como fue el proceso de caída y rebrote de hojas y ramas.

Tomando en cuenta el promedio del DMC de cada procedencia durante los 6 meses de evaluación (Tabla 8), las procedencias que tuvieron mayor decrecimiento fueron Catamayo y Gonzanamá con 7,26 y 7,38 cm respectivamente, seguido de Loja con 6,17 cm y Paltas con 5,69 cm (Figura 14).

Tabla 8. Promedios por procedencia del Diámetro Medio de Copa de las plántulas de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze durante los 6 meses de evaluación.

Procedencia	0 meses	6 meses
Catamayo	19,34	12,08
Gonzanamá	21,17	13,78
Loja	17,59	11,42
Paltas	18,32	12,63

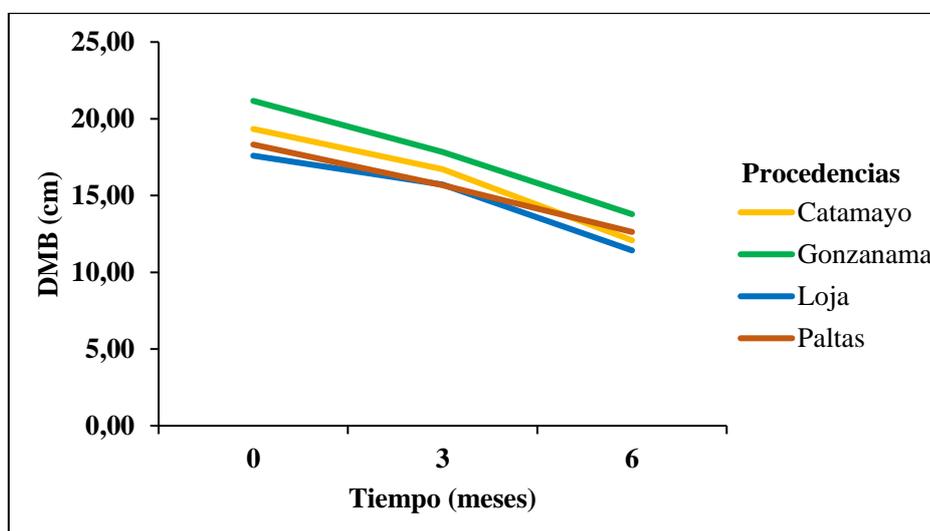


Figura 14. Diámetro medio de copa de las plántulas de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze de acuerdo a los meses de evaluación

6.2.3.2. Diámetro medio de copa de acuerdo a los espaciamientos de siembra

Las plántulas que se encuentran a los 4 y 5 m de distanciamiento fueron las que presentaron mayor decrecimiento en diámetro medio de copa, 7,79 y 7,23 cm, respectivamente,

seguido de las plantas que se encuentra a 3 m (6,97 cm), 6 m (6,68 cm), 2 m (6,42 cm), 1 m (6,27 cm), 0 m (6,11 cm) y 7 m (5,28 cm). Así mismo, como en la gráfica anterior el decrecimiento es uniforme en cada uno de los espaciamientos (Tabla 9).

Tabla 9. Diametro medio de copa (\pm error estándar) de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze a los 0, 3 y 6 meses de evaluacion en un delineamiento sistematico lineal con 7 tratamientos (espaciamientos) (n=399 plantas).

Espaciamiento	Distancia lineal (m)	Área (m²/plántula)	DMC (cm) 0 meses	DMC (cm) 3 meses	DMC (cm) 6 meses
0	3 x 1	3	16,28 \pm 0,99	13,81 \pm 0,95	10,17 \pm 0,84
1	3 x 1,5	4,5	17,94 \pm 0,80	15,41 \pm 0,68	11,66 \pm 0,61
2	3 x 2,5	7,5	18,90 \pm 0,67	16,49 \pm 0,70	12,48 \pm 0,61
3	3 x 3,5	10,5	19,69 \pm 0,73	16,02 \pm 0,67	12,72 \pm 0,49
4	3 x 4,5	13,5	19,78 \pm 0,75	16,98 \pm 0,64	11,99 \pm 0,59
5	3 x 5,5	16,5	20,85 \pm 0,74	17,83 \pm 0,61	13,62 \pm 0,55
6	3 x 6,5	19,5	19,83 \pm 0,63	17,21 \pm 0,53	13,15 \pm 0,46
7	3 x 7,5	22,5	18,17 \pm 0,80	16,71 \pm 0,67	12,89 \pm 0,63

6.2.3.3. Diámetro medio de copa de acuerdo a los espaciamientos de siembra y procedencias

Según la procedencia de las plántulas, en promedio las que obtuvieron un mayor diámetro de copa después de los 6 meses de evaluación fueron las plántulas provenientes de Gonzanamá, seguido de Paltas, Catamayo y finalmente Loja, con un DMC de 13,78 cm, 12,63, 12,08 y 11,42, respectivamente. Así mismo, por espaciamiento, en promedio las que presentaron mayor DMC fueron las plántulas que se encuentran en el espaciamiento de 5 m con 13,63 cm, y los espaciamientos con menor DMC fueron a los 0, 1 y 4 m (Figura 15). Cabe mencionar que la especie *Caesalpinia spinosa* es caducifolia, por esta razón al momento de realizar la primera medición se encontró el 18% de plántulas sin hojas y sin ramas, y a los 6 meses el 20%, lo cual influyó en los resultados, observándose un decrecimiento significativo durante el periodo de evaluación.

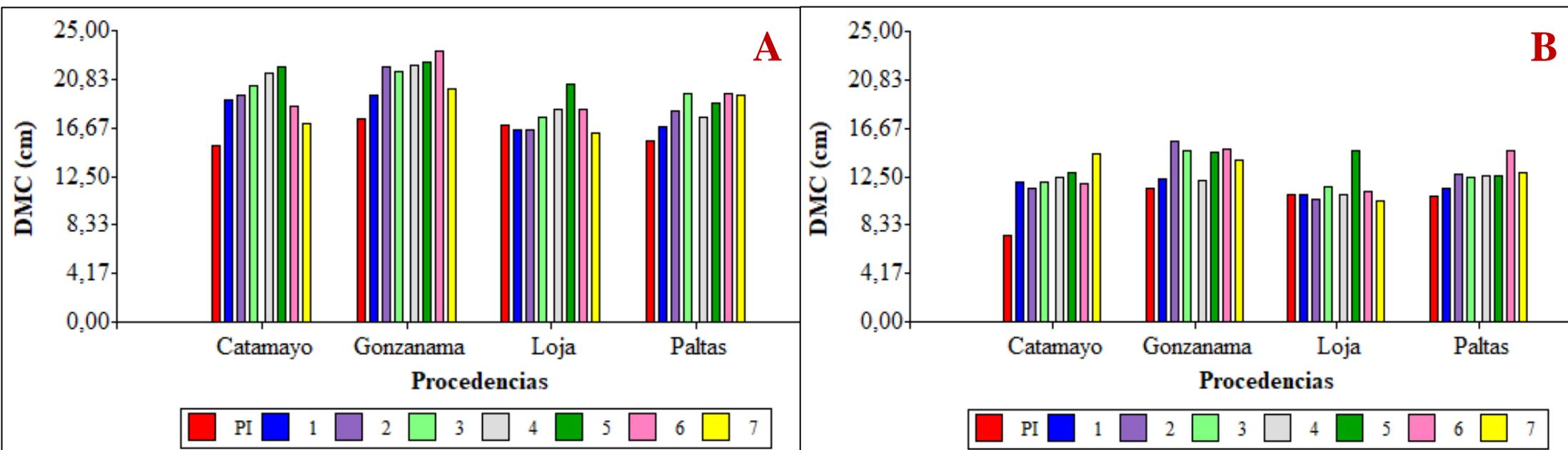


Figura 15. Diámetro medio de copa de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze de acuerdo a los diferentes espaciamientos de siembra utilizados y la procedencia de los individuos. A) Promedio DMC inicial; B) Promedio DMC a los 6 meses.

6.2.3.4. Diámetro medio de copa por bloques

Así mismo, en la Figura 16 se muestra la comparación del Diámetro Medio de Copa al inicio y a los seis meses de plantación de cada una de las procedencias ubicadas en los diferentes bloques. Donde se pudo observar que existe un decrecimiento de la copa de las plántulas, siendo las más afectadas las que corresponden a los bloques B3, el mismo que al inicio de la plantación tuvo un DMC promedio de 20,99 cm y a los 6 meses de plantación su DMC promedio es 12,05 cm, con un decrecimiento promedio de 8,94 cm, y el bloque con menor decrecimiento de copa de las plántulas fue el B7, el cual tuvo un promedio de copa inicial de 15,20 y los 6 meses tuvo un promedio de 11,85, con un decrecimiento de 3,34 cm.

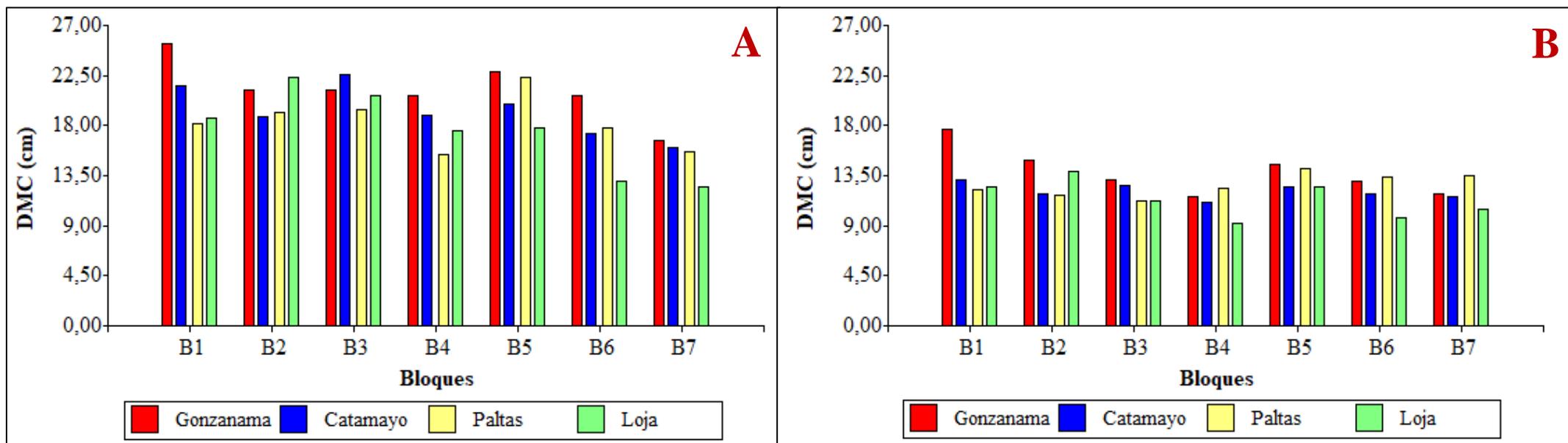


Figura 16. Diámetro Medio de Copa de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze por cada uno de los bloques. A) Promedio del DMC inicial; B) Promedio del DMC a los 6 meses de evaluación.

6.2.4. Regresión entre altura y diámetro a la base

En la Figura 17 se observa que algunos puntos se encuentran alejados de la línea y otro más junto, lo que indica que solo existe una relación lineal moderada entre las variables (DB y HT) ya que la correlación existente es de 0,41. La relación lineal moderada implica que la tasa de cambio de una variable es proporcional a la tasa de cambio de la otra variable, pero no necesariamente en la misma proporción. En otras palabras, a medida que una variable cambia, la otra variable también cambia, pero a una tasa que puede ser mayor o menor. En este caso, a medida que cambia la altura de las plantas también cambia el diámetro de base, sin embargo, no en todos los individuos paso lo mismo, pero si en la mayoría.

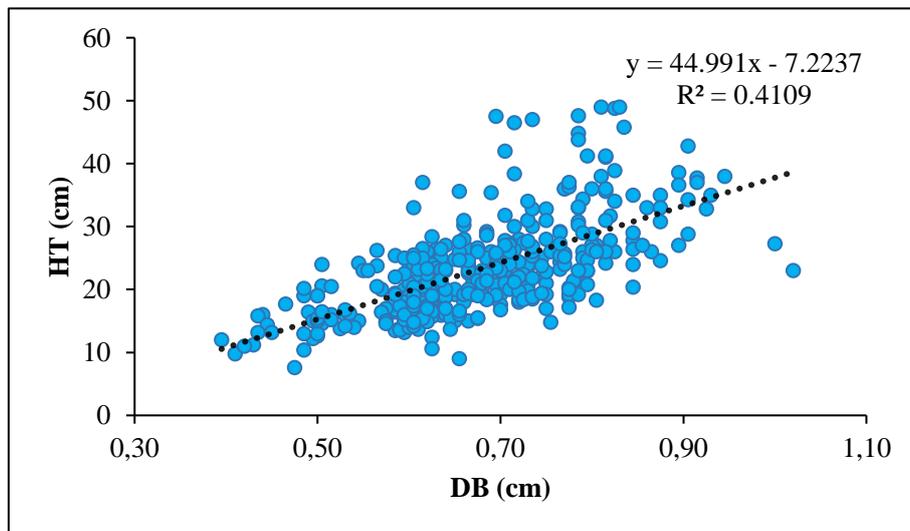


Figura 17. Correlación entre diámetro a la base y altura total a los 6 meses de evaluación de plántulas de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze.

7. Discusión

7.1. Establecimiento de una base genética mejorada con semillas de cuatro procedencias de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze mediante la implementación de una plantación para futuros programas de reforestación

7.1.1. Sobrevivencia

La sobrevivencia de *Caesalpinia spinosa* durante los meses de evaluación fue alta, esto debido a la capacidad de adaptación que tiene la especie a sitios degradados o descubiertos, así mismo la especie es poco exigente con respecto a la fertilidad del suelo; se desarrolla en suelo superficiales, ácidos y hasta de baja fertilidad (De la Torre, 2018; Mancero, 2008). Reynel y León (1990) y Pretell et al. (1985), afirman que la tara es considerada una especie rustica, porque es resistente a sequias, plagas y enfermedades, así como también la consideran como una planta plástica debido a que se encuentra en un amplio rango de distribución climática y distintas clases de suelo. A los 6 meses de evaluación la plantación tuvo una sobrevivencia promedio del 94,05 %, lo cual indica que las plantas presentaron alta capacidad de adaptación al medio. Estos resultados coinciden con los reportados por Gonzáles (2014), quien realizó la evaluación en una plantación de *C. spinosa* en la cuenca baja de la laguna Yahuarcocha durante 6 meses, donde obtuvo en promedio una sobrevivencia del 91,19 %; así mismo, Medina (2016), después de 6 meses de evaluación obtuvo una sobrevivencia del 100 %, en una plantación de *C. spinosa* establecida en Huaral donde utilizo tres tratamientos, un testigo y dos con fertilizante de materia orgánica leonardita en diferentes porcentajes; pese a que en la presente investigación no se utilizó ningún tipo de fertilizante o abono se obtuvo valores similares de sobrevivencia; a estos resultados también contribuye la textura del suelo existente en el área, ya que según Díaz (2010) y Mancero (2008) *Caesalpinia spinosa* tiene un mayor rendimiento y sobrevivencia en suelos de textura franco, franco-arenosos y franco-arcillosos. Vivanco (2011) menciona que la Quinta Experimental Punzara presenta suelos de textura franco y franco arcilloso.

El área de distribución de una especie comprende el lugar donde puede ser localizada (Grinnell, 1917), es decir, que la presencia de una especie en un determinado espacio geográfico depende de sus requerimientos ecológicos (Maciel-Mata et al., 2015). Maurad (2017), generó un mapa de zonificación silvícola del valle seco interandino del sur occidente del cantón Loja, estableciendo los rangos óptimos de distribución de *Caesalpinia spinosa* entre los 1 400 a 2 379 m s.n.m., donde existen temperaturas medias anuales entre los 16 °C y 20 °C y precipitaciones medias anuales que van desde los 500 y 1 000 mm, condiciones determinantes

para el desarrollo de la especie, Ordóñez (2011) menciona que el factor ecológico determinante para la distribución de la especie es la altitud. Así mismo, Ordóñez et al. (2018), en el estudio de distribución geográfica mediante perfiles ecológicos realizado en la provincia de Loja determinaron que *C. spinosa* se puede plantar en altitudes de 1 200 a 2 400 m s.n.m., aunque también se la puede plantar desde los 800 m s.n.m. En resumen, según los autores mencionados la especie en estudio se puede desarrollar con mayor eficiencia desde los 800 hasta los 2 800 m s.n.m. El área donde se implementó la plantación se encuentra a 2 254 m s.n.m., así mismo, Moncayo (2017) y Villalta (2014), mencionan que la Quinta Experimental Punzara cuenta con una temperatura media anual de 15,9 °C - 18 °C y una precipitación anual entre los 796 y 906,9 mm. La sobrevivencia de la especie en la plantación establecida es alta, debido a que el área presenta los rangos de distribución requeridos por la especie.

7.1.2. Estimativa individual de los parámetros genéticos

La implementación de una plantación con semillas de diferentes procedencias de *Caesalpinia spinosa* permite mejorar la base genética de las plántulas, lo que se traduce en una mejor adaptación y resistencia a diversos factores bióticos y abióticos del ambiente (Gutiérrez et al., 2013). Según estudios realizados, esta práctica permite obtener plántulas con características genéticas diferentes, lo que favorece una mayor adaptación a las condiciones locales, aumenta la diversidad genética y garantiza la resiliencia de las poblaciones frente a diferentes perturbaciones (Sánchez et al., 2013). Es una práctica común en programas de reforestación y conservación de bosques, ya que permite obtener árboles con mayores tasas de supervivencia y un mejor desarrollo (Kremer et al., 2012). Las poblaciones naturales de *Caesalpinia spinosa* se distribuyen a lo largo de la Cordillera de los Andes y presentan variabilidad genética en diferentes rangos altitudinales (Ugarte et al., 2009).

La investigación realizada en torno a las variables DB HT y DMC de *Caesalpinia spinosa* evidencia una diferencia significativa entre las procedencias. Esto se puede comprobar gracias a los resultados arrojados por el test del cociente de verosimilitud (LRT), el cual demostró de manera indiscutible que la interacción entre las procedencias en relación a los espaciamientos fue realmente significativa. Estos hallazgos son respaldados por diversos estudios previos. Mandujano et al. (2004) determinaron que las características de las semillas de la *C. spinosa* provenientes de diferentes lugares de México, los autores encontraron que las semillas de diferentes procedencias presentaban variaciones significativas en cuanto a su tamaño y peso. Este hecho demuestra que es común encontrar variaciones entre poblaciones de la misma especie, lo que corrobora la observación realizada en la investigación actual.

En cuanto a los valores de heredabilidad media obtenidos en el estudio, es importante destacar que estos valores demuestran una alta capacidad de transmisión de los caracteres de padres a hijos, lo que sugiere la posibilidad de mejorar la selección de individuos en la especie. Esto concuerda con lo expuesto por Toro et al. (2013), quienes afirman que la heredabilidad es un parámetro importante a considerar en programas de mejora genética.

Por otro lado, los valores medios de exactitud mostrados en el estudio, aunque no son los más elevados, siguen siendo considerados medianos y aceptables para muchos estudios. Esto se debe en parte al hecho de que la exactitud suele ser afectada por diversos factores, como la calidad de la información recopilada o la cantidad de variables estudiadas. Es importante tener en cuenta, sin embargo, que estos valores pueden ser mejorados mediante el uso de técnicas más precisas y específicas para la caracterización de las variables en cuestión.

7.2. Crecimiento inicial de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze en un sistema de plantación a diferente espaciamiento

7.2.1. Altura total y diámetro a la base

Alemán (2009) afirma que, en ambiente natural *Caesalpinia spinosa* es de crecimiento lento, con los años la altura pasa los 10 m y a los 50 años casi llega a 40 cm de diámetro y en condiciones de cultivo (riego, sustrato mejorado, manejo), a los dos años pasa el metro y medio de altura y tiene una producción de frutos a partir de los 5 años, incrementando con el tiempo y se estima como un árbol productivo hasta sus 35 años, esto es confirmado por Dostert et al. (2009) quienes afirman que es una especie con crecimiento juvenil muy lento; su crecimiento anual en los primeros años es apenas de 5 - 15 cm de altura, sin embargo, Medina-Méndez (2016), obtuvo un incremento en altura de *Caesalpinia spinosa* que varía de 13 a 22 cm a los 6 meses de evaluación, cabe mencionar que los tratamientos donde utilizó un fertilizante orgánico obtuvo mayor altura (21 y 22 cm) y en el testigo obtuvo un crecimiento de 13 cm. En comparación con el trabajo citado, en la presente investigación a los 6 meses de evaluación se obtuvo un incremento promedio en altura total de 1,45 a 1,85 cm y en diámetro basal de 0,12 y 0,13 cm de las 4 procedencias; la diferencia entre el resultado citado y los del presente trabajo es notable, sin embargo, debemos destacar que no se utilizó ningún tipo de fertilizante para las plántulas, y tampoco se determinó si el suelo donde se instaló la plantación tenía los suficientes nutrientes que favorecieran el crecimiento de las plantas, así mismo, es importante mencionar el área donde se hizo el ensayo venía siendo utilizada como sitio de pastoreo para ganado.

Cruz (2019), realizó un ensayo de germinación con semillas de *Caesalpinia spinosa* utilizando 5 sustratos, donde obtuvo un promedio de crecimiento en altura de 11,30 cm y 0,386 cm de diámetro a los 120 días después del repique, así mismo, Espinosa (2018), realizó un

ensayo similar utilizando 3 sustratos diferentes, donde después de 60 días de evaluación del crecimiento inicial de *C. spinosa* obtuvo 10,97 cm de altura y 0,23 cm de diámetro, así mismo, Mondragón (2016) obtuvo una altura de 7,30 cm y 0,234 cm de diámetro. Reyes (2022) en su ensayo de germinación donde utilizo 5 tipos de sustrato obtuvo una altura de 9,75 cm y 0,34 cm de diámetro a los 2 meses de evaluación. Estas plántulas fueron utilizadas en la presente investigación; las mismas que fueron plantadas de un año y dos meses de edad en un diseño a diferentes espaciamientos con el fin de evaluar por un periodo de 6 meses la sobrevivencia y desarrollo en altura y diámetro. Las plántulas con casi dos años de edad en promedio cuentan con una altura de 23,26 cm y diámetro de 0,68 cm.

Patiño (2014) realizó la evaluación del crecimiento de *Caesalpinia platyloba* S. Watson en una plantación forestal en el norte de Sinaloa, México, donde, a los cuatro años de edad obtuvo un crecimiento en altura de 4,98 – 6,07 m y diámetro de 6,10 – 10,0 cm, con un comportamiento significativamente inferior para el sitio periferia sin riego; hay que recalcar que la diferencia de resultados puede darse por el tiempo de evaluación y también por ser especies diferentes.

De los Ángeles (2013), realizo el monitoreo inicial durante 2 años en un sistema agroforestal de tres especies de inga, combinadas con café y frejol de palo, después del tiempo de evaluación obtuvo un incremento promedio en altura total de 1,9 a 1,93 m y un incremento en diámetro de base de 0,95 a 1,79 cm, así mismo, Magallanes-Ibérico (2021), menciona que durante 6 meses de monitoreo inicial de una plantación de 5 especies de Inga, obtuvo un incremento de diámetro basal de 2,8 mm a 6,6 mm y altura de 15,3 cm en promedio, cabe recalcar que el género *Inga* cuenta con un crecimiento rápido en comparación con el género *Caesalpinia* otros géneros de especies arbóreas (Abril et al., 2018).

Existe diferentes espaciamientos utilizados para establecer plantaciones forestales con diferentes propósitos, uno de los más utilizado es de 3 x 3 m, sin embargo, al estar el árbol sometido a una gran competencia, éste puede llegar a torcer su eje de crecimiento (fuste), con el fin de lograr la mayor captación de luz solar. Es de suma importancia poder determinar el distanciamiento de siembra indicado para las especies utilizadas en reforestación, que conlleve a un desarrollo óptimo de los árboles en cuanto a calidad (Millan y Serrano, 2004). El diseño de una plantación está encaminado al objetivo con la que esta es implementada, esta puede ser con fines de producción de madera, producción de frutos, recuperación de suelo degradados, silvopasturas, etc. Para la presente investigación se estableció un diseño lineal a diferentes espaciamientos, con la finalidad de observar cual es el comportamiento de crecimiento de la especie utilizada, ya que, *C. spinosa* es una especie multipropósito, porque genera para la

sociedad rural innumerables beneficios tanto en lo económico como en lo social (Flores et al., 2005). Las plantaciones con mayor producción de tara han determinado que el distanciamiento óptimo y confiable es de 2,5 x 5; 2 x 5 y 4,5 x 2,5 m. entre planta y planta, es decir, entre 800 – 1 000 árboles de tara por hectárea. Distanciamientos menores han tenido resultados negativos en la producción y poco favorables al productor, entre algunas razones, la interferencia de copas con distanciamientos cortos suprime el crecimiento y desarrollo del árbol para una favorable producción (APAIC, 2011). En esta etapa inicial es difícil determinar cuál es el comportamiento de crecimiento que tiene la plantación establecida para la presente investigación con respecto a los diferentes espaciamientos utilizados, ya que, las plantas son muy pequeñas; este es un proyecto para futuro, es decir, dentro de unos cuantos años se podrá corroborar si los distanciamientos 3 x 5,5; 3 x 6,5; 3 x 7,5 influyen de forma similar en el rendimiento de dicha especie. El área que ocupa normalmente un árbol de tara es de 10 m² (De la Cruz, 2004).

Rengifo (2014), afirma que el diámetro del cuello de la raíz o diámetro basal es la característica de calidad más importante que permite predecir la supervivencia de la planta en campo; define la robustez del tallo y se asocia con el vigor y el éxito de la plantación. Plantones con diámetro mayor a 5 mm son más resistentes al doblamiento y toleran mejor los daños por plagas y fauna nociva, aunque esto varía de acuerdo a la especie. También Parra y Maciel (2018), señalaron que un incremento en el diámetro del tallo le brinda mayor soporte y resistencia a la planta ante la variación en la velocidad del viento, dureza del suelo y disminuye el daño ante condiciones de calor o sequía debido a la presencia de mayor cantidad de sustancias de reservas, concluyendo que el diámetro del tallo y la altura de la planta son parámetros recomendables para predecir el comportamiento de las plantas al llevarlas a campo abierto.

Aldrete et al. (2014) mencionan que una raíz corta y menos proliferada es capaz de explorar menos volumen de suelo para la obtención de agua y nutrientes, una menor longitud de raíces por unidad de volumen de suelo o una menor densidad radicular requieren que la tasa de absorción de agua y nutrientes se mantengan más elevadas de lo normal a fin de satisfacer las demandas. Guerra y Velasco (2012) afirman que *Caesalpinia spinosa* tiene un sistema de raíces agresivo por que se desarrolla rápidamente. Después de 50 días de evaluación Gonzales (2018) determinó que las plántulas de *Caesalpinia spinosa* muestran una variación en el desarrollo del diámetro de base después de 40 días después de su germinación. Con respecto al desarrollo de sus raíces Guerra y Velasco (2012) afirman que *Caesalpinia spinosa* tiene un sistema de raíces agresivo por que se desarrolla rápidamente.

7.2.2. *Diámetro medio de copa*

Durante el periodo de evaluación de la plantación de tara se observó que las plántulas tendían a defoliarse continuamente, y mucho más durante el periodo de escasas lluvias que fue entre septiembre a noviembre del 2022. La especie se caracteriza como xerofítica por ser caducifolia, que tiende a perder las hojas en épocas de estiaje y tiene la capacidad de rebrotar (Pretell, et al., 1985; Alemán-Daza, 2009). Según Mancero (2008) en los Andes la defoliación de la tara se debe a la presencia de hormigas *coqui* que atacan a las plantas pequeñas, sin embargo, en la plantación establecida no se observó la presencia de ningún tipo de hormiga; el único tipo de insecto que se observó, fueron capullos de mariposa, pero estos fueron muy escasos, así que no se los considera como agente causante de la caída de hojas y ramas.

Durante el periodo de evaluación se observó que, a los 3 meses aproximadamente el 18 % de las plántulas sembradas presentaron una defoliación total de ramas y hojas, y a los 6 meses de evaluación el 20 % de las plantas tuvieron defoliación total, es decir pérdida de hojas y ramas. Además, según lo observado, se determinó que las plantas se defoliaron por lo menos tres veces durante los meses de evaluación.

Medina (2022) dice que *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze, es considerada como perennifolia, sin embargo, en su estudio determinó que la especie presenta una defoliación parcial o semicaducifolia, lo cual ocurre en los meses de diciembre a julio, siendo este último mes cuando alcanzó un 100 %, por lo tanto, esta fenofase se puede considerar como un evento sincrónico.

De acuerdo con algunas fuentes, *C. spinosa* podría ser considerada una planta semiheliofita, lo que significa que puede crecer tanto en áreas expuestas al sol como en áreas sombreadas. Aunque esta planta prefiere una exposición directa al sol, también puede tolerar cierta sombra y crecer en áreas parcialmente sombreadas. La capacidad de *C. spinosa* para tolerar la sombra puede depender de la edad de la planta, la calidad del suelo y otros factores ambientales (Flores et al., 2005; Alanuca, 2017; Ecuador Forestal, 2010; UTN et al., 2006). En general, las plantas semiheliofitas pueden adaptarse a una amplia variedad de condiciones de luz y pueden encontrarse tanto en áreas abiertas como en áreas boscosas.

Cuando el suelo está muy compactado, las raíces de las plantas encuentran dificultades para crecer y expandirse. Esto se debe a que las raíces necesitan espacio libre en el suelo para extenderse y absorber agua y nutrientes. Si el suelo está muy compactado, las raíces no pueden penetrar fácilmente en el suelo y se ven limitadas en su capacidad para buscar recursos.

8. Conclusiones

- *Caesalpinia spinosa* presentó una tasa de sobrevivencia del 94,05% a los 6 meses de edad indicando una alta adaptación al área de estudio, confirmando su capacidad para adaptarse a diversas condiciones ambientales, lo que la posiciona como una especie idónea para programas de reforestación.
- Las procedencias de *Caesalpinia spinosa* demostraron la presencia de variabilidad genética, así como una alta heredabilidad y una exactitud aceptable en valores obtenidos. Estos parámetros constituyen importantes indicadores para la selección y mejora de la especie en futuros programas de investigación.
- El crecimiento de los individuos en la fase inicial fue lento y no existe una diferencia significativa entre las variables medidas y entre procedencias, así como también, no se observa una influencia en cuanto al diseño de siembra de las plántulas debido a la corta edad de las plántulas.
- El establecimiento de la plantación de *Caesalpinia spinosa* con fines de mejoramiento genético aporta en el aumento de la productividad y calidad de los productos forestales maderables y no maderables fomentando así la protección y preservación a largo plazo en futuros programas de reforestación en beneficio de las comunidades locales.

9. Recomendaciones

- Continuar con el monitoreo de la plantación para determinar si los espaciamientos y procedencias influyen en el crecimiento y desarrollo de las plántulas, además, determinar cuál de las cuatro procedencias presenta mejor adaptación a las condiciones ambientales del área de estudio.
- Realizar análisis del suelo para verificar las condiciones ambientales en el área de plantación y determinar cómo influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas.
- Realizar manejo silvicultural de manera permanente para facilitar el crecimiento y desarrollo de las plántulas.
- Establecer un índice de sitio del área de plantación para determinar la capacidad productiva de la misma.

10. Bibliografía

- Abella, A. (1999). Plantaciones Forestales: Impactos y Luchas. Selección de artículos publicados en el Boletín del Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales (1997-1998).
https://www.wrm.org.uy/pt/files/2013/04/Plantaciones_forestales_Impactos_y_luchas.pdf
- Abril, R., Ruiz, T., Lazo, J., Cabrera, G., y Meric, O. (2018). Crecimiento inicial de *Eugenia stipitata*, *Inga spectabilis* e *Inga edulis* en Napo. *Agronomía Mesoamericana*, 29(2).
<https://doi.org/10.15517/ma.v29i2.28759>
- Alemán Daza, Fimo. (2009). La tara *Caesalpinea spinosa* (Mol.) O. Kuntze, especie prodigiosa para los sistemas agroforestales en valles interandinos. *Acta Nova*, 4(2-3), 300-307. Recuperado en 10 de abril de 2023, de
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892009000100009&lng=es&tlng=es.
- Alice, F., Montagnini, F. y Montero, M. (2004). Productividad en plantaciones puras y mixtas de especies forestales nativas en la estación biológica La Selva, Sarapiquí, Costa Rica. *Revista Agronomía Costarricense* 28(2), pp. 61-71.
- Aldrete, A., López, J., Hernández, L., López, M. y Ordaz, V. (2014). Crecimiento de *Pinus montezumae* Lamb. en vivero influenciado por diferentes mezclas de sustratos. *Revista de Agrociencia*, 48 (1), pp.627- 637.
- Anastacio, N., Maass, S., Valtierra, E., y Nava, G. (2016). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(37), pp. 21–38. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v7n37/2007-1132-remcf-7-37-00021.pdf>
- Aparicio, A., Viveros, H. y Rebolledo, V. (2013). Huertos semilleros clonales: una alternativa para los programas de reforestación en Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 4(20), pp. 91-97. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v4n20/v4n20a9.pdf>
- Asociación Pro Desarrollo Agroindustrial-Camaná – APAIC. (2011). Lineamientos para el manejo de plantaciones de tara (*Caesalpinea spinosa*) para la rehabilitación de tierras eriazas del trópico subhúmedo de la región de la costa del Perú. Proyecto PD 724/13 Rev. 1 (F).
- Alvarado-Barrera, R., Pompa-García, M., Zúñiga-Vásquez, J. M., y Jiménez-Casas, M. (2019). Spatial analysis of phenotypic variables in a clonal orchard of *Pinus arizonica* Engelm. in northern Mexico. *Revista*

- Alanuca, W. (2017). Diagnóstico de potencial agroindustrial de la tara (*Caesalpinia spinosa*) en Cotopaxi {Trabajo de titulación, Universidad Técnica de Cotopaxi}. Repositorio UTC.
- Azpíroz, H., Martínez, R., Gutiérrez, M., Rodríguez-De la O, J., y Cetina, V. (2006). *Importancia de las plantaciones forestales de Eucalyptus*. Ra Ximhai, 2 (3),815-846. ISSN: 1665-0441. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46120313>
- Aguirre, C. (2013). Selección de árboles plus de siete especies forestales nativas de importancia ecológica y económica en la selva central del Perú. Documento de trabajo 18. https://www.academia.edu/12534392/Selecci%C3%B3n_de_%C3%A1rboles_plus_de_siete_especies_forestales_nativas_de_importancia_ecol%C3%B3gica_y_econ%C3%B3mica_en_la_selva_central_del_Per%C3%BA
- Alía, R., Agúndez, D., Alba, N., González, S. C., y Soto de Viana, Á. (2003). Variabilidad genética y gestión forestal. Ecosistemas 1(3). https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/8910/1/ECO_12%283%29_07.pdf
- Balaguer, L., Arroyo-García, R., Jiménez, P., Jiménez, MD, Villegas, L., Cordero, I., y Aronson, J. (2011). Restauración forestal en un oasis de niebla: la evidencia indica la necesidad de conciencia cultural en la construcción de la referencia. *PloS uno*, 6 (8), e23004.
- Barner, H., Ditlevsen, B., & Olesen, K. (1992). Introducción al mejoramiento genético forestal. *Humblebaek, Dinamarca*.
- Barriga, C. (2008). Cultivo y aprovechamiento de la tara *Caesalpinia spinosa* en la Región Andina. ECOBONA, Lima, Peru.
- Basantes, E. (2016). Silvicultura y fisiología vegetal aplicada. Repositorio ESPE. ISBN: 978-9978-301-36-4. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/11686/1/Silvicultura.pdf>
- Britos, J. y Leguizamón A. (2013). *Manual de plantaciones forestales. Técnicas de instalación y manejo*. Instituto Forestal Nacional - INFONA. http://www.infona.gov.py/application/files/7914/3204/8913/Manual_Plantaciones_Forestales.pdf
- Bleasdale, J. K. A. (1966). Systematic designs for spacing experiments. *Experimental Agriculture*, New York, n. 3, pp. 73-85.

- Castro, N. M. y Álvarez, J. A. (2016). Acciones forestales de restauración: Alternativa para la conservación y restauración de suelos y bosques. *Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica*, 19(1), pp. 149–157.
<https://doi.org/10.31910/rudca.v19.n1.2016.744>
- Camacho, M. (2020). Agricultura urbana y periurbana: una alternativa en la emergente nueva normalidad para asegurar la producción de alimentos, generar empleo y proteger el ambiente. *Revista Digital UCE*, 1(378), pp. 178-205.
<https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/anales/article/download/3653/4495/18974>
- CBD. (2021). Biodiversity conservation. Convention on Biological Diversity.
<https://www.cbd.int/convention/biodiversity.shtml>
- Comisión Nacional Forestal – CONAFOR. (2015). *Germoplasma Forestal*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/conafor/documentos/germoplasma-forestal-27707#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20Germoplasma%20Forestal%3F,bulbos%2C%20meristemas%2C%20entre%20otros>.
- Corporación Nacional Forestal – CONAF. (2021). *Plantaciones forestales*.
<https://www.conaf.cl/nuestros-bosques/plantaciones-forestales/>
- Cóndor, D. y Simbaña, R. (2022). *Análisis del uso del suelo agropecuario y su relación con la deforestación en el Ecuador en el periodo 2013-2020* [Tesis de licenciatura, Quito: UCE]. Ecuador Forestal. (2010). Ficha Técnica No. 9 Tara.
<http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/08/TARA.pdf>
- Cordero, I. (2016). Respuesta ecofisiológica de *Caesalpinia spinosa* (Mol.) Kuntze a condicionantes abióticos, bióticos y de manejo, como referente para la restauración y conservación del bosque de nieblas de Atiquipa (Perú). *Ecosistemas*, 25(3), pp. 128-133.
- Cortes, J. A., Pérez, M. C., & Mora, R. S. (2017). Importancia de los cultivos vegetales *In vitro* para establecer bancos de germoplasma y su uso en investigación. *Biociencias*, 1(1).
- Cotrina, J. y Asociación de Productores de Tara del Norte-APT. (2019). *La Tara el Oro Verde de las Familias*, NEC-Proyecto Sierra Norte OLP Celendín.
- Cuervo Ibáñez, M., Santaella, M., Carvajal-Yepes, M., Santos Meléndez, L. G., Vélez, M., Gereda, J., y Wenzl, P. (2020). Importancia de los bancos de germoplasma.
- Chalita, M. A. C. (1991). *Delineamientos sistemáticos*. 1991. 72 f. (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo- USP, Piracicaba.

- Chalco-Sandoval W., (2019). Caracterización, manejo e industrialización de *Caesalpinia spinosa* en la provincia de Loja. <https://www.unl.edu.ec/node/742>
- Cruz Valle, R. (2019). Efecto de cinco sustratos, en los parámetros de crecimiento de plantones de *Caesalpinia spinosa* K, {Trabajo de titulación, Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma del Peru}, Repositorio UNTRM, Chachapoyas, Perú.
- Desarrollo Forestal Campesino - DFC, Instituto Ecuatoriano Forestal de Áreas Naturales y Vida Silvestre - INEFAN, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO y Gobierno de los Países Bajos. (1998). Manejo de las Plantaciones - Cartilla 3.
<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/004583/info/pdf/plantacion.pdf>
- De la Torre, L. 2018. La Tara, beneficios ambientales y recomendaciones para su manejo sostenible en relictos de bosque y sistemas agroforestales. CONDESAN. Quito
- De los Ángeles, A. (2013). *Evaluación de crecimiento inicial en tres especies del género Inga en sistema agroforestal* (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
- De La Cruz, P. (2004). Aprovechamiento Integral y Racional de la tara *Caesalpinia spinosa* – *Caesalpinia tinctoria*. Revista del Instituto del Investigación FIGMMG.7 (14): 65.
- Díaz, P. G. (2010). Forestación piloto con la tara en la microcuenca de San Juan (Alto Jequetepeque) Cajamarca.
http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/1516/1/Diaz_cp.pdf. Perú
- Dolmus, C., García, I., y Callejas, L. (2006). Evaluación de la variabilidad genética en un ensayo de progenies de *Pachira quinata* usando marcadores moleculares. *Encuentro*, (75), 79-88.
- Estrella, J. (2005). *Biodiversidad y recursos genéticos: una guía para su uso y acceso en el Ecuador*. Editorial Abya Yala.
- Espinosa, R. Q. (2018). Evaluación del crecimiento inicial de plántulas de *Caesalpinia spinosa* (tara) y *Enterolobium cyclocarpum* (oreja de 57 negro) en diferentes sustratos en siembra directa en bolsas bajo tinglado. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.
- Ecuador Forestal. (2010). Ficha Técnica No. 9, Tara. <http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/08/TARA.pdf>
- Ewing, R., y Kiker, G. (2002). Urban forestry: A good investment for water quality protection and enhancement. *Journal of Forestry*, 100(7), 8–14.
<https://doi.org/10.1093/jof/100.7.8>

- FAO. (1998). Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Sistemas Agroforestales. Roma: Oficina regional de la FAO para América Latina y El Caribe.
- FAO. (2016). Silvicultura en bosques naturales. Módulo en línea del Conjunto de Herramientas para la Gestión Forestal Sostenible. <http://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules/silviculture-in-naturalforests/basic-knowledge/es/>
- FAO. (2018). Conservation of genetic resources. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/3/i7572en/I7572EN.pdf>
- Führer, E. (2000). Funciones forestales, estabilidad y manejo del ecosistema. *Forest Ecology and Management*, 132(1), pp. 29-38.
- Flores, F., Chávarry, L. y Vegal, D. (2005). Criterios y Pautas para la selección de árboles plus, *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze "tara o taya".
- Gomez de Silva, G. (1996). *Breve diccionario etimológico de la lengua española*. Colegio de México y Fondo de Cultura Económica. México. p. 736.
- Gonzales, H. (2018). Uso de residuos orgánicos de Mytilidae Y Stenocereusthurberi en el desarrollo inicial de *Caesalpinia spinosa* en lomas de Carabayllo, 2018, [Tesis de Titulación, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio UCV. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/37878/Gamarra_GHL.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- González Hurtado, J. F. (2014). Evaluación de la sobrevivencia de Tara (*Caesalpinia spinosa*) a los seis meses de edad en la cuenca baja de la laguna de Yahuarcocha [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2563>
- Gonzales, J. (2013). *Evaluación de la sobrevivencia de Tara (Caesalpinia spinosa) a los seis meses de edad en la cuenca baja de la laguna de Yahuarcocha*, [Trabajo de Titulación, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio UTN. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2563>
- Guerra, Z. y Velasco, A. (2010). Evaluación del crecimiento inicial de la Tara (*Caesalpinia spinosa* M. &K), Molle (*Shinus molle* L.) y Cholan (*Tecoma stans* L.) aplicando retenedores de agua, en Priorato –Imbabura, periodo 2011 -2012, [Trabajo de Titulación, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio UTN. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1980/1/03%20FOR%20200%20TESIS.pdf>

- Grant, J., J. D. Nichols, J., Pelletier, M., Glencross K. y Bell, R. (2006). Five year results form a mixed-species spacing trial with six subtropical rainforest tree species. *Revista Forest Ecology and Management* 233(2-3), pp. 309-314.
- Grinnell, J. (1917). Las relaciones de nicho del California Thrasher. *Auk*, 34, pp. 427-433.
- Gutiérrez, E., Sánchez, P., Gómez, L., Jiménez, G., Merino, M., y León, G. (2013). Análisis molecular de la variabilidad genética en nueve poblaciones de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze en Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 61(3), pp. 1231-1243. <https://doi.org/10.15517/rbt.v61i3.14752>
- Hernández, E., López, J. y Sánchez, V. (2011). Crecimiento en diámetro y altura de una plantación mixta de especies tropicales en Veracruz. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 2 (7), pp. 27-42.
- Hofstede, R., Lips, J., Jongsma, W. y Sevink, J. (1998). Impactos ecológicos de plantaciones forestales. In *II Conferencia Electrónica sobre Usos Sostenibles y Conservación del Ecosistema Páramo en los Andes* (p. 82).
- Hutchinson, I. (1993). *Puntos de partida y muestreo diagnóstico para la silvicultura de bosques naturales del trópico húmedo*. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie técnica. Informe técnico No. 204. pág. 32.
- Imaña-Encinas, J. (2011). Slides de acompañamiento de la catedra dendrometría. – Brasilia: Universidad de Brasilia, Departamento de Engenharia Florestal. ISBN 978-85-87599-35-3.
- INSEFOR. (1999). Investigación en Semillas Forestales. Santa fe de Bogotá. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/005027/SEMILLASforestales.pdf>
- IPBES. (2019). Global assessment report On biodiversity and ecosystem services. IPBES secretariat. Recuperado de https://ipbes.net/sites/default/files/2020-02/ipbes_global_assessment_report_summary_for_policymakers_en.pdf
- Ipinza, R. (2022). Métodos de selección de árboles plus - Apuntes: Curso Mejora Genética Forestal Operativa. *ResearchGate*, 1 (1)., pp. 105 - 127. https://www.researchgate.net/publication/255949339_Metodos_de_Seleccion_de_Arboles_Plus
- Ipinza, R. y Vergara, R. (1998). Diseños de Huertos Semilleros. *ResearchGate*. Pp. 129-151. https://www.researchgate.net/publication/255949293_Disenos_de_Huertos_Semilleros

- ITTO. (2014). Iniciativa de colaboración OIMT/CDB para conservar la biodiversidad de los bosques tropicales. <https://www.cbd.int/doc/meetings/ecr/cbwecr-2014-09/other/cbwecr-2014-09-presentation-20-es.pdf>
- Jairo, V., Seminario, J. y Cabrera, M. (2019). Variabilidad morfológica de la “tara” *Caesalpinia spinosa* (Molina.) Kuntze (Fabaceae), en poblaciones naturales de Cajamarca: descriptores de fruto y semilla. *Revista Arnaldoa* 26(2), pp. 555–574. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.262.26203>
- Kelly, J., Jose, S., Nichols, J. y Bristow, M. (2009). Growth and physiological response of six Australian rainforest tree species to a light gradient. *Revista Forest Ecology and Management* 257(1), pp. 287-293.
- Klepac, D. (1976). *Crecimiento e Incremento de Árboles y Masas*. Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Bosque. Universidad Autónoma de Chapingo. México, 365 p.
- Kremer, A., Ronce, O., Robledo, J., Guillaume, F., Bohrer, G., Nathan, R. y Klein, E. (2012). Long-distance gene flow and adaptation of forest trees to rapid climate change. *Ecology letters*, 15(4), pp. 378-392. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01715.x>
- Ladrach, W. (1992). Técnicas para el establecimiento de plantaciones forestales en la América Tropical. *Revista Tree Planter's Notes* 43, pp. 133-141.
- Lamb, D., Erskine, P., y Parrotta, J. (2005). Restauración de paisajes de bosques tropicales degradados. *Science*, 310 (5754), pp. 1628–1632.
- Lezcano, J. C. (1999). Las enfermedades en plantas arbóreas de interés para la ganadería. *Revista Pastos y Forrajes*, 22(2).
- Lombardi, Y. I. y Nalvarte, A. W. (2001). Establecimiento y Manejo de Fuentes Semilleras, Ensayos de Especies y Procedencias Forestales, Aspectos Técnicos y Metodológicos. Escuela Nacional de Ciencias Forestales; Organización Internacional de las Maderas Tropicales. Proyecto PD 8/92 Rev. 2 (F), "Estudio de Crecimiento de Especies Nativas de Interés Comercial en Honduras (PROECEN)". [http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD8%2092/pd%208-92-7%20rev%202%20\(F\)%20.pdf](http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD8%2092/pd%208-92-7%20rev%202%20(F)%20.pdf)
- López, E. y Musálem, M. (2007). Sistemas agroforestales con cedro rojo, cedro nogal y primavera, una alternativa para el desarrollo de plantaciones forestales comerciales en Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 13(1), pp. 59-66.

- López, R. (2008). Productos Forestales No Maderables: Importancia e impacto de su aprovechamiento. *Revista Colombiana Forestal*, 11, pp. 215-231.
<http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v11n1/v11n1a14.pdf>
- López, M. C. y Grau, H. R. (2012). Bases conceptuales para la gestión de bosques plantados con especies exóticas. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 111(2), pp. 147–155.
<https://doi.org/10.31047/1668.298x.v111.n2.4753>
- Mandujano, S., Riquelme, M., y Hernández, E. (2004). Variación geográfica de semillas de *Caesalpinia spinosa* (Leguminosae, Caesalpinioideae) en México. *Acta botánica mexicana*, (69), pp. 21-29.
- Magallanes Iberico, F. G. (2021). Supervivencia y crecimiento inicial de cinco especies del género inga en condiciones de suelos pobres; Rodríguez de Mendoza-Amazonas.
- Mancero, L. (2008). La tara (*Caesalpinia spinosa*) en Perú, Bolivia y Ecuador: Análisis de la Cadena Productiva en la Región. Programa Regional ECOBONA, INTERCOOPERATION, Quito, Ecuador, pp. 12-32.
- Maciel-Mata, C. A., Manríquez-Morán, N., Octavio-Aguilar, P., y Sánchez-Rojas, G. (2015). El área de distribución de las especies: revisión del concepto. *Acta universitaria*, 25(2), 03-19.
- Márquez, J., Alba, J., Mendizábal, L., Ramírez, O. y Cruz, H. (2009). Fuentes semilleras mejoradas establecidas en el estado de Veracruz. *Revista Foresta Veracruzana*, 11(2), pp. 37-42. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49712336006>
- Márquez, R., Rebolledo, V. y Contreras, J. (2007). Variación de conos de *Pinus oaxacana* Mirov en una población de Los Molinos, Municipio de Perote, *Revista Veracruz. Foresta Veracruzana* 9(2):45-50.
- Medina-Méndez, T. B. (2016). Efecto de la aplicación de leonardita en la primera etapa de crecimiento de una plantación de *Caesalpinia spinosa* tara en Huaral [Trabajo de titulación, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio LAMOLINA.
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2217/F04-M4355-T.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Medina, L. (2022). Fenología de las especies leñosas del campus de la Universidad Nacional de Cajamarca {Tesis de titulación, Universidad Nacional de Cajamarca}. Repositorio DSPACE.
- Medrano, K. (2017). Establecimiento de plantaciones forestales para protección de la parte baja de la sub cuenca del río Viejo en la planta hidroeléctrica Carlos Fonseca, Ciudad

- Darío, Matagalpa [Trabajo de titulación, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio UNA. <https://repositorio.una.edu.ni/3452/1/tnk10m492.pdf>
- Mesén, F. (1994). Introducción al mejoramiento genético forestal. *Curso Regional sobre Identificación, Selección y Manejo de Rodales Semilleros (7-18 Mar 1994: Turrialba, Costa Rica)*.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino - MARM. (2008). Sistemas de plantación. Plataforma de conocimiento para el medio rural y pesquero. <https://www.mapa.gob.es/app/materialvegetal/docs/sistemas%20de%20plantaci%C3%B3n.pdf>
- Millán, J. y Serrano, J. (2004). Evaluación del distanciamiento de siembra y otros factores en el desarrollo de las tensiones de crecimiento para teca (*Tectona grandis* L.f.) y pochote (*Bombacopsis quinata* (Jacq.) Dugand) en dos plantaciones de Guanacaste, Costa Rica. *Revista forestal KURU*, 1(2).
- Moncayo, Á. (2017). Utilización de raciones suplementarias a base de follaje de yuca (*Manihot esculenta*) en la alimentación de vacas lecheras en la quinta experimental punzara de la UNL. Universidad Nacional de Loja.
- Montagnini, F., y Porras, C. G. (2017). Plantaciones agroforestales y sistemas sostenibles de producción. *Recursos Naturales y Ambiente*, 91(2), pp. 7–18. <https://doi.org/10.5377/rna.v91i2.5136>
- Monteoliva, S., & Hernández, M. (2014). Tensiones de crecimiento en *Eucalyptus dunnii* Maiden.: parámetros dendrométricos y anatomía de la madera. *Revista Árvore*, 38, pp. 755-763.
- Mondragón, G. F. (2016). Evaluación del crecimiento de plántulas de *Caesalpinia spinosa*, *Sapindus saponaria* y *Tecoma stans* en diferentes sustratos durante su propagación en vivero – Lima [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Lima, Perú.
- Moraes, M. A.; Moraes, S. M. B.; Silva, E. C. B.; Kubota, T. Y. K.; Silva, A. M.; Resende, M. D. V.; Moraes, M. L. T. (2013). Variação genética em progênies de *Jacaranda cuspidifolia* Mart. utilizando o delineamento sistemático tipo leque. *Scientia Forestalis*, 41 (98), pp. 175-183.
- Moya, R. y Arce, V. (2003). Efecto del espaciamiento en plantación sobre dos propiedades físicas de madera de teca a lo largo del fuste. *Revista Maderas y Bosques* 9(2), pp. 15-27.

- Murillo, O. (1990). Estrategias a corto plazo de semilla mejorada genéticamente para la reforestación en Costa Rica. *Tecnología en marcha*, 10(4), pp. 23-27
- Murillo, J. (2018). Evaluación fitosanitaria y respuesta fisiológica de plántulas comerciales de aguacate a la aplicación de fitohormonas, [Trabajo de titulación, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio UNAD.
<https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/21112/3/14472600.pdf>
- Nova, G. y Caro, F. (1991). *Reforestación de microcuencas - Trazado para la siembra*. Repositorio SENA.
https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/1498/reforestacion_vol6.pdf;jsessionid=7CC3F15D5E89E7F73D3BB005D01E305C?sequence=1
- Nelder, J.A. (1962). New kinds of systematic designs for spacing experiments. *Biometrics*, Arlington, n.18, pp. 283-307.
- Oficina Nacional Forestal – ONF. (2013). Guía Técnica SAF para la implementación de Sistemas Agroforestales (SAF) con árboles forestales maderables. Costa Rica.
https://www.biopasos.com/biblioteca/guia_sistemas_agroforestales.pdf
- Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO. (2020). *Evaluación de los recursos naturales mundiales 2020 - Principales resultados*. Roma.
<https://www.fao.org/3/CA8753ES/CA8753ES.pdf>
- Ordóñez, O. (2011). Distribución de las especies arbóreas y arbustivas basadas en los requerimientos geocológicos de los sistemas montañosos en la Provincia de Loja, Ecuador, [Tesis de Magister. Facultad de Geografía, Universidad de La Habana]. *La Habana, Cuba*.
- Ordoñez, O., Ramón, A. y Valarezo, K. (2018). Exigencias ecológicas de especies forestales para su distribución geográfica en la provincia de Loja, Ecuador. *Revista Ciencias de la Tierra y el Espacio*, 19(1), pp. 32-43. ISSN 1729-3790.
- Patiño-Camacho, E. (2014). Evaluación del crecimiento de *Caesalpinia platyloba* S. Watson en una plantación forestal en el norte de Sinaloa, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 10(1), 18-22.
- Parra, S. y Maciel, N. (2018). Efectos de la siembra y el trasplante a recipiente cónico en el crecimiento de *Pithecellobium dulce* y *Platymiscium diadelphum* en vivero. *Revista Bioagro*, 30 (2), pp. 125-134.
- Pezo, F. (2007). *Evaluación del crecimiento inicial de una plantación forestal establecida en centro industrial, distrito de Fernando Lores, región Loreto*, [Trabajo de titulación,

- Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. Repositorio UNAPIQUITOS.
<https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5089>
- Pérez, M. R., Fernández, C. G., y Sayer, J. A. (2007). Los servicios ambientales de los bosques. *Ecosistemas*, 16(3).
- Pérez, C., Locatelli, B., Vignola, R., y Imbach, P. (2007). Importancia de los bosques. *Recursos Naturales y Ambiente*, 51 (52), pp. 4-11.
- Piotto, D., Montagnini F., Ugalde, L. y Kanninen, M. (2003). Growth and effects of thinning of mixed and pure plantations with native trees in humid tropical Costa Rica. *Revista Forest Ecology and Management* 117(1-3), pp. 427-439.
- Pretell, J., Jap, R., Vidal, D. y Barahona, E. (1985). Apuntes sobre algunas especies forestales nativas de la sierra peruana. Proyecto FAO /Holanda/INFOR. Ed. Centauro S.A. Lima-Perú. 120 p.
- Prodan, M., Peters, R., Cox, F., y Real, P. (1997). Mensura Forestal. San José Costa Rica. *Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura*, pp.369-430
- Ramírez, C. A., y Villegas, L. X. (2017). Diseño e implementación de un vivero forestal comunitario para la producción de árboles para plantaciones de protección. *Revista EIA*, 14(28), pp. 111–122. <https://doi.org/10.24050/reia.v14i28.707>
- Reyes, S. (2022). Tratamiento pre-germinativo de semillas de *Caesalpinia spinosa* (Mol) O. Kunstze con distintos sustratos en el vivero de la Universidad Nacional de Loja, [Trabajo de titulación, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio DSPACE.
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/25245/1/Sandro%20Alberto%20Reyes%20Ram%c3%adrez..pdf>
- Reynel, C y León, J. (1990). Árboles y Arbustos Andinos para agroforestería y conservación de suelos. Proyecto PAO - Holanda/DGFF. Tomo II. Lima - Perú. 363p.
- REDFOR (1996). La tara *Caesalpinia spinosa*, alternativa para el desarrollo de la Sierra. Lima, Perú, pp. 66-68.
- Resende, M. (2002). *Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes*. Brasil: Embrapa Informação Tecnológica.
- Resende, M. (2016). Resende, M. D. V. Software Selegen – REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, Viçosa, v. 16, p. 330-339, 2016.

- Rengifo, J. (2014). Efecto de diferentes sustratos orgánicos en el crecimiento de plántulas de paliperro (*Vitex pseudolea* Rusby), en fase de vivero, [Tesis de pregrado, Universidad Agraria de la Selva]. Tingo María, Perú.
- Rojas, F. 2001. *Plantaciones forestales*. 2 ed. EUNED. San José, CR. 260 p
- Salazar, R. (1989). *Guía para la investigación silvicultural de especies de uso múltiple*. /R. Salazar — Turrialba, C.R.: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Programa de Producción y Desarrollo Agropecuario Sostenido, 1989. 130 p.; 24. (Serie técnica. Informe técnico / CATIE ; no. 20)
- Sangay-Tucto, S., Sanguin, H., Tournier, E., Thioulouse, J., Prin, Y., y Duponnois, R. (2017). Impacto de la simbiosis micorrízica arbuscular en el crecimiento temprano del cultivo de tara (*Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze).
- Sánchez, P., Gómez, L., y Gutiérrez, M. (2013). Diversidad genética y uso de semillas de especies forestales en los programas de producción de plantas. *Árboles y Bosques*, (342), pp. 187-198. <https://doi.org/10.1080/14735903.2012.715787>
- Shelton, D., Cork, S., Binning, C., Parry, R., Hairsine, P., Vertessy, R., y Stauffacher, M. (2001). *Aplicación de un enfoque de inventario de servicios ecosistémicos en la cuenca Goulburn Broken*. Actas de la Tercera Conferencia Australiana de Gestión de Corrientes, agosto 27–29, 2001. Brisbane, QLD: Cooperative Research Center for Catchment Hydrology, pp. 157-162.
- STAPE, J. L. (1995). Utilização de delineamento sistemático tipo leque no estudo de espaçamentos florestais. 1995. 86 f. Dissertação (Mestrado)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo- USP, Piracicaba,
- Thomas, E., Jalonen, R., Loo, J., y Bozzano, M. (2015). Cómo evitar el fracaso en la restauración forestal: la importancia de disponer de un germoplasma genéticamente diverso y adaptado a los sitios de plantación. *Unasylva*, 66, pp. 29-36.
- Toro, F., Dooner, H., y Lübberstedt, T. (2013). A Pedigree-Based Approach to Determine the Mode of Inheritance of Quantitative Traits in Maize. *G3: Genes, Genomes, Genetics*, 3(11), pp. 2195–2203. <https://doi.org/10.1534/g3.113.008235>
- Torracchi, E., Tapia, M., Escudero, A., y De la Cruz, M. (2013). Deforestación en una región montañosa megadiversa en los Andes: dinámica del paisaje en el sur de Ecuador.
- Trujillo, E. (2003). *Plantaciones forestales: planeación para el éxito*. El semillero, 1-2

- Ugarte, C., Olmedo, A., y Budde, J. (2009). Reproductive biology and genetic diversity of *Caesalpinia spinosa* in the dry forest ecosystems of Ecuador. *Journal of Arid Environments*, 73(6-7), pp. 603-610. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2009.01.004>
- UTN, ESPOCH y ARCOIRIS. (2006). La Tara en el Ecuador. Cartilla Técnica FOSEFPR – INTERCOOPERATION – COSUDE – SAMARI Quito, Ecuador. p. 8.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria – UPRA. (2018). *Lineamientos de política: plantaciones forestales con fines comerciales para la obtención de madera y su cadena productiva*. Bogotá: UPRA. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/col191614.pdf>
- Valdez, R. (2014). Silvicultura: Principios básicos de los sistemas silvícolas. Colegio de Postgraduados - SAGARPA. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2014/CD001803.pdf>
- Vallejos, J., Badilla, Y., Picado, F. y Murillo, O. (2010). Metodología para la selección e incorporación de árboles plus en programas de mejoramiento genético forestal. *Agronomía Costarricense*, 34(1), pp. 105-119.
- Villanueva, C. (2007). La tara, el oro verde de los Incas para el mundo, Universidad Agraria La Molina, Lima, Perú, pp. 8-11 y 26.
- Villalta, M. (2014). Evaluación de tres niveles de microorganismos eficientes activados (em-a) en la fertilización de cultivos de forraje verde hidropónico (fvh) en la quinta experimental punzara de la UNL. Universidad Nacional de Loja.
- Van der Poel, P. (1988). *Cordia allidora* (Ruiz and Pavon) Oken: Experiencias en Colombia. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF). *Serie Documental No. 15. Bogotá, Colombia. 42 p*
- Vivanco, B. (2011). Introducción de leguminosas forrajeras en potreros de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) con aplicación de abonos químicos y orgánicos en la quinta experimental punzara de la Universidad Nacional de Loja, [Trabajo de titulación, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio DSPACE.
- Wiegant, D., Peralvo, M., van Oel, P., y Dewulf, A. (2020). Five scale challenges in Ecuadorian forest and landscape restoration governance. *Land use policy*, 96, 104686.
- Zobel, B. y Talbert, J. (1988). Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Editorial LIMUSA. Primera Edición. México, D.F. 545 p.

11. Anexos

Anexo 1. Proceso de instalación y labores silviculturales de la plantación de *Caesalpinia spinosa* 1) Preparación de insecticida para la fumiga de la maleza del área de plantación; 2) Balizado y marcado de hileras; 3) Hileras marcadas; 4) Identificación y tumbado de árboles que podrían influir de forma negativa en la plantación; 5) Trozado de árboles para retirarlos del área de plantación; 6) Marcación de los puntos de distanciamiento para el diseño de la plantación; 7) Hoyado; 8) Siembra de las plántulas de *Caesalpinia spinosa*; 9) Labores de limpieza (coronamiento).

1)



2)



3)



4)



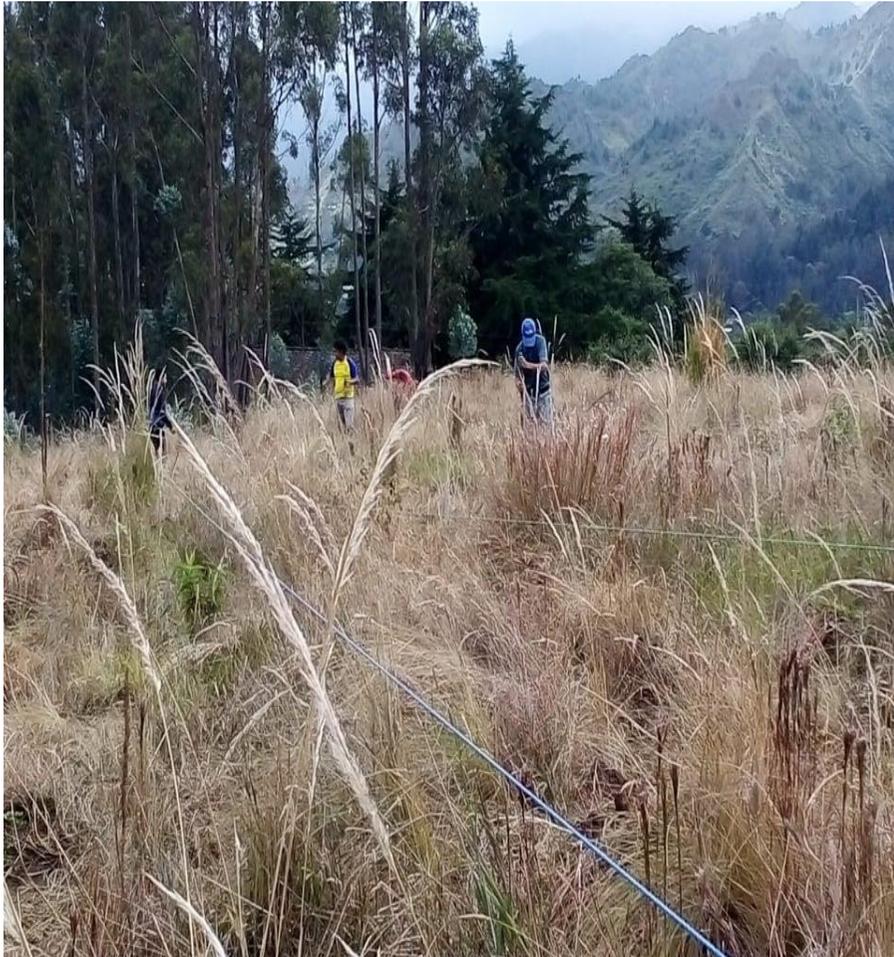
5)



6)



7)



8)



9)



Anexo 2. Proceso de rebrote de *Caesalpinia spinosa*. A) Pérdida total de hojas y ramas, B) Primeros rebrotes, C) Planta totalmente recuperada

A)



B)



B)



Anexo 3. Medida de parámetros dasométricos. **A)** Medición de la altura total; **B)** Medición del Diámetro a la Base (DB); **C)** Medición del diámetro medio de copa (DMB) a los 6 meses de evaluación de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze.

A)



B)



C)



Anexo 4. Promedios de las variables medidas durante los 6 meses de evaluación por procedencias

Diámetro a la Bases			
Procedencias	0	3	6
Catamayo	0,56	0,62	0,69
Gonzanamá	0,57	0,63	0,68
Paltas	0,57	0,63	0,69
Loja	0,51	0,57	0,64

Altura Total			
Procedencias	0	3	6
Catamayo	21,83	22,51	23,68
Gonzanamá	22,27	24,00	25,82
Paltas	20,52	22,22	23,61
Loja	19,27	20,30	21,67

Diámetro Medio de Copa			
Procedencias	0	3	6
Catamayo	19,10	16,30	11,96
Gonzanamá	21,17	17,80	13,89
Paltas	18,48	16,08	12,75
Loja	17,59	15,71	11,42

Anexo 5. Promedio de las variables medidas por procedencias y bloques de la medición inicial (0) y 6 meses

Altura Total								
Bloques	0 meses				6 meses			
	Gonzanamá	Catamayo	Paltas	Loja	Gonzanamá	Catamayo	Paltas	Loja
B1	29,93	26,42	18,68	18,63	31,66	28,43	21,09	20,86
B2	23,89	21,59	22,40	21,13	25,23	22,97	23,95	23,01
B3	19,61	22,91	18,49	23,20	22,29	24,97	20,97	24,25
B4	22,36	18,84	22,22	18,23	22,85	19,83	23,27	18,64
B5	21,87	23,32	20,69	16,52	25,75	25,26	23,13	20,17
B6	21,43	18,87	23,40	20,11	21,55	20,49	25,64	21,33
B7	25,57	20,85	23,49	18,40	27,90	20,86	24,21	20,30

Diámetro de Base								
Bloques	0 meses				6 meses			
	Gonzanamá	Catamayo	Paltas	Loja	Gonzanamá	Catamayo	Paltas	Loja
B1	0,61	0,61	0,59	0,51	0,68	0,71	0,67	0,61
B2	0,63	0,53	0,61	0,55	0,727	0,652	0,716	0,694
B3	0,56	0,59	0,53	0,54	0,662	0,692	0,625	0,662
B4	0,56	0,55	0,59	0,48	0,677	0,674	0,702	0,565
B5	0,53	0,59	0,58	0,47	0,674	0,718	0,730	0,649
B6	0,53	0,53	0,56	0,49	0,684	0,711	0,703	0,657
B7	0,57	0,54	0,56	0,51	0,700	0,658	0,715	0,645

Diámetro Medio de Copa								
Bloques	0 meses				6 meses			
	Gonzanamá	Catamayo	Paltas	Loja	Gonzanamá	Catamayo	Paltas	Loja
B1	17,62	13,08	12,21	12,49	25,33	21,54	18,22	18,69
B2	14,93	11,92	11,76	13,86	21,20	18,75	19,23	22,27
B3	13,10	12,67	11,21	11,21	21,25	22,53	19,47	20,70
B4	11,64	11,07	12,37	9,24	20,73	18,93	15,42	17,54
B5	14,45	12,44	14,18	12,55	22,82	19,97	22,31	17,83
B6	12,97	11,84	13,36	9,68	20,64	17,32	17,85	12,95
B7	11,85	11,58	13,46	10,52	16,60	16,00	15,70	12,49

Anexo 6. Certificado de traducción del resumen



Juan Pablo Ordóñez Salazar

**CELTA-Certified English Teacher,
traductor e intérprete.**

Certificación de traducción al idioma inglés.

Juan Pablo Ordóñez Salazar.

CELTA-certified English Teacher, traductor e intérprete.

CERTIFICA:

Que el documento aquí compuesto es fiel traducción del idioma español al idioma inglés, del resumen de tesis titulado: **“Establecimiento de una plantación a partir de plántulas procedentes de árboles plus de Caesalpinia spinosa (Molina) Kuntze para la producción de semillas con calidad genética en la Región Sur del Ecuador”**, de autoría de la estudiante Dania Maribi Jiménez Jiménez, con número de cédula 1900871128, egresada de la Carrera de Ingeniería Forestal de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja.

Lo certifico en honor a la verdad, y autorizo a la interesada hacer uso del presente en lo que a sus intereses convenga.

Loja, 24 de noviembre del 2023

1103601090 Firmado digitalmente
por 1103601090
JUAN PABLO
ORDÓÑEZ SALAZAR
Fecha: 2023.11.24
16:23:17 -0500

Juan Pablo Ordóñez Salazar

DNI: 110360109-0

Código de Perito de la Judicatura: 12298374

CELTA – CERTIFIED ENGLISH TEACHER, TRADUCTOR E INTÉRPRETE