



Universidad
Nacional
Francisco Luis
Espinoza Pineda

**Informe final de investigación para optar al título profesional de
Ingeniero Agropecuario**

**Efecto de Canavalia (*Canavalia ensiformis*) en
poblaciones de arvenses y parámetros edáficos físicos,
Universidad Nacional Francisco Luis Espinoza Pineda,
Estelí, 2024 - 2025**

Autores

Br. Enmanuel Alexander Rodríguez Rivas

Br. Omar Antonio Talavera Escobar

Tutor

M.Sc. Didier Gabriel Matey Fajardo

Asesor

M.Sc. Juan Octavio Meneses Córdoba

Estelí, mayo 2025

Este informe final de investigación fue aceptado en su presente forma por la Oficina de Investigación de la Dirección de Ciencias Agropecuarias (DCA) de la Universidad Nacional Francisco Luis Espinoza Pineda (UNFLEP) y aprobado por el Honorable Comité Evaluador nombrado para tal efecto, como requisito parcial para optar al título profesional de: **INGENIERO AGROPECUARIO.**

Tutor

M.Sc. Didier Gabriel Matey Fajardo

Miembros del comité

M.Sc. María Alicia González Casco

Ing. Rafael Antonio López Moreno

M.Sc. Ligia Leonor Muñoz Flores

Sustentantes

Br. Enmanuel Alexander Rodríguez Rivas

Br. Omar Antonio Talavera Escobar

ÍNDICE

Contenido	Página
ÍNDICE DE TABLAS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE ANEXOS	vi
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTO	viii
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
III. JUSTIFICACIÓN	4
IV. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	5
V. OBJETIVOS	6
VI. LIMITACIONES	7
VII. MARCO TEÓRICO	8
7.1. La Canavalia ensiformis	8
7.1.1. Manejo de la Canavalia	8
7.1.2. Producción de biomasa	8
7.1.3. Porcentaje de cobertura	9
7.1.4. Propiedades alelopáticas	9
7.2. Plantas arvenses	9
7.2.1. Poblaciones de plantas arvenses	10
7.2.2. Plantas arvenses y cultivos de cobertura	10
7.3. Parámetros edáficos	10
7.3.1. Humedad gravimétrica	10
7.3.2. Densidad aparente	11
VIII. HIPÓTESIS	12
IX. DISEÑO METODOLÓGICO	13

9.1.	Ubicación geográfica	13
9.2.	Enfoque y alcance	13
9.3.	Amplitud.....	13
9.4.	Descripción de unidad de análisis experimental	14
9.5.	Manejo del ensayo	14
9.6.	Definición de variables con su operacionalización	15
9.7.	Diseño experimental	17
9.8.	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	18
9.8.1.	Biomasa aérea en base a m. f.....	18
9.8.2.	Biomasa aérea en base a m. s.	18
9.8.3.	Altura de las plantas	19
9.8.4.	Porcentaje de cobertura de suelo	19
9.8.5.	Densidad de la población de arvenses por m ²	19
9.8.6.	Variables de suelo	19
9.9.	Procedimientos para el análisis de datos	20
9.10.	Consideraciones éticas.....	20
X.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
10.1.	Comportamiento de la canavalia.....	21
10.1.1.	Altura del cultivo	21
10.1.2.	Producción de biomasa del cultivo	22
10.1.3.	Cobertura de suelo.....	23
10.2.	Dinámica poblacional de las arvenses.....	24
10.2.1.	Altura de las arvenses.....	24
10.2.2.	Densidad de la población de arvenses.....	25
10.2.3.	Biomasa de la población de arvenses.....	27
10.3.	Propiedades edáficas físicas.....	28
10.3.1.	Densidad aparente	28
10.3.2.	Humedad gravimétrica	29
XI.	CONCLUSIONES	31
XII.	RECOMENDACIONES	32

XIII. BIBLIOGRAFÍA	33
XIV. ANEXOS.....	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables	15
Tabla 2. Diseño de parcelas pareadas con tres estratos de muestreo.....	17
Tabla 3. Altura general de las arvenses	24
Tabla 4. Densidad general de la población de arvenses	25
Tabla 5. Biomasa en base a materia fresca.....	27
Tabla 6. Biomasa en base a materia seca.....	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Altura de la canavalia.....	21
Figura 2. Biomasa de la canavalia	22
Figura 3. Porcentaje de cobertura del suelo.....	23
Figura 4. Altura de la población de arvenses a los días 30, 60 y 90.....	24
Figura 5. Densidad de la población de arvenses a los días 30, 60 y 90.....	26
Figura 6. Densidad aparente	29
Figura 7. Humedad gravimétrica	30

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Macrolocalización del experimento	39
Anexo 2. Microlocalización del experimento.....	39
Anexo 3. Diseño de parcelas pareadas	40
Anexo 4. Análisis estadístico para altura y densidad de arvenses.....	40
Anexo 5. Análisis estadístico para biomasa de arvenses.....	41
Anexo 6. Análisis estadístico para porcentaje cobertura.....	42
Anexo 7. Análisis estadístico para densidad aparente y humedad gravimétrica	43
Anexo 8. Extracción de muestras de suelo	45
Anexo 9. Semillero de C. ensiformis.....	45
Anexo 10. Trasplante de plántulas C. ensiformis	46
Anexo 11. Muestreo en canavalia y arvenses, día 30	46
Anexo 12. Trampas cromáticas para monitoreo de Thrips.....	47
Anexo 13. Muestreo en C. ensiformis, día 60	47
Anexo 14. Muestreo de canavalia y arvenses, día 60	48
Anexo 15. Muestreo de arvenses en T2.....	48
Anexo 16. Cultivo de C. ensiformis, día 90	49
Anexo 17. Muestra de biomasa en base a m. f. de C. ensiformis	49
Anexo 18. Muestras de Biomasa y de suelo en estufa.....	50
Anexo 19. Muestra de Biomasa en base a m. s. de arvenses.....	50
Anexo 20. Pesaje de muestras de suelo secas.....	51
Anexo 21. Muestreo y recolección de datos	51

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre, mi padre, mi abuela y mi tía.

Enmanuel Alexander Rodríguez Rivas

AGRADECIMIENTO

Primeramente, a Dios darme la oportunidad de poder culminar con éxitos una de mis metas más importantes en mi vida.

A mi madre Yolanda Escobar por el apoyo emocional y económico que fue incondicional durante todos estos años de estudio, ya que gracias a ella pude llegar a cumplirlas.

A mi tutor M.Sc. Didier Gabriel Matey Fajardo y mi asesor M.Sc. Juan Octavio Meneses Córdoba, que fueron las bases para poder llevar a cabo el proceso de investigación.

A la ONG Elan Euskadi por el apoyo brindado durante estos cinco años, quienes me facilitaron todo lo necesario para poder culminar con éxito mi carrera universitaria.

Omar Antonio Talavera Escobar

Agradezco a mi familia, especialmente a mis padres, quienes siempre me brindaron todo lo que necesité para desarrollarme como persona y como profesional.

A mis amigos y compañeros, que influyeron positivamente en mi vida personal y académica.

A todos mis maestros de educación primaria, secundaria y universitaria, resaltando a quienes mayor pasión y compromiso mostraron al compartir su experiencia y conocimiento con sus estudiantes

A nuestro tutor M.Sc. Didier Gabriel Matey Fajardo, nuestro asesor M.Sc. Juan Octavio Meneses Córdoba y al departamento de producción agrícola, quienes nos brindaron el asesoramiento y los recursos necesarios para ejecutar esta investigación.

Enmanuel Alexander Rodríguez Rivas

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de una cobertura de *Canavalia ensiformis* sobre las poblaciones de arvenses y los parámetros edáficos físicos en UNFLEP, Estelí, a 861 msnm, durante 2024 y 2025; centrándose en la búsqueda de alternativas para el control de arvenses con métodos benéficos para el agroecosistema. Se empleó un diseño de parcelas pareadas con estratos y dos tratamientos (T1: cobertura de canavalia y T2: suelo sin cobertura). La fase de campo duró 90 días, se tomaron datos los días 0, 30, 60 y 90; las variables fueron: altura, cobertura del suelo, biomasa aérea fresca y seca de canavalia y arvenses, densidad de la población de arvenses, densidad aparente y humedad gravimétrica del suelo. El análisis de los datos fue realizado con un ANAVA y una prueba de Tukey ($p > 0.05$) para datos normales o con una prueba Kruskal-Wallis ($p < 0.05$) para datos no normales. Los resultados finales para el rendimiento de la canavalia fueron: altura 93.82 cm, biomasa aérea fresca y seca, 8.67 y 5.30 t ha⁻¹ respectivamente y cobertura del suelo de 82.22 %. Respecto a poblaciones de arvenses, *C. ensiformis* alcanzó a reducir la altura un 61.49 %, la densidad de población un 20.82 % y la biomasa aérea fresca y seca de las arvenses fue de 6.73 y 4.25 t ha⁻¹ respectivamente. Redujo la densidad aparente 0.25 g cm³ y aumentó la humedad gravimétrica un 24.75 %. Los resultados de la investigación indican que la *C. ensiformis* influyó positivamente en la dinámica poblacional de las arvenses y en los parámetros edáficos, pero en su altura y biomasa en base a materia fresca se expresó en menor medida. Es decir, es una alternativa viable para controlar arvenses y mejorar las propiedades físicas del suelo.

Palabras clave: Canavalia ensiformis, Manejo de arvenses, Cultivo de cobertura, Conservación de suelo, Parámetros edáficos físicos.

I. INTRODUCCIÓN

Los cultivos de cobertura son especies establecidas con el propósito de proteger el suelo, éstos no son utilizados como forraje, ni son incorporados al suelo y al finalizar su ciclo fisiológico se convierten en una cobertura vegetal muerta. Se pueden dejar en la superficie del suelo y de esta manera cumplen funciones variadas en los sistemas agrícolas, entre ellas, reducir los efectos de la erosión y compactación, promover la biodiversidad, mermar la presencia de arvenses y, en caso de leguminosas, aportar a la fertilidad mediante la fijación de nitrógeno atmosférico (Maceno, 2019).

Estos han sido implementados en la agricultura por la urgencia de reducir la degradación del suelo, aumentar la eficiencia del uso del agua y reducir la dependencia de insumos, como fertilizantes nitrogenados y herbicidas, en esta investigación se abarcó específicamente la especie *Canavalia ensiformis*.

El manejo de las arvenses es basado a nivel global en la aplicación de herbicidas, cuya efectividad condujo a la idea generalizada de la erradicación de las especies no deseadas y a la simplificación del concepto, constantemente reforzado por el desarrollo de nuevos herbicidas, pero, igualmente frustrada a consecuencia de la complejidad del problema. Su manejo, entonces, es limitado a la aplicación rutinaria de herbicidas, sin considerar aspectos biológicos o su integración en programas de manejo que incluyan otros métodos de control.

A la par de esto, resulta importante mencionar otros factores que agravan el problema, como el surgimiento de biotipos de arvenses con resistencias simples o múltiples a ingredientes activos y la baja probabilidad de que nuevos herbicidas con mecanismos de acción adaptados a esto sean formulados, lo que genera una expansión de las resistencias en los sistemas productivos de la región.

Es necesario implementar técnicas alternativas que disminuyan la dependencia de los sistemas productivos hacia estos agroquímicos, que desempeñen roles benéficos para el agroecosistema y que tengan la capacidad de reducir la degradación de los suelos.

Por esos motivos se presenta esta investigación, con el objetivo de evaluar el efecto de Canavalia (*Canavalia ensiformis*) en poblaciones de arvenses y parámetros edáficos físicos, en la Universidad Nacional Francisco Luis Espinoza Pineda, Estelí, durante los años 2024 y 2025.

II. ANTECEDENTES

En Mato Grosso del sur, Brasil, fue evaluada la capacidad de abonos verdes como cobertura de suelo y supresores de arvenses asociados a un cultivo de Cassava durante 90 días en un BCA. Los tratamientos consistieron en distintos arreglos de abonos verdes (*C. juncea*, *C. cajan*, *C. brasiliensis* y *C. ensiformis*). Se evaluó la cobertura del suelo y las poblaciones de arvenses a los 45, 90 y 105 días después de la emergencia y los resultados para la *C. ensiformis* respectivamente fueron del 56.2%, 81.2% y 75.7%. Los resultados mostraron que los abonos verdes suprimieron el crecimiento de arvenses durante su ciclo de vida y al ser manejados como mulch (Garicoix et al., 2015).

De acuerdo con Muñoz (2019), que al evaluar los rendimientos de Canavalia como monocultivo utilizando métodos convencionales y de conservación en el trópico húmedo de México, encontró que la Canavalia produjo una biomasa en base a materia seca de 3.235 t ha⁻¹. Además, respecto al control de arvenses, la labranza mínima y los residuos vegetales redujeron la germinación e incidencia entre dos y tres veces más que al utilizar labranza convencional.

En Santa Elena, México, Santos et al. (2023), comparó el crecimiento de leguminosas de cobertura (*M. pruriens*, *V. unguiculata*, *V. umbellata*, *C. ensiformis*, y *P. vulgaris*) para supresión de arvenses y conservación del suelo en un BCA. Las leguminosas *M. pruriens*, *V. unguiculata* y *C. ensiformis* obtuvieron la mayor producción de biomasa y suprimieron en mayor medida el crecimiento de arvenses. En el muestreo realizado a los 60 días *C. ensiformis*, *M. pruriens* y *V. unguiculata* cubrieron la totalidad del suelo, mientras que *P. vulgaris* y *V. umbellata* llegaron al 60%.

III. JUSTIFICACIÓN

En esta investigación se plantea el uso de *C. ensiformis* como cultivo de cobertura para supresión de arvenses y conservación de suelo, aspectos que representan desafíos permanentes para los agricultores, que por su carácter multifactorial son retos complejos de superar e imposibles de erradicar.

La respuesta habitual para el manejo de arvenses es una estrategia basada en la aplicación rutinaria de herbicidas, práctica que genera diversos conflictos. Como la pérdida de biodiversidad, es decir, la simplificación del agroecosistema, reducido al monocultivo sin considerar los elementos y procesos ecológicos necesarios para su funcionamiento, entre esos elementos las mismas arvenses (Alemán & Sánchez, 2015).

De lo anterior se desprende otro factor relevante, el surgimiento de biotipos de arvenses resistentes, que complica plantear un plan de manejo, pues se cesa a disponer de sustancias activas útiles para controlar esas poblaciones. Como respuesta a esa resistencia, dos acciones posibles son: incrementar la intensidad de la aplicación u optar por sustancias más fuertes. A consecuencia del mecanismo de resistencia y de la respuesta habitual del agricultor, la contaminación del suelo y fuentes hídricas se intensifica. Contaminación inevitable, que, nuevamente, contribuye a degradar el suelo en mayor medida.

Sumados, los efectos de los herbicidas resultan en daños sobre los agroecosistemas, los ecosistemas y los seres vivos que se encuentren expuestos a ellos. Por ello se presentó esta investigación que pretendió contribuir a las prácticas de manejo de arvenses con alternativas de menor impacto ambiental y aportar a la conservación del suelo y recursos hídricos. Con esto en mente, la alternativa propuesta es el uso de *C. ensiformis* como cultivo de cobertura encargado de competir con las poblaciones de arvenses para suprimir su desarrollo y minimizar sus efectos sobre los rendimientos de los cultivos y como una técnica de conservación de suelo y agua.

IV. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El manejo de arvenses es un aspecto central en la producción de alimentos, tanto que las afectaciones por arvenses producen mermas significativas anualmente a los productores agrícolas. El carácter complejo de este problema resulta en el uso indiscriminado de herbicidas, que son el método más fácil y efectivo para la reducción de su incidencia. Además de esto, conllevan costes económicos elevados para el productor y provocan daños graves en suelos, fuentes hídricas y organismos vivos.

Las estrategias para el manejo de arvenses mediante controles químicos resultan nocivas para el medio ambiente, la salud pública y, por lo tanto, para la producción agrícola sostenible en el tiempo, puesto que los ecosistemas son los encargados de regular ciclos y aspectos necesarios para las actividades productivas del campo. Por lo que, mientras los ecosistemas continúen siendo degradados, más complejo y dependiente de los insumos químicos agrícolas se volverá el manejo de arvenses.

Por ello es de suma importancia explorar alternativas al manejo químico, que sean accesibles para el productor y que tomen roles diversos en el agroecosistema. Así lo hacen los cultivos de cobertura, fijando nitrógeno, protegiendo el suelo de la erosión, reduciendo la evaporación y suprimiendo la incidencia de las arvenses en los cultivos.

V. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el efecto de canavalia (*Canavalia ensiformis*) en poblaciones de arvenses y parámetros edáficos físicos, en la Universidad Nacional Francisco Luis Espinoza Pineda, Estelí, durante los años 2024 y 2025.

Objetivos específicos

Determinar el rendimiento vegetativo de la *C. ensiformis* como cultivo de cobertura a fin de relacionar su comportamiento con las características de las poblaciones de arvenses.

Comparar la dinámica poblacional de las arvenses bajo la cobertura de la *C. ensiformis* y en una parcela sin cobertura.

Examinar la influencia de la *C. ensiformis* en los parámetros edáficos físicos densidad aparente y humedad gravimétrica con el propósito de estimar sus beneficios como cobertura de suelo.

VI. LIMITACIONES

Es posible enumerar distintas condiciones que limitaron esta investigación, entre las más importantes respecto al manejo del experimento en campo se encuentran:

Fallas habituales en el sistema de extracción y alimentación del sistema de riego de las instalaciones, entre estas fallas están las siguientes: presión baja, fugas, cortes de electricidad, etc. Esto provocó deficiencias en el suministro de agua al cultivo durante períodos críticos, por lo que la resistencia característica de la canavalia fue esencial.

A la par de lo anterior, la topografía de la parcela facilitó el encharcamiento en diversas áreas, sumado a las fugas del sistema de riego, esto provocó la muerte de algunas plantas en las zonas con encharcamientos más severos. A partir de esto, fue necesario ajustar los tiempos de riego y reducir la frecuencia.

Respecto a la presencia de plagas que afectaron gravemente los rendimientos del cultivo se detectaron desde las primeras semanas individuos de *Diabrotica spp.*, sin embargo, las afectaciones más relevantes fueron ocasionadas por Thrips, detectadas a partir del segundo mes del cultivo y por Gusanos minadores.

Otro aspecto limitante que afectó ampliamente los resultados del estudio fue la presencia de pasturas en los límites y en el área destinada para el experimento, esto resultó evidente en la uniformidad de las arvenses de la población en el área alta, y además en la gradiente de diversidad y de densidad observable a simple vista en la unidad experimental.

VII. MARCO TEÓRICO

7.1. La Canavalia ensiformis

Manejada integralmente provee varios servicios al ecosistema: ciclaje de nutrientes, almacenamiento de carbono orgánico en el suelo, mejoras en las propiedades estructurales del suelo, aumento de la infiltración de agua, reducción de la erosión y aumento en la biodiversidad (Hansen et al., 2021).

Es muy adaptable debido a su desarrollo vigoroso. Se encuentra entre las leguminosas más aptas para zonas con sequías frecuentes por su resistencia, se ajusta a suelos deteriorados (Bunch, 2016), pues soporta amplios rangos de textura y de fertilidad; desde suelos lixiviados, ácidos o salinos, hasta arcillosos húmedos (Martí et al., 2020).

7.1.1. Manejo de la Canavalia

La Canavalia pertenece a la familia Fabaceae, alcanza alturas entre 0,5 y 2 m, que pueden prolongarse hasta los 10 m. Para extender su ciclo como cobertura es recomendado podar al inicio de la floración y manejarla como arbusto (Ramírez, 2021).

Para su establecimiento se suele realizar la preparación del suelo, el control de arvenses y la siembra sin mecanización. Por sus características se usa asociada como cobertura de suelo o abono verde, con fines de conservar el suelo y reducir la necesidad de labores de control de arvenses y plagas (Tórrez, 2016).

7.1.2. Producción de biomasa

La Canavalia ha demostrado su potencial de rusticidad, vigorosidad y adaptabilidad en condiciones dispares. En la producción de biomasa fresca se encuentran rangos alrededor de las 31,75 t ha⁻¹ (García et al., 2017), en casos en los que se ha inoculado con hongos micorrícicos arbusculares ha llegado hasta las 36,6 t ha⁻¹. Por otra parte, la biomasa seca se

ha encontrado entre de 4,24 t ha⁻¹ y 10,74 t ha⁻¹ (Castro et al., 2018; E. Tórrez & J. Tórrez, 2019).

7.1.3. Porcentaje de cobertura

Según Huerta et al., (2018), que evaluando frijol, calabacín, avena y maíz en Chile, observó que los cultivos con follajes más abundantes proporcionan porcentajes de cobertura de suelo mayores, lo que reduce la erosión del suelo progresivamente.

7.1.4. Propiedades alelopáticas

Se han realizado estudios sobre los efectos alelopáticos de la Canavalia y otras leguminosas para su utilización en el control de malezas a partir de extractos, los efectos aleloquímicos tienen la capacidad de influir directamente sobre la germinación, crecimiento y reproducción de otras plantas. Esto sucede por los mecanismos de liberación de sustancias almacenadas en las células de las plantas para defenderse de distintos agentes bióticos y abióticos (Lozano & Arroyo, 2021).

7.2. Plantas arvenses

Han representado un problema para la agricultura desde sus inicios (Fontanelli et al., 2015), pues complican el crecimiento de los cultivos compitiendo por agua, nutrientes y luz, lo que produce pérdidas importantes en los rendimientos (Monteiro & Santos, 2022). El concepto “arvenses” puede definirse como las especies de plantas que no son cultivadas intencionalmente y precisan de controles para prevenir que interfieran en el rendimiento del cultivo principal (Scavo & Mauromicale, 2020).

7.2.1. Poblaciones de plantas arvenses

Los cultivos de cobertura ejercen su influencia sobre las arvenses mediante la competencia por recursos, con efectos alelopáticos sobre la germinación y el desarrollo de las arvenses, y el efecto físico de sombreado que producen con su área foliar (Rosales, 2020).

Las plantas arvenses producen semillas rápidamente y tienen capacidades impresionantes para dispersarse y germinar, además, son fácilmente adaptables a las condiciones ambientales (Valdes, 2016). Las pérdidas provocadas por estas dependen de diversos factores, como el tiempo de emergencia, densidad de plantas, tipo de arvense y de cultivo, etc. (Chauhan, 2020). Chagna., (2024) recomienda el uso de entre 50 y 100 círculos de 35 cm de diámetro para el muestreo de arvenses por campo de cultivo, con lo que se obtienen resultados representativos.

7.2.2. Plantas arvenses y cultivos de cobertura

Los cultivos de cobertura son capaces de reducir los niveles de arvenses en un cultivo (Petrosino et al., 2015) y representan una estrategia alternativa para el manejo de especies resistentes a herbicidas (Wiggins et al., 2016). Permiten disminuir el desarrollo de las arvenses durante su ciclo de crecimiento y durante la descomposición de sus residuos sin afectar la productividad, por el contrario, potenciándola en algunos casos. Debido a esto, su presencia disminuye la dependencia de herbicidas, minimizando la expansión de la resistencia en las arvenses de la región (Buratovich & Acciaresi, 2019).

7.3. Parámetros edáficos

7.3.1. Humedad gravimétrica

Las prácticas de cobertura de suelo y la siembra directa conservan el contenido de humedad en el suelo, pues la interacción entre suelo y atmósfera es más compleja que la que existe en la labranza convencional a causa de los estratos de residuos en la superficie, a los bioporos y

al entramado de raíces. Esta capa regula la pérdida de humedad y la temperatura edáfica, factores centrales para la actividad microbiana (López, 2017).

Una forma de estimar la humedad del suelo es mediante el método gravimétrico, en este se volatiliza el compuesto a determinar elevando la temperatura de la muestra sólida y calculando la diferencia entre el peso inicial y final (Boneder et al., 2019).

Según Martínez., (2021), la humedad gravimétrica refiere la relación que existe entre el peso de agua que contiene una muestra de suelo en estado natural y el peso de esa muestra luego de ser secada.

$$\% H = \frac{M_{sh} - M_{ss}}{M_{ss}} * 100$$

Donde:

Msh = Masa de suelo húmedo

Mss = Masa de suelo seco

7.3.2. Densidad aparente

Este concepto se explica como el peso del suelo sin humedad en cierta unidad de volumen edáfico y corresponde a la proporción de espacios poros en ese volumen de suelo. Para su muestreo se utiliza una herramienta con un cilindro metálico que contiene otro cilindro removible en su interior. El muestreador se introduce en el suelo a la profundidad definida y se enrasa la muestra en los extremos del cilindro. Esos cilindros se llevan a laboratorio para su secado en estufa a 105 °C por 48 horas y se pesan para determinar su masa (Agostini et al., 2014).

VIII. HIPÓTESIS

Las características del comportamiento del cultivo de cobertura *C. ensiformis* tienen la capacidad de contribuir a formar una capa de cobertura de suelo significativa que genera una relación de competencia contra las especies de plantas arvenses y protege el suelo, por lo tanto, reducirá la incidencia de malezas en la parcela y mejorará los parámetros físicos del suelo.

IX. DISEÑO METODOLÓGICO

9.1. Ubicación geográfica

El experimento se llevó a cabo en la Universidad Nacional Francisco Luis Espinoza Pineda, en el valle Santa Adelaida, ubicado en el departamento de Estelí, a 17 km de la ciudad de Estelí. A una altura de 861 msnm, coordenadas 13.245168°N 86.371929°O (Anexo 1 y 2).

En la planicie del Valle de Estelí predomina el orden de los Molisoles, considerado por este tipo de suelo la zona de alta productividad del municipio. La comunidad Santa Adelaida presenta principalmente suelos francos arcillosos con drenaje moderado de los órdenes: Alfisoles, Molisoles y Vertisoles, escritos de mayor presencia a menor.

La temporada seca es parcialmente nublada, la temporada lluviosa es moderadamente nublada y es cálido todo el año, con una precipitación anual de 500 – 1000 mm. Las temperaturas varían entre 17°C y 32°C, casi nunca ascienden sobre los 34°C o descienden por debajo de los 15°C a lo largo del año.

9.2. Enfoque y alcance

Esta investigación es de tipo cuantitativo experimental y consiste en explorar la relación entre los cultivos de cobertura, las arvenses y el suelo, relacionando los comportamientos de estos elementos de la investigación entre sí. El comportamiento y los efectos de los cultivos de cobertura han sido documentados previamente y se conocen con cierta profundidad, pero la forma en la que interactúan con las poblaciones de arvenses no es un fenómeno extensamente comprendido.

9.3. Amplitud

El experimento se limitó a un periodo de 90 días posteriores a la siembra del cultivo de cobertura, tiempo requerido para que alcance un porcentaje de cobertura adecuada. Posterior a la siembra se tomaron muestras para calcular el porcentaje de cobertura, la biomasa, y altura de las plantas. Para las poblaciones de arvenses se muestrearon biomasa, densidad, altura y

tipo. En cuanto al suelo se realizaron muestreos de la humedad gravimétrica y densidad aparente.

9.4. Descripción de unidad de análisis experimental

La dimensión total de la parcela fue de 200 m², en esta se estableció el T1 Cobertura de *C. ensiformis* y el T2 Testigo sin cobertura, en el que no se estableció ninguna cobertura. Se emplearon tres estratos de muestreo en cada parcela debido a un porcentaje de pendiente del 5%; alto, medio y bajo (A, M y B) y las unidades de análisis del experimento fueron las plantas de *C. ensiformis*, las poblaciones de arvenses y el suelo.

En los bordes exteriores e interiores se reservaron 0,5 m como área de protección externa e interna con la finalidad de reducir el efecto borde y la interferencia entre tratamientos. La *C. ensiformis* fue plantada a 0,5 m entre plantas y 0,5 m entre surcos, se establecieron 400 plantas.

9.5. Manejo del ensayo

La semilla de canavalia fue pregerminada sumergiéndola en agua durante 48 horas, estas se plantaron en bandejas de 1.5 " * 2 " utilizando bokashi como sustrato. La etapa de semillero duró 12 días, al doceavo día se realizó el trasplante a campo. La parcela fue limpiada con una moto guadaña y no se realizó preparación de suelo, sino que se empleó siembra directa. Se usó una densidad de siembra de 0.5 * 0.5 m entre planta y surco, que suma una densidad de 40,000 plantas ha⁻¹.

El riego por aspersión se aplicó día de por medio en periodos cortos para evitar los encharcamientos. Se realizó una fertilización edáfica con gallinaza y cuatro fertilizaciones foliares a lo largo de los 90 días. Para el manejo de plagas se empleó extracto de chile y ajo, sulfato de azufre, etc. Además, fueron colocadas trampas cromáticas azules con pegamento entomológico para monitoreo constante de Thrips. El ensayo duró 90 días entre el inicio del semillero hasta la última toma de datos.

9.6. Definición de variables con su operacionalización

Tabla 1. Operacionalización de las variables

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Subvariables	Indicadores	Técnicas de recolección de información	Fuente de información
Determinar el rendimiento vegetativo de la <i>C. ensiformis</i> como cultivo de cobertura.	Comportamiento de <i>C. ensiformis</i>	Producción de materia vegetal y características de la planta	Biomasa aérea m. f.	t ha ⁻¹	Corte, bascula, hoja de campo, observación	Canavalia, superficie del suelo
			Biomasa aérea m. s.			
			Altura	cm	Cinta métrica, hoja de campo	
			Cobertura de suelo	%	Hoja de campo	
Comparar la dinámica poblacional de las arvenses bajo la cobertura de la <i>C. ensiformis</i> .	Dinámica poblacional de arvenses	Características del conjunto de arvenses en la parcela	Biomasa aérea m. f.	t ha ⁻¹	Corte, báscula, hoja de campo, observación	Arvenses
			Biomasa aérea m. s.			
			Altura	cm	Cinta métrica, hoja de campo	
			Densidad de la población	Plantas m ²	Hoja de campo	

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Subvariables	Indicadores	Técnicas de recolección de información	Fuente de información
Examinar la influencia de la <i>C. ensiformis</i> en los parámetros edáficos físicos	Parámetros edáficos físicos	Características físicas del suelo	Humedad gravimétrica Densidad aparente	% HG g cm ³	Cilindro metálico, estufa, bascula, hoja de campo	Parcela, suelo

9.7. Diseño experimental

En vista de que la investigación tomó en cuenta dos tratamientos y debido a las características de heterogeneidad de la parcela, se empleó el diseño de parcelas pareadas, de esta manera se lograron reducir las fuentes de variación. La dimensión total de la parcela fue de 200 m², Los tratamientos, T1 Cobertura de *C. ensiformis* y T2 Testigo sin cobertura, estas parcelas fueron divididas en tres estratos de muestreo, alto, medio y bajo debido a la pendiente.

Con el fin de reducir los efectos sobre los resultado de la competencia entre tratamientos, afectaciones por condiciones climáticas adversas, enfermedades o plagas, se dejó un área de protección externa e interna.

Tabla 2. Diseño de parcelas pareadas con tres estratos de muestreo

T		
E	T1 A	T2 A
	T1 M	T2 M
	T1 B	T2 B

Los datos resultantes del ensayo fueron analizados con el método de parcelas pareadas, que se define como:

$$T\alpha = \frac{d}{sd} = \frac{\text{Promedio de las diferencias}}{\text{Standar de la media}}$$

$$d = \frac{\sum \text{algebraica de las diferencias}}{\text{Número de pares (n)}}$$

$$sd = \frac{\sqrt{s^2}}{n}$$

$$s^2 = \frac{\sum X^2i}{n-1} = \frac{\sum X^2i - \frac{(\sum Xi)^2}{n}}{n-1}$$

“Si $T\alpha \geq T$ tablas “de Student, con n-1 gl; entonces se rechaza la Ho” (Lara et al., 2016).

9.8. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Se utilizaron hojas de campo, en donde se encuentran las variables, sus indicadores y el orden respectivo de los datos. Los muestreos se distribuyeron entre los estratos de las parcelas, las muestras y datos fueron organizados por fechas de recolección, estrato y parcela. La técnica de muestreo fue aleatorio estratificado.

9.8.1. Biomasa aérea en base a m. f.

Se realizaron cortes del vástago y fueron pesados inmediatamente para obtener el dato Biomasa aérea en base a m. f. Para muestreo de Canavalia se seleccionaron 4 plantas correspondientes a 1 m² de cada estrato aleatoriamente. En cuanto a las plantas arvenses, el tamaño de la muestra fue de 1 m² por estrato, este se realizó en el T1 y T2. Los datos se tomaron al día 90 después de la siembra.

$$Ton\ ha^{-1} = \frac{mf\ m^2 * 10\ 000\ m^2}{1000\ Kg}$$

9.8.2. Biomasa aérea en base a m. s.

Por cada muestra de Biomasa aérea en base a m. f., 500 g se sometieron a temperaturas constantes de 75 °C durante 72 horas en una estufa y posteriormente se pesaron utilizando una balanza digital de dos decimales.

$$Biomasa\ ms = \frac{Peso\ seco\ de\ la\ muestra}{Peso\ de\ la\ muestra\ enviada\ a\ estufa}$$

$$Ton\ ha^{-1} = Biomasa\ ms * mf\ m^2 * 10$$

9.8.3. Altura de las plantas

Para el T1, el tamaño de la muestra fue de 10 plantas por estrato seleccionadas aleatoriamente para someterlas a la medición, esta variable no se enfoca en la longitud de las guías principales de las plantas, sino en la altura de acuerdo a su porte de crecimiento, es decir, el estrato horizontal que ocupa desde la superficie del suelo hasta su copa, este se toma con una cinta métrica. Respecto a las plantas arvenses, se tomaron datos en 3 puntos de 1 m² por estrato siguiendo el mismo procedimiento. Fue muestreada al día 30, 60 y 90 después de la siembra.

9.8.4. Porcentaje de cobertura de suelo

Para medir la cobertura se utilizó una cuerda de 10 m señalizada cada 30 cm, esta se arrojó tres veces en cada estrato y se contabilizaron los nudos en contacto con la cobertura de Canavalia, para el T2 se contabilizaron los que estaban en contacto con arvenses.

9.8.5. Densidad de la población de arvenses por m²

Se muestrearon 3 puntos por estrato, tanto en el T1 como en el T2. Se utilizó un cuadro de 1 m² para cada punto, dentro de ese cuadro se contaron la cantidad de plantas arvenses individuales existentes para obtener el dato Densidad de arvenses por m². Fue muestreada al día 0 y 90 después de la siembra.

9.8.6. Variables de suelo

Se extrajeron dos muestras por estrato a una profundidad de muestreo de 20 cm. Se evitó muestrear áreas cuyas propiedades podrían haber sufrido alteraciones por encharcamientos, pisoteo, etc. Estos datos fueron tomados el día 0 y 90 después de la germinación.

Las muestras se tomaron tres días luego de la última aplicación de riego. Se emplearon métodos de gravimetría y los datos se ordenaron por punto, estrato y parcela.

9.9. Procedimientos para el análisis de datos

Se elaboró una base de datos en Office Excel y se realizó la prueba de normalidad Shapiro-Wilk. Según el resultado de la prueba se aplicó un ANAVA y una prueba de Tukey para separación de medias en variables con distribuciones normales o Kruskal-Wallis en variables con distribuciones no normales. Fue empleado el paquete estadístico InfoStat versión estudiantil con un margen de error del 5 %.

9.10. Consideraciones éticas

Los resultados obtenidos de esta investigación aportan al manejo de arvenses y conservación, además de reducir su dependencia de herbicidas, así como para áreas con suelos degradados y deficiente cobertura de suelo. Con el fin de evitar la manipulación de la información se llevaron registros detallados de todos los manejos realizados y los datos extraídos de la investigación, así mismo la selección de las muestras fue realizada aleatoriamente dentro de ciertos parámetros necesarios.

X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

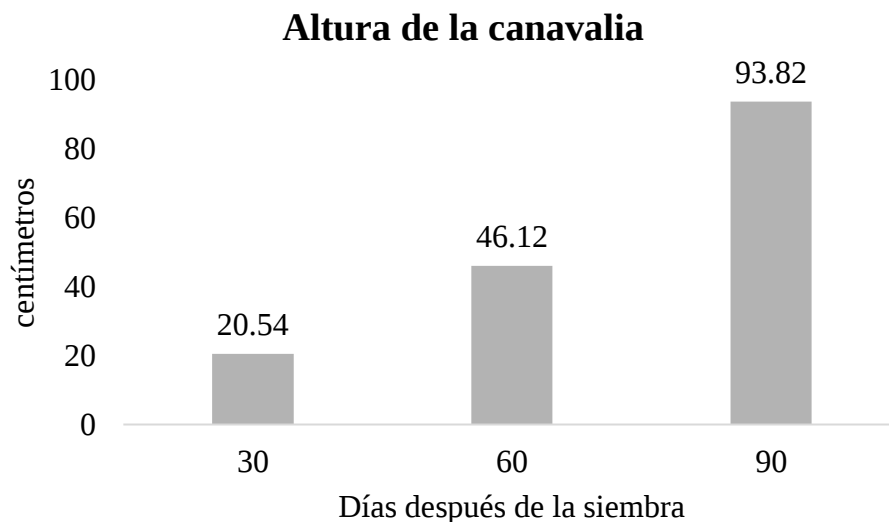
10.1. Comportamiento de la canavalia

10.1.1. Altura del cultivo

En la Figura 1, se presentan los resultados relacionados con la altura de la canavalia a los días 30, 60 y 90 después de la siembra. El periodo de mayor crecimiento se encontró entre el día 60 y 90, con una diferencia de altura de 47.70 cm, mientras que entre el día 30 y 60 fue de 25.58 cm. Esta diferencia está relacionada con la disminución de afectaciones por plagas y de la competencia con arvenses durante los últimos 30 días.

Estos resultados difieren de Prasojo et al. (2025), quien observó que la altura durante la fase de floración registró los 56.67 cm y 53.23 cm en la fase vegetativa. Por el contrario, esta investigación situó la altura a los 90 días, durante la floración, en los 93.82 cm y para la fase vegetativa, entre el día 0 y 60, en 20.54 y 46.12 cm. Por otra parte, la altura al día 30 concuerda con lo mencionado por Zapata et al. (2017), que observó una altura de 19.9 cm, pero difiere en el día 60, con 36.4 cm.

Figura 1. Altura de la canavalia



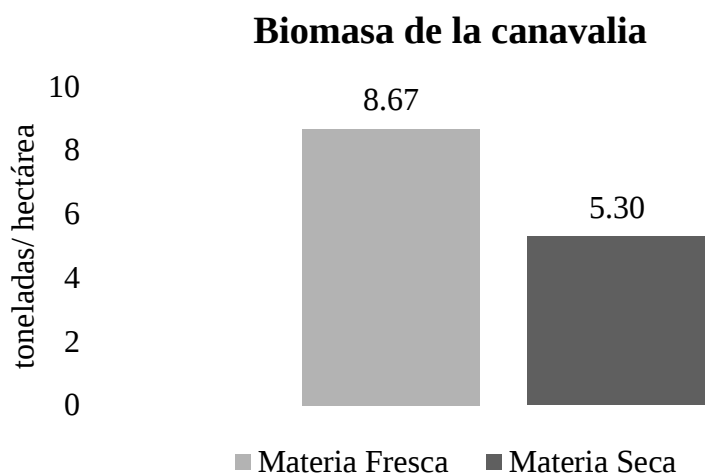
10.1.2. Producción de biomasa del cultivo

El cultivo de cobertura presentó limitaciones en su crecimiento y desarrollo por ataques de plagas y deficiencias en el sistema de riego. Aún bajo estos factores y con una densidad de siembra baja, mostró potencial de adaptabilidad. La producción de biomasa aérea en base a materia fresca fue de 8.67 t ha⁻¹ y en base a materia seca de 5.30 t ha⁻¹ (Figura 2).

Debido a factores como la densidad de siembra o el periodo de corte, la producción de materia seca es relativamente baja respecto de otras investigaciones. En el caso de materia fresca, puede variar significativamente debido a factores climáticos, aplicaciones de riego, etc. Gualdron & Elizabeth (2022) encontraron rendimientos de 15.3 t ha⁻¹ de materia fresca y 6.8 t ha⁻¹ de materia seca utilizando una densidad de siembra dos veces mayor a la densidad de 40,000 plantas por hectárea empleada en esta investigación. En cambio, con una densidad similar, la producción de materia seca fue de 4.6 t ha⁻¹, a la par de las 5.3 t ha⁻¹ señaladas en la Figura 2.

Por otra parte, Castro (2016) registró rendimientos mayores de materia seca con una densidad de 57,142 plantas ha⁻¹, específicamente 6.42 t ha⁻¹ en un Vertisol, en el Valle del Cesar, Colombia. Esto sugiere que es posible aumentar la densidad de siembra significativamente.

Figura 2. Biomasa de la canavalia



10.1.3. Cobertura de suelo

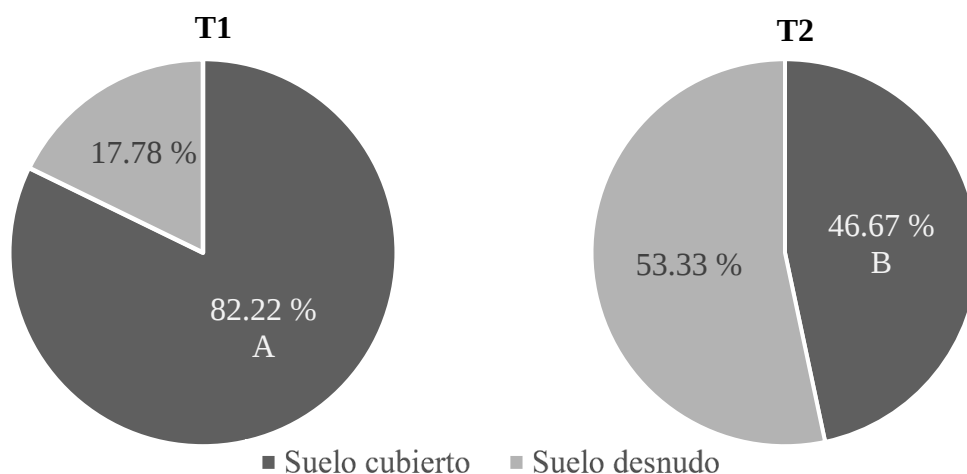
Los tratamientos tuvieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) de acuerdo con el análisis de la varianza (ANAVA) (Anexo 6). El T1 obtuvo el porcentaje más alto con el 82.22 % de superficie de suelo cubierta respecto al T2 con 53.33% proporcionado por la población de arvenses.

Como se observa en la Figura 3, la cobertura proporcionada por la canavalia (T1) alcanzó un porcentaje de 82.22 %, superior a la cobertura del T2, que fue de 46.67 %, la prueba de separación de medias indicó que los tratamientos fueron significativamente diferentes.

Los resultados concuerdan con los obtenidos por Maceno, (2019), quien registró un porcentaje de 93.25 % en Mayagüez, Puerto Rico. Sin embargo, el estudio utilizó una densidad significativamente mayor (100,000 plantas por hectárea).

Algunos estudios reportan la capacidad de la canavalia para establecer coberturas considerables en periodos cortos. Por ejemplo, Sheahan, (2012), señala una cobertura de 85 % en los 60 días posteriores a la emergencia, resultado que difiere del 82.22 % en 90 días alcanzado en esta investigación.

Figura 3. Porcentaje de cobertura del suelo



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Nota: T1: Cobertura de *C. ensiformis*; T2: Testigo sin cobertura

10.2. Dinámica poblacional de las arvenses

10.2.1. Altura de las arvenses

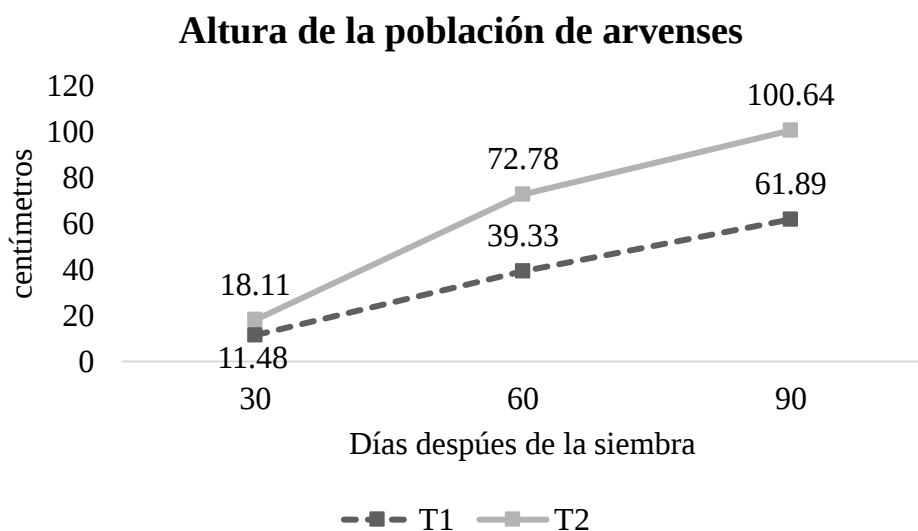
Según la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para altura de las arvenses general (Tabla 5) no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos estudiados (p 0.0589).

Tabla 3. Altura general de las arvenses

Tratamiento	Medias	D.E.	H	p
1	37.57	22.59	3.60	0.0589
2	63.84	36.44		

El T1 obtuvo alturas menores durante todo el ciclo (Figura 4). Al día 30 se observaron cifras similares en ambos tratamientos debido a la etapa temprana de desarrollo del cultivo. Al día 60 iniciaron a divergir, pues el crecimiento fue más rápido, además las afectaciones por plagas disminuyeron considerablemente. Esto mismo ocurrió en los últimos 30 días del experimento, al final del ciclo la reducción fue del 61.49 % respecto del T2.

Figura 4. Altura de la población de arvenses a los días 30, 60 y 90



Las medias de la altura de la población de arvenses al día 30 coinciden con las encontradas por Cuéllar et al. (1997) con 12.87 cm, aunque estas varían ampliamente según el manejo, llegando hasta 23.91 cm. Por otra parte, al día 60, la altura se encontró entre 31.62 y 50.68 cm, coincidiendo este rango con el resultado de esta investigación de 39.33 cm. A diferencia de los resultados obtenidos por Servín et al. (2022), que registró alturas de 33.25 y 61.85 cm en la arvense *Pennisetum glaucum* a los días 30 y 60 con cobertura de canavalia en un sistema de rotación de cultivos, la altura medida durante este experimento fue inferior, de 11.48 y 61.89 cm.

10.2.2. Densidad de la población de arvenses

En la Tabla 6, se observa la prueba de Tukey para separación de medias de la variable Densidad de la población de arvenses. En esta se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$). El T1 obtuvo una media de 152.04, ante las 192.00 plantas por m² del T2. Es decir, la cobertura de canavalia presentó una reducción del 20.82 % en la densidad de la población de arvenses.

Tabla 4. Densidad general de la población de arvenses

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
1	152.04	9	11.99	A
2	192.00	9	11.99	B

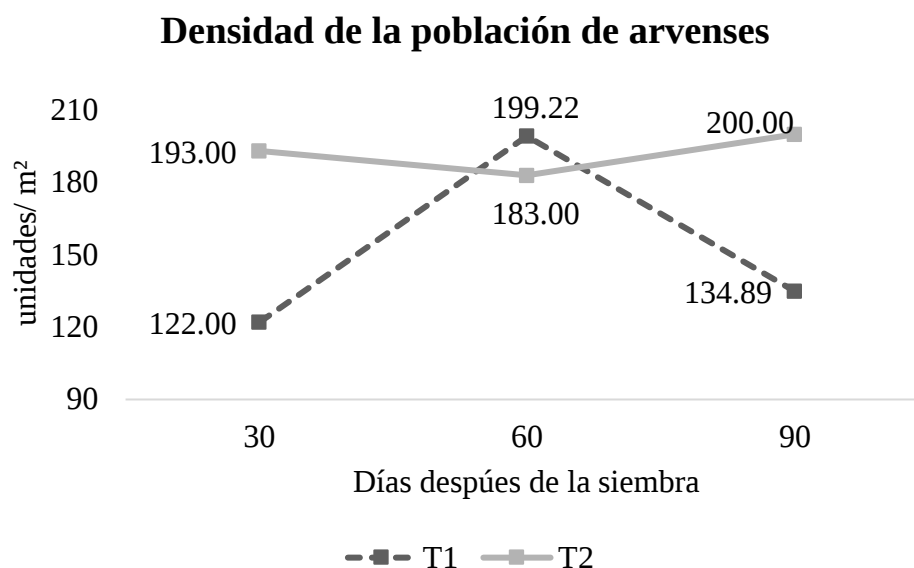
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

En las medias por día (Figura 5), el T2 mantuvo cifras estables durante todo el ciclo, presentando la densidad inferior al día 60. Las variaciones en la densidad del T2 se atribuyen principalmente a la dominancia de especies de crecimiento rápido sobre otras de crecimiento lento, las especies dominantes fueron principalmente gramíneas.

En cambio, el comportamiento del T1 varió a lo largo del tiempo. Este obtuvo cifras menores en los días 30 y 90, mientras que al día 60 el resultado fue mayor al del T2. El incremento entre el día 30 y 60 ocurre debido al lento desarrollo foliar del cultivo durante este periodo,

lo que permitió a las arvenses crecer descontroladamente. Sin embargo, el cambio entre el día 60 y 90 es notable, pues esta fue la etapa de mayor crecimiento del cultivo, como se puede observar en la Figura 1.

Figura 5. Densidad de la población de arvenses a los días 30, 60 y 90



Mejía & Montes (2006), evaluando canavalia, gandul y mungo encontraron que la cobertura de canavalia, tres meses después de la siembra, logró una densidad de 171 plantas arvenses por m^2 , por otra parte, en el suelo sin cobertura se presentaron 219. Además, registraron que en los meses subsecuentes la densidad continuó decreciendo, debido a que las plantas habían desarrollado su follaje por completo.

De acuerdo con Marroquín (2022), a partir del día 30 después de la siembra, la canavalia actúa eficientemente en el control de malezas de hoja ancha y angosta, debido a que reduce la producción de semillas y el banco de semillas es mermado paulatinamente al cabo de tres a cuatro años. Esto implica un ahorro en el uso posterior de herbicidas. Por el contrario, los datos de este experimento indicaron una reducción significativa a partir del día 60, en lugar de en el día 30.

El crecimiento descontrolado de las poblaciones de arvenses entre el día 0 y 60 está relacionado con la brecha de tiempo entre la limpieza de la parcela (manejo de arvenses) y el establecimiento del cultivo, este periodo de tiempo brindó una ventaja inicial a las arvenses frente al cultivo de canavalia.

10.2.3. Biomasa de la población de arvenses

En la Tabla 7 se muestra el ANAVA para la producción de materia fresca de la población de arvenses. Los resultados señalaron que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$) (Anexo 5). El T1 alcanzó 6.73 ton ha^{-1} , lo que significó una reducción del 32.23 % respecto del T2 con 9.93 ton ha^{-1} .

Esta reducción en la materia fresca difiere de la obtenida por Servín et al. (2022), que logró reducir la materia fresca producida por las arvenses en un 62.8 %, esto con la cobertura de canavalia en un suelo con una pasada de arado y realizando un manejo de arvenses a los 10 días de la siembra.

Tabla 5. Biomasa en base a materia fresca

Tratamiento	Ton ha^{-1}	n	E.E.	
1	6.73	3	0.97	A
2	9.93	3	0.97	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

El ANAVA para la producción de materia seca de la población de arvenses determinó que los resultados fueron significativamente diferentes entre sí ($p > 0.05$) (Anexo 5). El T1 alcanzó 6.73 ton ha^{-1} , lo que significó una reducción del 32.23 % respecto del T2 con 9.93 ton ha^{-1} . Se presentó una reducción del 33.39 % en la biomasa en base a m. s. bajo la cobertura de la canavalia respecto del T2 (Tabla 8).

Santos et al. (2019), obtuvo resultados menores a los de esta investigación, 3.76 ton ha^{-1} de materia seca, realizando preparación de suelo mecanizada, fertilización edáfica orgánica y

dos controles mecánicos de arvenses a lo largo del ciclo del cultivo. De la misma manera, los resultados difieren de los registrados por Recalde et al. (2015), quien registró una biomasa seca de la población de arvenses de 8.8 ton ha^{-1} , esto fue ocasionado por la alta producción de biomasa de la canavalia.

Tabla 6. Biomasa en base a materia seca

Tratamiento	Ton ha^{-1}	n	E.E.	
1	4.25	3	0.49	A
2	6.38	3	0.49	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

10.3. Propiedades edáficas físicas

10.3.1. Densidad aparente

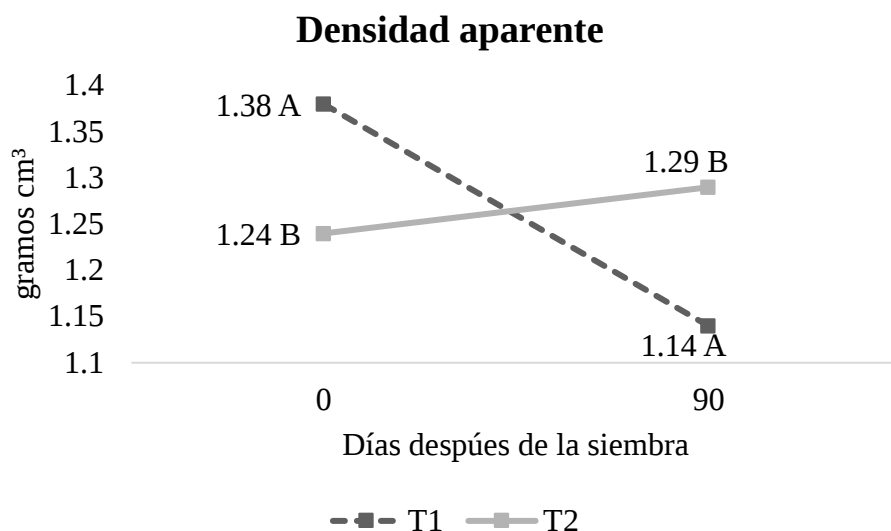
Se encontraron diferencias significativas entre ambos tratamientos ($p < 0.05$), al inicio y al final del experimento al aplicar un ANAVA (Anexo 7). Luego se aplicó la prueba de separación de medias de Tukey (Figura 6). El T1 registró una disminución de 1.38 a 1.14 g cm^3 , lo que supone una reducción de 0.25 g cm^3 . Al contrario, el T2 mostró un aumento en la densidad aparente del suelo de 0.05 g cm^3 .

Renté et al. (2018), sin utilizar biofertilizantes o bioestimulantes en un BCA, no encontró diferencias en la densidad aparente de un suelo con cobertura de canavalia sin incorporar al suelo y un suelo sin cobertura, pero sí disminuyó cuando el cultivo fue incorporado al suelo o se mantuvo de forma permanente durante 120 días. Coincidiendo con los resultados de la variable densidad aparente, que mostró una disminución significativa en la densidad aparente del suelo con el T1.

Al igual que con las observaciones de Ma et al. (2021), en la región norte de China con un clima monzónico continental, que determinan que las leguminosas como abonos verdes

pueden reducir la densidad aparente del suelo significativamente, alrededor de un 5.6 % en los primeros 20 cm del suelo y 4 % más allá de 20 cm.

Figura 6. Densidad aparente



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

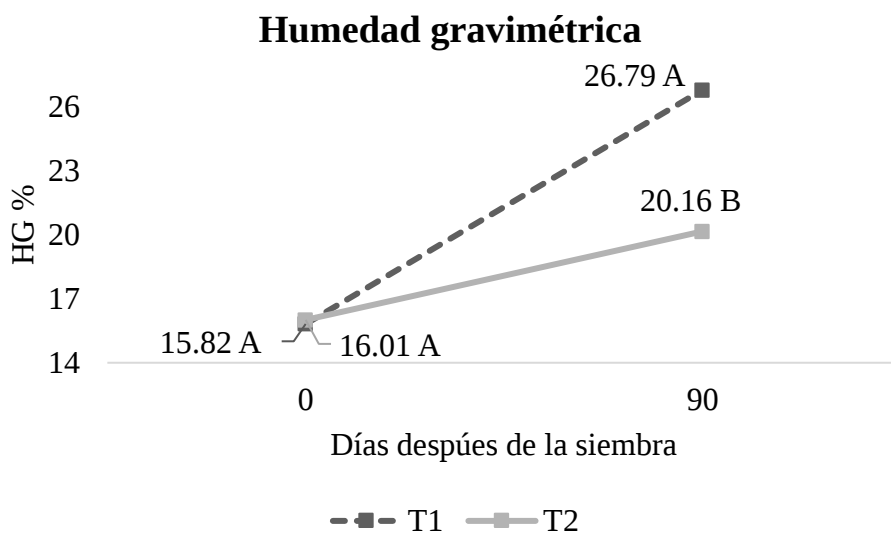
10.3.2. Humedad gravimétrica

En cuanto a los resultados de la humedad gravimétrica del suelo (Figura 7), el ANAVA (Anexo 7) no encontró diferencias significativas en los datos iniciales del experimento. Los datos finales sí mostraron diferencias significativas entre la cobertura de canavalia y el T2 ($p < 0.05$). Inicialmente partieron de cifras similares, pero al día 90 el suelo con cobertura logró conservar la humedad en mayores cantidades a lo largo del tiempo, 26.79 %. Se observó un aumento del 24.75 % respecto al T2, que obtuvo 20.16 %.

Los resultados para humedad gravimétrica coinciden con los registrados por Maceno (2019) en Puerto Rico, quien concluyó que la cobertura de canavalia baja la temperatura del suelo debido al tamaño de su dosel, que reduce la cantidad de calor que alcanza al suelo, evitando la evaporación del agua. Por lo tanto, el suelo conserva mayores cantidades de humedad.

Así mismo lo observó Renté et al., (2018), en un fluvisol diferenciado en Santiago, Cuba, quien determinó que la humedad del suelo aumenta cuando la leguminosa está presente sin incorporar, aumento que es más evidente si se incorpora y sobre todo si se mantiene la cobertura de forma permanente. Situó los resultado para la canavalia permanente en 18.90 % e incorporada en 17.80 %.

Figura 7. Humedad gravimétrica



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

XI. CONCLUSIONES

Los resultados de la investigación indican que la *C. ensiformis* influyó en la dinámica poblacional de las arvenses y en los parámetros edáficos, pero en su altura y biomasa en base a materia fresca se expresó en menor medida. Por ello se considera como una alternativa para controlar arvenses y mejorar las propiedades físicas del suelo. El cultivo alcanzó una altura de 93.82 cm, lo que favoreció el sombreado de las arvenses. La biomasa alcanzó las 8.67 y 5.30 t ha⁻¹ para materia fresca y seca respectivamente. Estos dos factores contribuyeron a conformar la abundante cobertura de suelo de 82.22 % frente al reducido 46.67 % alcanzado por las poblaciones de arvenses en el T2, de ahí su capacidad para proteger y mejorar el suelo.

El efecto observado en las poblaciones de arvenses bajo la cobertura de *C. ensiformis* indicó que fueron suprimidas significativamente, pues redujo la densidad de arvenses por m² en un 20.82%, observándose la mayor reducción entre el día 60 y 90. Además, otros autores afirman que, pasados los 90 días, la incidencia de arvenses continúa disminuyendo. Respecto a la altura de las arvenses, la reducción en presencia de *C. ensiformis* fue de 61.49 %.

También se observaron diferencias significativas en los parámetros edáficos que afirman el potencial del cultivo para conservación de suelos. La *C. ensiformis*, redujo la densidad aparente de 1.38 a 1.14 g cm³, disminuyendo la compactación del suelo en sus primeros 20 cm; al contrario que en el T2, que aumentó 0.05 g cm³. En lo que concierne a la humedad gravimétrica del suelo, desde cifras estadísticamente similares, aumentó a 24.75 % bajo la cobertura de *C. ensiformis* y a 20.16 % en la parcela sin el cultivo de cobertura debido a las arvenses presentes.

XII. RECOMENDACIONES

Con base en las conclusiones y los problemas relacionados con el manejo del experimento, se sugiere:

Utilizar densidades de siembra entre 60,000 y 80,000 plantas ha⁻¹ con la finalidad de aumentar la producción de biomasa y la cobertura de suelo del cultivo, siempre tomando en cuenta el manejo, las necesidades del productor y el sistema de cultivo.

Monitorear periódicamente el cultivo en busca de plagas severas, especialmente en el primer mes y medio después de la siembra para evitar posteriores afectaciones en el crecimiento y rendimiento.

Trasplantar o plantar la *C. ensiformis* inmediatamente después de la limpieza o preparación del suelo con el propósito de maximizar la ventaja inicial del cultivo sobre las poblaciones de arvenses.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

- Agostini, M., Monterubbianesi, M., Studdert, G., & Maurette, S. (2014). Un método simple y práctico para la determinación de densidad aparente. *Ciencia del suelo*, 32(2), 171-176. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1850-20672014000200003&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Alemán, F., & Sánchez, A. (2015). Estado actual de ciencia de las arvenses en Nicaragua. *La Calera*, 15(25), 70-76. <https://lcalera.una.edu.ni/index.php/CALERA/article/view/262>
- Boneder, S., Iñon, A., & Jara, S. (2019). *Determinación de humedad, materia orgánica y nitrógeno en dos muestras de compost y una de suelo del bosque*. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/93456>
- Bunch, R. (2016). ¿Cómo prohibir las sequías? *Leguminosas y plantas silvestres en la alimentación y la agricultura*, 32(2), 8. http://canunite.org/wp-content/uploads/2016/07/Leisa_vol32n2.pdf#page=8
- Buratovich, M., & Acciaresi, H. (2019). *Manejando malezas con cultivos de cobertura: Una alternativa tecnológica para disminuir el uso de herbicidas*. 10(39), 51-55. <https://inta.gob.ar/documentos/manejando-malezas-con-cultivos-de-cobertura-una-alternativa-tecnologica-para-disminuir-el-uso-de-herbicidas>
- Castro, E. (2016). *Utilización de leguminosas forrajeras como abonos verdes para la producción de cultivos forrajeros y leche en ganaderías doble propósito en el trópico seco*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/55980>
- Castro, E., Mojica, J., Corulla, J., & Lascano, C. (2018). Abonos verdes de leguminosas: Integración en sistemas agrícolas y ganaderas del trópico. *Agronomía Mesoamericana*, 711-729. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i3.31612>
- Chagna, J. (2024). *Arvenses y beneficios agroecológicos en pasturas de San Luis de Agualongo, Otavalo* [Ingeniería, Universidad Técnica del Norte]. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/15428>
- Chauhan, B. S. (2020). Grand Challenges in Weed Management. *Frontiers in Agronomy*, 1. <https://doi.org/10.3389/fagro.2019.00003>

- Cuéllar, S., Tobar, L., & Zelaya, J. (1997). *Efectividad de leguminosas (Stizolobium deeringianum y Canavalia ensiformis) sembrados a diferentes épocas y en asocio con maíz (zea mays) para el control de malezas y mejoramiento de la fertilidad del suelo*. <https://hdl.handle.net/20.500.14492/2419>
- Fontanelli, M., Martelloni, L., Raffaelli, M., Frasconi, C., Ginanni, M., & Peruzzi, A. (2015). Weed management in autumn fresh market spinach: A nonchemical alternative. *HortTechnology*, 25(2), 177-184.
- García, M., Rivera, R., Cruz, Y., Acosta, Y., & Cabrera, J. (2017). Respuesta de Canavalia ensiformis (L.) a la inoculación con diferentes cepas de hongo micorrízico arbuscular en un suelo FARL. *Cultivos Tropicales*, 38(1), 7-12. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362017000100001&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Garicoix, K., Carneiro, L., Moraes, D., Felisberto, G., Nascimento, J., & Padovan, M. (2015). Weed suppression by green manure in an agroecological system. *Revista Ceres*, 62, 546-552. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201562060006>
- Gualdron, B., & Elizabeth, F. (2022). *Evaluación de la densidad de siembra sobre los contenidos de nitrógeno en la biomasa de canavalia (Canavalia ensiformis) utilizada como abono verde*. <http://repositorio.unad.edu.co/handle/10596/49277>
- Hansen, V., Eriksen, J., Jensen, L., Thorup, K., & Magid, J. (2021). Towards integrated cover crop management: N, P and S release from aboveground and belowground residues. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 313, 107-392. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107392>
- Huerta, J., Oropeza, J., Guevara, R., Ríos Berber, J., Martínez, M., Barreto, O., Olguín, J., & Mancilla, O. (2018). Efecto de la cobertura vegetal de cuatro cultivos sobre la erosión del suelo. *Idesia (Arica)*, 36(2), 153-162.
- López, F. (2017). *Dinámica de la cobertura de residuos en suelos bajo siembra directa: Relación con la humedad del suelo y la transformación de las fracciones orgánicas lábiles*. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/114005>
- Lozano, D., & Arroyo, N. L. (2021). *Efectos de la alelopatía y su utilización en malezas y cultivos de importancia agronómica del departamento de Córdoba*. Tesis Ing. Agr. Universidad de Cordoba. 40 p. <https://repositorio>

- Ma, D., Yin, L., Ju, W., Li, X., Liu, X., Deng, X., & Wang, S. (2021). Meta-analysis of green manure effects on soil properties and crop yield in northern China. *Field Crops Research*, 266, 108146. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108146>
- Maceno, E. (2019). The effects of jack bean [*Canavalia ensiformis* (L.) DC.] and sunn hemp (*Crotalaria juncea* L.) as legume cover crops on soil physical, biological and chemical properties in an agricultural field in Puerto Rico. *Master's Thesis. University of Puerto Rico, Río Piedras Campus. College of Natural Sciences Department of Environmental Science. Río Piedras, Puerto Rico. 108 Pp.* <https://research.fs.usda.gov/treearch/61236>
- Marroquín, M. (2022). *Evaluación de distanciamientos de siembra de Canavalia ensiformis, para el control de malezas en áreas de descanso, en caña de azúcar* [Tesis de grado, Universidad Rafael Landívar: Facultad de ciencias ambientales y agrícolas]. <https://biblior.url.edu.gt/wp-content/uploads/publiwebg/Tesis/2022/06/17/Marroquin-Milbert.pdf>
- Martí, O. R., Reyes, P. P., Vila, Y. C., Rodríguez, M. C., & García, M. C. N. (2020). *Canavalia ensiformis* (L): En propiedades químicas de un suelo fluvisol diferenciado. *Revista Científica del Amazonas*, 3(6), Article 6. <https://doi.org/10.34069/RA/2020.6.05>
- Martínez, M. (2021). *Análisis comparativo entre la humedad gravimétrica y la humedad determinada con sensores electrónicos en suelos granulares del cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.*
- Mejía, L., & Montes, C. (2006). *Efecto de tres especies de leguminosas sobre la dinámica poblacional, abundancia, diversidad de malezas y su aporte de (NPK) a partir de la materia orgánica al suelo en el cultivo de la pitahaya (Hylocereus undatus britton y rose)* [Engineer, Universidad Nacional Agraria, UNA]. <https://repositorio.una.edu.ni/1976/>
- Monteiro, A., & Santos, S. (2022). Sustainable Approach to Weed Management: The Role of Precision Weed Management. *Agronomy*, 12(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010118>

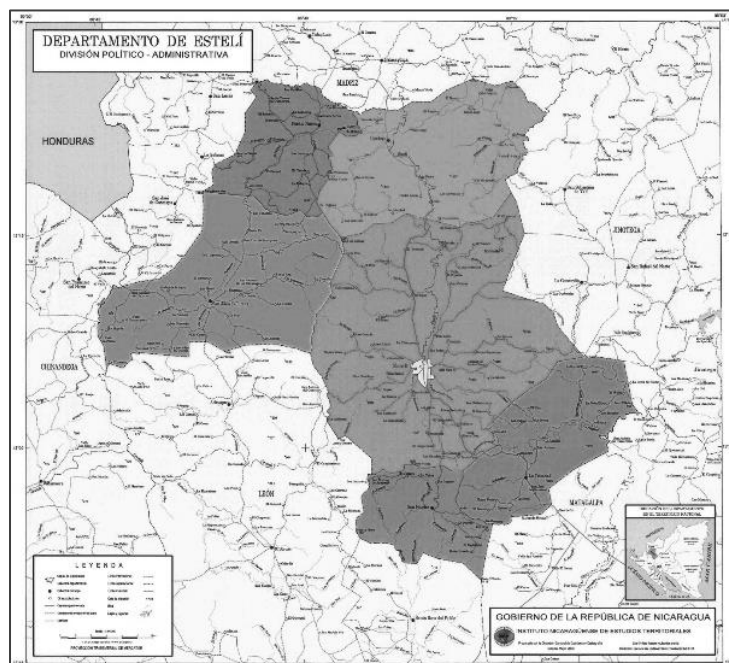
- Muñoz, J. (2019). Rendimiento de Maíz y Canavalia en monocultivo y asociación en agricultura de conservación en el trópico húmedo mexicano. *Universidad Juárez Autónoma de Tabasco*. <https://ri.ujat.mx/handle/20.500.12107/3512>
- Petrosino, J., Dille, A., Holman, J., & Roozeboom, K. (2015). Kochia Suppression with Cover Crops in Southwestern Kansas. *Crop, Forage & Turfgrass Management*, 1(1), 1-8. <https://doi.org/10.2134/cftm2014.0078>
- Prasojo, Y. S., Prasetyo, B., & Suwignyo, B. (2025). Morphology characteristic and biomass production of jack bean (*Canavalia ensiformis*) at different growth stages in Blora, Central Java, Indonesia. *Australian Journal of Crop Science*, 19(1), 84-88. <https://doi.org/10.3316/informit.T2025021800005691441482518>
- Ramírez, M. (2021). *Alubia (Canavalia Ensiformis) como cultivo de cobertura para productores guanajuatenses de maíz*. <http://repositorio.ugto.mx/handle/20.500.12059/6217>
- Recalde, K. M. G., Carneiro, L. F., Carneiro, D. N. M., Felisberto, G., Nascimento, J. S., & Padovan, M. P. (2015). Weed suppression by green manure in an agroecological system. *Revista Ceres*, 62, 546-552. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201562060006>
- Renté, O., Nápoles, M., Pablos, P., & Vargas, 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_abstract&pid=S0258-59362018000200008&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Rosales, W. (2020). *Efecto de tres leguminosas sobre el control de arvenses, tipo y cantidad de macrofauna en plantaciones de Teca (Tectona grandis) de uno y dos años en la empresa NOVELTEAK Costa Rica SA, 2019*. [Tesis doctoral]. Universidad Internacional Antonio de Valdivieso.
- Santos, L. F. da C. dos, López, C. J. A., Medina, H. E., & Osornio, J. J. (2023). Growth and mineral composition of legume cover crops for sustainable agriculture in southern Mexico: Legume cover crops in southeast Mexico. *Tropical Agriculture*, 100(3), Article 3. <https://journals.sta.uwi.edu/ojs/index.php/ta/article/view/8443>

- Santos, T. R. dos, Galvão, J. C. C., Giehl, J., Coelho, S. P., Campos, S. de A., Mendonça, B. F., Santos, T. R. dos, Galvão, J. C. C., Giehl, J., Coelho, S. P., Campos, S. de A., & Mendonça, B. F. (2019). Weed communities in the organic cultivation of fresh maize intercropped with legumes and coffee husk. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 72(2), 8793-8800. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v72n2.68510>
- Scavo, A., & Mauromicale, G. (2020). Integrated weed management in herbaceous field crops. *Agronomy*, 10(4), 466. <https://doi.org/10.3390/agronomy10040466>
- Servín, A., Ovkdo, M., Morel, E., Caballero, O., Oliveira, L., Oliveirá, F., & Duarte, A. (2022). Cobertura de abonos verdes de verano como supresor de malezas en un sistema de rotación de cultivos utilizando Pennisetum glaucum. *Idesia (Arica)*, 40(2), 123-128. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292022000200123>
- Sheahan, C. M. (2012). Plant guide for sunn hemp (*Crotalaria juncea*). *USDA-Natural Resources Conservation Service, Cape May Plant Materials Center, Cape May, NJ, 8210*.
- Tórrez, E., & Tórrez, J. (2019). *Producción de biomasa con tres tipos de manejo de Canavalia ensiformis establecida en área de frutales, bajo el principio de conservación, UCATSE, 2018-2019*. Universidad Católica del Trópico Seco.
- Tórrez, J. (2016). *Crecimiento y producción de semilla de Moringa oleifera Lam., en asocio con dos especies de Canavalia (Canavalia brasiliensis Mart. Ex Benth y Canavalia ensiformis (L.) [Ingeniería, Universidad Nacional Agraria, UNA]*. <https://repositorio.una.edu.ni/3408/>
- Valdes, Y. (2016). El rol de las arvenses como componente en la biodiversidad de los agroecosistemas. *Cultivos Tropicales*, 37(4), 34-56. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193247419003>
- Wiggins, M., Hayes, R., & Steckel, L. (2016). Evaluating cover crops and herbicides for glyphosate-resistant Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) control in cotton. *Weed technology*, 30(2), 415-422. <https://doi.org/10.1614/WT-D-15-00113.1>
- Zapata, M. V., Isaza, J. G. L., Betancur, L. F. R., Lopera, S. A. A., & Sierra, M. M. (2017). 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. *Acta Agronómica*, 66(4), Article 4.
<https://doi.org/10.15446/acag.v66n4.61203>

XIV. ANEXOS

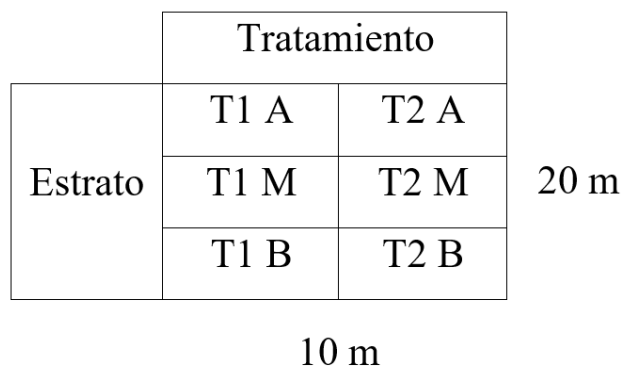
Anexo 1. Macrolocalización del experimento



Anexo 2. Microlocalización del experimento



Anexo 3. Diseño de parcelas pareadas



Anexo 4. Análisis estadístico para altura y densidad de arvenses

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Altura Arvenses	18	50.71	32.37	0.87	0.0381
Densidad Arvenses	18	172.02	42.58	0.89	0.1108

Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Tratamiento	N trat	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Altura Arvenses	1.00	1	9	37.57	22.59	40.33	3.60	0.0589
Altura Arvenses	2.00	2	9	63.84	36.44	74.33		

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Densidad Arvenses	18	0.41	0.29	20.90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12722.23	3	4240.74	3.28	0.0527
Tratamiento	7187.61	1	7187.61	5.56	0.0335
Error	18103.06	14	1293.08		
Total	30825.29	17			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=36.35715

Error: 1293.0759 gl: 14

Tratamiento	Medias	n	E.E.
1.00	152.04	9	11.99 A
2.00	192.00	9	11.99 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 5. Análisis estadístico para biomasa de arvenses

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Biomasa m. f.	6	8.33	2.31	0.98	0.9568
Biomasa m. s.	6	5.32	1.39	0.95	0.7633
Porcentaje cobertura	6	64.45	21.47	0.90	0.4276

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	Aj	CV
Biomasa m. f.	6	0.58	0.47	20.13

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	15.36	1	15.36	5.46	0.0797
Tratamiento	15.36	1	15.36	5.46	0.0797
Error	11.25	4	2.81		
Total	26.61	5			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.80238

Error: 2.8133 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.
1.00	6.73	3	0.97 A
2.00	9.93	3	0.97 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Biomasa m. s.	6	0.70	0.63	15.84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6.76	1	6.76	9.54	0.0366
Tratamiento	6.76	1	6.76	9.54	0.0366
Error	2.84	4	0.71		
Total	9.60	5			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.90854

Error: 0.7088 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.
1.00	4.25	3	0.49 A
2.00	6.38	3	0.49 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 6. Análisis estadístico para porcentaje cobertura

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Porcentaje cobertura	6	0.82	0.78	15.66

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1896.41	1	1896.41	18.62	0.0125
Tratamiento	1896.41	1	1896.41	18.62	0.0125
Error	407.48	4	101.87		
Total	2303.90	5			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=22.88070

Error: 101.8704 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
1.00	82.22	3	5.83	A
2.00	46.67	3	5.83	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 7. Análisis estadístico para densidad aparente y humedad gravimétrica

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Densidad Aparente	12	1.26	0.10	0.94	0.6373
Humedad Gravimétrica	12	19.69	5.17	0.89	0.1997

Análisis de la varianza

Día	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
0.00	Densidad Aparente	6	0.97	0.96	1.24

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.03	1	0.03	115.56	0.0004
Tratamiento	0.03	1	0.03	115.56	0.0004
Error	1.1E-03	4	2.7E-04		
Total	0.03	5			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.03702

Error: 0.0003 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
1.00	1.38	3	0.01	A
2.00	1.24	3	0.01	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Día	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
90.00	Densidad Aparente	6	0.84	0.80	3.28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.03	1	0.03	21.32	0.0099
Tratamiento	0.03	1	0.03	21.32	0.0099
Error	0.01	4	1.6E-03		
Total	0.04	5			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.09021

Error: 0.0016 gl: 4

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
1.00	1.14	3	0.02	A
2.00	1.29	3	0.02	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis de la varianza

Día	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
0.00	Humedad Gravimétrica	6	1.8E-03	0.00	16.58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.05	1	0.05	0.01	0.9363
Tratamiento	0.05	1	0.05	0.01	0.9363
Error	27.84	4	6.96		
Total	27.89	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=5.98097*Error: 6.9607 gl: 4*

Tratamiento	Medias	n	E.E.
2.00	16.01	3	1.52 A
1.00	15.82	3	1.52 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Día	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
90.00	Humedad Gravimétrica	6	0.69	0.62	11.51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	65.87	1	65.87	9.02	0.0398
Tratamiento	65.87	1	65.87	9.02	0.0398
Error	29.20	4	7.30		
Total	95.07	5			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=6.12539*Error: 7.3009 gl: 4*

Tratamiento	Medias	n	E.E.
1.00	26.79	3	1.56 A
2.00	20.16	3	1.56 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 8. Extracción de muestras de suelo



Anexo 9. Semillero de *C. ensiformis*



Anexo 10. Trasplante de plántulas *C. ensiformis*



Anexo 11. Muestreo en canavalia y arvenses, día 30



Anexo 12. Trampas cromáticas para monitoreo de Thrips



Anexo 13. Muestreo en *C. ensiformis*, día 60



Anexo 14. Muestreo de canavalia y arvenses, día 60



Anexo 15. Muestreo de arvenses en T2



Anexo 16. Cultivo de *C. ensiformis*, día 90



Anexo 17. Muestra de biomasa en base a m. f. de *C. ensiformis*



Anexo 18. Muestras de Biomasa y de suelo en estufa



Anexo 19. Muestra de Biomasa en base a m. s. de arvenses



Anexo 20. Pesaje de muestras de suelo secas



Anexo 21. Muestreo y recolección de datos

