

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE**  
**SUELOS Y AGUA**



**EFFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO**  
**DE *Canavalia ensiformis* (CANAVALIA) EN UN SUELO DEGRADADO, 2024**

**TESIS**

**Para optar el título profesional de:**

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized letter 'D' followed by a vertical line and a small flourish at the bottom.

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES, MENCIÓN**  
**CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**

**PRESENTADO POR:**

**LITMAN HUALCAS VILLANUEVA**

**Tingo María – Perú**

**2025**



**ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N° 012-2026-FRNR-UNAS**

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 14 de enero de 2025, a horas 11:00 a.m. en la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

**“EFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO  
DE *Canavalia ensiformis* (CANAVALIA) EN UN SUELO DEGRADADO, 2024.**

Presentado por el Bachiller: **HUALCAS VILLANUEVA, LITMAN** después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“BUENA”**.


En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES MENCIÓN CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 06 de febrero de 2026

  
**Dr. WILFREDO ALVA VALDIVIEZO**  
**PRESIDENTE**

  
**Ing. MSc. JAIME JOSSEPH CHAVEZ MATIAS**  
**MIEMBRO**



  
**Ing. MSc. JOSE VICTOR QUIROZ RAMIREZ**  
**MIEMBRO**

  
**Dr. JOSE DOLORES LEVANO CRISOSTOMO**  
**ASESOR**



UNAS

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN

UNIDAD DE SOPORTE CIENTÍFICO REPOSITORIO INSTITUCIONAL

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

## CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N 090 - 2026 - CS-RIDUNAS

El Jefe de la Unidad de Soporte Científico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

### CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% y contenido generado por Inteligencia Artificial menor o igual al 20%. Según establece el Art. 29° y 30° del Acuerdo Nro.017-2025-CIUNAS-VRI-UNAS.

### Programa de Estudio:

Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Mención: Conservación de Suelos y Agua

### Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE	
		SIMILITUD	CONTENIDO GENERADO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL
EFFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE <i>Canavalia ensiformis</i> (CANAVALIA) EN UN SUELO DEGRADADO, 2024	LITMAN HUALCAS VILLANUEVA	21 % Veintiuno	Menor a 20 %

Tingo María, 20 de marzo de 2026.

 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
UNIDAD DE SOPORTE CIENTÍFICO  
  
ING. EINSTEIN A. ORTIZ MORALES  
JEFE

C.C. Archivo

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE**  
**SUELOS Y AGUA**



**EFFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO**  
**DE *Canavalia ensiformis* (CANAVALIA) EN UN SUELO DEGRADADO, 2024**

**Autor** : Litman Hualcas Villanueva.

**Asesor de tesis** : Dr. Jose Dolores Levano Crisostomo

**Escuela Profesional** : Escuela Profesional de Recursos Naturales  
Renovables

**Programa de investigación** : Ciencias Básicas.

**Grupo de investigación** : Ciencias Básicas.

**Línea de investigación** : Física y química de suelos

**Lugar de ejecución** : Centro Poblado Inkari.

**Fecha de inicio** : 16/01/2024

**Fecha de termino** : 16/07/2024

**Presupuesto** : S/ 2 525.00

**Financiamiento** : Propio

## **DEDICATORIA**

A Dios por guiar mis pasos y brindarme la  
fortaleza en el transcurso de estos años,

A mi padre y hermano por darme su apoyo  
incondicional.

A mi esposa y mis hijos que desde el inicio  
fueron el motor y motivo para cumplir mis  
metas.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecer a Dios por brindarme la vida y la salud.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por admitirme en sus aulas y brindarme la oportunidad de tener una enseñanza de calidad.

A todos los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, por brindarnos sus conocimientos, pues gracias a ellos somos profesionales competitivos.

A mis amigos profesionales y docentes de la universidad UNAS, por guiarme en la ejecución de mi proyecto.

A mi asesor por guiarme en la elaboración del presente informe. A todos ellos, muchas gracias.

## ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Marco teórico.....	3
2.1.1. Densidad de siembra.....	3
2.1.2. Leguminosas .....	6
2.1.3. Canavalia ( <i>Canavalia ensiformis</i> ).....	6
2.1.4. Suelos degradados .....	18
2.2. Estado del arte.....	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	26
3.1. Lugar de ejecución.....	26
3.1.1. Ubicación geográfica.....	26
3.1.2. Ubicación política.....	26
3.1.3. Altitud.....	26
3.1.4. Características climáticas .....	26
3.1.5. Características del terreno .....	27
3.2. Material y métodos .....	28
3.2.1. Materiales y equipos.....	28
3.2.2. Metodología.....	28
3.2.3. Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento del cultivo de <i>C. ensiformis</i> en un suelo degradado .....	32
3.2.4. Efecto de la densidad de siembra en la producción del cultivo de <i>C. ensiformis</i> en un suelo degradado .....	34
3.2.5. Comparación estadística de la producción del cultivo de <i>C.</i> <i>ensiformis</i> en diferentes densidades de siembra.....	35
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	36
4.1. Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento del cultivo de <i>C.</i> <i>ensiformis</i> en un suelo degradado.....	36
4.1.1. Altura total de <i>C. ensiformis</i> .....	36
4.1.2. Diámetro de copa de <i>C. ensiformis</i> .....	38
4.1.3. Cantidad de hojas por planta de <i>C. ensiformis</i> .....	39

4.1.4. Cobertura del suelo de <i>C. ensiformis</i> .....	41
4.2. Efecto de la densidad de siembra en la producción del cultivo de <i>C. ensiformis</i> en un suelo degradado.....	44
4.2.1. Cantidad de vainas por planta de <i>C. ensiformis</i> .....	44
4.2.2. Cantidad de granos por planta de <i>C. ensiformis</i> .....	46
4.2.3. Peso de 100 granos de <i>C. ensiformis</i> .....	48
4.2.4. Peso de granos por parcela de <i>C. ensiformis</i> .....	50
4.3. Comparación estadística de la producción del cultivo de <i>C. ensiformis</i> en diferentes densidades de siembra.....	52
V. CONCLUSIONES .....	55
VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	56
VII. REFERENCIAS.....	57
Anexo .....	65

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Parámetros climáticos colectados por la estación meteorológica Tingo María en el año 2024. ....	27
2. Esquema del análisis de la varianza. ....	32
3. Estadígrafos para la altura total de <i>C. ensiformis</i> por efecto de la densidad de siembra. ....	36
4. Análisis de la varianza para la altura total de <i>C. ensiformis</i> por efecto de la densidad de siembra. ....	38
5. Estadígrafos para el diámetro de copa de <i>C. ensiformis</i> por efecto de la densidad de siembra. ....	38
6. Análisis de la varianza para el diámetro de copa de <i>C. ensiformis</i> por efecto de la densidad de siembra. ....	39
7. Estadígrafos para la cantidad de hojas por planta de <i>C. ensiformis</i> por efecto de la densidad de siembra. ....	40
8. Análisis de la varianza para la cantidad de hojas por planta de <i>C. ensiformis</i> por efecto de la densidad de siembra. ....	41
9. Estadígrafos para la cobertura del suelo de <i>C. ensiformis</i> por efecto de la densidad de siembra. ....	42
10. Análisis de la varianza para la cobertura del suelo de <i>C. ensiformis</i> por efecto de la densidad de siembra. ....	43
11. Comparación de medias para la cobertura del suelo de <i>C. ensiformis</i> por efecto de la densidad de siembra. ....	43
12. Estadígrafos para la cantidad de vainas por planta de <i>C. ensiformis</i> por efecto de la densidad de siembra. ....	44
13. Análisis de la varianza para la cantidad de vainas por planta de <i>C. ensiformis</i> por efecto de la densidad de siembra. ....	45
14. Comparación de medias para la cantidad de vainas por planta de <i>C. ensiformis</i> por efecto de la densidad de siembra. ....	46
15. Estadígrafos para la cantidad de granos por planta de <i>C. ensiformis</i> por efecto de la densidad de siembra. ....	47

16.	Análisis de la varianza para la cantidad de granos por planta de <i>C. ensiformis</i> por efecto de la densidad de siembra.....	48
17.	Comparación de medias para la cantidad de granos por planta de <i>C. ensiformis</i> por efecto de la densidad de siembra.....	48
18.	Estadígrafos para el peso de 100 granos de <i>C. ensiformis</i> por efecto de la densidad de siembra.....	49
19.	Análisis de la varianza para el peso de 100 granos de <i>C. ensiformis</i> por efecto de la densidad de siembra.....	50
20.	Comparación de medias para el peso de 100 granos de <i>C. ensiformis</i> por efecto de la densidad de siembra.....	50
21.	Estadígrafos para el peso de granos por parcela de <i>C. ensiformis</i> por efecto de la densidad de siembra.....	51
22.	Análisis de la varianza para el peso de granos por parcela de <i>C. ensiformis</i> por efecto de la densidad de siembra.....	52
23.	Características de <i>C. ensiformis</i> afectadas por la densidad de siembra en suelo degradado.....	53
24.	Correlación entre la densidad de siembra de <i>C. ensiformis</i> con las variables evaluadas.....	54
25.	Operacionalización de las variables e indicadores.....	66
26.	Datos de la altura, diámetro de copa y cantidad de hojas en <i>C. ensiformis</i> . establecidas en distintas densidades de siembra.....	67
27.	Datos de la producción en <i>C. ensiformis</i> . establecidas en distintas densidades de siembra.....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Distribución de los tratamientos en la parcela experimental.....	29
2. Unidad experimental del T <sub>1</sub> .....	30
3. Unidad experimental del T <sub>2</sub> .....	30
4. Unidad experimental del T <sub>3</sub> .....	30
5. Unidad experimental del T <sub>4</sub> .....	31
6. Unidad experimental del T <sub>5</sub> .....	31
7. Diagrama similar a la medición realizada de la altura total. ....	33
8. Altura total de <i>C. ensiformis</i> por efecto de la densidad de siembra. ....	37
9. Diámetro de copa de <i>C. ensiformis</i> por efecto de la densidad de siembra. ....	39
10. Cantidad de hojas por planta de <i>C. ensiformis</i> por efecto de la densidad de siembra. ....	41
11. Cobertura del suelo de <i>C. ensiformis</i> por efecto de la densidad de siembra. ....	42
12. Cantidad de vainas por planta de <i>C. ensiformis</i> por efecto de la densidad de siembra.....	45
13. Cantidad de granos por planta de <i>C. ensiformis</i> por efecto de la densidad de siembra.....	47
14. Peso de 100 granos de <i>C. ensiformis</i> por efecto de la densidad de siembra. ....	49
15. Peso de granos por parcela de <i>C. ensiformis</i> por efecto de la densidad de siembra. ....	52
16. Área degradada donde se instaló el experimento.....	80
17. Materiales utilizados para la demarcación de la parcela experimental. ....	80
18. Unidad experimental (T <sub>1</sub> ) para la siembra de <i>C. ensiformis</i> . ....	81
19. Plantas de <i>C. ensiformis</i> con un mes de edad desde la siembra. ....	81
20. Planta de <i>C. ensiformis</i> afectada por patógeno la parte apical y presencia de rebrote.....	82
21. Suelo agrietado donde se sembró <i>C. ensiformis</i> por la poca humedad del terreno.....	82
22. Plantas de <i>C. ensiformis</i> con 54 días de edad desde la siembra. ....	83
23. Presencia de inflorescencias en plantas de <i>C. ensiformis</i> con 54 días de edad desde la siembra.....	83

24.	Abeja <i>Xylocopa</i> sp. polinizando la flor de <i>C. ensiformis</i> a 78 días de edad desde la siembra. ....	84
25.	<i>Apis mellifera</i> polinizando la flor de <i>C. ensiformis</i> a 78 días de edad desde la siembra. ....	84
26.	Tratamiento 1 del bloque I. ....	85
27.	Tratamiento 2 del bloque II. ....	85
28.	Tratamiento 3 en el bloque III. ....	86
29.	Tratamiento 5 en el bloque III. ....	86

## RESUMEN

En el presente estudio se consideró como objetivo evaluar el efecto de la densidad de siembra en la producción del cultivo de *Canavalia ensiformis* (canavalia) en un suelo degradado, año 2024. La parcela experimental se estableció en un predio ubicado en el centro poblado Inkari, distrito de Luyando, provincia Leoncio Prado del departamento Huánuco, a una altitud de 650 mssnm, siendo utilizado como tratamientos las densidades de siembra de 0,3 m x 0,3 m (T<sub>1</sub>), 0,4 m x 0,3 m (T<sub>2</sub>), 0,5 m x 0,3 m (T<sub>3</sub>), 0,6 m x 0,3 m (T<sub>4</sub>) y 0,7 m x 0,3 m (T<sub>5</sub>), siendo distribuidos bajo un diseño en bloque completo al azar, a los 120 días de la siembra se evaluó las características de las plantas como la producción. Entre los resultados se encontró que, la altura, diámetro de copa, cantidad de hojas y la producción de los granos estimado por hectárea de *C. ensiformis* no fueron afectados por la densidad de siembra, mientras que la cobertura hacia el suelo fue favorecido a mayor densidad de siembra, muy por el contrario la cantidad de vainas por planta, cantidad de granos por planta y el peso de 100 granos fueron relevantes al ser sembradas en menor densidad. Se concluye que, las menores densidades de siembra de *C. ensiformis* afecta en cierta medida a los indicadores de la producción de granos al establecerlas en suelos degradados.

**Palabras clave:** *C. ensiformis*, densidad de siembra, indicador de producción, Luyando, suelo degradado.

## ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the effect of planting density on the production of *Canavalia ensiformis* (jack bean) grown in a degraded soil during 2024. The experimental plot was established on a field located in the rural community of Inkari, Luyando district, Leoncio Prado province, in the department of Huánuco, at an altitude of 650 masl. The treatments consisted of planting densities of 0.3 m × 0.3 m (T<sub>1</sub>), 0.4 m × 0.3 m (T<sub>2</sub>), 0.5 m × 0.3 m (T<sub>3</sub>), 0.6 m × 0.3 m (T<sub>4</sub>), and 0.7 m × 0.3 m (T<sub>5</sub>), arranged under a randomized complete block design. At 120 days after sowing, plant characteristics and yield were evaluated. The results showed that plant height, canopy diameter, number of leaves, and estimated grain yield per hectare of *C. ensiformis* were not affected by planting density. In contrast, soil coverage improved with higher densities, while the number of pods per plant, number of grains per plant, and the weight of 100 grains were higher at lower planting densities. It is concluded that lower planting densities of *C. ensiformis* influence certain grain production indicators when grown in degraded soils.

**Keywords:** *C. ensiformis*, planting density, production indicator, Luyando, degraded soil.

## I. INTRODUCCIÓN

Antes de la intervención de la humanidad en un área natural, el suelo alcanza su madurez y se encuentra en equilibrio con los factores ambientales y adquiere condiciones adecuadas para una excelente producción biológica, una vez que exista la intervención de las personas, dicho equilibrio se deteriora, modificando la evolución natural y disminuyendo la calidad del suelo que trae consecuencias la degradación de la misma.

La perturbación de un suelo hace que se necesite de un largo periodo de tiempo para su formación, es por ello, que a dicho recurso se le cataloga como no renovable. Ante este contexto, se buscan alternativas como es el caso de la incorporación de alguna enmienda orgánica para elevar el contenido de materia orgánica y la actividad microbiana para mejorar la calidad y fertilidad edáfica, emprendiendo su recuperación, previo a la introducción de cualquier especie vegetal. Pero la actividad expresada generalmente elevan los costos de recuperación, es por esto que se buscan especies que puedan suplir estos costos con su gran capacidad de adaptarse a estos tipos de suelos y a través de su desarrollo incorporar materia orgánica y mejorar el contenido nutricional de los suelos, además se busca que la especie provea sombra para que las semillas de las gramíneas no logren germinar y se queden en estado de latencia por un periodo de tiempo mientras se mejore las condiciones de dicho medio.

Una especie vegetal que es utilizado en diversas asociaciones de cultivos es la canavalia, que es una leguminosa erecta con crecimiento rápido, alta producción de forraje y granos con un buen contenido proteico, crece en los rangos de altitud entre los 0 msnm hasta los 1 800 msnm, donde para proliferar tolera a las condiciones de sequías así como al sombreado, con elevada capacidad de reciclaje de nutrientes, es por ello la necesidad de establecer en suelos degradados con fines de analizar su comportamiento, motivo por el cual el problema de investigación plantea como pregunta; ¿Cuál es el efecto de la densidad de siembra en la producción del cultivo de *Canavalia ensiformis* (canavalia) en un suelo degradado, 2024?

La especie en estudio es considerada como una de las mejores leguminosas para poder afrontar las frecuentes temporadas secas en un determinado lugar, además de que produce alrededor de 60 toneladas por hectárea de biomasa y puede fijar hasta los 240 kilogramos por hectárea de nitrógeno; esto puede ser una alternativa que en asociación con otras especies vegetales o como una parte de la sucesión favorecerían la recuperación de los suelos

degradados. Además, la información generada con el presente estudio servirá de línea base para futuras investigaciones en donde se le considere a la especie en estudio como un componente primordial de recuperación de suelos.

Finalmente, se ratificó la hipótesis planteada en la presente investigación radica en que “sembrar la canavalia (*Canavalia ensiformis*) en altas densidades en un suelo degradado genera una disminución significativa en la producción de frutos”, frente lo expresado en los párrafos anteriores, se va considerar como objetivos los siguientes:

**Objetivo general**

- Evaluar el efecto de la densidad de siembra en la producción del cultivo de *C. ensiformis* en un suelo degradado, 2024.

**Objetivos específicos**

- Determinar el efecto de la densidad de siembra en el crecimiento del cultivo de *C. ensiformis* en un suelo degradado.
- Demostrar el efecto de la densidad de siembra en la producción del cultivo de *C. ensiformis* en un suelo degradado.
- Comparar estadísticamente la producción del cultivo de *C. ensiformis* en diferentes densidades de siembra.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Marco teórico

#### 2.1.1. Densidad de siembra

La densidad de siembra constituye un factor agronómico fundamental que influye directamente en la productividad, la competencia entre plantas y el aprovechamiento eficiente de los recursos del ecosistema cultivado. Este parámetro determina la cantidad de individuos por unidad de superficie y define el espacio vital necesario para el desarrollo adecuado de cada planta, influyendo en la intercepción de luz, la absorción de agua y la disponibilidad de nutrientes. Una densidad óptima permite maximizar la producción sin comprometer el crecimiento individual ni la calidad del producto, mientras que una densidad excesiva incrementa la competencia intraespecífica y reduce el rendimiento por planta, aunque puede elevar la producción total por hectárea en determinados casos (López-Elías et al., 2015). La elección de la densidad adecuada depende de las características fisiológicas del cultivo, las condiciones edafoclimáticas y el propósito productivo, ya sea orientado a la obtención de biomasa, granos o materia orgánica.

La densidad de plantación constituye uno de los elementos más influyentes sobre los rendimientos agrícolas, ya que cada especie requiere un espacio vital específico que garantice su óptimo desarrollo. Cuando este espacio es insuficiente, las plantas compiten intensamente por los recursos esenciales, como nutrientes, agua y radiación solar, lo que puede traducirse en una reducción del vigor vegetativo, una menor eficiencia fotosintética y una disminución del rendimiento unitario (Báez et al., 1998; Gutiérrez, 2001). No obstante, el manejo adecuado de este parámetro ofrece una herramienta estratégica para el productor, al permitir ajustar la población de plantas con el objetivo de incrementar la productividad y la rentabilidad en sistemas agrícolas intensivos (Lipinski et al., 2002).

En sistemas forestales o de rotación corta, la densidad de plantación también desempeña un papel decisivo. Un aumento en la densidad suele provocar una disminución en el diámetro y la altura individual de los árboles, pero se compensa con un incremento de la biomasa total por hectárea, lo que contribuye a la productividad global del sistema (Ferrere et al., 2005). En conjunto, la densidad de siembra se consolida como un componente esencial en la planificación agrícola y forestal, cuyo manejo racional garantiza la sostenibilidad y la eficiencia productiva de los sistemas de cultivo.

Marín (1989), indica que, al analizar el crecimiento de canavalia sembradas bajo tres densidades, se observó mayores incrementos entre los 17 a 20 g/día que se presentan durante los 96 a 127 días cuando se siembra a menor densidad, entre los días 63 a 76 (20 hasta 28 g/día) cuando la densidad es mayor donde la cantidad de plantas fue 50 000 a 87 000 en una hectárea. Si bien el resultado del estudio ejecutado bajo las distintas densidades de siembra, es diferente con lo que reportó Marín (1984), ratificando lo descrito por este autor.

Cuando se considera la profundidad del sembrado entre los 0 y 15 cm, así como la cantidad de labores al preparar la tierra (Centeno *et al.*, 1983), fue registrado durante la germinación inicial se registran valores bajos (53 %) respecto a las semillas sembradas superficialmente con 72 %, pero al pasar 24 días de sembrado suele igualarse con 80 % respecto a un 88 % respectivamente; para el caso de la cantidad de labores realizadas no afecta al porcentaje de germinación. Para dicho estudio, reportó en conclusión que se lograría se establecería esta especie con poco laboreo de actividades como rotura, pase de picadora o solo realizar el pase de la picadora, y sembrar al voleo utilizando una sembradora-fertilizadora de tipo trompo (Cáceres *et al.*, 1995).

Las semillas de mayor dimensión cuyo peso se encuentra dentro del rango 1,0 a 1,5 g y caracterizarse por elevada tasa de germinación superior a 90 % pueden generar plantas de mayor vigor, razón por la cual se establecerán con mayor rapidez y facilidad (Escobar *et al.*, 1984). El sembrío pudiera realizarse en cualquier mes del año, pero hay que tener cuidado en la planificación de la floración, ya que, al florear durante la época lluviosa suele repercutir en la disminución de la producción de granos ya que se observa mayor caída de la flor (Viera y Horesok, 1984), comportamiento similar encontraron Escobar *et al.* (1984), donde el rendimiento fue menor al sembrar cuando inicia la época lluviosa, esto se debe a que la flor cae con mayor frecuencia debido al impacto de las lluvias, la humedad y la fertilidad del suelo.

Viera *et al.* (1989), indica que encontró variaciones en el rendimiento de granos, frutos y forrajes, considera que la maduración es poco uniforme, razón por la cual buscó el momento adecuado para sembrar con la que se logre la mayor producción evitando la caída de las flores y que los frutos se pudran debido a las lluvias, recomendando el sembrado a la mitad de la época lluviosa, con la cual se logran plantas con ciclo biológico productivo cuando la época ya se encuentra a menor precipitación, no siendo necesario el uso de riego.

Marín (1984) estudió distintas maneras de sembrar empleando distancias de 80 cm entre hileras y 25 cm entre plantas lo que equivale a unos 50 000 plantas por

hectárea, obteniendo resultados sobresalientes bajo el método de mitad del camellón donde la producción fue 3 220 kg de granos por hectárea y en plano registró 2 609 kg por hectárea, obtenidos en la acumulación de dos cosechas, aunque no hubo diferencias significativas entre dichos métodos. En cuanto al marco de siembra, Skerman *et al.* (1991) recomiendan para esta especie un espaciamiento de 60 a 100 cm entre hileras y 40 cm entre plantas, utilizando 2 a 3 semillas por hoyo, lo que equivale a 54 kg/ha aproximadamente.

Al emplear una combinación de distanciamientos y formas de sembrar con fines de que se mejore la producción de granos en este cultivar agrícola, logró obtener mayores promedios en los resultados desde los 3 584 hasta los 3 763 kg por hectárea cuando fue establecido bajo el método de doble surco separados de 80 cm, 40 cm entre hileras en el doble surco y de 20 a 40 cm entre plantas (Escobar y López, 1984); el método de doble surco se caracterizó por ofrecer facilidades durante el manejo aerotécnico y también en la actividad de la cosecha manual en la producción de granos.

Al estudiar el efecto de dos densidades (31250 y 62500 plantas/ha) sobre la producción de forraje. Mora y Parra (1982) encontraron el mayor rendimiento de materia seca (20,76 t/ha) a los 150 días con la más alta densidad, lo cual fue ratificado por Mora *et al.* (1983) al obtener resultados muy similares en iguales densidades.

En cuanto a la producción de granos, Mora *et al.* (1982) encontraron que en un marco de siembra de 60 x 50 cm y una densidad de 33000 plantas/ha se lograron altos rendimientos (6910 kg/ha) entre cosechas: mientras que Marín (1983), al estudiar diferentes densidades y arreglos espaciales, halló los mayores rendimientos en granos (3857 a 4606 kg/ha) en las densidades intermedias (50000 plantas/ha) y la distancia entre hileras de 80cm; no hubo diferencias entre los arreglos espaciales a igual densidad y las malezas disminuyeron con las densidades más altas.

Las mayores producciones de granos se alcanzaron con la densidad igual a 80 000 plantas/ha (10 977 kg/ha) en el marco de siembra de 50 x 25cm y no hubo efecto de la distancia entre hileras, que varió desde 50 hasta 125 cm (Oviedo y Guzmán, 1983). Legel (1983) recomienda un marco de siembra de 60 x 100 cm y densidades de 30 a 50 kg de semilla/ha.

Luengo *et al.* (1984) al estudiar el efecto de la densidad, los herbicidas y el control manual sobre las malezas y la producción, encontraron que los herbicidas fueron efectivos, pero el control manual aportó mejores resultados: mientras que el incremento de la densidad (100 000 plantas/ha) tuvo una mayor efectividad en el control de las malezas y los mejores resultados en producción.

En los estudios de variedades, Viera y Horesok (1984) observaron variaciones considerables en la producción de granos (348,3 a 1 454 kg/ha) de 1 cultivares; mientras que Pérez *et al.* (1985) encontraron que existen diferencias en la producción de frutos (293 a 3 948 kg/ha) y de forraje (862 a 7 278 kg MS/ha) entre variedades y localidades, lo cual fue reafirmado en un estudio posterior (Pérez *et al.*, 1987) efectuado en 12 cultivares y cinco ambientes, ya que la producción de granos vano de 494 a 974 kg/ha en los ambientes y de 1 204 a 1 673 kg/ha en los cultivares.

Los bajos rendimientos de semilla obtenidos en el experimento pudieron estar asociados a que este se efectuó en condiciones de secano y las precipitaciones ocurridas en el período reproductivo fueron bajas, factor limitante según Hopkinson y Reid (1979) y Matías (1995), así como a no aplicar fertilizante nitrogenado ni inocular la semilla con la cepa específica de *Rhizobium* que garantizara el nitrógeno necesario.

### **2.1.2. Leguminosas**

Las leguminosas desempeñan un papel fundamental en la sostenibilidad de los sistemas agrícolas al aportar nitrógeno al suelo mediante la fijación biológica, lo que reduce la necesidad de fertilizantes sintéticos y favorece la producción del cultivo principal. Además, su utilización como abono verde complementa otras prácticas de manejo orgánico como los residuos de cultivos y compost, que contribuyen a mejorar la fertilidad, incrementar el contenido de materia orgánica y promover la formación de agregados estables que elevan la actividad biológica del suelo y disminuyen la erosión (Asghar y Kataoka, 2021).

La incorporación de leguminosas en rotaciones o asociaciones permite nutrir directamente a los cultivos asociados, mejorar la estructura edáfica y aumentar la resiliencia del sistema frente a la degradación; contribuyendo, además, a la resiliencia climática y a la seguridad alimentaria (Pisco, 2017). Estas ventajas consolidan el empleo de leguminosas como herramienta agroecológica para optimizar productividad, calidad del suelo y sostenibilidad en los sistemas de producción.

### **2.1.3. Canavalia (*Canavalia ensiformis*)**

A esta especie se le encuentra bajo los nombres comunes de haba blanca y poroto gigante en Colombia; feijao de porco y mangolo en Argentina; frijol blanco, haba criolla y Boonchi ojada en Brasil; mal d'ioche y pois maldioe en Curazao, horse bean, jack vean, overlook vean en Haití; cuttas-bean, horse bean, pois cochon, pwawochon, lesser antilles y pois sabre en Jamaica; haba de burro, habichuela espada y horse bean en Martinica y Guadalupe; caraota grande y contra veneno en EE. UU (Ojeda, 2010). Además, Martínez (2020) y Alvarenga (2024) lo nominan como machete, nescafé, frijol burro, frijol de playa,

frijol de vaca, frijolón, frijol machete, haba blanca, judía sable, haba de burro, frijol de Puerco, judía de puerco entre otros.

#### **2.1.3.1. Distribución geográfica**

La leguminosa *C. ensiformis* es una leguminosa de amplia adaptación ecológica que se distribuye principalmente en zonas tropicales y subtropicales del mundo. De acuerdo con Navas y Celi (2024), esta especie es originaria de las Indias Occidentales y América Central, y guarda una estrecha similitud morfológica con *Canavalia gladiata* y con la especie silvestre *Canavalia virosa*, característica de regiones africanas. Su capacidad de adaptación ha permitido que actualmente se encuentre establecida en diversas regiones tropicales y subtropicales (Heuzé y Tran, 2015).

Sherasia et al. (2017) destacan que el cultivo de *C. ensiformis* se extiende ampliamente por Centroamérica, Sudamérica, África Occidental, Asia y el Pacífico Sur, donde es valorada tanto por su resistencia a condiciones climáticas adversas como por su utilidad en sistemas agrícolas sostenibles, abonos verdes y programas de alimentación animal, consolidándose así como una especie de interés global en los trópicos.

La distribución actual de *C. ensiformis* cultivada en Chiapas (México) está extendida en terrenos de vega, terrazas planas, lomerío y laderas hasta los 1400 msnm (Serrano, 1996). Es una leguminosa fijadora de nitrógeno, reúne buenas características para ser asociada a cultivos anuales, produce vainas grandes cada vaina contiene de 12 a 20 semillas blancas y lisas (Bernal y Jiménez, 1990).

#### **2.1.3.2. Rango altitudinal**

La *C. ensiformis* presenta una notable adaptabilidad altitudinal que le permite desarrollarse en una amplia gama de condiciones ecológicas. Según Martínez (2020), esta especie germina con rapidez y muestra un crecimiento favorable tanto en tierras bajas como en zonas altas, alcanzando su desarrollo óptimo hasta aproximadamente los 1 000 m s.n.m., en regiones con precipitaciones que oscilan entre 900 y 1200 mm anuales. De manera similar, Alvarenga (2024) destaca su versatilidad y capacidad para prosperar en distintos ambientes, extendiendo su rango altitudinal hasta los 1500 m s.n.m., lo que evidencia su tolerancia a diversas condiciones climáticas y edáficas.

Por su parte, Pichardo y Varela (1998) reportaron el establecimiento exitoso de la especie en el municipio de Managua, Guatemala, a una altitud de 56 m s.n.m., demostrando su adaptabilidad a zonas de baja elevación. En conjunto, estos estudios confirman que *C. ensiformis* puede desarrollarse eficazmente desde zonas costeras hasta regiones de montaña moderada.

### 2.1.3.3. Clima

La *C. ensiformis* es una especie de amplia adaptación climática, capaz de desarrollarse satisfactoriamente en ambientes tropicales y subtropicales caracterizados por altas temperaturas y humedad. De acuerdo con Morales-Pablo et al. (2025), esta leguminosa muestra una notable tolerancia a las condiciones tropicales, prosperando en temperaturas promedio cercanas a los 25,7 °C y en ambientes con humedades relativas que pueden alcanzar hasta el 94 %.

Por su parte, Hernández-Montiel et al. (2017) y Cáceres et al. (2015) indican que la especie puede crecer en un rango térmico de 14 °C a 27 °C, con precipitaciones comprendidas entre 711 y 4 191 mm anuales, lo que evidencia su alta plasticidad fisiológica. Estas características permiten que *C. ensiformis* se establezca con éxito en distintos tipos de climas cálidos y húmedos, manteniendo un crecimiento estable incluso bajo variaciones moderadas de temperatura y disponibilidad hídrica, factores que consolidan su valor ecológico y agronómico en regiones tropicales.

### 2.1.3.4. Suelos

La *C. ensiformis* se caracteriza por su notable capacidad de adaptación a una amplia variedad de condiciones edáficas, lo que la convierte en una de las leguminosas más resistentes y versátiles en sistemas tropicales. De acuerdo con Bunch (2016), se considera una de las especies más eficientes para tolerar sequías frecuentes y suelos degradados, manteniendo un crecimiento estable incluso bajo condiciones limitantes. Su capacidad de adaptación le permite desarrollarse en suelos con diferentes texturas y niveles de fertilidad, incluyendo aquellos de naturaleza ácida, salina o arcillosa húmeda (Navas y Celi, 2024).

Morales-Pablo et al. (2025) destacan que esta especie ha mostrado una amplia plasticidad para prosperar en diversos tipos de suelos y climas, evidenciando su potencial como cultivo de cobertura y abono verde. Asimismo, Martínez (2020) señala que puede tolerar sequías, sombra e incluso periodos de inundación moderada, desarrollándose adecuadamente en suelos pobres de textura franco-arenosa o arcillosa con un pH que varía entre 4,3 y 8,0. Resultados similares fueron reportados por Alvarenga (2024), quien observó su adaptación a distintas texturas del suelo y a un rango de pH de 5 a 7. De forma más específica, Martín et al. (2007) describieron su cultivo en suelos con pH 7,25, bajo contenido de materia orgánica (1,34 %) y altos niveles de fósforo (43 075 mg/kg), con valores equilibrados de cationes como calcio, magnesio, potasio y sodio.

Además, Pichardo y Varela (1998) documentaron su establecimiento exitoso en suelos franco-arenosos del tipo Inseptisol, con pH de 7,2, moderado contenido de materia orgánica (2,5 %) y nutrientes esenciales en equilibrio. Finalmente, Sheahan (2012) indica que *C. ensiformis* prospera en suelos ácidos con pH de 4,0 a 6,5, mostrando su mayor desarrollo en torno a pH 6,5, lo que confirma su adaptabilidad a un amplio rango de condiciones edáficas.

#### **2.1.3.5. Biomasa**

La producción de biomasa en *C. ensiformis* representa un indicador clave de su desempeño fisiológico y de su capacidad para adaptarse a condiciones ambientales adversas. Esta especie destaca por generar altos volúmenes de biomasa fresca y seca, particularmente cuando las condiciones edáficas y de salinidad son favorables (Mubushar et al., 2022). Sin embargo, la exposición a estrés salino puede reducir significativamente la síntesis de la pared celular, afectando los tejidos del tallo y la raíz, lo que se traduce en una disminución del peso fresco y seco.

Aun así, las variables de biomasa constituyen parámetros útiles para diferenciar genotipos y cultivares con mayor tolerancia al estrés, permitiendo identificar materiales más eficientes en ambientes limitantes (Mubushar et al., 2022). Por otro lado, la asociación simbiótica con hongos micorrízicos ha mostrado efectos positivos en el incremento de biomasa, la absorción de macronutrientes y la fijación biológica de nitrógeno, fortaleciendo la capacidad productiva y resiliente de la planta (Simó et al., 2019). Estas interacciones biológicas y respuestas fisiológicas confirman el potencial de *C. ensiformis* como una leguminosa estratégica en sistemas sostenibles, tanto por su elevada producción de biomasa como por su contribución al mejoramiento del suelo y la eficiencia del uso de nutrientes.

#### **2.1.3.6. Capacidad adaptativa**

La capacidad adaptativa de *C. ensiformis* se manifiesta en su tolerancia a condiciones edafoclimáticas adversas y en su aporte a la estabilidad del suelo. Esta leguminosa soporta periodos prolongados de déficit hídrico, con registros que varían desde 120 días sin riego hasta intervalos cercanos a siete meses, y es capaz de reiniciar la floración tras el retorno de las precipitaciones (Morales-Pablo et al., 2025; Martínez, 2020). Además, tolera sombra moderada, lo que facilita su asociación con cultivos como el maíz, y resiste encharcamientos moderados, atributos que explican su versatilidad en sistemas intercalados y agroforestales (Martínez, 2020).

Su uso contribuye a la protección del suelo mediante la cobertura y la producción de biomasa, mejorando la retención de humedad y la estructura del terreno. No obstante, presenta vulnerabilidad frente a enfermedades fúngicas, lo que implica la necesidad de manejo fitosanitario en ambientes húmedos (Martínez, 2020). En suma, la adaptabilidad de *C. ensiformis* combina tolerancias fisiológicas y agroecológicas que la convierten en una opción promisoría para sistemas de uso múltiple en regiones con restricciones hídricas y variabilidad climática (Morales-Pablo et al., 2025). Adicionalmente, su capacidad de fijación de nitrógeno y elevada producción de biomasa favorecen la recuperación de suelos degradados significativamente (Alvarenga, 2024).

Bunch (2000), indica que esta especie es capaz de sobrevivir en las peores condiciones, ya que es extremadamente resistente a la sequía, a suelos pobres y ácidos, a la sombra, al ataque de insectos y enfermedades, Puede cultivarse durante la temporada seca, en ambientes muy marginales donde los cultivos regulares no crecerían. Marín y Viera (1990) plantearon que la canavalia puede mostrar altos rendimientos en granos y en biomasa aérea en condiciones de suelo y clima muy disímiles. Esos niveles de rendimiento se asocian a una alta productividad, expresada en términos de índice de crecimiento del cultivo (ICC= 10,1 – 10,6 g/m<sup>2</sup>/día), una gran superficie asimilatoria evidente en el Índice de área foliar (IAF = 3.17 - 4.14), una duración del área foliar medianamente alta (127-134 días) y una distribución de asimilados que dedica el 60% o más de la biomasa aérea a la formación de frutos. Los valores máximos de productividad (20,4-28,1 g/m<sup>2</sup>/día) son comparables con los señalados para otras leguminosas en cultivos muy intensivos.

#### 2.1.3.7. Usos

*C. ensiformis* es una leguminosa de amplio potencial agrícola y ambiental debido a su versatilidad de uso y su capacidad de adaptación a diversos sistemas productivos. Tradicionalmente, ha sido empleada como abono verde, forraje y, en menor medida, con fines medicinales o alimentarios en comunidades rurales (Navas y Celi, 2024). En la actualidad, su principal aplicación se orienta hacia la mejora de la fertilidad del suelo mediante su uso como abono verde, técnica que consiste en cultivar e incorporar plantas al suelo para conservar y restaurar sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Pérez y Figueroa, 2021). Su incorporación incrementa la porosidad, reduce la densidad aparente y mejora la estabilidad de los agregados, contribuyendo significativamente a la estructura y productividad del suelo (Alonso, 2014).

Además, como leguminosa fijadora de nitrógeno, establece simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*, lo que le permite capturar entre 231 y 240 kg

de nitrógeno por hectárea, mejorando la disponibilidad de nutrientes esenciales como hierro y zinc (Alvarenga, 2024; Renté-Martí et al., 2018). Este proceso no solo optimiza la nutrición del suelo, sino que también protege contra la erosión y favorece la diversificación agrícola al interrumpir los ciclos de plagas y malezas. Asimismo, *C. ensiformis* posee un alto potencial de producción de biomasa, alcanzando aproximadamente  $60 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , con un contenido promedio de 2,05 % de nitrógeno en hojas y 1,15 % en tallos cuando se cultiva a altas densidades (Martín et al., 2007).

De forma complementaria, presenta un notable potencial de fitorremediación, siendo eficaz en la recuperación de suelos contaminados (Araujo et al., 2024). En cuanto a sus usos alimentarios, las semillas de *C. ensiformis* se emplean principalmente en la elaboración de suplementos y concentrados para la alimentación animal, con niveles de inclusión de hasta el 30 % en las raciones para ganado, debido a su alto contenido proteico degradable en el rumen (Pichardo y Varela, 1998). No obstante, su uso directo como forraje o alimento humano es limitado por la presencia de canavanina, un compuesto tóxico que requiere procesamiento previo (Alvarenga, 2024). En conjunto, la *C. ensiformis* representa una alternativa sustentable y multifuncional en sistemas agroecológicos, contribuyendo tanto a la mejora del suelo como a la seguridad alimentaria y ambiental.

Esta especie de leguminosa es utilizada como controladora de malezas (Centro Internacional de Información sobre Cultivos de Cobertura [CIDICCO], 1993) y atrayente de insectos benéficos (Vásquez, 1995).

#### **2.1.3.8. Fenología**

##### **A. Siembra**

La siembra de *C. ensiformis* presenta una amplia variabilidad en cuanto a los marcos de plantación, densidad y manejo agronómico, factores que influyen directamente en su crecimiento, desarrollo y productividad. Esta especie puede establecerse en diferentes espaciamientos según el objetivo del cultivo y las condiciones del terreno. Se ha registrado que una distancia de 1,5 m entre plantas y 2,0 m entre hileras, colocando dos semillas por sitio, permite un desarrollo vigoroso y equilibrado del cultivo (Navas y Celi, 2024). Otros autores recomiendan marcos más cerrados, como 35 x 40 cm, que optimizan la floración y el amarre de vainas, siendo especialmente útiles para asociaciones con cultivos de porte bajo como frijol, yuca o sandía (Morales-Pablo et al., 2025).

En espaciamientos más amplios favorecen el cultivo conjunto con especies de mayor tamaño, como maíz o limón persa, mejorando la captación de luz y reduciendo la competencia por nutrientes. Se ha observado que una mayor densidad de

siembra no solo incrementa la cobertura vegetal, sino también la fijación biológica de nitrógeno, la acumulación de materia orgánica y la retención de humedad, promoviendo interacciones benéficas entre las raíces y los hongos micorrízicos (Morales-Pablo et al., 2025).

En condiciones tropicales, la siembra suele realizarse de forma manual al inicio de la estación lluviosa, como en el caso reportado con una densidad de 0,45 m entre hileras y 0,10 m entre plantas, aprovechando la humedad natural del suelo (Martín et al., 2007). Para lograr una adecuada germinación, se recomienda una preparación mínima del terreno mediante limpieza manual y remoción superficial del suelo, sembrando una semilla por golpe a 0,60 m entre surcos y plantas, complementada con una dosis inicial de fertilizante 12-30-10 (Pichardo y Varela, 1998). Estas prácticas reflejan la plasticidad agronómica de la especie y su potencial para diversos sistemas productivos sostenibles.

## **B. Germinación**

*C. ensiformis* muestra una alta capacidad de germinación y establecimiento, incluso bajo condiciones subóptimas, lo que la convierte en una leguminosa adecuada para sistemas agrícolas sostenibles y de baja intervención; esta plasticidad fisiológica permite su adaptación a diversos entornos tropicales, garantizando una emergencia uniforme y un crecimiento inicial vigoroso. La germinación de esta especie constituye una etapa crítica en su desarrollo, influenciada por las condiciones ambientales, la calidad de la semilla y las prácticas de manejo agrícola. Este proceso puede presentar variaciones notables en su inicio y duración dependiendo del entorno edafoclimático. Navas y Celi (2024) registraron que la germinación comenzó aproximadamente a los 8 días después de la siembra, aunque no todas las semillas emergieron de manera simultánea, reflejando cierta heterogeneidad en la respuesta fisiológica del cultivo. De forma similar, Pichardo y Varela (1998) reportaron un rango de germinación entre los 8 y 10 días posteriores a la siembra, lo cual coincide con el comportamiento observado en ambientes tropicales húmedos.

En términos de eficiencia germinativa, Morales-Pablo et al. (2025) destacaron porcentajes elevados, entre el 95 y 98 %, con una duración aproximada de 13 días desde la siembra hasta la emergencia completa de las plántulas. Además, señalaron un intervalo de 8 días entre la germinación y la aparición del primer par de hojas verdaderas, bajo condiciones naturales de humedad y sin la aplicación de fertilizantes ni plaguicidas, lo que demuestra la rusticidad de la especie.

Martínez (2020) informó tiempos de germinación más cortos, de entre 3 y 5 días, en condiciones de mayor temperatura y humedad en Oaxaca, México.

Estas diferencias ponen de manifiesto la sensibilidad de la germinación frente a factores como la temperatura, la disponibilidad de agua y las características del suelo.

### **C. Crecimiento**

El crecimiento inicial de *C. ensiformis* comprende la fase vegetativa temprana, durante la cual las plantas alcanzan un desarrollo notable entre los 9 y 14 días posteriores a la emergencia (Navas y Celi, 2024). Esta etapa requiere manejo cultural para favorecer la cobertura del suelo, especialmente mediante labores de limpieza manual destinadas a eliminar arvenses hasta la formación de una cubierta continua sobre el terreno. La cobertura resultante contribuye a la competitividad contra malezas, mejora la retención de humedad y facilita la consolidación del sistema radicular, condiciones que condicionan el crecimiento y la productividad del cultivo (Martín et al., 2007).

### **D. Floración**

La floración de *C. ensiformis* constituye una fase fenológica clave dentro de su ciclo biológico, estrechamente determinada por las condiciones ambientales, especialmente la disponibilidad hídrica y las características térmicas del entorno. Se trata de un proceso dinámico y variable, cuya expresión temporal puede modificarse de acuerdo con los factores climáticos y edáficos presentes durante el desarrollo de la planta. En condiciones favorables de humedad y temperatura, la floración puede manifestarse de manera temprana, alcanzando hasta el 70 % de las plantas a los 35 días después de la siembra (Navas y Celi, 2024). No obstante, cuando la disponibilidad de agua en el suelo depende de la humedad residual o de lluvias intermitentes, el inicio de la floración tiende a retrasarse, ocurriendo aproximadamente a los 78 días posteriores a la siembra (Morales-Pablo et al., 2025).

Diversas fuentes coinciden en situar el periodo de floración de *C. ensiformis* entre los 85 y 90 días después de la siembra (Morales, 2023; Alvarenga, 2024), aunque esta variación temporal se asocia principalmente a la disponibilidad de agua en el suelo y a la incidencia de sequías prolongadas. Cuando las precipitaciones son inferiores a 20 mm, el estrés hídrico puede inducir una floración anticipada, lo cual refleja la sensibilidad fisiológica de la especie a los cambios en la humedad del sustrato (Morales-Pablo et al., 2025).

Por otra parte, las condiciones estacionales influyen notablemente en la productividad y en la estabilidad del proceso de floración. A pesar de que la siembra de *C. ensiformis* puede realizarse durante todo el año, la coincidencia de la floración con la época de lluvias intensas reduce la producción de granos debido a la caída

prematura de las flores (Cáceres et al., 2015). Este fenómeno se atribuye a la acción mecánica de las gotas de las lluvias, al exceso de humedad en el suelo, a la variación del fotoperíodo y a la oscilación térmica diaria, factores que afectan la viabilidad floral y la fecundación de la *C. ensiformis*.

En consecuencia, se sugiere programar la siembra de esta especie *C. ensiformis* hacia la mitad de la estación lluviosa, de modo que la fase de floración llegue a coincidir con el inicio del periodo de menor precipitación, favoreciendo una mayor estabilidad reproductiva y reduciendo la necesidad de riego complementario (Cáceres et al., 2015).

### **E. Cosecha**

La cosecha de *C. ensiformis* representa la culminación de un ciclo fenológico influido por las condiciones ambientales, el manejo agronómico y la fisiología propia de la especie. Este cultivo presenta una notable variabilidad en el tiempo de maduración, la cual depende del régimen hídrico, la fertilidad del suelo y el momento de siembra. Por lo general, esta fase fenológica se efectúa alrededor de los 130 días después de la siembra, observándose una maduración más temprana en aquellas plantas de menor porte y con un número reducido de hojas, lo que refleja una diferencia fisiológica entre individuos dentro del mismo lote (Navas y Celi, 2024). Sin embargo, la duración del ciclo puede extenderse considerablemente, alcanzando entre 180 y 200 días para completar la madurez del cultivo (Alvarenga, 2024). Esta amplitud en el periodo de cosecha se explica por la capacidad de *C. ensiformis* para comportarse como un cultivo de ciclo largo, permitiendo realizar una primera recolección entre los 100 y 120 días y mantener el mismo material vegetal en un segundo ciclo productivo, lo que incrementa su potencial de aprovechamiento y asegura una disponibilidad prolongada tanto de grano como de forraje (Morales-Pablo et al., 2025).

El método de cosecha es principalmente manual, realizándose mediante el arranque de las vainas maduras y su posterior secado al sol hasta el desgrane, procedimiento que facilita la conservación del grano y evita pérdidas por humedad. Bajo este sistema, se han registrado rendimientos de 1 039,15 kg/ha sin fertilización y hasta 1 104,73 kg/ha con la aplicación de 24 kg/ha de abono 12-30-30, sin diferencias estadísticas significativas, lo que sugiere una limitada respuesta al abonamiento en las condiciones de evaluación (Pichardo y Varela, 1998).

La literatura indica que los rendimientos pueden variar ampliamente, con producciones de semillas que oscilan entre 1 y 4,6 t/ha, dependiendo del manejo y las condiciones ambientales, siendo más frecuente obtener alrededor de 1 t/ha

(Sheahan, 2012). En regiones como Yucatán, México, se han reportado rendimientos de 1 a 3,8 t/ha de semillas, aunque se reconoce la necesidad de estudios agronómicos más detallados para optimizar la productividad (Hernández-Montiel et al., 2016; Chel-Guerrero et al., 2016).

La falta de uniformidad en la época de siembra genera desincronización en la maduración de los frutos, lo que obliga a realizar múltiples cosechas, situación que puede afectar la eficiencia del manejo (Cáceres et al., 2015). Para alcanzar una mayor homogeneidad y productividad, resulta esencial definir el momento óptimo de siembra que sincronice la floración y madurez fisiológica del cultivo. Además, el uso de tutores o envarado puede incrementar la producción de semillas de alta calidad, aunque limita la mecanización de la cosecha (Cáceres et al., 2015).

El rendimiento en grano varía con las condiciones ambientales, el manejo y las variedades. No obstante, en muchos casos superan los 3 000 kg/ha (Marín y Viera, 1990; Marín, 1996). Los rendimientos en grano y semilla de las plantas efectivamente noduladas pueden exceder los 100 g/planta, bajo condiciones favorables de clima y fertilidad del suelo (Lynd y Ansman, 1993).

### **2.1.3.9. Morfometría de la planta**

#### **A. Altura**

La altura de las plantas de *C. ensiformis* constituye un parámetro morfológico relevante que refleja el comportamiento vegetativo del cultivo bajo distintas condiciones ambientales y de manejo agronómico. Se trata de una especie herbácea anual o bianual, con porte medio y hábito trepador, que alcanza aproximadamente un metro de altura y presenta una estructura muy ramificada (Cáceres et al., 2015). Su desarrollo en altura depende en gran medida de factores climáticos, edáficos y de competencia lumínica, mostrando variaciones notables a lo largo de su ciclo fenológico. Durante las primeras etapas de crecimiento, las plantas pueden alcanzar entre 9 y 14 días una altura promedio de 0,54 m, incrementándose a 1,13 m a los 35 días, hasta llegar a 1,87 m al momento de la cosecha, alrededor de los 130 días después de la siembra, con un promedio general de 1,36 m y valores que oscilan entre 1,18 y 1,55 m (Navas y Celi, 2024).

En la etapa de floración, considerada una de las fases más críticas del cultivo, la altura promedio registrada es de 75,46 cm, con una baja variabilidad en los datos, lo que evidencia un crecimiento relativamente uniforme en condiciones de manejo estable (Morales-Pablo et al., 2025). Este porte moderado confiere a *C. ensiformis* una ventaja ecológica, ya que permite formar una cobertura densa que reduce la incidencia de luz sobre el suelo y limita el desarrollo de arvenses, lo cual resulta beneficioso en sistemas asociados con

cultivos como maíz, frijol o cítricos. Las mediciones históricas también muestran coherencia con este comportamiento, reportándose alturas de entre 105 y 111 cm en condiciones de campo (Pichardo y Varela, 1998).

Cabe destacar que la relación entre la altura y el número de hojas es débil, lo que sugiere una independencia entre ambas variables de crecimiento. Dada su naturaleza trepadora, se recomienda realizar podas posteriores a la primera cosecha cuando se cultiva junto a especies de porte alto, con el fin de mantener un equilibrio estructural y optimizar el aprovechamiento de la luz (Morales-Pablo et al., 2025). Debido a su altura que alcanza esta especie, se evidencia su capacidad adaptativa y su potencial como cultivo de cobertura y complemento en sistemas agroforestales diversificados.

### **B. Número de vainas**

La cantidad de vainas por planta en *C. ensiformis* constituye un indicador clave del rendimiento reproductivo y está influenciada por las condiciones ambientales y el manejo agronómico. En promedio, las plantas desarrollan entre 4,8 y 6,6 vainas, con un valor medio de 5,45 vainas por individuo, lo que refleja una producción estable bajo condiciones favorables (Navas y Celi, 2024). Estos valores coinciden con los rangos reportados de 4,90 a 5,90 vainas por planta, observados en evaluaciones de campo (Pichardo y Varela, 1998).

### **C. Largo de la vaina**

El largo de las vainas de *C. ensiformis* presenta una variabilidad considerable atribuida a factores genéticos y ambientales que influyen en el desarrollo del fruto. Por lo general, las vainas alcanzan dimensiones promedio de 24,51 cm, con valores que oscilan entre 23,45 y 25,79 cm bajo condiciones favorables de crecimiento (Navas y Celi, 2024). No obstante, se han registrado longitudes menores, de entre 17,46 y 18,87 cm, en diferentes entornos de cultivo (Pichardo y Varela, 1998). Además, también se reportan frutos de aproximadamente 30 cm de largo y 3,5 cm de ancho, reflejando su potencial morfométrico (Cáceres et al., 2015).

### **D. Granos por vaina**

Respecto al número de granos por vaina en *C. ensiformis*, constituye un rasgo determinante del rendimiento y está influido por la disponibilidad de nutrientes y las condiciones ambientales durante la floración y el llenado de grano. En promedio, cada vaina contiene alrededor de 9,45 granos, con valores que varían entre un mínimo de 7,4 y un máximo de 10,8 granos por unidad (Navas y Celi, 2024). Estos datos coinciden con los rangos reportados de 8,50 a 9,65 granos por vaina, lo que evidencia una

consistencia productiva en diferentes condiciones de este cultivo agrícola (Pichardo y Varela, 1998).

#### **E. Peso total de los granos:**

El peso de los granos de *C. ensiformis* constituye un indicador esencial del potencial productivo y de la calidad fisiológica del cultivo, influenciado por factores genéticos, ambientales y de manejo agronómico. Reportes del peso promedio por vaina alcanza 145,5 g por vaina, con valores que fluctúan entre 143 y 147 g por vaina, lo que refleja una notable uniformidad en el desarrollo del grano bajo condiciones favorables (Navas y Celi, 2024). De manera complementaria, cada semilla presenta un peso superior a un gramo, característica que evidencia el tamaño considerable del grano y su relevancia en la producción de biomasa y material proteico (Cáceres et al., 2015).

#### **F. Número de hojas**

La cantidad de hojas por planta en *C. ensiformis* constituye un indicador esencial del vigor vegetativo y del potencial productivo del cultivo, debido a su estrecha relación con la capacidad fotosintética y la acumulación de biomasa. Como leguminosa anual con hábito trepador y amplia adaptabilidad, esta especie destaca por su eficiencia fisiológica, expresada en una elevada producción de follaje que favorece su uso como abono verde y forraje de alto valor nutritivo. Su follaje presenta una composición notable, con valores de proteína cruda que oscilan entre 13 y 25 %, proteínas asimilables del 27 al 29 %, y una digestibilidad cercana al 62 %, lo que resalta su potencial como fuente de nutrientes tanto en hojas como en granos (Peters et al., 2003; Paredes et al., 1987; Marín y Viera, 1990; Ortiz, 1997; Mateo, 1961).

Durante la etapa de floración, las plantas desarrollan en promedio 22,82 hojas, con un coeficiente de variación del 12,96 %, lo que refleja una producción homogénea y sostenida bajo condiciones de manejo favorables (Morales-Pablo et al., 2025). La presencia de más de 20 hojas por planta no solo incrementa la superficie fotosintética, sino que contribuye significativamente al retorno de materia orgánica al suelo mediante la descomposición del material vegetal. Esta dinámica mejora la fertilidad natural del sustrato, estimula la actividad microbiana y promueve la estructura del suelo, fortaleciendo los procesos ecológicos del sistema productivo.

Además, el prolongado periodo hasta la floración extiende el tiempo de cobertura vegetal, lo que permite un control efectivo de arvenses en cultivos asociados como limón persa y naranja tardía, reduciendo así la competencia por recursos y la dependencia de fertilizantes sintéticos granulados (Morales-Pablo et al., 2025). En conjunto,

la elevada cantidad de hojas en *C. ensiformis* refleja su importancia ecológica y agronómica dentro de los sistemas agroforestales sostenibles, donde cumple un papel fundamental en la generación de biomasa y la conservación de la fertilidad del suelo.

#### **2.1.4. Suelos degradados**

La canavalia es resistente al sombreado de otros cultivos (planta tipo C<sub>3</sub>) y fuertemente alelopática a ciertas malezas, por lo que es usada como ahogadora de maleza en cultivos asociados. El efecto de cobertura la hace ideal para programas de control de erosión y conservación de suelos. Disminuye el impacto de las gotas de agua de lluvia, los residuos evitan el arrastre del suelo, conservan la humedad mejorando la retención y la materia orgánica adicionada mejora la infiltración del agua. La canavalia puede ser usada para el control de maleza por su denso follaje y no genera costo de transporte, pues se cultiva en el mismo terreno, es decir, es un fertilizante “hecho en el sitio” utilizando la energía y el recurso natural disponible (Cidicco, 1993).

Reciclador de nutrientes, tienen espacios de exploración distintos a las raíces del maíz, es decir, la raíz de la canavalia es pivotante y muy ramificada, con un radio de ramificación de hasta 1.5 m, mientras que el maíz posee raíz fibrosa, con menor alcance de exploración radial. Se ha sugerido que la canavalia, “jala” nutrimentos esenciales como P, K, Zn, Ca y Mg desde lugares donde la raíz del maíz no podría alcanzar y los incorpora en la capa superficial del suelo, haciéndolos más accesibles a las raíces del maíz (Quiroga, 2000).

El éxito evolutivo de las leguminosas y específicamente la capacidad de la canavalia para desarrollar en diversidad de suelos ha sido explicada con base en su asociación a bacterias fijadoras de nitrógeno y hongos micorrízicos vesículo-arbusculares (VA) del suelo. Se ha reportado que a cambio de nutrimentos orgánicos, los hongos micorrizógenos mejoran el crecimiento de las plantas gracias al sistema de hifas que se desarrolla fuera de la raíz que permite mayor exploración del suelo e incrementa la captación de iones, principalmente fosfato, cuya cantidad absorbida llega a ser hasta seis veces superior al de las plantas que no están micorrizadas; esto, debido a que la concentración de fósforo en el micelio fúngico es 1000 veces superior al presente en el suelo, lo cual reviste gran importancia especialmente en suelos de baja y moderada fertilidad. De igual forma, una colonización micorrízica efectiva de las raíces de las plantas, incrementa notablemente la humedad y el volumen efectivo de rizosfera, proporciona protección contra patógenos, favorece la estructura y estabilidad del suelo e incrementa la tolerancia a perturbaciones ambientales como sequía, salinidad, toxicidad por agroquímicos y otros contaminantes (Azcón, 2000; Sánchez-Colín *et al.*, 2000, Varela y Estrada-Torres, 1999).

Dada su adaptabilidad y versatilidad en diferentes tipos de suelo y sistemas de labranza, inclusive compatible con la tecnología convencional y de punta a base de insumos químicos y maquinaria, los beneficios de la canavalia se observan claramente con un paquete tecnológico de reducción gradual de fertilizantes y herbicidas bajo el esquema de no quema de residuos y labranza de conservación, así como su inclusión en sistemas agrosilvopastoriles (Quiroga et al., 2006).

## 2.2. Estado del arte

En el artículo titulado “Determinación del marco de siembra óptimo para la producción de semillas de *Canavalia ensiformis*”. Matías (1996) sostiene que, en un diseño de bloques al azar con tres réplicas de 87,5 m<sup>2</sup> de área útil, en condiciones de secano y sin fertilizantes en un suelo Ferralítico Rojo compactado, clima precipitación 144 mm con una temperatura 22,2 °C, se estudió el efecto del espaciamiento entre plantas y la densidad de plantas por área en la producción de semillas de *Canavalia ensiformis* cv. IH-18405. Los tratamientos fueron 25, 50, 75, 100 y 125 cm entre plantas y 70 cm entre hileras, a las que les correspondió 50 000, 28 000, 20 000, 14 000 y 11 000 plantas por hectárea respectivamente. Los más altos rendimientos de semilla (712,5 y 704,5 kg/ha) se obtuvieron con las distancias de 50 y 75 cm, sin diferencia de la distancia de 100 cm, pero con diferencia significativa (P<0,001) del resto de los tratamientos. Los componentes del rendimiento afectaron positivamente la producción de semillas de las distancias intermedias y la germinación de la semilla recién cosechada fue la máxima en todos los tratamientos. Se concluye que las distancias intermedias (50, 75 y 100 cm entre plantas) y 70 cm entre hileras favorecieron la producción de semillas; mientras que las muy cortas o muy espaciadas limitaron el potencial del cultivo. Se recomiendan las distancias de 75 cm entre plantas y 70 cm entre hileras como el marco óptimo para obtener el máximo de producción y un ahorro apreciable de semilla para la siembra.

En la revista titulada “Análisis de crecimiento de canavalia en zona plana del Valle del Cauca”. Ortiz *et al.* (2005) manifiesta que, realizaron el análisis en condiciones de campo, en dos localidades (Candelaria y Palmira), determinando los componentes de rendimiento (kg). En el rendimiento ramas/planta 18-23 unidades, racimos/rama 5 unidades, frutos/racimo 4 unidades, frutos efectivos/planta 7-16 unidades, semillas/fruto 13-15 unidades, peso de 100 semillas 180 gramos, rendimiento estimado kg/planta 0,163-0,432. La distancia usada fue 1,5x1,5 m 140 plantas/parcela. El presente ejercicio se desarrolló en dos condiciones de suelos (Typic hapluster fino y Udic hapluster arcilloso).

En el artículo científico titulado “Plant growth evaluation of *Cajanus cajan* (L.) Millsp., *Canavalia ensiformis* (L.) DC. and *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze., in soils degraded by sand and gravel extraction”. Vargas *et al.* (2017) reportan que, inició su investigación con establecimiento de vivero-invernadero, cubierto con una polisombra del 50% para evitar posibles pérdidas por exposición directa a semillas germinadas. Se estableció tres especies de leguminosas: *Cajanus cajan*, *Canavalia ensiformis* y *Cratylia argentea*, se sembraron a razón de tres semillas por bolsa para garantizar el desarrollo de la planta. La densidad de siembra por Marín (1984), citado por Cáceres *et al.* (1995) sugieren para *C. ensiformis*, 80 cm entre hileras y 25 cm entre plantas y hasta 50 000 plantas ha<sup>-1</sup>. Las muestras de suelo fueron limo arcilloso y arena limosa, las variables que se determinó fue la altura de la planta, diámetro del tallo y hojas desarrolladas. El coeficiente de correlación de Pearson altura de planta con hojas desarrolladas 0,84, altura de planta con diámetro 0,76, hojas desarrolladas con diámetro 0,86 se calcula a partir de las puntuaciones obtenidas en una muestra en dos variables (Correlación positiva considerable). Altitud aproximada es de 1 650 msnm y su temperatura promedio es de 18 °C. caracterizada por superficies convexas largas y planas con pendientes entre 30 y 75° predominio de pendientes de 67° en las zonas más abruptas parte y 30° en las partes inferiores.

En el informe titulada “Informe del cultivo *Canavalia ensiformis* (L.) DC”. Hernandez y Ojeda (2010) reportan que, realizaron un informe basado en la práctica ejecutada en el lote de cultivos de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, 1 001 msnm a una temperatura promedio de 25 °C, precipitación media 1 010 mm. En el presente informe se pretende resaltar el papel importante de las leguminosas en los cultivos y para ello presentamos datos reales del seguimiento del cultivo, así como una investigación concreta acerca de la especie cultivada *Canavalia ensiformes* L. Con una densidad de siembra 1,0 x 1,0 m profundidad de siembra 2 cm y un número de semillas plantadas por metro cuadrado 2-3 unidades. En 24 días encontramos algunos insectos como hormigas, abejas y avispas, la planta ha crecido en buen estado con una altura de 35 cm, sus hojas cotiledóneas están en buen estado con un ancho de 10,5 cm, pero presenta en 2 de sus hojas puntos blancos al igual que hojas afectadas por la hormiga. Con 72 días se observaron que los tallos de las plantas son rastreros en la mayoría el tamaño oscila entre 1,14 – 1,34 cm. En 90 días presenta frutos en forma de baya, aún hay flores, la presencia de bayas, así como de flores fue progresiva es decir no todas las yemas florales maduraron al mismo tiempo.

En el artículo científico titulado “Efecto del arreglo espacial y el intercalamiento con *Canavalia ensiformis* micorrizada en la respuesta agroproductiva de *Morus alba*”. Pentón

*et al.* (2016) indican que, el efecto del arreglo espacial de la plantación y del intercalamiento de canavalia inoculada con hongos micorrícicos arbusculares - HMA (CeHMA), en condiciones de secano y sin fertilización mineral, en la respuesta agroproductiva de la morera. Los tratamientos consistieron en surco sencillo (0,50 x 1,00 m), con 20 000 plantas ha<sup>-1</sup> con y sin CeHMA; y surco doble (0,50 m x 0,50 m x 1,0 m), con 26 666 plantas ha<sup>-1</sup>, con y sin CeHMA. Se evaluó durante dos años el rendimiento de masa seca comestible y la concentración de N, P y K. La concentración de N en la biomasa comestible no varió, y sus valores (2,09 % y 2,4 %) estuvieron por debajo del rango óptimo para el cultivo de morera. Se encontraron efectos significativos en la concentración de P, tanto del tratamiento CeHMA como de la mayor densidad de plantación y el surco doble, y los valores fueron de 0,16 y 0,19 %. La mayor densidad de plantación y el surco doble influyeron en el aumento de la concentración de K, no así CeHMA. Los mayores valores (2,22 % y 2,37 %) se ubicaron, al igual que en el P, en el rango óptimo reportado para la especie. Se concluye que el arreglo espacial con mayor densidad de plantación, surco doble y CeHMA garantizó una mejor respuesta agroproductiva de la morera en términos de concentración de P y K en la biomasa comestible; aunque, desde el punto de vista del rendimiento de forraje, ningún tratamiento demostró ser factible en las condiciones de insuficiente disponibilidad de nutrientes en el suelo y sin riego.

Navas y Celi (2024) realizaron en el campo experimental del Recinto Chucaple, cantón Quinindé, provincia de Esmeraldas, con el objetivo de evaluar el comportamiento agronómico de *Canavalia ensiformis*. El estudio se llevó a cabo entre octubre de 2023 y abril de 2024. Se sembraron dos semillas por sitio y se analizaron todas las etapas fenológicas del cultivo hasta su cosecha. Las variables observadas fueron: altura de la planta, largo de las vainas, número de vainas, número de granos por vaina y peso de los granos. Los resultados demostraron que *Canavalia ensiformis* es un cultivo adaptable a diferentes tipos de suelos y climas cálidos. El ciclo fenológico del cultivo hasta la primera cosecha fue de 130 días, con un rápido crecimiento vegetativo en los primeros 25 días, y el inicio de la etapa reproductiva a los 120 días, teniendo como resultado obtenido en la altura de plantas un promedio de 1,36 m, en número de vainas un promedio de 5,45, en número de granos de vainas se obtuvo un promedio de 9,45, en largo de vaina un promedio de 24,51 y por último en peso de granos un promedio de 145,5. Se observó que la floración de las plantas no fue uniforme, y algunas no florecieron debido a factores como la calidad de la semilla. Esto provocó que la cosecha no ocurriera de manera simultánea en todas las plantas.

Morales-Pablo et al. (2025), los cultivos de cobertura son una alternativa para el manejo de suelos agrícolas compactados y erosionados. Entre las leguminosas menos empleadas, pero de mejor facilidad en su cultivo se encuentra la canavalia (*Canavalia ensiformis*). Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue la reproducción, caracterización agronómica y tolerancia a sequía del cultivo de canavalia. Se estableció el cultivo en el periodo de enero-mayo de 2025. Las variables evaluadas fueron altura de las plantas, distancia entre plantas, número de hojas y se correlacionaron con la temperatura, precipitación, humedad relativa y radiación solar. Para el análisis de los datos se empleó estadística descriptiva, regresión lineal y correlación entre las variables. Los valores promedio encontrados en la etapa más crítica del cultivo (floración) fueron; altura (75,46 cm), distancia entre plantas (43,05) y número de hojas (22,82). Los coeficientes de correlación positivos fueron entre las variables de distancia entre plantas y altura (IC=0,11). Se obtuvo una correlación negativa entre número de hojas y altura (IC=-0,01) así como entre número de hojas y distancia entre plantas (IC=-0,11). Se obtuvo una correlación negativa entre la radiación solar y humedad relativa (IC=-0,93), mientras que la precipitación mostró una correlación positiva baja (IC=0,06). La alta radiación solar (105,10 W/m<sup>2</sup>) promovió un incremento en el área foliar y la precocidad de la floración. La adaptación del cultivo a un amplio rango de humedad relativa (65-98%) lo ubica como un cultivo potencial para forraje y de abono verde.

Pichardo y Varela (1998). El trabajo se desarrolló de octubre a marzo (1997-1998) en la hacienda Santa Rosa propiedad de la Universidad Nacional Agraria (UNA) en el departamento de Managua. Se evaluó el efecto de cuatro niveles de fertilización completa (12-30-10) y el testigo (sin fertilización) sobre la producción de semillas de *Canavalia ensiformis* L. Para esto se utilizó un diseño experimental de bloque completo al azar (BCA) y se estudió el efecto de un sólo factor (niveles de fertilización). Con tres repeticiones, formándose un total de 15 parcelas. El ensayo se realizó en un área total de 229,5 m<sup>2</sup>. Para evaluar las variables: rendimiento de semillas, cantidad promedio de semillas por vainas, largo promedio de vainas, número promedio de vainas por planta y altura de plantas (cm). Teniendo como parcela útil 3 m<sup>2</sup>. El estudio estadístico contempló el uso de análisis de varianza. El resultado del análisis no mostró diferencia significativa entre bloques ni tratamientos, sin descartar la existencia de diferencias reales. Al realizar el análisis de presupuestos parciales determinamos que el tratamiento de mayor utilidad con respecto al testigo es T<sub>2</sub> (24,00 kg/ha) de fertilización 12-30-10. Los autores señalan que, este incremento no justifica la aplicación de fertilizante en las condiciones en que se realizó el ensayo ya que

la diferencia que se presenta es mínima. La no significancia entre tratamiento se atribuye probablemente al momento de aplicación del fertilizante (al momento de la siembra), que nos hace suponer no fue utilizado por las plantas para la producción de semillas, sino para otras actividades fisiológicas de las mismas.

Marín (1984), al estudiar varias formas de siembra (sobre el camellón, a mitad del camellón, en plano y en surco) utilizando un marco de 80 cm entre hileras y 25 cm entre plantas y una densidad de 50 000 plantas/ha, obtuvo los mejores resultados en el método de mitad del camellón (3 220 kg de granos/ha) y en plano (2 609 kg/ha) en dos cosechas, sin diferencia significativa entre ambos métodos.

Al emplear una combinación de distancia y forma de siembra para la producción de granos, se obtuvieron los mejores resultados (3 584 a 3 763 kg/ha) en el método de doble surco con separación de 80 cm, 40 cm entre hileras en el doble surco y 20-40 cm entre plantas (Escobar y López, 1984); el método de doble surco ofrece facilidades para el manejo agrotécnico y cosecha manual en la producción de granos.

Escobar (1987) estudió el efecto del camellón y el envarado sobre la producción de granos y halló que el camellón no tuvo efecto, pero el envarado aumentó la producción, este autor encontró que la producción de granos no fue afectada significativamente al asociarla con yuca (*Manihot sculenta*), pero sí la producción de raíz de esta última; además planteó que dada la baja densidad de la Canavalia y por consiguiente el poco sombreado, esto posiblemente se deba a un efecto alelopático sobre la yuca, ocasionado por alguna sustancia tóxica producida por la canavalia. Los resultados indican que la producción total por área fue superior en la asociación a la de cualquiera de los cultivos puros, lo cual es de suma importancia.

Al estudiar el efecto de dos densidades (31 250 y 62 500 plantas/ha) sobre la producción de forraje, Mora y Parra (1982) encontraron el mayor rendimiento de materia seca (20,76 t/ha) a los 150 días con la más alta densidad, lo cual fue ratificado por Mora et al (1983) al obtener resultados muy similares en iguales densidades.

Mora et al. (1983), al variar la densidad y la distancia entre hileras, pero no la distancia entre plantas, obtuvieron el más alto rendimiento de materia seca (12 898 kg/ha) con el marco de siembra de 100 x 20 cm, equivalente a 50 000 plantas/ha.

En cuanto a la producción de granos, Mora et al. (1982) encontraron que en un marco de siembra de 60 x 50 cm y una densidad de 33 000 plantas/ha se lograron altos rendimientos (6 910 kg/ha) entre cosechas: mientras que Marín (1983), al estudiar diferentes densidades y arreglos espaciales, halló los mayores rendimientos en granos (3 857 a 4 606

kg/ha) en las densidades intermedias (50 000 plantas/ha) y la distancia entre hileras de 80 cm; no hubo diferencias entre los arreglos espaciales a igual densidad y las malezas disminuyeron con las densidades más altas.

En un estudio de densidades que fueron variadas por las distancias entre hileras y entre plantas, las mayores producciones de granos se alcanzaron con la densidad de 80 000 plantas/ha (10 977 kg/ha) en el marco de siembra de 50 x 25 cm y no hubo efecto de la distancia entre hileras, que varió desde 50 hasta 125 cm (Oviedo y Guzmán, 1983). Legel (1983) recomienda un marco de siembra de 60 x 100 cm y densidades de 30 a 50 kg de semilla/ha.

Luengo et al. (1984), al estudiar el efecto de la densidad, los herbicidas y el control manual sobre las malezas y la producción, encontraron que los herbicidas fueron efectivos, pero el control manual aportó mejores resultados: mientras que el incremento de la densidad (100 000 plantas/ha) tuvo una mayor efectividad en el control de las malezas y los mejores resultados en producción.

Llamoja (2014) estableció 1,5 x 1,0 m, mostrando variaciones de los resultados en los suelos en 0,14 para el pH, 0,22 % para la materia orgánica, 0,01 % para el nitrógeno, 0,86 ppm para el fósforo, 171 individuos por metro cuadrado de la macrofauna, 186,23 g de biomasa en las 48 plantas que abarcó un área de 12 m<sup>2</sup>, 31,67 % de cobertura

Talledo (2017) consideró determinar las diferentes dosis de humus líquido enriquecido sobre las características agronómicas del forraje de *Canavalia ensiformis*, en Zungarococha. Los tratamientos utilizados abarcaron el uso de humus líquido enriquecido en concentraciones del 0 % (T<sub>0</sub>), 10 % (T<sub>1</sub>), 20 % (T<sub>2</sub>), 30 % (T<sub>3</sub>) y 40 % (T<sub>4</sub>), distribuidos bajo un diseño en bloque completo al azar, las evaluaciones de las variables se realizaron a la novena semana después de la siembra. Encontró que, la respuesta del forraje de *C. ensiformis* a la mayor concentración humus líquido enriquecido sigue una respuesta lineal, las mejores características agronómicas como altura de planta, porcentaje de cobertura, materia verde y materia seca, se dan a la mayor concentración de humus líquido enriquecido y el mejor rendimiento de materia verde (2,97 kg/m<sup>2</sup>) y materia seca (0,78 kg/m<sup>2</sup>), se dio con la concentración del 40% de humus líquido enriquecido.

Marengo y Espinoza (2001) evaluaron la influencia de tres densidades de siembra sobre la producción de biomasa y proteína bruta en *Canavalia ensiformis* y su valor económico. El estudio se llevó a cabo en los predios de la Universidad Nacional Agraria; se utilizó un diseño de bloques completos al azar (BCA), en un arreglo sencillo de tres densidades de siembra: 80 000 plantas/ha, 40 000 plantas/ha y 26 666 plantas/ha. Se realizó

un solo corte a los 50 días después de su establecimiento. Los resultados mostraron que, las densidades de siembra sobre la producción de biomasa en base a materia verde y seca total por hectárea (PBMVTH y PBMSTH), reflejó su mayor valor en la densidad de 80 000 plantas/ha, con 15,14 y 2,93 ton/ha respectivamente. Estas densidades tuvieron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) sobre las demás densidades (40 000 plantas/ha y 26 666 plantas/ha), respectivamente. Por otra parte, la variable altura (ALT) y cobertura (COB) mostraron su mayor valor para la densidad 80 000 plantas/ha, con 93,86 cm y 42,80%. También la densidad 26 666 plantas/ha obtuvo el mejor valor de proteína bruta con 22,96%. La prueba de rangos múltiples de Tukey para los efectos de densidad de siembra sobre la PBMSTH y COB, presentaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) y no significativas ( $P > 0,05$ ) para la ALT.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

##### 3.1.1. Ubicación geográfica

La tesis se ejecutó en un predio privado donde anteriormente se había cultivado la hoja de *Erythroxylum coca* (coca) y se encontraba con predominancia de gramíneas como *Andropogon bicornis* (cola de zorro) y otras especies que proliferan en suelos degradados, siendo ubicado en las coordenadas UTM (Zona 18 L, Datum WGS84): 392 975 m este y 8 976 010 m Norte.

##### 3.1.2. Ubicación política

La presente investigación se realizó en un predio ubicado en el centro poblado Inkari, distrito de Luyando, provincia Leoncio Prado del departamento Huánuco.

##### 3.1.3. Altitud

La parcela experimental se localiza a una gradiente altitudinal de 650 msnm.

##### 3.1.4. Características climáticas

Según los datos colectados (**Tabla 1**) por la estación meteorológica Tingo María a cargo del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, en el año 2024 la temperatura máxima mensual registrada varió entre 30,02 °C en noviembre hasta 33,34 °C en octubre, con un promedio general superior a 31,0 °C. Los meses más cálidos fueron setiembre y octubre, donde la temperatura máxima superó los 33 °C, coincidiendo con una disminución en la humedad y la precipitación. Por otro lado, los valores más bajos se registraron en noviembre y diciembre (SENAMHI, 2025), indicando el inicio de un periodo más húmedo y fresco.

En el caso de la temperatura mínima (**Tabla 1**), los valores fluctuaron entre los 20,21 °C en el mes de julio y 22,11 °C en el mes de abril, comprobando una estabilidad térmica propia del clima tropical húmedo. Las menores temperaturas se concentran entre junio y agosto, coincidiendo con los meses de menor humedad relativa y escasa precipitación, mientras que los valores más elevados ocurren en los primeros meses del año, cuando la pluviosidad es más intensa. La temperatura media anual se mantuvo entre 25,51 °C en el mes de julio hasta los 27,44 °C para el mes de octubre (SENAMHI, 2025), con un comportamiento que refleja una ligera disminución en los meses secos y un incremento en el periodo lluvioso.

En lo que respecta a la humedad relativa (**Tabla 1**), se observa un promedio alto, oscilando entre 71,85 % (setiembre) y 85,69 % (noviembre). Los niveles más bajos coinciden con los meses de menor precipitación, mientras que los valores más altos se registran durante la época lluviosa, particularmente en noviembre y diciembre. La precipitación anual alcanzó un total de 3 279,30 mm, con una marcada concentración de lluvias entre enero y marzo, siendo enero el mes más lluvioso con 618,40 mm. La estación más seca se presenta entre julio y setiembre, donde la precipitación desciende por debajo de los 100 mm mensuales (SENAMHI, 2025). Esta distribución evidencia un régimen pluviométrico estacional, característico del clima tropical húmedo de la selva alta peruana.

**Tabla 1.** Parámetros climáticos colectados por la estación meteorológica Tingo María en el año 2024.

Mes	T máx (°C)	T mín (°C)	T media (°C)	Humedad rel. (%)	PP (mm)
Enero	31,11	21,89	26,50	83,76	618,40
febrero	30,77	21,56	26,16	83,45	437,20
Marzo	31,59	21,77	26,68	82,22	373,20
Abril	31,91	22,11	27,01	81,85	216,80
Mayo	31,75	22,06	26,90	80,83	169,30
Junio	30,92	20,89	25,91	80,09	264,00
Julio	30,81	20,21	25,51	79,24	105,70
Agosto	31,99	20,23	26,11	75,34	74,10
Setiembre	33,32	20,85	27,09	71,85	42,40
Octubre	33,34	21,54	27,44	76,44	158,60
Noviembre	30,02	21,56	25,79	85,69	275,70
Diciembre	30,21	21,22	25,72	84,92	543,90
Total					3 279,30

Fuente: SENAMHI (2025).

### 3.1.5. Características del terreno

La parcela donde se estableció el experimento presenta características de baja fertilidad con predominancia de las especies vegetales gramíneas que se caracterizan por su alta capacidad extractora de nutrientes; además, dicha área anteriormente fue sobreexplotada debido a que no se contó con un plan de fertilización adecuada y se realizó el cultivo de *Erythroxylum coca* (coca).

## 3.2. Material y métodos

### 3.2.1. Materiales y equipos

Como material biológico fue considerado el uso de las semillas de *C. ensiformis*, como materiales se hizo uso del machete, jalones de madera, cinta métrica de 30 m, letreros codificados con bloques y tratamientos y el panel informativo del experimento. Además, se utilizó entre los equipos al receptor GPS (sistema de posicionamiento global) y el equipo de cómputo.

### 3.2.2. Metodología

#### 3.2.2.1. Generalidades del estudio

**Tipo de estudio.** De acuerdo a la publicación de Ñaupas *et al.* (2014), el ensayo corresponde al tipo básico, debido a que con los resultados que se obtuvieron servirán como cimiento para investigaciones posteriores.

**Diseño de estudio.** El diseño del estudio es de tipo experimental, de tipo “experimentos puros” por la existencia de manipulación deliberada de la variable independiente (Hernández *et al.*, 2014).

**Nivel de estudio.** Corresponde al nivel “explicativo”, ya que su objetivo principal es la verificación de hipótesis causales o explicativas (Ñaupas *et al.*, 2014).

**Unidad de estudio.** La unidad de estudio de la presente tesis estuvo comprendida por una planta de canavalia (**Figura 2**), mientras que la unidad experimental comprendió a un conjunto de 15 subparcelas (18,0 m<sup>2</sup>) donde se colocaron las semillas de acuerdo a cada densidad de siembra.

**Tratamiento en estudio.** Se sembraron cuatro semillas por punto, motivo por el cual se consideró al factor “densidad de siembra”. Para determinar la cantidad de plantas por hectárea, se hizo uso de la expresión matemática regla de tres simples en donde para el caso del primer tratamiento en donde se realizará un hoyo en el centro de un área de nueve metros cuadrados, pero es necesario estimar la cantidad de hoyos necesarios para 10 000 m<sup>2</sup>, esto se logró dividiendo 10 000 m<sup>2</sup> entre 0,09 m<sup>2</sup>, lo cual dio como resultado 111 111 hoyo, pero como se sembró cuatro semillas por hoyo, en total se obtuvo 444 444 plantas por hectárea, los niveles de plantas utilizados fueron:

- T<sub>1</sub> : 444 444 plantas/ha (0,3 m x 0,3 m)
- T<sub>2</sub> : 333 333 plantas/ha (0,4 m x 0,3 m)
- T<sub>3</sub> : 266 667 plantas/ha (0,5 m x 0,3 m)
- T<sub>4</sub> : 222 222 plantas/ha (0,6 m x 0,3 m)
- T<sub>5</sub> : 190 476 plantas/ha (0,7 m x 0,3 m)

**Diseño de la parcela experimental.** La parcela experimental presentaba las siguientes características:

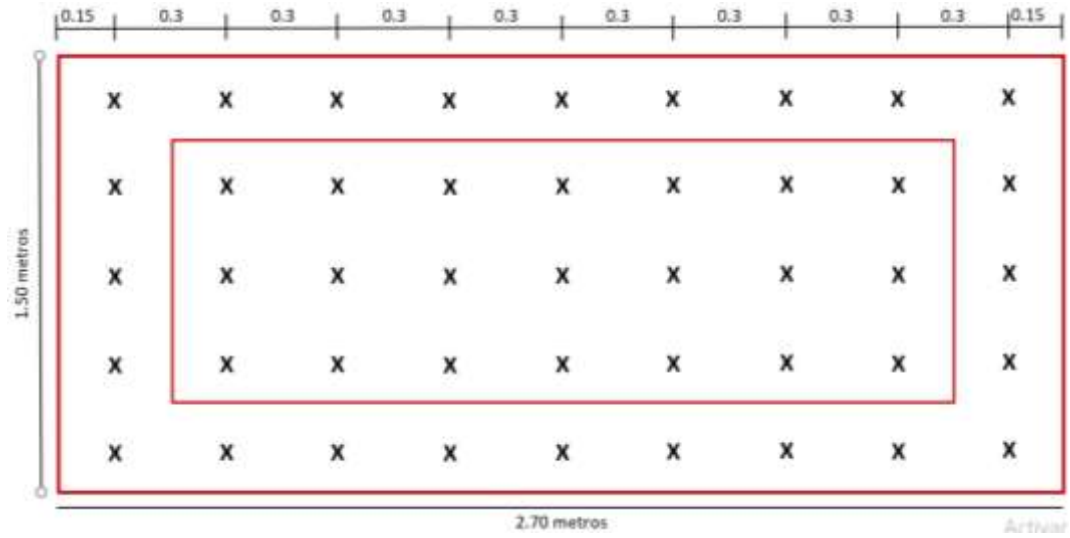
- Unidad experimental (**Figuras 2-6**) : 0,81 m<sup>2</sup> (T<sub>1</sub>)  
1,08 m<sup>2</sup> (T<sub>2</sub>)  
1,35 m<sup>2</sup> (T<sub>3</sub>)  
1,62 m<sup>2</sup> (T<sub>4</sub>)  
1,89 m<sup>2</sup> (T<sub>5</sub>)
- Ancho de la parcela : 13,04 m.
- Largo de la parcela : 27 m.
- Área de la parcela : 361,8 m<sup>2</sup>.
- Ancho de las calles : 2,0 m
- Total de unidad experimental : 15

El experimento estará establecido bajo el diseño en bloques completos al azar con cinco tratamientos y tres bloques (**Figura 1**).

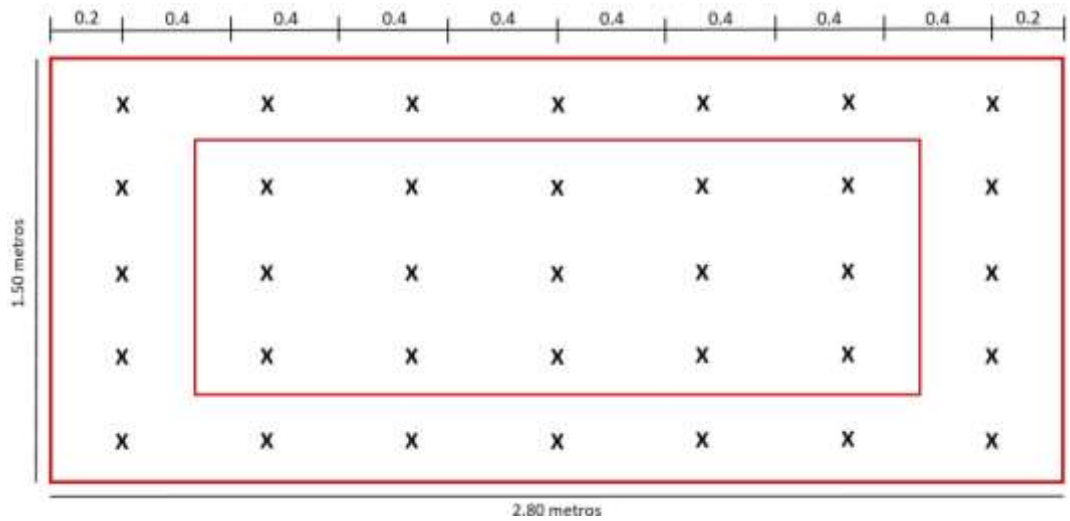


**Figura 1.** Croquis de la distribución de los tratamientos en la parcela experimental.

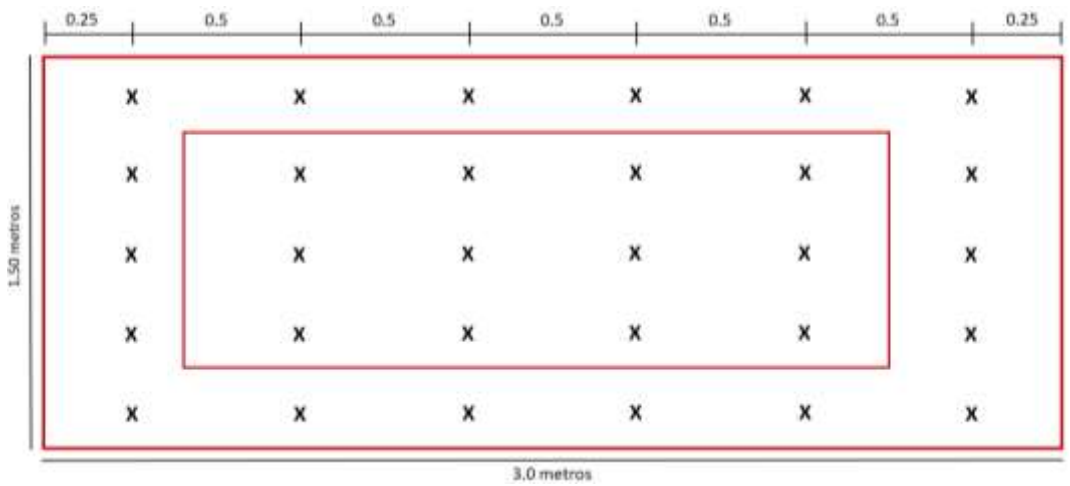
La cantidad de plantas evaluadas en el tratamiento 1 fue de 21 por bloque (**Figura 2**) y en total se evaluó 63 plantas para dicho tratamiento. Además, se resalta que las plantas evaluadas fueron escogidos por sus mejores características como el tamaño en altura, siendo solamente evaluado una planta por hoyo.



**Figura 2.** Unidad experimental del T<sub>1</sub>.



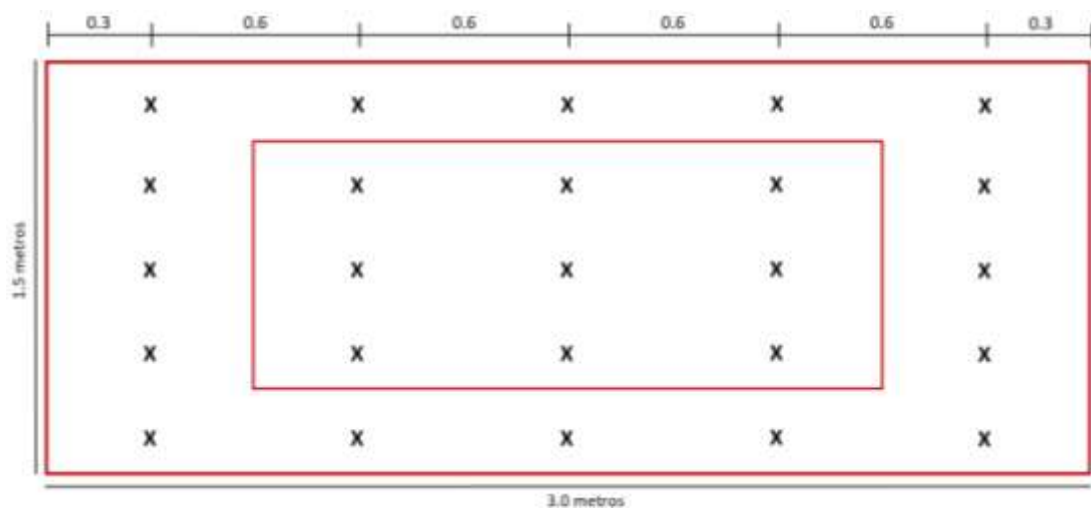
**Figura 3.** Unidad experimental del T<sub>2</sub>.



**Figura 4.** Unidad experimental del T<sub>3</sub>.

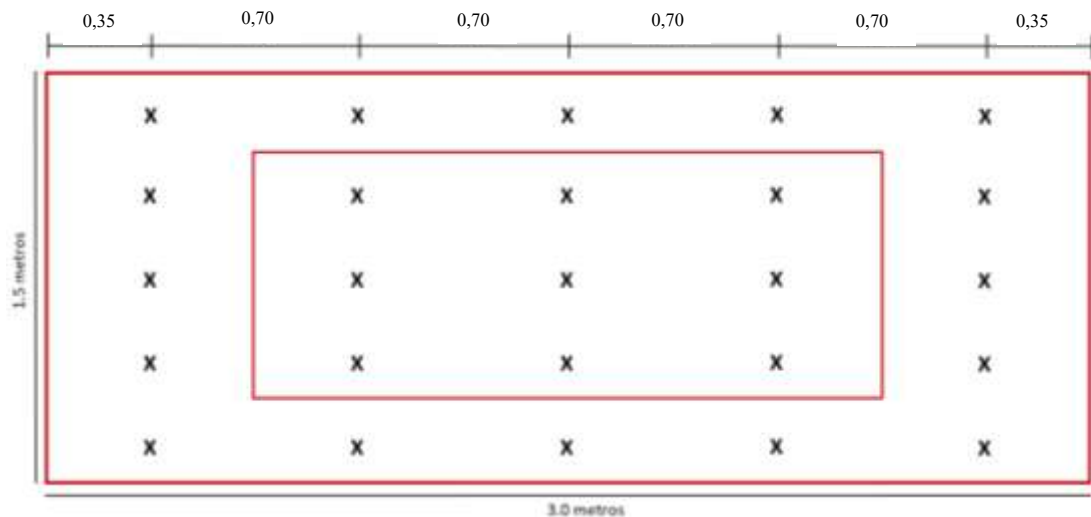
La cantidad de plantas evaluadas en el tratamiento 2 fue de 15 por bloque (**Figura 3**) y en total se evaluó 45 plantas para dicho tratamiento. La cantidad de plantas evaluadas en el tratamiento 3 fue de 12 por bloque (**Figura 4**) y en total se evaluó 36 plantas para dicho tratamiento.

La cantidad de plantas evaluadas en el tratamiento 4 fue de 9 por bloque (**Figura 5**) y en total se evaluó 27 plantas para dicho tratamiento. En el caso de que se observó todas las plantas que no emergieron de un hoyo, se anotó con una línea en el formato de registro de datos.



**Figura 5.** Unidad experimental del T<sub>4</sub>.

La cantidad de plantas evaluadas en el tratamiento 5 fue de 9 por bloque (**Figura 6**) y en total se evaluó 27 plantas para dicho tratamiento.



**Figura 6.** Unidad experimental del T<sub>5</sub>.

**Esquema del análisis de la varianza (ANVA).** Para contrastar la hipótesis considerada fue necesario el uso del análisis de la varianza (**Tabla 2**).

**Tabla 2.** Esquema del análisis de la varianza.

Fuente de variación	Grados de libertad
Bloques	$r - 1 = 3 - 1 = 2$
Densidad de siembra	$t - 1 = 5 - 1 = 4$
Error experimental	$(r - 1) * (t - 1) = 2 * 4 = 8$
Total	$rt - 1 = 3 * 5 - 1 = 14$

r: número de bloques; t: número de tratamientos.

**Modelo aditivo lineal.** Los efectos o la variable aleatoria (Y) medidas en las plantas del *C. ensiformis* por parte de los tratamientos aplicados (densidad de siembra) estuvieron expresados por el modelo matemático de la forma:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Siendo:

$Y_{ij}$  = Variable respuesta

$\mu$  = Media poblacional

$T_i$  = Efecto del tratamiento aplicado

$\beta_j$  = Efecto del factor bloque

$\epsilon_{ij}$  = Error experimental

### 3.2.3. Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento del cultivo de *C. ensiformis* en un suelo degradado

Se realizó la limpieza general del terreno donde se utilizó una desbrozadora con fines de realizar el corte de las gramíneas que predominaban mayormente, luego el machete con fines de realizar el corte pocas arbustivas existentes. Seguidamente se utilizó la cinta métrica de 30 m con la cual se delimitó cada bloque y unidad experimental colocando jalones en los extremos para delimitar los perímetros mediante el uso de la rafia; luego se realizó la colecta de los tallos de las plantas para poder alinear empelando una wincha de 5 m en base a las unidades experimentales. La siembra se realizó a mediados del mes de febrero en donde la época lluviosa se encontraba en los meses con mayor volumen de lluvias, encontrándose el suelo muy húmedo.

Para la siembra de las semillas se ha tenido que tener libre los puntos alineados realizando como un plateo con fines de colocar entre las filas restos del pasto

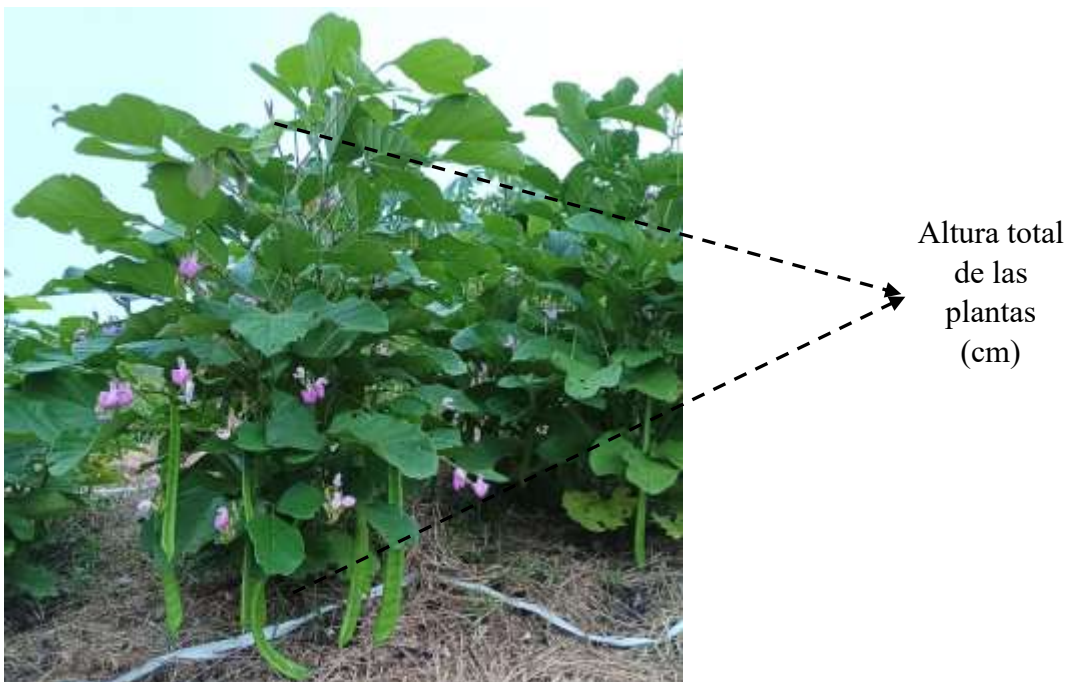
cortado para que no les impidiera emerger a las plántulas, luego se utilizó un azadón con la cual se removió ligeramente el suelo hasta una profundidad aproximada de 5,0 cm para que posteriormente se coloquen las semillas (cuatro semillas por hoyo) considerando los distanciamientos a probar en el estudio. Seguidamente se colocó letreros codificados con fines de diferenciar los tratamientos en estudio. El porcentaje de germinación de las semillas registró una media de 85,53 %, siendo distribuido en los tratamientos de la siguiente manera:

- T<sub>1</sub> : 80,16 %
- T<sub>2</sub> : 87,78 %
- T<sub>3</sub> : 93,06 %
- T<sub>4</sub> : 80,56 %
- T<sub>5</sub> : 86,11 %

Como parte del mantenimiento, se realizaron actividades de limpiezas generales de la parcela experimental en periodos mensuales utilizando el machete, específicamente antes de realizar las mediciones de las variables mencionar:

### 3.2.3.1. Altura total

El crecimiento de las plantas de *C. ensiformis* se determinó mediante mediciones realizadas a los 120 días posteriores a la siembra, en este tiempo transcurrido se les midió la altura máxima que alcanza una planta, siendo la unidad de medida utilizada en centímetros (**Figura 7**).



**Figura 7.** Diagrama similar a la medición realizada de la altura total.

### **3.2.3.2. Diámetro de copa**

Valor obtenido al realizar dos mediciones del ancho de la copa, dichas mediciones se realizaron considerando las orientaciones cardinales (Este a Oeste y de Norte a Sur) con la finalidad de obtener un valor promedio para esta variable; las mediciones se realizaron a los 120 días desde la siembra y para esto se utilizó una wincha de 5 m. Para el análisis de los datos se utilizó el valor promedio de las dos mediciones realizadas.

### **3.2.3.3. Cantidad de hojas por planta**

El conteo de la cantidad de hojas por planta se obtuvo mediante la observación directa, siendo el periodo de conteo a los 120 días posteriores a la siembra, para esto se escogió a la planta de mayor dimensión por cada grupo o golpe sembrado y se le contó la cantidad de hojas presente en dicha planta.

### **3.2.3.4. Cobertura del suelo**

La variable cobertura se determinó mediante evaluación visual y la unidad de medida fue expresada en porcentajes, para esto se elaboró un cuadrante con dimensiones de 1,0 m x 1,0 m (1,0 m<sup>2</sup>), dicho material estuvo dividido en cuadrículas con dimensiones de 0,20 m, para utilizarlo, se colocó sobre las plantas que se encontraban en el centro de cada unidad experimental y se realizó una proyección de cobertura del suelo contando los cuadrantes que se encontraban cubiertas por las hojas de *C. ensiformis* (Marengo y Espinoza, 2001) y se estimaba el porcentaje teniendo en consideración que si toda el área del cuadrante estuvo cubierta por el follaje de las plantas representaba un valor del 100 % de cobertura; la variable fue también evaluada a 120 días después de la siembra.

## **3.2.4. Efecto de la densidad de siembra en la producción del cultivo de *C. ensiformis* en un suelo degradado**

Para este objetivo se consideraron medir las siguientes variables:

### **3.2.4.1. Cantidad de vainas por planta**

Se realizó el conteo de todas las vainas que se encontraban en las plantas de la especie en estudio, esta actividad se realizó al final del experimento.

### **3.2.4.2. Cantidad de granos por planta**

Se procedió a secar las vainas cosechadas y posteriormente se le realizó un conteo del total de granos que se obtuvieron por cada planta.

### **3.2.4.3. Peso de 100 granos**

Se juntó al azar una cantidad de 100 granos y se les pesaron para obtener el peso respectivo, dicho procedimiento se realizó por cuatro veces con fines de obtener un valor promedio de los pesos.

#### **3.2.4.4. Peso de grano por parcela**

La cosecha de los frutos se realizó de manera manual, dicho producto cosechado fueron presecados a pleno sol, fueron trilladas para que posteriormente sean secadas hasta una humedad del 10% (Matías, 1996). Posteriormente se estimó la producción por hectárea.

#### **3.2.5. Comparación estadística de la producción del cultivo de *C. ensiformis* en diferentes densidades de siembra**

El análisis de los datos fue realizado mediante el análisis de la varianza (ANVA) y una vez que se obtuvo significancia estadística se realizó la comparación de medias de Duncan, todos sometidos a un 95% de confiabilidad con solo un 5% de error (Nivel de significancia). El software utilizado para el análisis estadístico fue el Ms Excel 2010.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento del cultivo de *C. ensiformis* en un suelo degradado

#### 4.1.1. Altura total de *C. ensiformis*

A los 120 días desde la siembra, las alturas promedio oscilan entre 37,24 cm y 44,40 cm, evidenciando un crecimiento moderado en el suelo degradado. El tratamiento 1 (0,30×0,30 m) presentó la mayor media (44,40 cm), aunque también el mayor coeficiente de variación (37,61%), indicando alta variabilidad entre repeticiones. El tratamiento 3 (0,50×0,30 m) mostró la media más baja (37,24 cm) y el menor coeficiente de variación (15,08%), reflejando mayor uniformidad en el crecimiento. Los tratamientos 2 y 4 presentaron valores intermedios y variabilidad moderada (**Tabla 3** y **Figura 8**). Resultados diferentes a lo reportado por Hernandez y Ojeda (2010) debido posiblemente a factores como la gradiente altitudinal ya que los autores sembraron a una altitud de 1 001 msnm y a esto se suma la distancia empleada que fue 1,0 m x 1,0 m, estos factores repercutieron en las plantas como la presencia de flores que ocurrió en el presente estudio en solamente 54 días desde la siembra, pero en el antecedente tuvo que transcurrir cerca a 90 días donde recién se observó algunos frutos y presencia de flores.

**Tabla 3.** Estadígrafos para la altura total de *C. ensiformis* por efecto de la densidad de siembra.

Tratamientos	Distancias (m)	N	Mínimo	Máximo	Media (cm)	EE	DE	CV (%)
T <sub>1</sub>	0,30*0,30	3	25,45	56,95	44,40	9,64	16,70	37,61
T <sub>2</sub>	0,40*0,30	3	32,68	50,53	39,36	5,62	9,74	24,74
T <sub>3</sub>	0,50*0,30	3	31,08	42,08	37,24	3,24	5,62	15,08
T <sub>4</sub>	0,60*0,30	3	31,19	48,89	39,66	5,12	8,87	22,37
T <sub>5</sub>	0,70*0,30	3	24,00	53,11	43,11	9,56	16,56	38,40

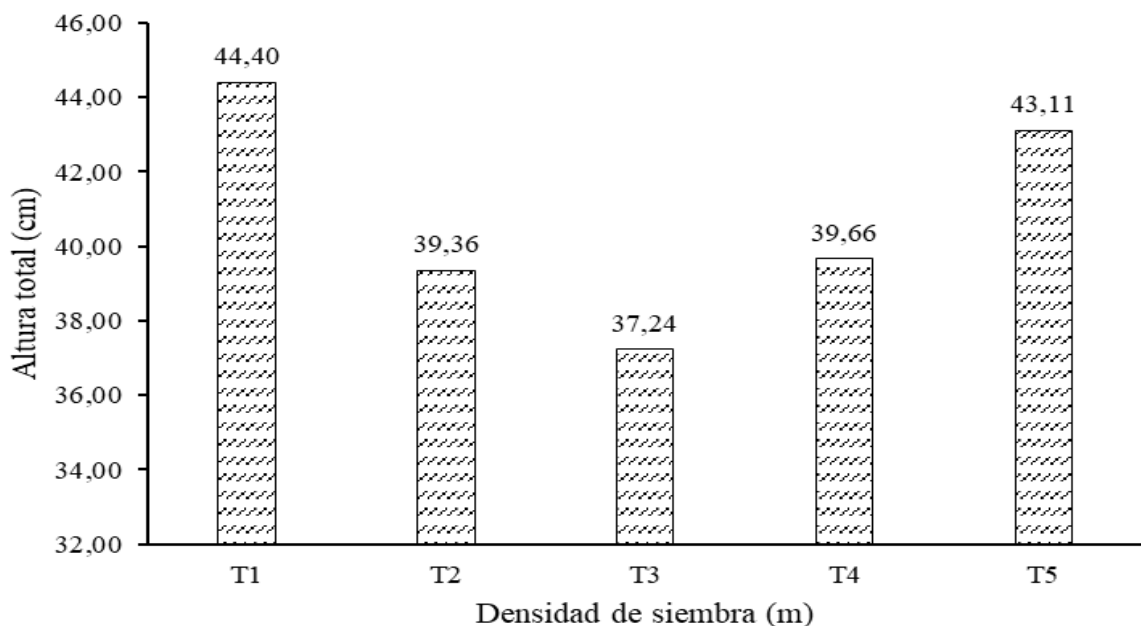
N: cantidad de bloques; EE: Error estándar; DE: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variación

De manera similar a lo observado en este estudio, Vargas et al. (2017) reportaron alturas que fluctuaron entre 32,82 y 53,98 cm, con una media de 43,4 cm a los 2,5 meses, valores que se encuentran próximos a los registrados en las densidades evaluadas, especialmente en el tratamiento T<sub>1</sub>. La similitud podría explicarse por la coincidencia en la

fase fenológica evaluada y por la capacidad de la especie para mantener tasas de crecimiento moderadas incluso en condiciones menos favorables. No obstante, el coeficiente de variación encontrado por Vargas et al. (2017) de 24,3% fue menor al de T<sub>1</sub>, lo que sugiere que en su estudio existió menor heterogeneidad ambiental o una mejor calidad del suelo.

A diferencia de lo encontrado por Navas y Celi (2024), quienes registraron una altura promedio de 136 cm a los 120 días, los valores del presente estudio fueron considerablemente inferiores. Esto podría deberse a diferencias marcadas en la fertilidad del suelo, dado que el presente experimento se desarrolló en un terreno degradado con limitaciones nutricionales. Asimismo, factores climáticos y de manejo, como disponibilidad hídrica y control de malezas, podrían haber reforzado estas diferencias.

Por su parte, Morales-Pablo et al. (2025) reportaron una altura media de 75,46 cm a los 2,5 meses, en una etapa en la cual ya se observaban flores, lo que indica un crecimiento más acelerado respecto al observado en esta investigación. Esta discrepancia puede atribuirse a mejores condiciones edáficas o climáticas en su estudio, así como a diferencias en la variedad o calidad fisiológica de las semillas empleadas. Marengo y Espinoza (2001) no encontraron diferencias significativas entre densidades de siembra, con alturas entre 92,06 y 93,86 cm, muy superiores a las registradas aquí. Esto sugiere que, en suelos fértiles o con buen manejo, la densidad de siembra tiene un efecto limitado en la altura, mientras que en suelos degradados como en el presente estudio, la altura parece estar más condicionada por la baja disponibilidad de recursos que por el arreglo espacial.



T<sub>1</sub>: 444 444 plantas/ha (0,3 m x 0,3 m); T<sub>2</sub>: 333 333 plantas/ha (0,4 m x 0,3 m); T<sub>3</sub>: 266 667 plantas/ha (0,5 m x 0,3 m); T<sub>4</sub>: 222 222 plantas/ha (0,6 m x 0,3 m) y T<sub>5</sub>: 190 476 plantas/ha (0,7 m x 0,3 m)

**Figura 8.** Altura total de *C. ensiformis* por efecto de la densidad de siembra.

Los bloques establecidos no afectaron de manera significativa a la altura total plantas de *C. ensiformis*; además, las densidades de siembra no repercutieron de manera significativa sobre la altura total (**Tabla 4**).

**Tabla 4.** Análisis de la varianza para la altura total de *C. ensiformis* por efecto de la densidad de siembra.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-value
Bloque	66,611	2	33,306	0,184	0,836 <sup>ns</sup>
Densidades de siembra	103,157	4	25,789	0,142	0,961 <sup>ns</sup>
Error experimental	1449,622	8	181,203		
Total	1619,390	14			

CV: 33,03 %. SC: Suma de cuadrados; GL: Grados de libertad; CM: Cuadrados medio; Fc: F calculado; P-value: P-valor. ns: No existen diferencias estadísticas significativas.

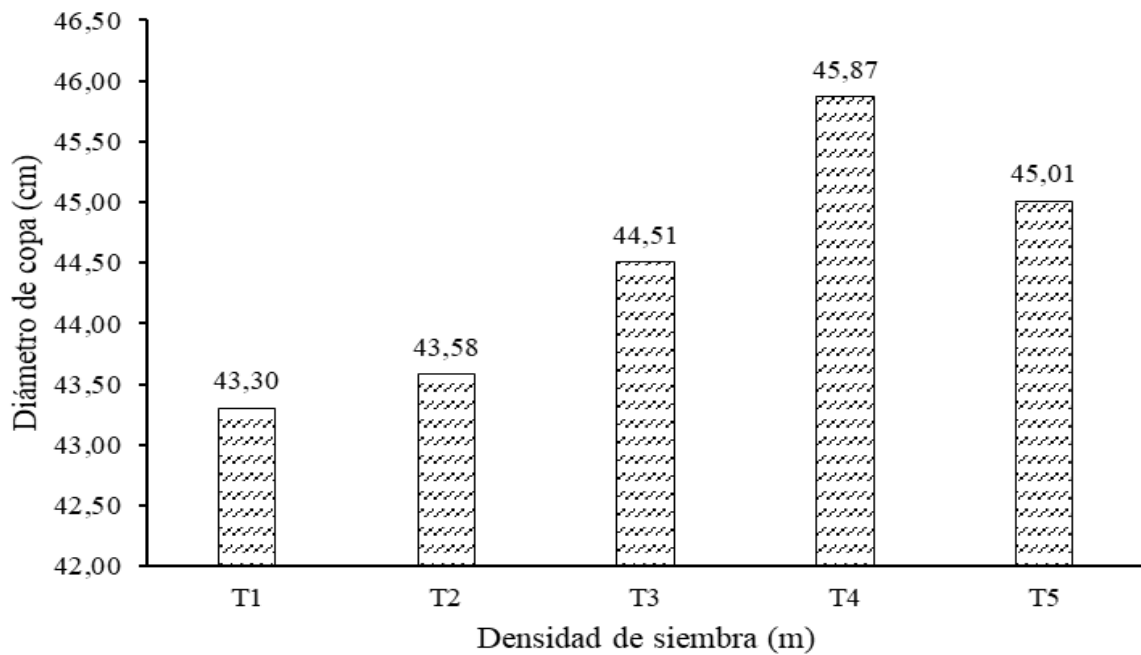
#### 4.1.2. Diámetro de copa de *C. ensiformis*

El diámetro de copa de *C. ensiformis* a los 120 días de la siembra, se registró que los promedios varían entre 43,30 cm y 45,87 cm, lo que indica que las plantas desarrollaron copas relativamente amplias incluso en condiciones de suelo degradado. El tratamiento 3 (0,50×0,30 m) mostró la mayor uniformidad, con la media de 44,51 cm y el coeficiente de variación más bajo (1,18%), evidenciando crecimiento muy homogéneo entre bloques. Los tratamientos 2 y 4 también presentaron medias altas (43,58 y 45,87 cm) y baja variabilidad (CV de 14,09% y 12,01%), lo que sugiere estabilidad en estas distancias de siembra. En contraste, los tratamientos 1 y 5 mostraron mayor variabilidad con coeficientes de variaciones de 25,00% y 27,43% respectivamente, indicando que densidades más altas o más amplias generan respuestas menos uniformes (**Tabla 5** y **Figura 9**).

**Tabla 5.** Estadígrafos para el diámetro de copa de *C. ensiformis* por efecto de la densidad de siembra.

Tratamientos	Distancias (m)	N	Mínimo	Máximo	Media (cm)	EE	DE	CV (%)
T <sub>1</sub>	0,30*0,30	3	30,94	51,07	43,30	6,25	10,83	25,00
T <sub>2</sub>	0,40*0,30	3	37,68	49,93	43,58	3,54	6,14	14,09
T <sub>3</sub>	0,50*0,30	3	44,06	45,08	44,51	0,30	0,52	1,18
T <sub>4</sub>	0,60*0,30	3	41,08	51,89	45,87	3,18	5,51	12,01
T <sub>5</sub>	0,70*0,30	3	30,81	53,22	45,01	7,13	12,35	27,43

N: cantidad de bloques; EE: Error estándar; DE: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variación



T<sub>1</sub>: 444 444 plantas/ha (0,3 m x 0,3 m); T<sub>2</sub>: 333 333 plantas/ha (0,4 m x 0,3 m); T<sub>3</sub>: 266 667 plantas/ha (0,5 m x 0,3 m); T<sub>4</sub>: 222 222 plantas/ha (0,6 m x 0,3 m) y T<sub>5</sub>: 190 476 plantas/ha (0,7 m x 0,3 m)

**Figura 9.** Diámetro de copa de *C. ensiformis* por efecto de la densidad de siembra.

Los bloques establecidos no afectaron de manera significativa al diámetro de copa en las plantas de *C. ensiformis*; además, las densidades de siembra no repercutieron de manera significativa sobre la variable mencionada (**Tabla 6**).

**Tabla 6.** Análisis de la varianza para el diámetro de copa de *C. ensiformis* por efecto de la densidad de siembra.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-value
Bloque	44,702	2	22,351	0,283	0,761 <sup>ns</sup>
Densidades de siembra	13,166	4	3,292	0,042	0,996 <sup>ns</sup>
Error experimental	631,245	8	78,906		
Total	689,114	14			

CV: 19,98 %. SC: Suma de cuadrados; GL: Grados de libertad; CM: Cuadrados medio; Fc: F calculado; P-value: P-valor. ns: No existen diferencias estadísticas significativas.

#### 4.1.3. Cantidad de hojas por planta de *C. ensiformis*

La cantidad de hojas que presentaban las plantas de *C. ensiformis* con una edad de 120 días desde la siembra, registraron medias similares entre tratamientos, fluctuando los promedios en 8 hojas, lo que indica que la densidad no afecta de manera marcada la producción foliar. El tratamiento 3 conformado por el distanciamiento de 0,50 m ×

0,30 m presenta la menor variabilidad, con un coeficiente de variación del 7,86% y una desviación estándar baja, lo que refleja un crecimiento más uniforme del follaje. Respecto a los tratamientos 2, 4 y 5, muestran mayor variabilidad donde el coeficiente de variación fluctuó entre 21,99% y 27,53 %, evidenciando respuestas menos homogéneas dentro de cada distancia de siembra. El tratamiento 1 también presenta variabilidad moderada con un valor de 15,76 % (Tabla 7 y Figura 10).

De manera similar a los valores promedio obtenidos en este estudio, Vargas et al. (2017) reportaron, a los 2,5 meses desde la siembra, entre 6 y 14 hojas por planta, con una media de 10 hojas y un coeficiente de variación del 38,80 %. Aunque sus valores medios fueron ligeramente superiores a los aquí registrados, existe coincidencia en que la especie presenta una producción moderada de hojas durante las primeras etapas de desarrollo. Las diferencias observadas podrían explicarse por condiciones edáficas más favorables en el estudio de Vargas et al., además de la diferencia en edad de las plantas, ya que sus datos corresponden a una fase más temprana del crecimiento.

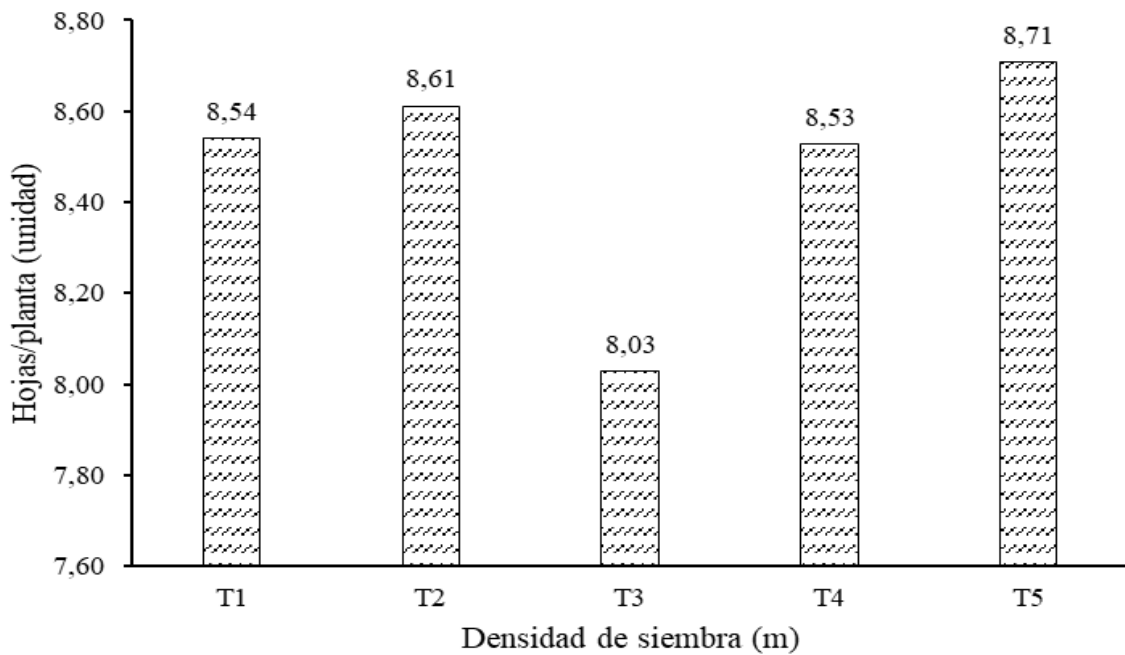
A diferencia de los resultados del presente estudio (Tabla 7 y Figura 10), Morales-Pablo et al. (2025) registraron una producción significativamente mayor, con una media de 23 hojas por planta a los 2,5 meses. Esta marcada discrepancia sugiere que las condiciones ambientales y del suelo en dicho estudio fueron sustancialmente mejores que en el suelo degradado evaluado. Morales-Pablo et al. también observaron la aparición de flores en las plantas, lo cual podría estar asociado a un mayor vigor vegetativo, posiblemente favorecido por mayor disponibilidad de nutrientes, mejor estructura del suelo o un manejo agronómico más eficiente.

**Tabla 7.** Estadígrafos para la cantidad de hojas por planta de *C. ensiformis* por efecto de la densidad de siembra.

Tratam.	Distancia (m)	N	Mínimo	Máximo	Media (hoja/planta)	EE	DE	CV (%)
T <sub>1</sub>	0,30*0,30	3	7,05	9,67	8,54	0,78	1,35	15,76
T <sub>2</sub>	0,40*0,30	3	7,00	11,33	8,61	1,37	2,37	27,53
T <sub>3</sub>	0,50*0,30	3	7,58	8,75	8,03	0,36	0,63	7,86
T <sub>4</sub>	0,60*0,30	3	7,17	10,67	8,53	1,08	1,88	21,99
T <sub>5</sub>	0,70*0,30	3	6,13	10,11	8,71	1,29	2,24	25,72

N: cantidad de bloques; EE: Error estándar; DE: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variación

T<sub>1</sub>: 444 444 plantas/ha (0,3 m x 0,3 m); T<sub>2</sub>: 333 333 plantas/ha (0,4 m x 0,3 m); T<sub>3</sub>: 266 667 plantas/ha (0,5 m x 0,3 m); T<sub>4</sub>: 222 222 plantas/ha (0,6 m x 0,3 m) y T<sub>5</sub>: 190 476 plantas/ha (0,7 m x 0,3 m)



T<sub>1</sub>: 444 444 plantas/ha (0,3 m x 0,3 m); T<sub>2</sub>: 333 333 plantas/ha (0,4 m x 0,3 m); T<sub>3</sub>: 266 667 plantas/ha (0,5 m x 0,3 m); T<sub>4</sub>: 222 222 plantas/ha (0,6 m x 0,3 m) y T<sub>5</sub>: 190 476 plantas/ha (0,7 m x 0,3 m)

**Figura 10.** Cantidad de hojas por planta de *C. ensiformis* por efecto de la densidad de siembra.

Los bloques establecidos no afectaron de manera significativa en la cantidad de hojas de las plantas de *C. ensiformis*; además, las densidades de siembra no repercutieron de manera significativa sobre la variable señalada (**Tabla 8**).

**Tabla 8.** Análisis de la varianza para la cantidad de hojas por planta de *C. ensiformis* por efecto de la densidad de siembra.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-value
Bloque	0,930	2	0,465	0,117	0,891 <sup>ns</sup>
Densidades de siembra	0,839	4	0,210	0,053	0,994 <sup>ns</sup>
Error experimental	31,798	8	3,975		
Total	33,566	14			

CV: 23,50 %. SC: Suma de cuadrados; GL: Grados de libertad; CM: Cuadrados medio; Fc: F calculado; P-value: P-valor. ns: No existen diferencias estadísticas significativas.

#### 4.1.4. Cobertura del suelo de *C. ensiformis*

Respecto a los estadígrafos de la cobertura del suelo por *C. ensiformis* a los 120 días bajo diferentes densidades de siembra, se registró que, las coberturas promedio varían notablemente entre tratamientos, desde 51,67 % hasta 86,67 %. Al considerar el

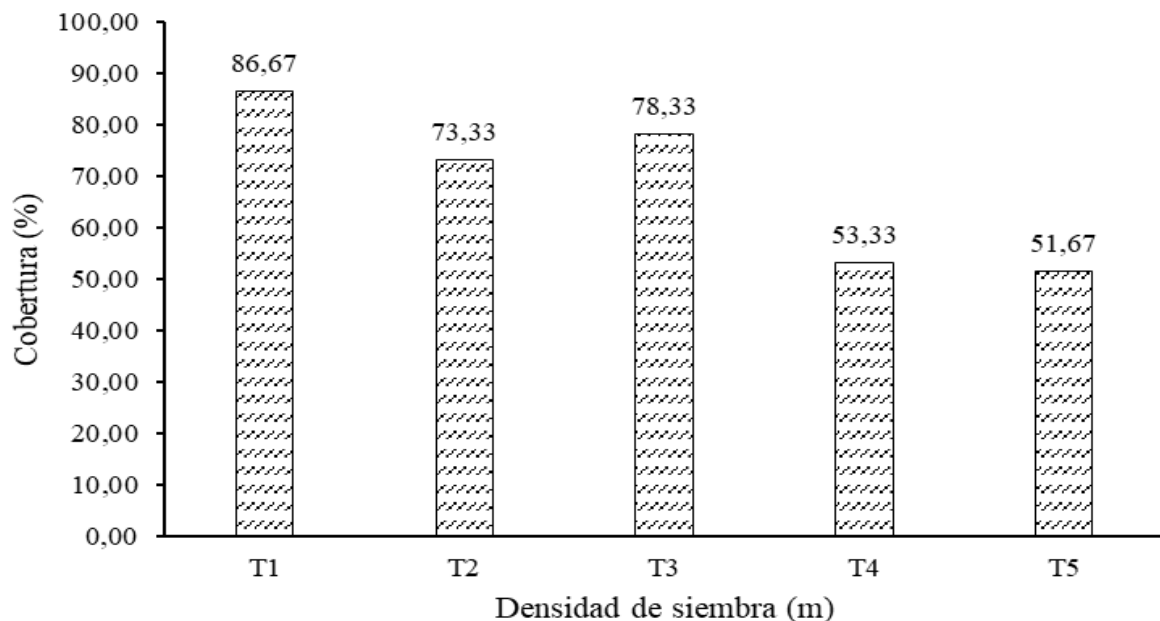
tratamiento 1 (0,30×0,30 m) se registró mayor cobertura con una media del 86,67 % y un coeficiente de variación muy bajo igual a 3,33%, lo que ratifica una alta uniformidad en la respuesta. Los tratamientos 2 y 3 muestran coberturas intermedias de 73,33 % y 78,33 %, también con baja variabilidad, lo que sugiere que densidades moderadas mantienen una buena eficiencia de cobertura. Mientras que, los tratamientos 4 y 5, correspondientes a espaciamientos más amplios, presentan las coberturas más bajas con medias de 53,33 % y 51,67 % respectivamente y, particularmente en el tratamiento 5 hubo mayor variabilidad con un coeficiente de variación igual a 14,78 % (Tabla 9 y Figura 11).

**Tabla 9.** Estadígrafos para la cobertura del suelo de *C. ensiformis* por efecto de la densidad de siembra.

Tratamientos	Distancias (m)	N	Mínimo	Máximo	Media (%)	EE	DE	CV (%)
T <sub>1</sub>	0,30*0,30	3	85,00	90,00	86,67	1,67	2,89	3,33
T <sub>2</sub>	0,40*0,30	3	70,00	75,00	73,33	1,67	2,89	3,94
T <sub>3</sub>	0,50*0,30	3	75,00	80,00	78,33	1,67	2,89	3,69
T <sub>4</sub>	0,60*0,30	3	50,00	55,00	53,33	1,67	2,89	5,41
T <sub>5</sub>	0,70*0,30	3	45,00	60,00	51,67	4,41	7,64	14,78

N: cantidad de bloques; EE: Error estándar; DE: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variación

T<sub>1</sub>: 444 444 plantas/ha (0,3 m x 0,3 m); T<sub>2</sub>: 333 333 plantas/ha (0,4 m x 0,3 m); T<sub>3</sub>: 266 667 plantas/ha (0,5 m x 0,3 m); T<sub>4</sub>: 222 222 plantas/ha (0,6 m x 0,3 m) y T<sub>5</sub>: 190 476 plantas/ha (0,7 m x 0,3 m)



T<sub>1</sub>: 444 444 plantas/ha (0,3 m x 0,3 m); T<sub>2</sub>: 333 333 plantas/ha (0,4 m x 0,3 m); T<sub>3</sub>: 266 667 plantas/ha (0,5 m x 0,3 m); T<sub>4</sub>: 222 222 plantas/ha (0,6 m x 0,3 m) y T<sub>5</sub>: 190 476 plantas/ha (0,7 m x 0,3 m)

**Figura 11.** Cobertura del suelo de *C. ensiformis* por efecto de la densidad de siembra.

Los bloques establecidos no afectaron de manera significativa a la cobertura del suelo por parte de las plantas de *C. ensiformis*; por otra parte, las densidades de siembra repercutieron de manera significativa sobre la el área cubierta por la proyección de la copa de las plantas (**Tabla 10**).

**Tabla 10.** Análisis de la varianza para la cobertura del suelo de *C. ensiformis* por efecto de la densidad de siembra.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-value
Bloque	3,333	2	1,667	0,074	0,929 <sup>ns</sup>
Densidades de siembra	2890,000	4	722,500	32,111	<0,001**
Error experimental	180,000	8	22,500		
Total	3073,333	14			

CV: 6,91 %. SC: Suma de cuadrados; GL: Grados de libertad; CM: Cuadrados medio; Fc: F calculado; P-value: P-valor. ns: No existen diferencias estadísticas significativas; \*\*: Existen alta diferencias estadísticas significativas.

*C. ensiformis* establecida a una densidad de 0,30 m x 0,30 m repercutió en mayor medida sobre la cobertura del suelo degradado, mientras que las plantas sembradas a menores densidades como 0,60 m x 0,30 m y 0,70 m x 0,30 m lograron tener menor cantidad de área cubierta (**Tabla 11**). De manera similar, Marengo y Espinoza (2001) reportaron que la cobertura disminuye a medida que aumenta el distanciamiento entre plantas, donde, la mayor cobertura (42,86%) se obtuvo con el distanciamiento más estrecho (25 × 50 cm), mientras que valores menores se registraron en distancias más amplias (36,20% y 32,13%); aunque los porcentajes obtenidos por estos autores son inferiores al del estudio, la tendencia es coincidente; esta diferencia podría explicarse por variaciones ambientales, como el tipo de suelo (Sherasia et al., 2017), nivel de degradación y la disponibilidad hídrica.

**Tabla 11.** Comparación de medias para la cobertura del suelo de *C. ensiformis* por efecto de la densidad de siembra.

Tratamientos	Densidad (plantas/ha)	Bloques	Media (%)	Subconjuntos
T <sub>1</sub> (0,30 m x 0,30 m)	444 444	3	86,67	a
T <sub>2</sub> (0,40 m x 0,30 m)	333 333	3	73,33	b
T <sub>3</sub> (0,50 m x 0,30 m)	266 667	3	78,33	ab
T <sub>4</sub> (0,60 m x 0,30 m)	222 222	3	53,33	c
T <sub>5</sub> (0,70 m x 0,30 m)	190 476	3	51,67	c

Letras distintas ratifican la significancia estadística entre tratamientos utilizados.

## 4.2. Efecto de la densidad de siembra en la producción del cultivo de *C. ensiformis* en un suelo degradado

### 4.2.1. Cantidad de vainas por planta de *C. ensiformis*

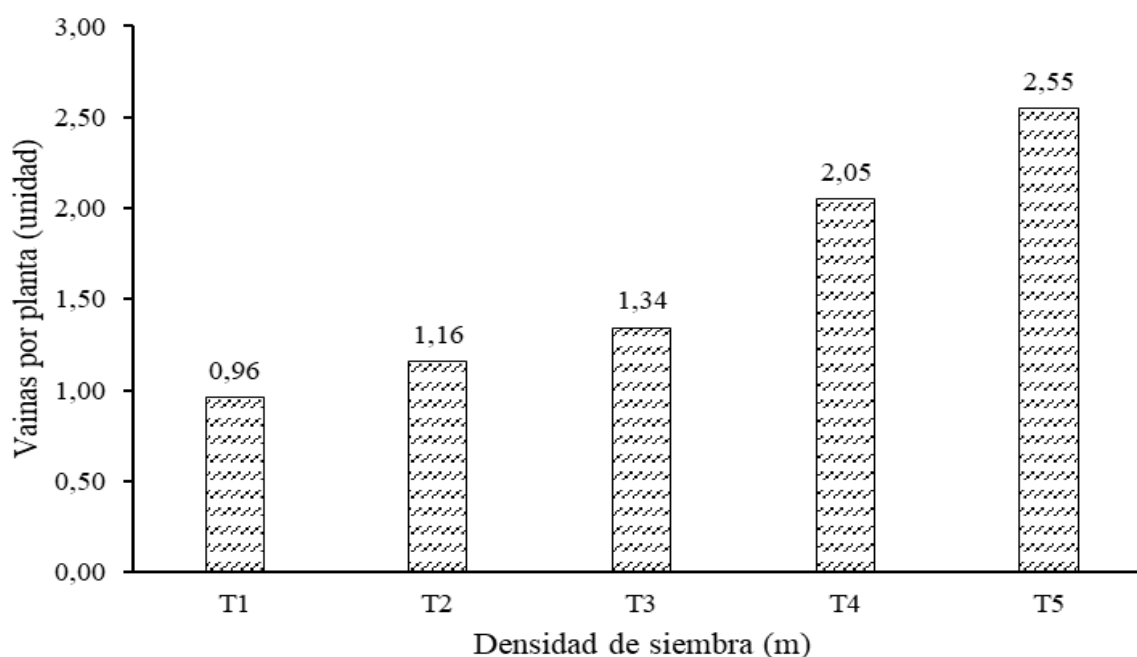
Analizando los estadígrafos del número de vainas por planta de *C. ensiformis* en distintas densidades de siembra, se tiene un incremento progresivo en la media a medida que la distancia entre plantas aumenta: desde 1 vaina en el tratamiento 1 (0,30×0,30 m) hasta 3 vainas en el tratamiento 5 (0,70×0,30 m); esto sugiere que la menor competencia por espacio y recursos en densidades más amplias favorece la formación de vainas. El tratamiento 3 destaca por su alta uniformidad, con un coeficiente de variación muy bajo igual a 1,82 %, mientras que el tratamiento 5 presenta la mayor variabilidad con 24,89 %, indicando respuestas menos homogéneas entre plantas. Los tratamientos 4 y 5, con distancias más amplias, registran las medias más altas igual a 2 y 3 vainas respectivamente, evidenciando que el espaciamiento amplio favorece el rendimiento reproductivo por planta (**Tabla 12** y **Figura 12**). De manera similar, Navas y Celi (2024) reportaron una mayor formación de vainas cuando las plantas fueron manejadas en distancias más amplias (1,5 m entre plantas × 2,0 m entre filas), alcanzando en promedio 5 vainas por planta a los 120 días. Si bien estos valores superan ampliamente los del presente estudio, la tendencia coincide: densidades bajas permiten un mayor desarrollo reproductivo individual. Las diferencias pueden explicarse por condiciones ambientales más favorables en su estudio, especialmente un suelo con mayor fertilidad, menor degradación o mayor disponibilidad hídrica; además, la mayor distancia utilizada por dichos autores reduce prácticamente toda competencia intraespecífica, lo que promueve un crecimiento más vigoroso y una mayor asignación de recursos a la formación de frutos.

**Tabla 12.** Estadígrafos para la cantidad de vainas por planta de *C. ensiformis* por efecto de la densidad de siembra.

Tratam.	Distancia (m)	N	Mínimo	Máximo	Media (vaina/planta)	EE	DE	CV (%)
T <sub>1</sub>	0,30*0,30	3	0,87	1,11	0,96	0,08	0,13	13,61
T <sub>2</sub>	0,40*0,30	3	0,95	1,31	1,16	0,11	0,19	16,02
T <sub>3</sub>	0,50*0,30	3	1,32	1,37	1,34	0,01	0,02	1,82
T <sub>4</sub>	0,60*0,30	3	1,92	2,16	2,05	0,07	0,12	5,98
T <sub>5</sub>	0,70*0,30	3	2,17	3,28	2,55	0,37	0,63	24,89

N: cantidad de bloques; EE: Error estándar; DE: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variación

T<sub>1</sub>: 444 444 plantas/ha (0,3 m x 0,3 m); T<sub>2</sub>: 333 333 plantas/ha (0,4 m x 0,3 m); T<sub>3</sub>: 266 667 plantas/ha (0,5 m x 0,3 m); T<sub>4</sub>: 222 222 plantas/ha (0,6 m x 0,3 m) y T<sub>5</sub>: 190 476 plantas/ha (0,7 m x 0,3 m)



T<sub>1</sub>: 444 444 plantas/ha (0,3 m x 0,3 m); T<sub>2</sub>: 333 333 plantas/ha (0,4 m x 0,3 m); T<sub>3</sub>: 266 667 plantas/ha (0,5 m x 0,3 m); T<sub>4</sub>: 222 222 plantas/ha (0,6 m x 0,3 m) y T<sub>5</sub>: 190 476 plantas/ha (0,7 m x 0,3 m)

**Figura 12.** Cantidad de vainas por planta de *C. ensiformis* por efecto de la densidad de siembra.

Los bloques establecidos no afectaron de manera significativa a la cantidad de vainas producidas por plantas de *C. ensiformis*; por otra parte, las densidades de siembra repercutieron de manera significativa sobre la cantidad de vainas encontradas en las plantas (**Tabla 13**).

**Tabla 13.** Análisis de la varianza para la cantidad de vainas por planta de *C. ensiformis* por efecto de la densidad de siembra.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-value
Bloque	0,185	2	0,092	0,978	0,417 <sup>ns</sup>
Densidades de siembra	5,326	4	1,332	14,120	0,001**
Error experimental	0,754	8	0,094		
Total	6,265	14			

CV: 19,05 %. SC: Suma de cuadrados; GL: Grados de libertad; CM: Cuadrados medio; Fc: F calculado; P-value: P-valor. ns: No existen diferencias estadísticas significativas; \*\*: Existen alta diferencias estadísticas significativas.

*C. ensiformis* establecida a menores densidades de siembra como son 0,70 m x 0,30 m y 0,60 m x 0,30 m repercutieron en mayor promedio sobre la cantidad de vainas por planta en un suelo degradado, mientras que las plantas sembradas a mayores

densidades lograron tener menor cantidad de vainas producidas (**Tabla 14**), resultados acorde a Matías (1996), quien probó distanciamientos entre plantas de 25, 50, 75, 100 y 125 cm, manteniendo una distancia entre filas de 70 cm, aunque también resalta que cuando es mucho la distancia entre plantas así como elevada densidad de plantas la producción de vainas se ve limitado, concluyendo que se debe buscar un distanciamiento adecuado entre plantas y se tienen que considerar variables intervinientes como las condiciones del suelo o las labores agrícolas como su nutrición de las plantas que son de mucha importancia para elevar los rendimientos.

**Tabla 14.** Comparación de medias para la cantidad de vainas por planta de *C. ensiformis* por efecto de la densidad de siembra.

Tratamiento	Bloques	Media (Vainas/planta)	Subconjunto
T <sub>5</sub> (0,70 m x 0,30 m)	3	2,55	a
T <sub>4</sub> (0,60 m x 0,30 m)	3	2,05	a
T <sub>3</sub> (0,50 m x 0,30 m)	3	1,34	b
T <sub>2</sub> (0,40 m x 0,30 m)	3	1,16	b
T <sub>1</sub> (0,30 m x 0,30 m)	3	0,96	b

Letras distintas ratifican la significancia estadística entre tratamientos utilizados.

#### 4.2.2. Cantidad de granos por planta de *C. ensiformis*

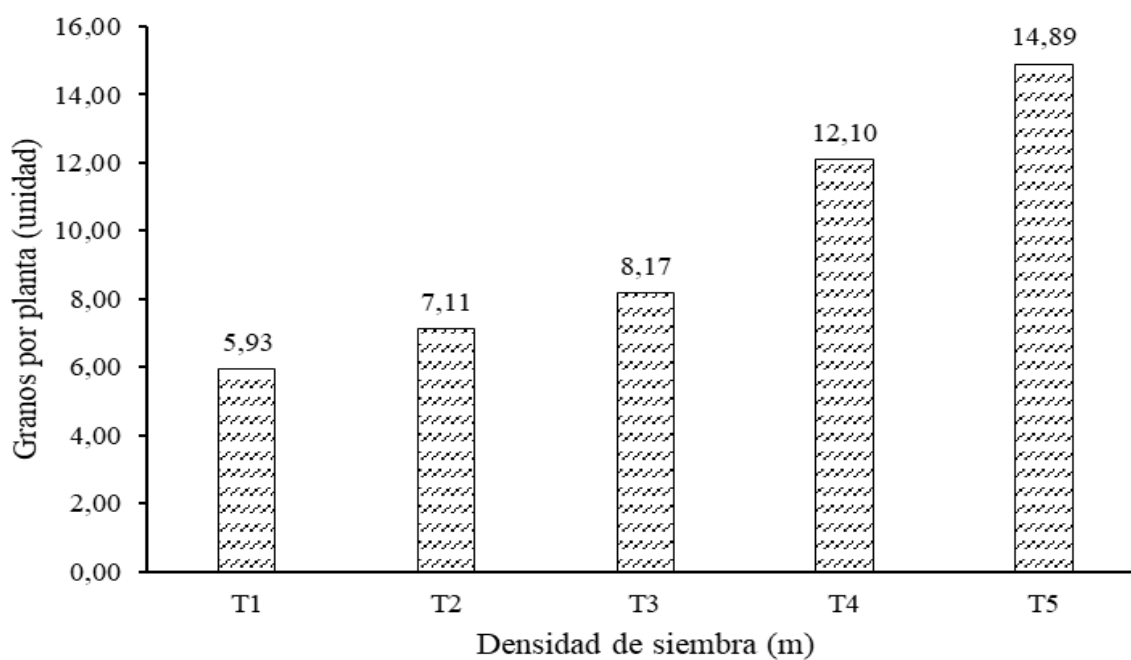
Los estadígrafos del número de granos por planta de *C. ensiformis* bajo diferentes densidades de siembra, registra que, la cantidad de granos aumenta conforme se incrementa el espaciamiento entre plantas, siendo el tratamiento 1 (0,30×0,30 m) la que registró la media más baja igual a 5,93 granos, mientras que el tratamiento 5 (0,70×0,30 m) alcanzó la mayor producción individual con una media de 14,89 granos, evidenciando que la menor competencia por luz, nutrientes y agua favorece el rendimiento reproductivo. El tratamiento 3 destaca por su notable uniformidad, con un coeficiente de variación muy reducido de tan solo 2,04 %, lo que indica estabilidad en la respuesta. Caso contrario, el tratamiento 5 presentó la mayor variabilidad con un valor de 23,94%, lo que sugiere diferencias marcadas entre plantas dentro del mismo tratamiento (**Tabla 15** y **Figura 13**). Resultados superiores lo reportan Navas y Celi (2024) que distanció la plantación de 1,5 m entre plantas y 2,0 m entre filas, luego de una edad de 120 días desde la siembra, las plantas obtuvieron en promedio 51,50 granos por planta, esta variación pudo atribuirse a su comportamiento de trepador de esta especie y la planta suele ser más grande.

**Tabla 15.** Estadígrafos para la cantidad de granos por planta de *C. ensiformis* por efecto de la densidad de siembra.

Tratam.	Distancia (m)	N	Mínimo	Máximo	Media (grano/planta)	EE	DE	CV (%)
T <sub>1</sub>	0,30*0,30	3	5,48	6,70	5,93	0,39	0,67	11,28
T <sub>2</sub>	0,40*0,30	3	6,00	8,00	7,11	0,59	1,02	14,32
T <sub>3</sub>	0,50*0,30	3	8,00	8,33	8,17	0,10	0,17	2,04
T <sub>4</sub>	0,60*0,30	3	11,22	12,75	12,10	0,46	0,79	6,53
T <sub>5</sub>	0,70*0,30	3	12,67	19,00	14,89	2,06	3,56	23,94

N: cantidad de bloques; EE: Error estándar; DE: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variación

T<sub>1</sub>: 444 444 plantas/ha (0,3 m x 0,3 m); T<sub>2</sub>: 333 333 plantas/ha (0,4 m x 0,3 m); T<sub>3</sub>: 266 667 plantas/ha (0,5 m x 0,3 m); T<sub>4</sub>: 222 222 plantas/ha (0,6 m x 0,3 m) y T<sub>5</sub>: 190 476 plantas/ha (0,7 m x 0,3 m)



T<sub>1</sub>: 444 444 plantas/ha (0,3 m x 0,3 m); T<sub>2</sub>: 333 333 plantas/ha (0,4 m x 0,3 m); T<sub>3</sub>: 266 667 plantas/ha (0,5 m x 0,3 m); T<sub>4</sub>: 222 222 plantas/ha (0,6 m x 0,3 m) y T<sub>5</sub>: 190 476 plantas/ha (0,7 m x 0,3 m)

**Figura 13.** Cantidad de granos por planta de *C. ensiformis* por efecto de la densidad de siembra.

Los bloques establecidos no afectaron de manera significativa a la cantidad de granos cosechados por plantas de *C. ensiformis*, por otra parte, las densidades de siembra repercutieron de manera significativa sobre la cantidad de granos encontradas en las plantas. Además los datos obtenidos para la variable cantidad de granos por planta presentaron datos homogéneos debido a que el coeficiente de variación obtuvo un valor del 18,02 % (Tabla 16).

**Tabla 16.** Análisis de la varianza para la cantidad de granos por planta de *C. ensiformis* por efecto de la densidad de siembra.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-value
Bloque	5,527	2	2,763	0,915	0,439 <sup>ns</sup>
Densidades de siembra	167,786	4	41,947	13,893	0,001**
Error experimental	24,153	8	3,019		
Total	197,466	14			

CV: 18,02 %. SC: Suma de cuadrados; GL: Grados de libertad; CM: Cuadrados medio; Fc: F calculado; P-value: P-valor. ns: No existen diferencias estadísticas significativas; \*\*: Existen alta diferencias estadísticas significativas.

*C. ensiformis* establecida a menores densidades de siembra como son 0,70 m x 0,30 m y 0,60 m x 0,30 m repercutieron en mayor promedio sobre la cantidad de granos por planta en un suelo degradado, mientras que las plantas sembradas a mayores densidades lograron tener menor cantidad de granos producidos por planta (**Tabla 17**).

**Tabla 17.** Comparación de medias para la cantidad de granos por planta de *C. ensiformis* por efecto de la densidad de siembra.

Tratamiento	Bloque	Media (granos/planta)	Subconjunto
T <sub>5</sub> (0,70 m x 0,30 m)	3	14,89	a
T <sub>4</sub> (0,60 m x 0,30 m)	3	12,10	a
T <sub>3</sub> (0,50 m x 0,30 m)	3	8,17	b
T <sub>2</sub> (0,40 m x 0,30 m)	3	7,11	b
T <sub>1</sub> (0,30 m x 0,30 m)	3	5,93	b

Letras distintas ratifican la significancia estadística entre tratamientos utilizados.

#### 4.2.3. Peso de 100 granos de *C. ensiformis*

El peso de 100 granos de *C. ensiformis* mostró variaciones asociadas a la densidad de siembra, se observa una tendencia a incrementar el peso de los granos conforme aumentó la distancia entre plantas; el tratamiento 5 (0,70×0,30 m) presentó el mayor valor promedio igual a 158,33 g, así como el máximo registrado (160 g), evidenciando que densidades más bajas favorecieron el llenado de grano. Otros casos diferentes como el tratamiento 2 (0,40×0,30 m), obtuvo el promedio más bajo igual a 141,67 g y mostró la mayor variabilidad con un coeficiente de variación igual a 2,16 %, lo que indica menor uniformidad en este espaciamiento. Los tratamientos 1 y 3 registraron medias similares (144,67 g), con

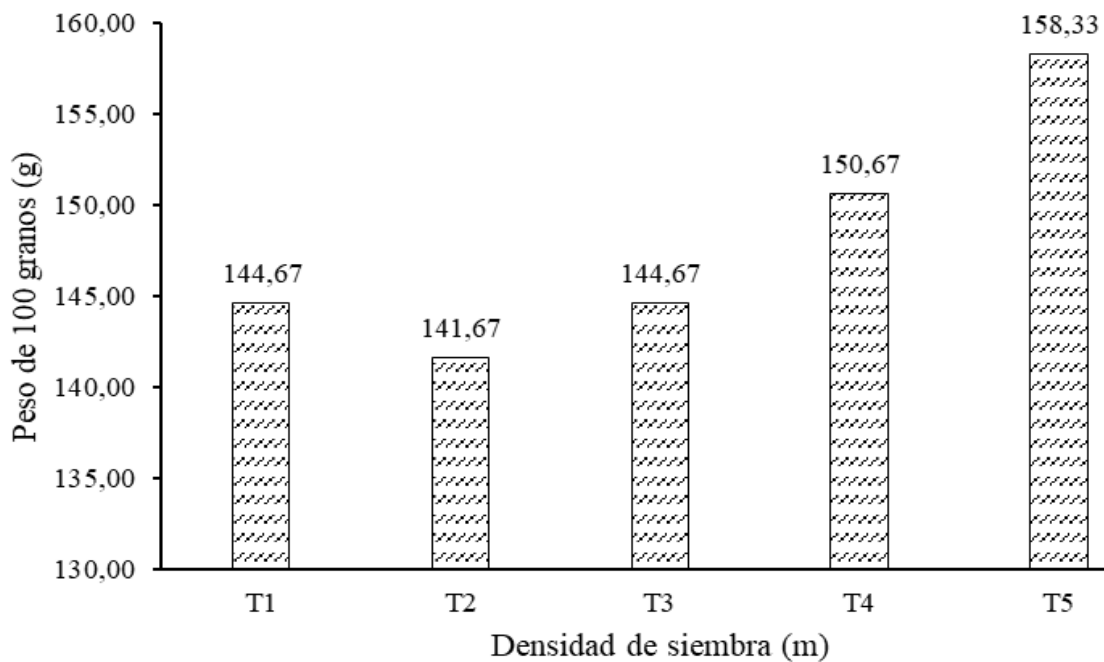
coeficientes de variación bajos, reflejando estabilidad en estas densidades intermedias, y el tratamiento 4 también mostró un buen comportamiento, con un promedio de 150,67 g y variabilidad mínima (**Tabla 18** y **Figura 14**). Resultados superiores lo encontraron Ortiz *et al.* (2005) donde 100 semillas llegó a pesar 180 gramos, esto pudo atribuirse a que los granos fueron más grandes a consecuencia de que las plantas se encontraban sembradas a distancias de 1,50 x 1,50 m así como las mejores condiciones de suelo por ser un terreno plano respecto al terreno de pendiente que fue donde se desarrolló el presente estudio.

**Tabla 18.** Estadígrafos para el peso de 100 granos de *C. ensiformis* por efecto de la densidad de siembra.

Tratamientos	Distancias (m)	N	Mínimo	Máximo	Media (g)	EE	DE	CV (%)
T <sub>1</sub>	0,30*0,30	3	144,00	145,00	144,67	0,33	0,58	0,40
T <sub>2</sub>	0,40*0,30	3	139,00	145,00	141,67	1,76	3,06	2,16
T <sub>3</sub>	0,50*0,30	3	143,00	147,00	144,67	1,20	2,08	1,44
T <sub>4</sub>	0,60*0,30	3	150,00	152,00	150,67	0,67	1,15	0,77
T <sub>5</sub>	0,70*0,30	3	155,00	160,00	158,33	1,67	2,89	1,82

N: cantidad de bloques; EE: Error estándar; DE: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variación

T<sub>1</sub>: 444 444 plantas/ha (0,3 m x 0,3 m); T<sub>2</sub>: 333 333 plantas/ha (0,4 m x 0,3 m); T<sub>3</sub>: 266 667 plantas/ha (0,5 m x 0,3 m); T<sub>4</sub>: 222 222 plantas/ha (0,6 m x 0,3 m) y T<sub>5</sub>: 190 476 plantas/ha (0,7 m x 0,3 m)



T<sub>1</sub>: 444 444 plantas/ha (0,3 m x 0,3 m); T<sub>2</sub>: 333 333 plantas/ha (0,4 m x 0,3 m); T<sub>3</sub>: 266 667 plantas/ha (0,5 m x 0,3 m); T<sub>4</sub>: 222 222 plantas/ha (0,6 m x 0,3 m) y T<sub>5</sub>: 190 476 plantas/ha (0,7 m x 0,3 m)

**Figura 14.** Peso de 100 granos de *C. ensiformis* por efecto de la densidad de siembra.

Los bloques establecidos no afectaron de manera significativa al valor del peso de 100 semillas de *C. ensiformis*; por otra parte, las densidades de siembra repercutieron de manera significativa sobre la variable indicada (**Tabla 19**).

**Tabla 19.** Análisis de la varianza para el peso de 100 granos de *C. ensiformis* por efecto de la densidad de siembra.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-value
Bloque	12,400	2	6,200	1,420	0,297 <sup>ns</sup>
Densidades de siembra	528,667	4	132,167	30,267	<0,001**
Error experimental	34,933	8	4,367		
Total	576,000	14			

CV: 1,41 %. SC: Suma de cuadrados; GL: Grados de libertad; CM: Cuadrados medio; Fc: F calculado; P-value: P-valor. ns: No existen diferencias estadísticas significativas; \*\*: Existen alta diferencias estadísticas significativas.

La especie *C. ensiformis* establecida a menor densidad de siembra como es 0,70 m x 0,30 m repercutió en mayor promedio sobre el peso de 100 granos al sembrarlas en degradado, mientras que las plantas sembradas a mayores densidades lograron granos con menores pesos (**Tabla 20**), estos resultados concuerdan en cierta medida a lo encontrado por Matías (1996), quien ratifica que las plantas más distanciadas como 50, 75 y 100 cm manteniendo las hileras en 70 cm suelen favorecer a la producción de semillas de esta especie.

**Tabla 20.** Comparación de medias para el peso de 100 granos de *C. ensiformis* por efecto de la densidad de siembra.

Tratamiento	Bloques	Media (g)	Subconjuntos
T <sub>5</sub> (0,70 m x 0,30 m)	3	158,33	a
T <sub>4</sub> (0,60 m x 0,30 m)	3	150,67	b
T <sub>1</sub> (0,30 m x 0,30 m)	3	144,67	c
T <sub>3</sub> (0,50 m x 0,30 m)	3	144,67	c
T <sub>2</sub> (0,40 m x 0,30 m)	3	141,67	c

Letras distintas ratifican la significancia estadística entre tratamientos utilizados.

#### 4.2.4. Peso de granos por parcela de *C. ensiformis*

A los 120 días desde la siembra, el peso de granos por parcela de *C. ensiformis* mostró diferencias relevantes según la densidad de siembra, encontrándose que el

mayor valor promedio se obtuvo en el tratamiento 4 (0,60×0,30 m) con 10,12 t/ha, indicando que espaciamientos amplios favorecen una mayor acumulación de biomasa en los granos. Le siguió el tratamiento 5 (0,70×0,30 m) con un promedio de 9,03 t/ha, aunque con la menor variabilidad debido a su coeficiente de variación igual a 0,88 %, lo que evidencia alta uniformidad en la producción. Resultados divergentes se encontró en el tratamiento 1 (0,30×0,30 m) al obtener la media más baja igual a 8,62 t/ha y el coeficiente de variación más alto igual a 31,62 %, reflejando gran heterogeneidad y menor eficiencia bajo alta densidad. Los tratamientos 2 y 3 registraron promedios intermedios con variabilidad moderada (**Tabla 21** y **Figura 15**). De manera similar, Matías (1996) reportó que el rendimiento de *C. ensiformis* disminuye cuando las distancias entre plantas se reducen a 25 o 50 cm, lo cual coincide con la tendencia observada en este estudio: densidades elevadas limitan la producción por unidad de planta y reducen el tamaño de las semillas. La coincidencia entre ambos estudios refuerza la comprensión de que la competencia intraespecífica es un factor crítico en esta leguminosa, especialmente en suelos con baja fertilidad natural.

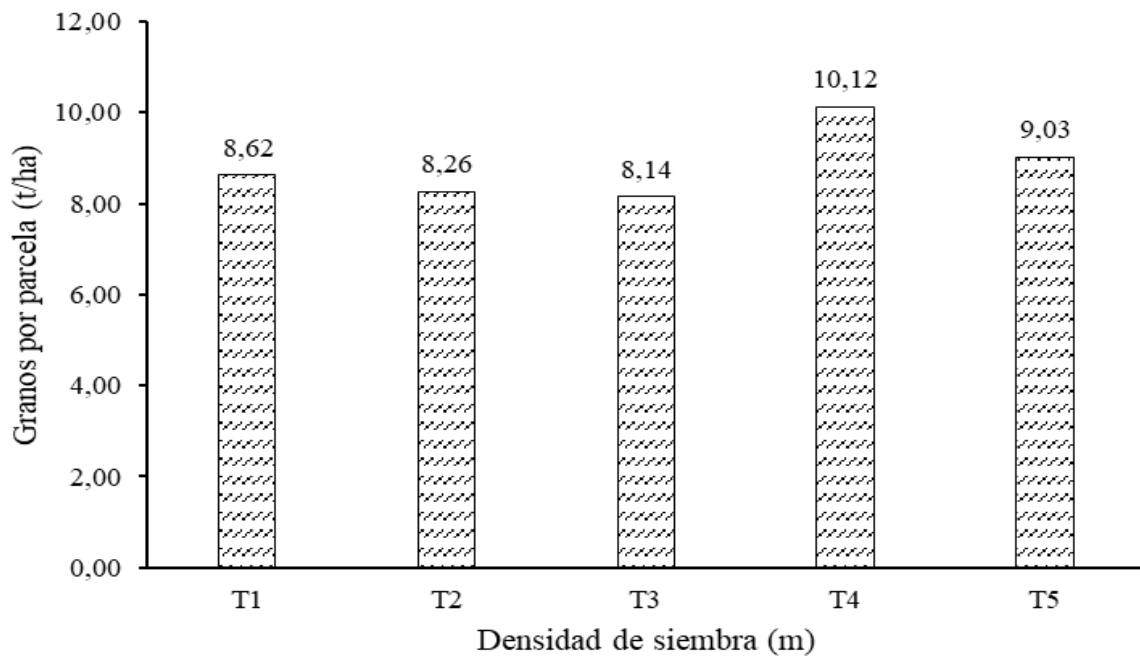
Por otra parte, Marín (1984) encontró rendimientos inferiores a los registrados en este experimento, alcanzando 3,22 t/ha en su mejor tratamiento, incluso con densidades relativamente bajas (50 000 plantas/ha). Esta diferencia cuantitativa podría deberse a variaciones en las condiciones ambientales, técnicas de manejo y, principalmente, al número de cosechas consideradas, ya que Marín trabajó con rendimientos acumulados en dos ciclos. Además, factores como la preparación del terreno, la disponibilidad hídrica y la metodología de siembra (camellón, plano o surco) influyen de manera significativa en el rendimiento final.

**Tabla 21.** Estadígrafos para el peso de granos por parcela de *C. ensiformis* por efecto de la densidad de siembra.

Tratamientos	Distancias (m)	N	Mínimo	Máximo	Media (t/ha)	EE	DE	CV (%)
T <sub>1</sub>	0,30*0,30	3	5,49	10,41	8,62	1,57	2,73	31,62
T <sub>2</sub>	0,40*0,30	3	7,62	9,25	8,26	0,50	0,87	10,51
T <sub>3</sub>	0,50*0,30	3	7,48	8,84	8,14	0,39	0,68	8,35
T <sub>4</sub>	0,60*0,30	3	9,82	10,37	10,12	0,16	0,28	2,74
T <sub>5</sub>	0,70*0,30	3	8,94	9,09	9,03	0,05	0,08	0,88

N: cantidad de bloques; EE: Error estándar; DE: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variación

T<sub>1</sub>: 444 444 plantas/ha (0,3 m x 0,3 m); T<sub>2</sub>: 333 333 plantas/ha (0,4 m x 0,3 m); T<sub>3</sub>: 266 667 plantas/ha (0,5 m x 0,3 m); T<sub>4</sub>: 222 222 plantas/ha (0,6 m x 0,3 m) y T<sub>5</sub>: 190 476 plantas/ha (0,7 m x 0,3 m)



T<sub>1</sub>: 444 444 plantas/ha (0,3 m x 0,3 m); T<sub>2</sub>: 333 333 plantas/ha (0,4 m x 0,3 m); T<sub>3</sub>: 266 667 plantas/ha (0,5 m x 0,3 m); T<sub>4</sub>: 222 222 plantas/ha (0,6 m x 0,3 m) y T<sub>5</sub>: 190 476 plantas/ha (0,7 m x 0,3 m)

**Figura 15.** Peso de granos por parcela de *C. ensiformis* por efecto de la densidad de siembra.

Los bloques establecidos no afectaron de manera significativa al peso del grano cosechado de *C. ensiformis*; además, las densidades de siembra no repercutieron de manera significativa sobre la variable mencionada (**Tabla 22**).

**Tabla 22.** Análisis de la varianza para el peso de granos por parcela de *C. ensiformis* por efecto de la densidad de siembra.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P-value
Bloque	1,953	2	0,976	0,503	0,622 <sup>ns</sup>
Densidades de siembra	7,636	4	1,909	0,984	0,468 <sup>ns</sup>
Error experimental	15,520	8	1,940		
Total	25,108	14			

CV: 15,76 %. SC: Suma de cuadrados; GL: Grados de libertad; CM: Cuadrados medio; Fc: F calculado; P-value: P-valor. ns: No existen diferencias estadísticas significativas.

#### 4.3. Comparación estadística de la producción del cultivo de *C. ensiformis* en diferentes densidades de siembra

La densidad de siembra de *C. ensiformis* sembradas entre 0,6 x 0,3 m y 0,7 x 0,3 m suelen presentar mejores características de la producción, aunque el crecimiento en altura y diámetro de la copa suelen ser similares estadísticamente; además, hubo ausencia de

significancia estadística en variables como altura, diámetro de copa, cantidad de hojas y la producción por hectárea (**Tabla 23**). Resultados similares con ausencia de significancia lo reportan Pichardo y Varela (1998) al probar fertilización completa (12-30-10) y el testigo sin fertilización en la especie en estudio, encontrando ausencia de significancia estadística en las características del rendimiento de granos, comportamiento atribuido a que se aplicó la fertilización al momento de la siembra no siendo aprovechadas dichos elementos por las plantas.

Similar a lo encontrado también lo reportó Marín (1984), al estudiar varias formas de siembra (sobre el camellón, a mitad del camellón, en plano y en surco) utilizando un marco de 80 cm entre hileras y 25 cm entre plantas y una densidad de 50 000 plantas/ha, obtuvo resultados con ausencia de significancia estadísticas en el rendimiento de grano/parcela o tn/ha. Aunque la especie es utilizada por la importancia de recuperar suelos como lo registraron Pentón et al. (2016) al encontrar que canavalia inoculada con hongos micorrícicos arbusculares garantizan una mejor respuesta agroproductiva de *M. alba* en términos de concentración de P y K en la biomasa comestible.

**Tabla 23.** Características de *C. ensiformis* afectadas por la densidad de siembra en suelo degradado.

Variables	Densidad de siembra (m)				
	T <sub>1</sub> : 0,3 x 0,3	T <sub>2</sub> : 0,4 x 0,3	T <sub>3</sub> : 0,5 x 0,3	T <sub>4</sub> : 0,6 x 0,3	T <sub>5</sub> : 0,7 x 0,3
Altura (cm)	44,40 <sup>a</sup>	39,36 <sup>a</sup>	37,24 <sup>a</sup>	39,66 <sup>a</sup>	43,11 <sup>a</sup>
Copa (cm)	43,30 <sup>a</sup>	43,58 <sup>a</sup>	44,51 <sup>a</sup>	45,87 <sup>a</sup>	45,01 <sup>a</sup>
Hojas	8,54 <sup>a</sup>	8,61 <sup>a</sup>	8,03 <sup>a</sup>	8,53 <sup>a</sup>	8,71 <sup>a</sup>
Cobertura (%)	86,67 <sup>a</sup>	73,33 <sup>b</sup>	78,33 <sup>ab</sup>	53,33 <sup>c</sup>	51,67 <sup>c</sup>
Vainas/planta	0,96 <sup>b</sup>	1,16 <sup>b</sup>	1,34 <sup>b</sup>	2,05 <sup>a</sup>	2,55 <sup>a</sup>
Granos/planta	5,93 <sup>b</sup>	7,11 <sup>b</sup>	8,17 <sup>b</sup>	12,10 <sup>a</sup>	14,89 <sup>a</sup>
100 granos	144,67 <sup>c</sup>	141,67 <sup>c</sup>	144,67 <sup>c</sup>	150,67 <sup>b</sup>	158,33 <sup>a</sup>
Granos/parcela	8,62 <sup>a</sup>	8,26 <sup>a</sup>	8,14 <sup>a</sup>	10,12 <sup>a</sup>	9,03 <sup>a</sup>

Letras distintas ratifican la significancia estadística entre tratamientos utilizados.

En el análisis de correlación solamente se encontró significancia estadística de la densidad de siembra con el porcentaje de cobertura (correlación negativa), la cantidad de vainas por planta y la cantidad de granos por planta, en caso de las demás variables evaluadas, no se registró significancia estadística (**Tabla 24**).

**Tabla 24.** Correlación entre la densidad de siembra de *C. ensiformis* con las variables evaluadas.

Variables	Densidad de siembra		
	Datos	Correlación de Pearson	Sig. (bilateral)
Altura (cm)	5	-0,123	0,844
Copa (cm)	5	0,860	0,062
Hojas	5	0,156	0,802
Cobertura (%)	5	-0,917*	0,028
Vainas/planta	5	0,966**	0,007
Granos/planta	5	0,969**	0,007
100 granos	5	0,866	0,058
Granos/parcela	5	0,531	0,357

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

\*\*.. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

## V. CONCLUSIONES

1. Al establecer *C. ensiformis* en un suelo degradado, las características de plantas como la altura, diámetro de copa y cantidad de hojas no son afectadas por la densidad de siembra empleada, resultado diferente muestra la cobertura hacia el suelo ya que fue favorecido a mayor densidad de siembra.
2. La densidad de siembra afectó a la producción de *C. ensiformis*, siendo sobresaliente la cantidad de vainas producidas por las plantas, la cantidad de granos cosechadas por planta y el peso alcanzado por un grupo de 100 granos, variables registradas al ser sembradas en menor densidad, pero en el caso de la producción de los granos estimado por hectárea no repercutió de manera significativa por los tratamientos utilizados.
3. Al sembrar *C. ensiformis* empleando menor densidades por determinado área se encuentra un efecto significativo en el indicador de la producción de granos en suelos degradados.

## VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. La siembra de *C. ensiformis* con fines de producción de granos no debe realizarse en suelos degradados debido a que la rentabilidad puede verse comprometida ya que tiende a limitar su crecimiento en altura respecto a cultivarlos en suelo de mayor fertilidad.
2. Los trabajos futuros sobre cultivos de cobertura con *C. ensiformis* deben enfocarse en analizar la cantidad de agua infiltrada y su beneficio para asociarlo con cultivos frutales debido a que en época de poca precipitación la especie en mención suele estresarse.
3. En estudios similares se debe tener en cuenta la determinación de las propiedades físicas y químicas del suelo donde se realiza el experimento debido a que la categorización cualitativa mediante plantas indicadoras es muy subjetiva para estudios de tipo experimental.
4. Con fines de realizar mejor la recolección de datos en las plantas de *C. ensiformis* se debe realizar la actividad de raleo posterior a la germinación en el caso de usar más de una semilla por hoyo en la actividad de siembra.
5. Realizar estudios sobre la siembra de *C. ensiformis* en suelos degradados teniendo en consideración las épocas del año con la finalidad de generar un aporte técnico de la fecha adecuada para acciones de restauración donde las plantas no sean afectadas por el grado de humedad del suelo y se obtengan individuos con mejores valores de crecimiento.

## VII. REFERENCIAS

- Alonso, N. J. M. (2014). Mejoramiento de las propiedades de un suelo Ferralítico rojo con el uso de la *Canavalia ensiformis* (L). *Ingeniería Agrícola*, 4(1), 42-47. <https://www.redalyc.org/pdf/5862/586262039008.pdf>
- Alvarenga, G. (2024). *La SAG-DICTA se propone mejorar los suelos y los sistemas de producción con el uso de semilla de Canavalia*. Ciencia y Tecnología Agropecuaria SAG-DICTA. <https://dicta.gob.hn/files/La-SAG-DICTA-se-propone-mejorar-los-suelos-y-los-sistemas-de-produccion-con-el-uso-de-semilla-de-Canavalia.pdf>
- Araujo, G. R., de Paiva Ferreira, G. A., Vaz, V., da Costa Lima, A., Spolidorio, E. S., y Mendes, K. F. (2024). *Canavalia ensiformis* enhances the phytoremediation of remineralized and sulfentrazone-contaminated tropical soils. *Chemosphere*, 348, 140725. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.140725>
- Asghar, W., y Kataoka, R. (2021). La incorporación de abono verde acelera la actividad enzimática, el crecimiento de las plantas y los cambios en la comunidad fúngica del suelo. *Arch. Microbiol.*, 204, 7. doi: 10.1007/s00203-021-02614-x
- Azcón, R. (2000). Papel de la simbiosis micorrízica y su interacción con otros microorganismos rizosféricos en el crecimiento vegetal y sostenibilidad agrícola. In: Alarcón A. y R. Ferrera-Cerrato (Eds.). *Ecología, fisiología y biotecnología de la micorriza arbuscular*. Colegio de Postgraduados. Montecillo. Mundi Prensa. México. (pp. 1-15).
- Báez, J., Antequera, R., Ramos, J., Gutiérrez, W., y Medrano, C. (1998). Densidad de siembra y control de malezas en el cultivo de la yuca *Manihot esculenta* Crantz en siembra directa bajo las condiciones de la altiplanicie de Maracaibo. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 15(5), 429-438.
- Bernal, M. H., y Jiménez, L. C. (1990). *Haba criolla (Canavalia ensiformis [L.] DC. (Fabaceae-Faboideae)*. Secretaría Ejecutiva del Convenio Andrés Bello.
- Bunch, R. (2000). *El uso de los abonos verdes/cultivos de cobertura alrededor del mundo*. Boletín Cosecha N° 2. Tegucigalpa.
- Bunch, R. (2016). ¿Cómo prohibir las sequías? Aprendiendo de los africanos que ya aprendieron de los latinoamericanos. *Revista de Agroecología – LEISA*, 32(2), 8 -11. <https://leisa-al.info/index.php/journal/article/view/262>

- Cáceres, O., González, E., y Delgado, R. (1995). *Canavalia ensiformis*: leguminosa forrajera promisorio para la agricultura tropical. *Pastos y Forrajes*, 18(2), 107-119.
- Cáceres, O., González, E., y Delgado, R. (2015). *Canavalia ensiformis*: leguminosa forrajera promisorio para la agricultura tropical. *Pastos y Forrajes*, 18(2), 107-119. <https://hal.science/hal-01190073v1>
- Centeno, A., Gil, F., Lorenzo, N., Sanchez, L., y Monasterio, F. (1983). *Observaciones preliminares sobre la mecanización de la siembra y establecimiento de la Canavalia ensiformis*. Informe anual N° 82.
- Centro Internacional de Información sobre Cultivos de Cobertura [CIDICCO]. (1993). *Difusión y extensión de información sobre cultivos de cobertura*. Agroecología y Desarrollo.
- Chel-Guerrero, L. A., Delgado-Herrera, A., Betancur-Ancona, D. A., Pérez-Aviña, P., Castellanos-Ruelas, A. F. (2016). Protein and energy evaluation of detoxified *Canavalia* seeds as a feedstuff for poultry in the tropics. *Nova Scientia*, 8(17), 219-232. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-07052016000200219](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052016000200219)
- Escobar, A., Viera, J., Dixon, R., Mora, M., y Parra, R. (1984). *Canavalia ensiformis*: Una leguminosa para la producción animal en los trópicos IPA. Informe anual 87.
- Escobar, A., y Lopez, R. (1984). *Evaluación de sistemas de espaciamiento para la siembra de Canavalia ensiformis*. IPA. Informe anual N° 83.
- Ferrere, P., López, G.A., Boca, R. T., Galetti, M. A., Esparrach, C. A., y P. S. Pathauer. (2005). Efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento de *Eucalyptus globulus* en un ensayo Nelder modificado. *Invest. Agrar.: Sist. Recur. For.*, 14(2), 174-184. <https://pdfs.semanticscholar.org/a2ef/54b00a4efd103c890f75928c0ad85453dd56.pdf>
- Gutiérrez, W. (2001). *Efecto de la densidad de plantas, la lámina de riego y el método de control de malezas sobre el lechoso (Carica papaya L.) bajo las condiciones de la altiplanicie de Maracaibo* [Tesis de Maestría, Universidad Central de Venezuela].
- Hernandez, D., y Ojeda, L. M. (2010). *Informe del cultivo Canavalia ensiformis (L). DC*. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. <https://es.slideshare.net/mirtoblanc/informe-final-canavalia-ensiformis-1>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGRAW-HILL/ Interamericana Editores, S.A. DE C.V.

- Hernández-Montiel, W., Ramos-Juárez, J., Aranda-Ibáñez, E. M., Hernández-Mendo, O., Munguía-Flores, V. M., y Oliva-Hernández, J. (2016). Alimento fermentado elaborado con semillas de *Canavalia ensiformis* sobre el crecimiento y la canal de corderos Pelibuey. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 7(2), 213-232. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11242016000200213](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242016000200213)
- Hernández-Montiel, W., Ramos-Juárez, J., Aranda-Ibáñez, E., Hernández-Mendo, O., Munguía-Flores, V., y Oliva-Hernández, J. (2017). Uso potencial y limitantes de la leguminosa *Canavalia ensiformis* en la salud y productividad de los ovinos. *Esosist. Recur. Agropec.*, 4(10), 187-200. DOI:10.19136/era.a4n10.672
- Heuzé, V., & Tran, G. (2015). Jack bean (*Canavalia ensiformis*). Feedipedia, programa de INRA, CIRAD, AFZ y FAO. <https://www.feedipedia.org/node/327>.
- Hopkinson, J. M., y Reid, R. (1979). La importancia del clima en la producción de semilla de leguminosas forrajeras tropicales. En: *Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos* (Eds. L.E. Tergas y P.A. Sánchez). Cali, Colombia, CIAT. 365 p.
- Legel, S. (1983). *Tropical forage legumes and grasses*. Part 1. Legumes. Inst. Trop. Agric. Karl Marx University. Leipzig, Alemania.
- Lipinski, V. M., Gaviola, S., & Gaviola, J. C. (2002). Effect of plant density on yield of onions cv. Cobriza INTA with drip irrigation. *Agricultura Técnica*, 62(4), 574-582. <https://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072002000400009>
- Llamoja, V. (2014). *Recuperación de suelo degradado mediante el establecimiento de cuatro especies de Papilionaceae en el sector Supte San Jorge, Tingo María* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/81c2c707-763a-4f1f-ae14-e97c68afa03b/content>
- López-Elías, J. Garza, S., Huez, M. A., Jiménez, J., Rueda, E. A., y Murillo, B. (2015). Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) en función de la densidad de plantación en condiciones de invernadero. *European Scientific Journal*, 11(24), 26-36. [https://dagus.unison.mx/publicaciones/indexadas/ESJ%20Vol.11No.24\(2015\)%20Articulo.pdf](https://dagus.unison.mx/publicaciones/indexadas/ESJ%20Vol.11No.24(2015)%20Articulo.pdf)
- Luengo, J., Matos, R., y Guzman, P. (1984). *Efecto de dos poblaciones de plantas y seis herbicidas sobre el control de malezas en Canavalia ensiformis (L.) D.C.* IPA. Informe anual N° 83.

- Lynd, J. Q., y Ansman, T. R. (1993). Simbiosis nodular tripartita distintiva gobierna la síntesis de componentes altamente nitrogenados en la canavalia (*Canavalia ensiformis* (L) DC). En: *Canavalia ensiformis* (L) DC. Producción, procesamiento y utilización en la alimentación animal. Eds. R.E. Vargas, A. León y A. Escobar. Futuro, San Cristóbal. (pp. 77-64).
- Marengo, M. P., y Espinoza, L. E. (2001). *Influencia de tres densidades de siembra, sobre la producción de biomasa y proteína bruta del frijol de vaca (Canavalia ensiformis L.), en Managua* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio institucional UNA. <https://repositorio.una.edu.ni/750/1/tnf01m324.pdf>
- Marín, D. (1983). *Efecto de diferentes densidades y arreglos espaciales sobre el rendimiento y otras variables en Canavalia ensiformis (L.) D.C.* IPA. Informe anual N° 82.
- Marín, D. (1984). *Efecto de la forma de siembra sobre el rendimiento en granos de Canavalia ensiformis (L.) D.C.* IPA. Informe anual N° 83.
- Marín, D. (1989). Análisis de crecimiento de *Canavalia ensiformis* (L.) DC en condiciones de campo. *Rev. Fac. Agron.*, 15, 1-16.
- Marín, D. (1996). Comparación ecofisiológica de los cultivares Tovar y Yaracuy de *Canavalia ensiformis* (L) DC, sembrados en dos localidades. Análisis de crecimiento. *Agron. Tropical.*, 46,1-5.
- Marín, D., y Viera, J. (1990). Crecimiento, nodulación y fijación de nitrógeno en plantas de *Canavalia ensiformis* (L) DC, bajo diferentes dosis de fertilización con nitrógeno y frecuencias de riego. *Agronomía Tropical*, 40, 1-103.
- Martín, G., Rivera, R., y Mujica, Y. (2007). Estimación de la fijación biológica del nitrógeno de la *Canavalia ensiformis* por el método de la diferencia de n total. *Cultivos Tropicales*, 28(4), 75-78. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193217894011>
- Martínez, F. (2020). *La Canavalia más que un abono verde*. <https://idp.cimmyt.org/la-canavalia-mas-que-un-abono-verde>.
- Mateo, J. M. (1961). *Leguminosas de grano*. Salvat.
- Matías, C. (1995). *Producción de semillas de leguminosas en condiciones de secano* [Tesis de Maestría]. Pastos y Forrajes. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 97 p.
- Matías, C. (1996). Determinación del marco de siembra óptimo para la producción de semillas de *Canavalia ensiformis*. *Pastos y Forrajes*, 19(3), 1-4. <https://harvester.ues.edu.sv/vufind/Record/ELB12974/Description?sid=2246224>
- Mora, M., Escobar, A., Parra, R., y Parra, O. (1982). *Comportamiento granero de Canavalia ensiformis en Rio Negro, Estado Miranda, Venezuela*. IPA. Informe anual N° 80.

- Mora, M., Parra, R., Escobar, A., y Parra, O. (1983). *Crecimiento y valor nutritivo de Canavalia ensiformis a primera cosecha*. IPA. Informe anual N° 81.
- Mora, M., y Parra, R. (1982). *Información preliminar sobre el crecimiento de la leguminosa Canavalia ensiformis*. IPA. Informe anual N° 80.
- Morales, F. (2023). *Canavalia, un cultivo resiliente*. Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y el Trigo [CIMMYT]. <https://www.cimmyt.org/es/noticias/canavalia-un-cultivo-resiliente/>
- Morales-Pablo, R., Juárez-Santillan, L. F., Neri-Torres, E. E., y Nava-Zamora, A. (2025). Caracterización agronómica de canavalia (*Canavalia ensiformis*) y su tolerancia a sequía en Gutiérrez, Zamora, Veracruz. *Revista Multidisciplinaria de Ciencia, Innovación y Desarrollo*, 4(1), 34-39. <http://remcid.utgz.du.mx/.edu.mx>
- Mubushar, M., El-Hendawy, S., Tahir, M.U., Alotaibi, M., Mohammed, N., Refay, Y., y Tola, E. (2022). Evaluar la idoneidad del análisis multivariado para los índices de tolerancia al estrés, la biomasa y el rendimiento de grano para detectar la tolerancia a la sal en líneas avanzadas de trigo de primavera regadas con agua salina en condiciones de campo. *Agronomía*, 12, 3084. <https://doi.org/10.3390/agronomía12123084>
- Nafarrate, A. C. 2017). *Estimación directa e indirecta del índice de área foliar (IAF) y su modelación con Lidar en un bosque tropical seco de Yucatán* [Tesis de Maestría, Centro de Investigación Científica de Yucatán].
- Navas, K., y Celi, K. (2024). Evaluación del comportamiento agronómico del haba gigante (*canavalia ensiformis*), en el recinto chucaple del cantón Quinindé. *Reincisol*, 3(6), 6624-6638. [https://doi.org/10.59282/reincisol.V3\(6\)6624-6638](https://doi.org/10.59282/reincisol.V3(6)6624-6638)
- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., y Villagómez, A. (2014). *Metodología de la investigación: cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis* (4ª ed.). Ediciones De La U.
- Ojeda, L. M. (2010). *Informe del cultivo de Canavalia ensiformis (L.) DC*. Universidad Nacional de Colombia. <https://es.slideshare.net/slideshow/informe-final-canavalia-ensiformis-l/4746228>
- Ortiz, G. S. (1997). *Degradabilidad en Canavalia ensiformis (L.) De Candolle*. Universidad Nacional de Colombia. Datos no publicados.
- Ortiz, J. J., Reyes, P.A., Ortiz, A., Mejía, S., y Cortés, H. (2005). Análisis de crecimiento de canavalia en zona plana del Valle del Cauca. *Acta Agron.*, 54(4), 33-40.
- Oviedo, N., y Guzman, P. (1983). *Efecto de la densidad de siembra sobre la producción de granos de Canavalia ensiformis*. IPA Informe anual N° 82.

- Paredes, L., Escobar, A., y Fernández, L. (1987). *Efecto del nivel de suplementación con canavalia sobre el crecimiento de becerros*. En Informe Anual del Instituto de Producción Animal. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela.
- Pentón, G., Martín, G. J., y Rivera, R. (2016). Efecto del arreglo espacial y el intercalamiento con *Canavalia ensiformis* micorrizada en la respuesta agroproductiva de *Morus alba*. *Pastos y Forrajes*, 39(3), 92-99.
- Pérez, D., Viera, J., y Horesok, J. (1985). *Potencial productivo de 12 cultivares de Canavalia ensiformis en dos localidades*. IPA. Informe anual N° 84.
- Pérez, D., Viera, J., y Horesok, J. (1987). *Estabilidad del rendimiento de 12 cultivares de Canavalia ensiformis (L.) D.C.* IPA. Informe anual N° 85/86.
- Pérez, P., y Figueroa, L. (2021). Evaluación de *Canavalia ensiformis* y *Vigna radiata* como abonos verdes, sobre la dinámica microbiana del suelo de la finca El Plan de Burras, en el municipio de El Espino, Boyacá, Colombia. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 17(1), 27-40. <https://revistas.umng.edu.co/index.php/rfcb/article/view/5433>
- Peters, M., Franco, L., Schmidt, A., y Hincapie, B. (2003). *Especies forrajeras multipropósito: Opciones para productores de Centroamérica*. CIAT.
- Pichardo, M., y Varela, P. (1998). *Evaluación de la influencia de cuatro niveles de fertilización completa (12-30-10) en la producción de semillas de Canavalia ensiformis L.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio institucional UNA. <https://repositorio.una.edu.ni/1257/1/tnf04p592.pdf>
- Pisco, J. (2017). *Efecto de la incorporación de abonos verdes en el cultivo de maíz duro (Zea mays L.), en la zona de Babahoyo*. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/3134>
- Quiroga, R. R. (2000). *Effects of maize (Zea mays L.) cropping systems and tropical legumes on soil chemical and biochemical properties and suppressiveness to soilborne plant pathogens* [Tesis Doctoral, Auburn University].
- Quiroga, R. R., Ponce, P., Pinto, R., Alonso, R. A., Velasco, M. E., Zuart, J. L., Camas, R., Soto, M. L., y León, N. S. (2006). *La asociación de cultivos maíz-canavalia: ventajas agroecológicas y económicas*. Un manual para agricultores innovadores, asesores técnicos, empresarios y sector oficial en apoyo a la producción agropecuaria en el trópico. Fundación Produce Chiapas A.C. y Universidad Autónoma de Chiapas.
- Renté-Martí, O., Nápoles-García, M. C., Pablos-Reyes, P., y Vargas-Batis, B. (2018). Efecto de *Canavalia ensiformis* (L). En propiedades físicas de un suelo fluvisol diferenciado en Santiago de Cuba. *Cultivos Tropicales*, 39(2), 59-64.

- [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362018000200008&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362018000200008&lng=es&tlng=es).
- Sánchez-Colín, M. J., Ramírez, P. J., y Torrescano, N. (2000). Micorriza arbuscular y Rhizobium presentes en leguminosas establecidas en suelo andosol. In: Alarcón A. y R. Ferrera-Cerrato (Eds.). *Ecología, fisiología y biotecnología de la Micorriza arbuscular*. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México, Mundi Prensa. pp. 46-55.
- Serrano, F. (1996). *Diagnóstico sobre el uso de leguminosas no convencionales en la Frailesca, Chiapas, México* [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Chiapas].
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI]. (2025). *Datos Hidrometeorológicos a Nivel Nacional. Estación Tingo María*. SENAMHI. <https://www.senamhi.gob.pe/servicios/?p=estaciones>
- Sheahan, C. M. (2012). *Plant guide for jack bean (Canavalia ensiformis)*. United States Department of Agriculture-Natural Resources Conservation Service. [https://plants.usda.gov/DocumentLibrary/plantguide/pdf/pg\\_caen4.pdf](https://plants.usda.gov/DocumentLibrary/plantguide/pdf/pg_caen4.pdf)
- Sherasia, P. L., Garg, M. R., & Bhandari, B. M. (2017). *Pulses and their by-products as animal feed* (H. P. S. Calles, T., Makkar, Ed.). FAO. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/899c07b3-a28d-4d46-a2e4-477deed8d90e/content>
- Simó, J. E., Rivera, R., Ruiz, L. A., Díaz, G., y Ruiz, M. (2019). Effectiveness of arbuscular mycorrhizal fungi inoculated on *Canavalia ensiformis* L. in Calcaric Histosol soils. *Agronomía Mesoamericana*, 30(2), 395-405. DOI: <https://doi.org/10.15517/am.v30i2.33221>
- Skerman, P. J., Cameron, D. G., y Riveros, F. (1991). *Leguminosas forrajeras tropicales*. FAO.
- Talledo, J. E. (2017). *Concentraciones de té de humus líquido enriquecido y su efecto en las Características Agronómicas para forraje del Canavalia ensiformis en Zungarococha – Iquitos, Perú – 2016* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional De La Amazonia Peruana]. Repositorio institucional UNAPIQUITOS. <https://api-repositorio.unapiquitos.edu.pe/server/api/core/bitstreams/de959610-226b-4b8a-9a53-4a0e72148b38/content>
- Varela, L., y Estrada-Torres, A. (1999). El papel de los microorganismos de la rizósfera y de la micorriza en la absorción de nutrientes minerales y agua. En: Orellana R., J.A. Escamilla y A. Larqué-Saavedra (Eds.). *Ecofisiología vegetal y conservación de recursos genéticos*. Ed. Centro de Investigación Científica de Yucatán. Pp. 137-150.

- Vargas, M., López, J. G., Restrepo, L.F, Ayala, S., & Medina, M. (2017). Plant growth evaluation of *Cajanus cajan* (L.) Millsp., *Canavalia ensiformis* and *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze, in soils degraded by sand and gravel extraction. *Acta Agronómica*, 66(4), 580-587.
- Vásquez, J. L. (1995). *Entomofauna presente en los sistemas de asociación maíz (Zea mays L.)-Stizolobium deeringianum Bort. y maíz-Canavalia ensiformis (L.) DC. en terreno intermedio en Villaflores, Chiapas* [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Chiapas].
- Viera, J., Diaz, Y., Ramis, C., y Horesok, J. (1989). *Comparación de cuatro fechas de cosecha en seis siembras de Canavalia ensiformis*. IPA. Informe anual N° 87.
- Viera, J., y Horesok, J. (1984). *Comparación de rendimiento de 10 cultivares de Canavalia ensiformis (L.) D.C.* IPA. Informe anual N° 83.

## **ANEXO**

**Tabla 25.** Operacionalización de las variables e indicadores.

<b>Variable independiente (X)</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Valor final</b>	<b>Tipo de variable</b>
Distanciamiento (m)	0,3 x 0,3		
	0,4 x 0,3		
	0,5 x 0,3	Metros	Cuantitativa continua
	0,6 x 0,3		
	0,7 x 0,3		
<b>Variable de dependiente (Y)</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Valor final</b>	<b>Tipo de variable</b>
Crecimiento de la planta	Altura total	cm	Cuantitativa continua
	Diámetro de copa	cm	Cuantitativa continua
	Cobertura de suelos	cm <sup>2</sup>	Cuantitativa continua
	Cantidad de hojas	Unidad	Cuantitativa discreta
Producción de semillas	Rendimiento en planta	Frutos/planta	Cuantitativa continua
	Rendimiento en frutos	Semillas/fruto	Cuantitativa continua
	Rendimiento total	Kg/ha	Cuantitativa continua

## Anexo A. Base de datos

**Tabla 26.** Datos de la altura, diámetro de copa y cantidad de hojas en *C. ensiformis*. establecidas en distintas densidades de siembra.

Bloque	Tratamiento	Fila	Planta	Altura (cm)	Diámetro de copa (cm)			Hojas
					E-O	N-S	Promedio	
1	3	2	2	44	43	35	39	9
1	3	2	3	37	36	40	38	8
1	3	2	4	41,5	49	62	55,5	9
1	3	3	2	35	52	33	42,5	8
1	3	3	3	35	38	34	36	7
1	3	3	4	32	24	41	32,5	7
1	3	4	2	41	72	46	59	11
1	3	4	3	41	52	47	49,5	7
1	3	4	4	25	48	36	42	6
1	3	5	2	52	70	55	62,5	4
1	3	5	3	45	46	47	46,5	8
1	3	5	4	34	38	38	38	7
1	4	2	2	41	49	36	42,5	7
1	4	2	3	46	58	42	50	7
1	4	2	4	39,5	41	46	43,5	7
1	4	3	2	15	6	14	10	2
1	4	3	3	52	70	42	56	12
1	4	3	4	—	—	—	—	—
1	4	4	2	—	—	—	—	—
1	4	4	3	40	53	36	44,5	8
1	4	4	4					
1	2	2	2	28	31	36	33,5	8
1	2	2	3	28	27	47	37	5
1	2	2	4	52	5	54	29,5	11
1	2	3	2	37	46	47	46,5	8
1	2	3	3	49	56	54	55	10
1	2	3	4	36	36	41	38,5	5

Bloque	Tratamiento	Fila	Planta	Altura (cm)	Diámetro de copa (cm)			Hojas
					E-O	N-S	Promedio	
1	2	4	2	47	46	57	51,5	11
1	2	4	3	29	36	39	37,5	4
1	2	4	4	28	39	45	42	7
1	2	5	2	27	43	34	38,5	5
1	2	5	3	31	46	44	45	5
1	2	5	4	22	48	51	49,5	5
1	2	6	2	31	47	49	48	5
1	2	6	3	46	63	50	56,5	10
1	2	6	4	32	38	39	38,5	6
1	1	2	2	77	85	85	85	11
1	1	2	3	69	69	58	63,5	10
1	1	2	4	56	74	38	56	10
1	1	3	2	73	62	85	73,5	12
1	1	3	3	53	46	34	40	6
1	1	3	4	37	39	24	31,5	6
1	1	4	2	54	36	44	40	9
1	1	4	3	59	46	38	42	12
1	1	4	4	39	36	47	41,5	7
1	1	5	2	49	48	52	50	10
1	1	5	3	53	60	57	58,5	10
1	1	5	4	49	51	40	45,5	9
1	1	6	2	51	44	44	44	9
1	1	6	3	49	36	47	41,5	8
1	1	6	4	41	45	55	50	6
1	1	7	2	53	51	48	49,5	9
1	1	7	3	45	56	61	58,5	7
1	1	7	4	40	35	62	48,5	7
1	1	8	2	51	46	36	41	9
1	1	8	3	8	55	53	54	9
1	1	8	4	61	66	51	58,5	11
1	5	2	2	77	73	64	68,5	14

Bloque	Tratamiento	Fila	Planta	Altura (cm)	Diámetro de copa (cm)			Hojas
					E-O	N-S	Promedio	
1	5	2	3	36	47	33	40	7
1	5	2	4	30	43	36	39,5	6
1	5	3	2	61	65	65	65	17
1	5	3	3	45	4	55	29,5	8
1	5	3	4	33	40	33	36,5	6
1	5	4	2	90	98	62	80	14
1	5	4	3	56	59	75	67	11
1	5	4	4	58	62	84	73	10
2	5	2	2	61,5	6	63	34,5	2
2	5	2	3	45,5	70	47	58,5	10
2	5	2	4	79	73	74	73,5	16
2	5	3	2	54	65	55	60	11
2	5	3	3	42	38	39	38,5	7
2	5	3	4	28	54	27	40,5	7
2	5	4	2	58	58	61	59,5	11
2	5	4	3	67	60	48	54	16
2	5	4	4	35	54	26	40	9
2	3	2	2	27	33	48	40,5	7
2	3	2	3	25	55	40	47,5	11
2	3	2	4	52	70	58	64	12
2	3	3	2	28,5	40	31	35,5	6
2	3	3	3	21	33	34	33,5	5
2	3	3	4	27	33	40	36,5	6
2	3	4	2	27,5	36,5	41	38,75	7
2	3	4	3	29	30	38	34	6
2	3	4	4	21	50	54	52	5
2	3	5	2	47	48	53	50,5	13
2	3	5	3	31	49	51	50	6
2	3	5	4	37	40	52	46	9
2	1	2	2	27	24	36	30	7
2	1	2	3	24	25	29	27	3

Bloque	Tratamiento	Fila	Planta	Altura (cm)	Diámetro de copa (cm)			Hojas
					E-O	N-S	Promedio	
2	1	2	4	32	48	39	43,5	8
2	1	3	2	27	44	28	36	5
2	1	3	3	32	36	35	35,5	7
2	1	3	4	24	42	35	38,5	6
2	1	4	2	—	—	—	—	—
2	1	4	3	20	22	24	23	4
2	1	4	4	17	24	31	27,5	4
2	1	5	2	36	29	25	27	11
2	1	5	3	20,5	25,5	23	24,25	6
2	1	5	4	22	42	35	38,5	11
2	1	6	2	27	30	9	19,5	10
2	1	6	3	25,5	29	40	34,5	6
2	1	6	4	25,5	37	40	38,5	11
2	1	7	2	27	40	41	40,5	9
2	1	7	3	49	50	63	56,5	11
2	1	7	4	28	30	46	38	7
2	1	8	2	11,5	2	17	9,5	4
2	1	8	3	24	18	30	24	8
2	1	8	4	10	5	9	7	3
2	4	2	2	—	—	—	—	—
2	4	2	3	23,5	37	40	38,5	5
2	4	2	4	53	36	45	40,5	11
2	4	3	2	45	46	49	47,5	11
2	4	3	3	35	42	46	44	9
2	4	3	4	0	70	47	58,5	5
2	4	4	2	25	44	34	39	6
2	4	4	3	24	40	40	40	7
2	4	4	4	44	54	44	49	8
2	2	2	2	43,5	57	60	58,5	9
2	2	2	3	42	39	44	41,5	8
2	2	2	4	48,5	47	44	45,5	13

Bloque	Tratamiento	Fila	Planta	Altura (cm)	Diámetro de copa (cm)			Hojas
					E-O	N-S	Promedio	
2	2	3	2	70	6	59	32,5	14
2	2	3	3	43	43	50	46,5	9
2	2	3	4	43	40	48	44	9
2	2	4	2	62	64	50	57	11
2	2	4	3	61	46	58	52	12
2	2	4	4	1	34	26	30	9
2	2	5	2	6	61	47	54	11
2	2	5	3	56	71	56	63,5	11
2	2	5	4	57	55	40	47,5	10
2	2	6	2	77	65	58	61,5	14
2	2	6	3	72	66	30	48	14
2	2	6	4	76	78	56	67	16
3	1	2	2	68	67	40	53,5	10
3	1	2	3	8	65	38	51,5	8
3	1	2	4	89	54	79	66,5	12
3	1	3	2	81	81	53	67	14
3	1	3	3	56	80	33	56,5	9
3	1	3	4	89	70	48	59	11
3	1	4	2	50	6	32	19	7
3	1	4	3	50	42	60	51	7
3	1	4	4	68	45	54	49,5	8
3	1	5	2	80	66	56	61	14
3	1	5	3	61	43	53	48	10
3	1	5	4	62	55	48	51,5	8
3	1	6	2	53	53	39	46	11
3	1	6	3	62	43	52	47,5	13
3	1	6	4	36	24	32	28	5
3	1	7	2	42	32	38	35	8
3	1	7	3	43	42	29	35,5	8
3	1	7	4	53	46	41	43,5	10
3	1	8	2	58	50	53	51,5	13

Bloque	Tratamiento	Fila	Planta	Altura (cm)	Diámetro de copa (cm)			Hojas
					E-O	N-S	Promedio	
3	1	8	3	33	33	46	39,5	7
3	1	8	4	54	43	48	45,5	10
3	4	2	2	48	48	56	52	10
3	4	2	3	41	50	51	50,5	9
3	4	2	4	58	42	49	45,5	14
3	4	3	2	60	59	59	59	12
3	4	3	3	58	51	80	65,5	11
3	4	3	4	43	50	44	47	10
3	4	4	2	62	77	54	65,5	13
3	4	4	3	46,5	55	45	50	10
3	4	4	4	23,5	22	42	32	7
3	5	2	2	23	23	38	30,5	5
3	5	2	3	—	—	—	—	—
3	5	2	4	17	17	21	19	5
3	5	3	2	31	33	29	31	8
3	5	3	3	25	36	29	32,5	4
3	5	3	4	8	30	37	33,5	6
3	5	4	2	47	48	46	47	11
3	5	4	3	11	22	21	21,5	4
3	5	4	4	30	32	31	31,5	6
3	2	2	2	49	40	47	43,5	11
3	2	2	3	23	33	47	40	4
3	2	2	4	31	36	40	38	7
3	2	3	2	65	63	43	53	14
3	2	3	3	19,5	27	26	26,5	6
3	2	3	4	17	28	28	28	4
3	2	4	2	35	48	33	40,5	9
3	2	4	3	45,5	28	36	32	10
3	2	4	4	23,5	26	42	34	6
3	2	5	2	32	37	50	43,5	7
3	2	5	3	—	—	—	—	—

Bloque	Tratamiento	Fila	Planta	Altura (cm)	Diámetro de copa (cm)			Hojas
					E-O	N-S	Promedio	
3	2	5	4	23	31	37	34	5
3	2	6	2	29,5	47	43	45	6
3	2	6	3	23	42	32	37	6
3	2	6	4	41,5	30	35	32,5	10
3	3	2	2	59	46	43	44,5	8
3	3	2	3	41,5	46	46	46	9
3	3	2	4	44,5	53	38	45,5	8
3	3	3	2	52	61	63	62	12
3	3	3	3	48	54	5	29,5	10
3	3	3	4	39	42	40	41	8
3	3	4	2	59	50	43	46,5	15
3	3	4	3	30	32	38	35	6
3	3	4	4	35	49	49	49	8
3	3	5	2	38	44	34	39	8
3	3	5	3	27	46	44	45	6
3	3	5	4	32	49	50	49,5	7

Tratamientos (1: 0,3 x 0,3 m; 2: 0,4 x 0,3 m; 3: 0,5 x 0,3 m; 4: 0,6 x 0,3 m; 5: 0,7 x 0,3 m).

Espacios vacíos se debe a la ausencia de datos por la mortalidad de las plantas.

**Tabla 27.** Datos de la producción en *C. ensiformis*. establecidas en distintas densidades de siembra.

Bloque	Tratamiento	Fila	Planta	Vainas/golpe	Plantas	Vainas/planta	Granos/planta
1	3	2	2	6	4	1,50	9
1	3	2	3	4	4	1,00	6
1	3	2	4	5	4	1,25	8
1	3	3	2	4	3	1,33	8
1	3	3	3	5	3	1,67	10
1	3	3	4	4	3	1,33	8
1	3	4	2	5	4	1,25	8
1	3	4	3	4	4	1,00	6
1	3	4	4	4	4	1,00	6
1	3	5	2	9	4	2,25	13

Bloque	Tratamiento	Fila	Planta	Vainas/golpe	Plantas	Vainas/planta	Granos/planta
1	3	5	3	4	4	1,00	6
1	3	5	4	5	4	1,25	8
1	4	2	2	7	4	1,75	10
1	4	2	3	9	4	2,25	13
1	4	2	4	8	4	2,00	12
1	4	3	2	6	2	3,00	18
1	4	3	3	8	4	2,00	12
1	4	3	4	—	—	—	—
1	4	4	2	—	—	—	—
1	4	4	3	6	4	1,50	9
1	4	4	4	—	—	—	—
1	2	2	2	3	3	1,00	6
1	2	2	3	3	4	0,75	5
1	2	2	4	5	4	1,25	8
1	2	3	2	3	3	1,00	6
1	2	3	3	5	4	1,25	8
1	2	3	4	3	4	0,75	5
1	2	4	2	3	3	1,00	6
1	2	4	3	3	3	1,00	6
1	2	4	4	3	4	0,75	5
1	2	5	2	4	4	1,00	6
1	2	5	3	4	4	1,00	6
1	2	5	4	3	4	0,75	5
1	2	6	2	3	4	0,75	5
1	2	6	3	5	4	1,25	8
1	2	6	4	3	4	0,75	5
1	1	2	2	6	4	1,50	9
1	1	2	3	4	4	1,00	6
1	1	2	4	3	4	0,75	5
1	1	3	2	5	4	1,25	8
1	1	3	3	2	3	0,67	4
1	1	3	4	2	2	1,00	6

Bloque	Tratamiento	Fila	Planta	Vainas/golpe	Plantas	Vainas/planta	Granos/planta
1	1	4	2	2	2	1,00	6
1	1	4	3	2	2	1,00	6
1	1	4	4	3	4	0,75	5
1	1	5	2	1	4	0,25	2
1	1	5	3	4	4	1,00	6
1	1	5	4	2	3	0,67	4
1	1	6	2	1	4	0,25	2
1	1	6	3	2	4	0,50	3
1	1	6	4	3	4	0,75	5
1	1	7	2	3	4	0,75	5
1	1	7	3	4	4	1,00	6
1	1	7	4	3	3	1,00	6
1	1	8	2	5	4	1,25	8
1	1	8	3	3	4	0,75	5
1	1	8	4	5	4	1,25	8
1	5	2	2	8	3	2,67	16
1	5	2	3	6	4	1,50	9
1	5	2	4	6	3	2,00	12
1	5	3	2	7	4	1,75	10
1	5	3	3	10	4	2,50	15
1	5	3	4	6	4	1,50	9
1	5	4	2	9	3	3,00	18
1	5	4	3	10	4	2,50	15
1	5	4	4	8	3	2,67	16
2	5	2	2	7	4	1,75	10
2	5	2	3	9	4	2,25	13
2	5	2	4	11	4	2,75	16
2	5	3	2	7	4	1,75	10
2	5	3	3	10	3	3,33	19
2	5	3	4	8	3	2,67	16
2	5	4	2	6	4	1,50	9
2	5	4	3	5	4	1,25	8

Bloque	Tratamiento	Fila	Planta	Vainas/golpe	Plantas	Vainas/planta	Granos/planta
2	5	4	4	9	4	2,25	13
2	3	2	2	5	4	1,25	8
2	3	2	3	4	4	1,00	6
2	3	2	4	4	3	1,33	8
2	3	3	2	4	4	1,00	6
2	3	3	3	4	3	1,33	8
2	3	3	4	4	4	1,00	6
2	3	4	2	5	3	1,67	10
2	3	4	3	4	2	2,00	12
2	3	4	4	4	4	1,00	6
2	3	5	2	5	4	1,25	8
2	3	5	3	5	4	1,25	8
2	3	5	4	6	3	2,00	12
2	1	2	2	2	4	0,50	3
2	1	2	3	2	3	0,67	4
2	1	2	4	1	4	0,25	2
2	1	3	2	2	3	0,67	4
2	1	3	3	2	3	0,67	4
2	1	3	4	2	2	1,00	6
2	1	4	2	—	—	—	—
2	1	4	3	2	1	2,00	12
2	1	4	4	2	2	1,00	6
2	1	5	2	2	1	2,00	12
2	1	5	3	2	1	2,00	12
2	1	5	4	2	3	0,67	4
2	1	6	2	2	2	1,00	6
2	1	6	3	2	3	0,67	4
2	1	6	4	2	2	1,00	6
2	1	7	2	2	3	0,67	4
2	1	7	3	4	4	1,00	6
2	1	7	4	1	2	0,50	3
2	1	8	2	2	1	2,00	12

Bloque	Tratamiento	Fila	Planta	Vainas/golpe	Plantas	Vainas/planta	Granos/planta
2	1	8	3	2	1	2,00	12
2	1	8	4	2	1	2,00	12
2	4	2	2	—	—	—	—
2	4	2	3	6	3	2,00	12
2	4	2	4	6	3	2,00	12
2	4	3	2	9	3	3,00	18
2	4	3	3	7	4	1,75	10
2	4	3	4	9	4	2,25	13
2	4	4	2	10	4	2,50	15
2	4	4	3	7	4	1,75	10
2	4	4	4	8	4	2,00	12
2	2	2	2	5	4	1,25	8
2	2	2	3	3	3	1,00	6
2	2	2	4	4	4	1,00	6
2	2	3	2	5	3	1,67	10
2	2	3	3	4	3	1,33	8
2	2	3	4	4	3	1,33	8
2	2	4	2	3	4	0,75	5
2	2	4	3	3	4	0,75	5
2	2	4	4	3	4	0,75	5
2	2	5	2	4	4	1,00	6
2	2	5	3	7	4	1,75	10
2	2	5	4	4	4	1,00	6
2	2	6	2	6	4	1,50	9
2	2	6	3	5	4	1,25	8
2	2	6	4	7	4	1,75	10
3	1	2	2	1	4	0,25	2
3	1	2	3	3	4	0,75	5
3	1	2	4	2	4	0,50	3
3	1	3	2	8	4	2,00	12
3	1	3	3	2	4	0,50	3
3	1	3	4	5	4	1,25	8

Bloque	Tratamiento	Fila	Planta	Vainas/golpe	Plantas	Vainas/planta	Granos/planta
3	1	4	2	4	4	1,00	6
3	1	4	3	5	4	1,25	8
3	1	4	4	6	4	1,50	9
3	1	5	2	5	4	1,25	8
3	1	5	3	4	4	1,00	6
3	1	5	4	5	4	1,25	8
3	1	6	2	2	4	0,50	3
3	1	6	3	4	4	1,00	6
3	1	6	4	2	4	0,50	3
3	1	7	2	1	3	0,33	2
3	1	7	3	2	3	0,67	4
3	1	7	4	3	4	0,75	5
3	1	8	2	5	4	1,25	8
3	1	8	3	2	3	0,67	4
3	1	8	4	3	4	0,75	5
3	4	2	2	9	4	2,25	13
3	4	2	3	9	4	2,25	13
3	4	2	4	8	4	2,00	12
3	4	3	2	7	4	1,75	10
3	4	3	3	8	4	2,00	12
3	4	3	4	6	4	1,50	9
3	4	4	2	9	4	2,25	13
3	4	4	3	7	4	1,75	10
3	4	4	4	6	4	1,50	9
3	5	2	2	7	1	7,00	40
3	5	2	3	—	—	—	—
3	5	2	4	7	1	7,00	40
3	5	3	2	7	4	1,75	10
3	5	3	3	8	4	2,00	12
3	5	3	4	7	4	1,75	10
3	5	4	2	11	4	2,75	16
3	5	4	3	8	4	2,00	12

Bloque	Tratamiento	Fila	Planta	Vainas/golpe	Plantas	Vainas/planta	Granos/planta
3	5	4	4	8	4	2,00	12
3	2	2	2	4	4	1,00	6
3	2	2	3	4	3	1,33	8
3	2	2	4	5	3	1,67	10
3	2	3	2	4	3	1,33	8
3	2	3	3	4	3	1,33	8
3	2	3	4	4	2	2,00	12
3	2	4	2	3	4	0,75	5
3	2	4	3	3	1	3,00	18
3	2	4	4	3	4	0,75	5
3	2	5	2	4	4	1,00	6
3	2	5	3	—	—	—	—
3	2	5	4	3	4	0,75	5
3	2	6	2	5	3	1,67	10
3	2	6	3	4	4	1,00	6
3	2	6	4	3	4	0,75	5
3	3	2	2	6	4	1,50	9
3	3	2	3	6	4	1,50	9
3	3	2	4	5	4	1,25	8
3	3	3	2	5	4	1,25	8
3	3	3	3	5	4	1,25	8
3	3	3	4	4	4	1,00	6
3	3	4	2	6	4	1,50	9
3	3	4	3	5	4	1,25	8
3	3	4	4	7	4	1,75	10
3	3	5	2	6	4	1,50	9
3	3	5	3	5	3	1,67	10
3	3	5	4	4	4	1,00	6

Tratamientos (1: 0,3 x 0,3 m; 2: 0,4 x 0,3 m; 3: 0,5 x 0,3 m; 4: 0,6 x 0,3 m; 5: 0,7 x 0,3 m).

Espacios vacíos se debe a la ausencia de datos por la mortalidad de las plantas.





**Figura 18.** Unidad experimental (T<sub>1</sub>) para la siembra de *C. ensiformis*.



**Figura 19.** Plantas de *C. ensiformis* con un mes de edad desde la siembra.



**Figura 20.** Planta de *C. ensiformis* afectada por patógeno la parte apical y presencia de rebrote.



**Figura 21.** Suelo agrietado donde se sembró *C. ensiformis* por la poca humedad del terreno.



**Figura 22.** Plantas de *C. ensiformis* con 54 días de edad desde la siembra.



**Figura 23.** Presencia de inflorescencias en plantas de *C. ensiformis* con 54 días de edad desde la siembra.



**Figura 24.** Abeja *Xylocopa* sp. polinizando la flor de *C. ensiformis* a 78 días de edad desde la siembra.



**Figura 25.** *Apis mellifera* polinizando la flor de *C. ensiformis* a 78 días de edad desde la siembra.



**Figura 26.** Tratamiento 1 del bloque I.



**Figura 27.** Tratamiento 2 del bloque II.



**Figura 28.** Tratamiento 3 en el bloque III.



**Figura 29.** Tratamiento 5 en el bloque III.