



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MÉDICO VETERINARIO**

MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**EFFECTO DE DIFERENTES MÉTODOS DE MULTIPLICACIÓN DE
LEGUMINOSAS HERBÁCEAS (*Stizolobium aterrimum*, *Georgina
velvet*, Y *Canavalia ensiformis*) SOBRE CALIDAD NUTRICIONAL
DEL FORRAJE**

AUTORES:

**CARLOS ANDRÉS CHABESTA CORREA
JOSÉ ANDREE PALACIOS ARCENTALES**

TUTOR:

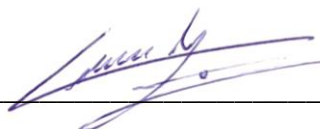
Dr.C. JACINTO ALEX ROCA CEDEÑO

CALCETA, NOVIEMBRE 2023

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

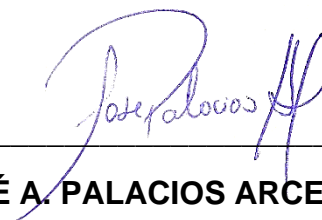
Nosotros **CARLOS ANDRÉS CHABESTA CORREA** con cédula de ciudadanía 1316465457 y **JOSÉ ANDRÉE PALACIOS ARCENTALES** con cédula de ciudadanía 1315614774, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTO DE DIFERENTES MÉTODOS DE MULTIPLICACIÓN DE LEGUMINOSAS HERBÁCEAS (*Stizolobium aterrimum*, *Georgina velvet*, Y *Canavalia ensiformis*) SOBRE LA CALIDAD NUTRICIONAL DEL FORRAJE**, es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedemos a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a nuestro favor todos los derechos patrimoniales de autores sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.



CARLOS A. CHABESTA CORREA

CC: 1316465457

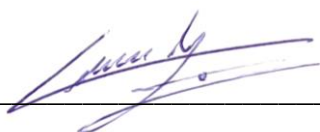


JOSÉ A. PALACIOS ARCENTALES

CC: 1315614774

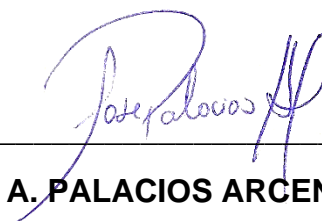
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

CARLOS ANDRÉS CHABESTA CORREA con cédula de ciudadanía 1316465457 y **JOSÉ ANDRÉE PALACIOS ARCENTALES** con cédula de ciudadanía 1315614774, autorizamos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTO DE DIFERENTES MÉTODOS DE MULTIPLICACIÓN DE LEGUMINOSAS HERBÁCEAS (*Stizolobium aterrimum*, *Georgina velvet*, Y *Canavalia ensiformis*) SOBRE LA CALIDAD NUTRICIONAL DEL FORRAJE**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.



CARLOS A. CHABESTA CORREA

CC: 1316465457



JOSÉ A. PALACIOS ARCENTALES

CC: 1315614774

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Dr.C. JACINTO ALEX ROCA CEDEÑO., certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTO DE DIFERENTES MÉTODOS DE MULTIPLICACIÓN DE LEGUMINOSAS HERBÁCEAS (*Stizolobium aterrimum*, *Georgina velvet*, Y *Canavalia ensiformis*) SOBRE LA CALIDAD NUTRICIONAL DEL FORRAJE**, que ha sido desarrollado por **CARLOS ANDRÉS CHABESTA CORREA** y **JOSÉ ANDRÉE PALACIOS ARCENTALES** previo a la obtención del título de **MÉDICO VETERINARIO**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Dr.C. JACINTO ALEX ROCA CEDEÑO

CC: 1307551026

TUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del Tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTO DE DIFERENTES MÉTODOS DE MULTIPLICACIÓN DE LEGUMINOSAS HERBÁCEAS (*Stizolobium aterrimum, Georgina velvet, Y Canavalia ensiformis*) SOBRE LA CALIDAD NUTRICIONAL DEL FORRAJE**, que ha sido desarrollado por **CARLOS ANDRÉS CHABESTA CORREA** y **JOSÉ ANDRÉE PALACIOS ARCENTALES**, previo a la obtención del título de **MÉDICO VETERINARIO**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Ing. CARLOS OCTAVIO LARREA, Mg.

CC: 0603029190

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Med. Vet. MARÍA KAROLINA LÓPEZ RAUSCHEMBERG, Mg.

CC: 1308698016

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Med. Vet. Zoot. MAURO GUILLÉN MENDOZA, Mg.

CC: 1305280305

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día;

A Dios por ser nuestra guía y darnos las fuerzas para seguir adelante durante todo nuestro periodo de estudios;

A nuestro tutor Dr. C. Jacinto Roca y demás docentes que fueron parte importante de este proceso y nos impartieron sus conocimiento y experiencias, ayudándonos a alcanzar esta anhelada meta, y

A nuestros familiares y amigos más cercanos, por apoyarnos incondicionalmente durante nuestro proceso de formación.

CARLOS CHABESTA Y JOSÉ PALACIOS

DEDICATORIA

A Dios....

A mis padres....

A mi novia.....

CARLOS CHABESTA CORREA

DEDICATORIA

A Dios.....

A mis padres.....

A mi familia.....

JOSÉ PALACIOS ARCENTALES

CONTENIDO GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
DEDICATORIA	viii
CONTENIDO GENERAL	ix
CONTENIDO DE TABLAS	xiii
CONTENIDO DE GRÁFICOS.....	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3. OBJETIVOS.....	4
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	4
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.4. HIPÓTESIS, PREMISAS Y/O IDEAS A DEFENDER.....	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	6
2.1. LEGUMINOSAS HERBÁCEAS	6
2.1.1. TIPOS DE LEGUMINOSAS	7

2.1.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS LEGUMINOSAS	8
2.2. SEMILLAS DE LEGUMINOSAS	9
2.2.1. TIPOS DE SEMILLAS DE LEGUMINOSAS	10
2.3. IMPORTANCIA DE LAS LEGUMINOSAS.....	15
2.4. MÉTODOS DE SIEMBRA	16
2.4.1. MÉTODO DE SIEMBRA CON ESPALDERAS	17
2.4.2. MÉTODO DE SIEMBRA POR HILERAS	17
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	18
3.2. DURACIÓN	18
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	19
3.3.1. MÉTODO DE CAMPO.....	19
3.3.2. MÉTODO BIBLIOGRÁFICO	19
3.3.3. MÉTODO DESCRIPTIVO.....	19
3.3.4. TÉCNICA DE OBSERVACIÓN	20
3.4. UNIDAD EXPERIMENTAL.....	20
3.5. VARIABLES A MEDIR.....	20
3.5.1. VARIABLES INDEPENDIENTES.....	20
3.5.2. VARIABLES DEPENDIENTES	20
3.6. MANEJO DEL EXPERIMENTO	21
3.1.1. FASE I. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS Y RENDIMIENTO PRODUCTIVO DE LAS SEMILLAS DE LAS LEGUMINOSAS HERBÁCEAS EN ESTUDIO	21
3.1.1. FASE II. DETERMINAR LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS LEGUMINOSAS HERBÁCEAS COSECHADAS EN FUNCIÓN DEL MÉTODO DE MULTIPLICACIÓN UTILIZADO, MEDIANTE EL ANÁLISIS DE NUTRIENTES ESENCIALES.	22

3.1.2. FASE III. VALORACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA VERDE Y DE MATERIA SECA.....	26
3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	26
3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	28
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
4.1. EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y LA CAPACIDAD DE RECUPERACIÓN DE LOS CULTIVOS DE LEGUMINOSAS HERBÁCEAS DESPUÉS DE LA COSECHA Y SU RELACIÓN CON EL MÉTODO DE MULTIPLICACIÓN UTILIZADO.....	29
4.1.1. NÚMERO DE HOJAS.....	29
4.1.2. RELACIÓN EDAD/NÚMERO DE HOJAS.....	30
4.1.3. ANCHO DE LAS HOJAS.....	33
4.1.4. RELACIÓN EDAD/ANCHO DE HOJAS.....	34
4.1.5. LARGO DE LAS HOJAS.....	35
4.1.6. RELACIÓN EDAD/LARGO DE LAS HOJAS.....	35
4.2. DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS LEGUMINOSAS HERBÁCEAS COSECHADAS EN FUNCIÓN DEL MÉTODO DE MULTIPLICACIÓN UTILIZADO, MEDIANTE EL ANÁLISIS DE NUTRIENTES ESENCIALES.....	40
4.2.1. PRODUCCIÓN DE BIOMASA.....	40
4.2.2. RENDIMIENTO DE MATERIA SECA.....	42
4.2.3. PRODUCCIÓN DE GRANOS.....	44
4.2.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL FORRAJE.....	45
4.3. VALORACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA VERDE Y DE MATERIA SECA.....	47
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	49
5.1. CONCLUSIONES.....	49

5.2. RECOMENDACIONES	50
BIBLIOGRAFÍA	51

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 3. 1. Características climatológicas del área de estudio.	21
Tabla 3. 2. Diseño experimental.	26
Tabla 3. 3. Esquema de ADEVA.	26
Tabla 4. 1. Número de hojas según tratamientos experimentales.	32
Tabla 4. 2. Relación de la edad con el número de hojas según tratamientos experimentales.	33
Tabla 4. 3. Ancho de las hojas en centímetros según tratamientos experimentales.	35
Tabla 4. 4. Relación de la edad con el ancho de la hoja según tratamientos experimentales.	36
Tabla 4. 5. Largo de las hojas en centímetros según tratamientos experimentales.	36
Tabla 4. 6. Relación de la edad con el largo de la hoja según tratamientos experimentales.	37
Tabla 4. 7. Producción de biomasa según tratamientos experimentales, t.ha-1 de materia verde.	39
Tabla 4. 8. Rendimiento en materia seca según tratamientos experimentales, t.ha-1.	41
Tabla 4. 9. Composición química de forraje integral según tratamientos experimentales.	44
Tabla 4. 10. Valoración del rendimiento de la producción de biomasa.	46

CONTENIDO DE GRÁFICOS

Gráfico 1.1. Producción de granos.	44
---	----

RESUMEN

Con el objetivo de determinar el efecto de diferentes métodos de multiplicación de leguminosas herbáceas sobre la calidad nutricional del forraje producido, se realizó un estudio en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) Estación Experimental Portoviejo. Se determinaron componentes, biomasa fresca, rendimiento en materia seca y de semillas; asimismo, se estudió la composición química de la planta integral. La distancia de siembra y métodos utilizados para las leguminosas herbáceas ejercieron marcada influencia sobre las respuestas de los indicadores morfológicos y del rendimiento en biomasa fresca y seca, donde se mostró variabilidad para los indicadores morfológicos con los mejores resultados para el cultivo en espalderas para *S. aterrinum* a 1 m de distancia de siembra con 92 hojas, *C. ensiformis* con 28.30 cm ancho de las hojas. Mientras que, para los rendimientos fue mayor para el cultivo sin tutores a 1.00 m en la especie *C. ensiformis* con 8.45 a 32.62 t.ha⁻¹ de materia verde y 0.84 a 5.68 t.ha⁻¹ de materia seca producidas. Los granos fueron mayores para el cultivo con tutores en la especie *C. ensiformis* a 1.0 m de siembra de un metro con 3.45 t.ha⁻¹, la proteína bruta fue mejor para *C. ensiformis* con la utilización de espalderas a 0.5m y la fibra bruta y ceniza para *S. aterrinum* para siembras en suelo a 1 m de distancia con 52.76 y 7.12%. Se concluye que la distancia y método de siembra tiene un marcado efecto sobre el crecimiento, producción y calidad nutricional de estas especies según las edades del rebrote.

PALABRAS CLAVE

Biomasa forrajera, calidad nutricional, distancia de siembra, leguminosas herbáceas, rendimiento

ABSTRACT

With the objective of determining the effect of different methods of multiplication of herbaceous legumes on the nutritional quality of the forage produced, a study was carried out at the National Institute of Agricultural Research (INIAP) Portoviejo Experimental Station. Components, fresh biomass, dry matter and seed yield were determined; likewise, the chemical composition of the whole plant was studied. The sowing distance and methods used for herbaceous legumes had a marked influence on the responses of morphological indicators and yield in fresh and dry biomass, where variability was shown for morphological indicators with the best results for trellis cultivation for *S. aterrinum* at 1 m from planting distance with 92 leaves, *C. ensiformis* with 28.30 cm width of the leaves. While, for yields it was higher for the crop without stakes at 1.00 m in the species *C. ensiformis* with 8.45 a 32.62 t.ha⁻¹ of green matter and 0.84 a 5.68 t.ha⁻¹ of dry matter produced. The grains were greater for the cultivation with stakes in the species *C. ensiformis* at 1.0 m of planting of one meter with 3.45 t.ha⁻¹, the crude protein was better for *C. ensiformis* with the use of trellises at 0.5 m and crude fiber and ash for *S. aterrinum* for sowing in soil at 1 m distance with 52.76 and 7.12%. It is concluded that the distance and planting method has a marked effect on the growth, production and nutritional quality of these species according to the ages of regrowth.

KEY WORDS

Forage biomass, nutritional quality, planting distance, herbaceous legumes, yield.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La propagación de plantas ha sido parte fundamental en la historia de la humanidad, ya que, la agricultura comenzó a desarrollarse desde hace más de 10000 años, cuando los antiguos grupos humanos empezaron a cultivar plantas y domesticar animales; desde entonces, las sociedades humanas no pueden existir sin la disponibilidad de alimento, fibras y demás productos obtenidos de las plantas cultivadas (Osuna *et al.*, 2017). Por su lado, Reino *et al.* (2019) mencionan que, la búsqueda de especies y variedades nuevas de semillas que incrementen el germoplasma existente de una planta, es una tarea continua; de allí, el hecho de que el estudio de los recursos endémicos a través de la prospección en diferentes escenarios, sean las vías más idóneas a emplear.

De acuerdo a Ruiz *et al.*, (2015) en varias regiones tropicales del mundo, los recursos naturales necesarios para impulsar el desarrollo agropecuario experimentan un deterioro acelerado, lo cual pone en peligro la satisfacción de las necesidades vitales de las generaciones futuras, más los riesgos ya conocidos para la estabilidad ecológica, social, política y económica de los países en desarrollo. En este caso, América Latina no es la excepción; ya que, gran parte de los países que la conforman, han reportado los severos efectos que ocasiona actualmente la producción agropecuaria, debido especialmente al uso intensivo del suelo (López, 2015).

Desde este punto de vista, Morales *et al.* (2016) aseguran que, la ganadería mundial debe concebir la utilización de pastos y forrajes como fuente principal de alimentación del ganado, a favor de los sistemas de producción de leche y carne; siendo las gramíneas y leguminosas, las familias con mayor potencial para el cumplimiento de

estos objetivos. En este sentido, Alatorre *et al.* (2020) señalan que, las leguminosas herbáceas son ideales para los sistemas de producción bovina, puesto que, logran mejorar el valor biológico de los pastos y forrajes como alimento, y, por ser altas productoras de proteínas, actúan positivamente en diversos factores relacionados con el ambiente.

Según los lineamientos del Instituto Nacional De Investigaciones Agropecuarias (INIAP, 2021) el desarrollo ganadero se debe sustentar en la producción de pastos y forrajes de altos rendimientos y calidad, sin embargo, esto solo se puede lograr mediante el desarrollo de programas de producción de semillas coherentes y eficientes, que compensen la demanda que exige la transformación de los pastizales, teniendo en cuenta que, la calidad de los pastizales depende en gran medida de la presencia de leguminosas, por su riqueza en nutrientes.

Consecuentemente, Alatorre *et al.* (2020) exponen que, las leguminosas herbáceas generan múltiples beneficios no solo para el animal, sino también para el medio ambiente, entre los que destacan: fijación biológica del nitrógeno, mejoramiento de las propiedades físicas y químicas de los suelos, aumento poblacional y actividades de la fauna edáfica y la biodiversidad. De forma general, se puede decir que, diversas especies de leguminosas herbáceas han demostrado resultados satisfactorios en los pastizales, muchas de ellas desempeñando un importante papel en la factibilidad económica de los sistemas de producción de carne y leche (Morales *et al.*, 2016).

La Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí (ESPAM) no cuenta con proyectos desarrollados en cuanto al uso de leguminosas herbáceas, como alternativa hacia sistemas ganaderos eco-eficientes; por lo tanto, mediante este estudio, se pretende validar métodos para la multiplicación de leguminosas herbáceas, con la finalidad de implementar una práctica tecnológica que permita mejorar la producción de forrajes para el consumo bovino; lo que a su vez, favorece la condición corporal del animal y mejora su rendimiento productivo (carne, leches y sus derivados).

En efecto, con la aplicación de dos métodos de sembrado para la multiplicación de leguminosas herbáceas, se comprobará la producción de leguminosas forrajeras como base alimenticia del ganado en estudio y sus beneficios como alternativa sostenible. Por lo antes expuesto, se plantea la siguiente formulación del problema, ¿De qué manera la validación de métodos para la multiplicación de leguminosas herbáceas, contribuirá como alternativa viable para los actuales sistemas ganaderos?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Como se ha mencionado anteriormente, las leguminosas herbáceas presentan varios beneficios, no solo para el medio ambiente; sino también, para los animales, ya que este tipo de plantas brinda propiedades a los suelos, a la biodiversidad faunística; y, respecto ganado bovino, se ha evidenciado su preferencia y apreciación por este tipo de plantas, debido a que aportan con un alto valor nutritivo a los semovientes, que puede ser de 13% a 50 % mayor que el de otras especies forrajeras (Alatorre *et al.*, 2020).

A pesar de la gran importancia de las leguminosas, tanto sostenible como sustentablemente para el ambiente y el ganado, existe escasa información sobre su manejo y aprovechamiento; especialmente, sobre su uso local en la alimentación del ganado; no obstante, es una temática que los productores ganaderos ya conocen y están optando por implementarla (Morales *et al.*, 2016). Por lo antes expuesto, es necesario el desarrollo de la presente investigación, la cual contendrá fundamentos de relevancia en cuanto al aprovechamiento de las leguminosas herbáceas y sus métodos de multiplicación, ya que la información con la que se cuenta en el ámbito provincial, sólo se centra en la producción de materia seca, composición química y características botánica de la planta.

Por lo tanto, esta investigación servirá como sustento teórico y práctico acerca del uso de las leguminosas como forraje en la alimentación del ganado; escenario que, no solo contribuirá a los productores ganaderos, sino también a los estudiantes que deseen enfocarse en el futuro desarrollo de este tipo de investigaciones. Además, desde su aplicabilidad en la realidad ganadera, se espera que este estudio ayude a revertir la inminente crisis de los recursos forrajeros en los sistemas ganaderos. En definitiva, con la ejecución de este proyecto, se tiene como fin el estudio de las leguminosas herbáceas y sus modos de multiplicación, en pro del aprovechamiento de sus beneficios tanto para el medio ambiente como para los sistemas de alimentación ganadera.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Comparar el efecto de diferentes métodos de multiplicación de leguminosas herbáceas en la calidad nutricional del forraje producido para el consumo animal.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar la producción de biomasa y la capacidad de recuperación de los cultivos de leguminosas herbáceas después de la cosecha y su relación con el método de multiplicación utilizado.

Determinar la composición química de las leguminosas herbáceas cosechadas en función del método de multiplicación utilizado, mediante el análisis proximal.

Valorar el rendimiento de la producción de biomasa verde y de materia seca en función del método de multiplicación utilizado.

1.4. HIPÓTESIS, PREMISAS Y/O IDEAS A DEFENDER

Los métodos de siembra a validar resultarán eficientes en la multiplicación de leguminosas herbáceas como alternativa viable para los actuales sistemas de producción de forraje.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. LEGUMINOSAS HERBÁCEAS

Las leguminosas son una de las familias botánicas que representan el grupo más importante desde el punto de vista nutricional, mismo que constituye parte importante de la dieta en muchos países; este grupo de familia pertenece a las Fabaceae y cuenta con un número de especies de aproximadamente 20 mil que corresponden a árboles y herbáceas (Delgado *et al.*, 2016). Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2016) las leguminosas herbáceas han venido mostrando utilidad desde la era Paleolítica, tanto para el hombre como para los animales, ya que durante ese período se descubrieron varias fuentes nutritivas que brindan las semillas y el fruto de esta planta, siendo este último conocido también como legumbre (Spahn *et al.*, 2020).

Por su lado, Hernández *et al.* (2018) mencionan que, las leguminosas herbáceas tienen un uso frecuente como forraje para animales, estas plantas cuentan con un 30% de proteína cruda, calcio, fósforo, magnesio y cobre; además, poseen una fibra detergente neutro (FDN) que va desde el 18% a 62% en varias especies, componentes que son una fuente de nutrientes importantes para varias regiones del mundo. De acuerdo a Sosa *et al.* (2020) el alto contenido nutricional que presentan las leguminosas aporta en la alimentación de los distintos ganados, especialmente el de los rumiantes; al ser de gran relevancia por el valor nutricional que ofertan los frutos utilizados en el forraje de la ganadería (García *et al.*, 2015).

Asimismo, Sosa *et al.* (2020) añaden que, las leguminosas son aprovechadas en los sistemas ganaderos debido a la proteína que se encuentra en su follaje; además, por el hecho de que brindan energía al animal derivada de la fibra que contienen, lo que es de mucho valor para el sistema de alimentación y la degradabilidad ruminal. Vale

recalcar que se debe conocer la cantidad de proteínas y carbohidratos que contiene el tipo de leguminosa, para así determinar el valor nutritivo para los rumiantes. Finalmente, García *et al.* (2015) señalan que, mediante sus raíces, las leguminosas tienen la propiedad de fijar el nitrógeno atmosférico, considerado este como un beneficio ambiental.

2.1.1. TIPOS DE LEGUMINOSAS

Básicamente, las leguminosas son semillas comestibles contenidas en vainas y se encuentran en el segundo lugar como la familia más importante respecto a las plantas, representando el 27% de la producción agrícola mundial. Por otro lado, representan el 33% de proteína consumida por el humano, colocándose en primer lugar como las que brindan mayor aporte nutritivo a la alimentación animal (Llamas y Acedo, 2016). En este sentido, es necesario dar a conocer los tipos de leguminosas que existen, divididas en tres grandes grupos según Ruiz *et al.* (2015):

LEGUMINOSAS RASTRERAS.

Son plantas herbáceas, trepadoras o arbóreas; están compuestas por hojas variadas (simples o compuestas) y pueden presentarse en forma de zarcillos o espinas; para la alimentación animal, se utilizan las hojas y los tallos (FAO, 2016). Durante los años 1975-1989 se pudieron definir sus conceptualizaciones para la alimentación animal; en 1980 se estableció su uso como fijadoras de nitrógeno atmosférico; y, ya para 1982 se procedió al estudio de este tipo de leguminosas como productora de biomasa (Ruiz *et al.*, 2015).

LEGUMINOSAS ARBÓREAS.

Son aquellas que se pueden sostener por sí solas, compuestas por tallos erectos; tienen usos maderables, comestibles y medicinales; también brindan sombra al ganado y se usa como abono orgánico (FAO, 2016); los estudios de esta leguminosa iniciaron en los años 70, aunque los primeros resultados publicados se dieron en 1985;

a partir de estos, se evidenció que estas plantas ayudan en la fijación del nitrógeno y permiten establecer como especie arbustiva en los sistemas de pastoreo; además, otros estudios demostraron que este tipo de leguminosas permite la producción de biomasa para su uso en el silvopastoreo (Ruiz *et al.*, 2015).

LEGUMINOSAS TEMPORALES.

Este tipo de leguminosa puede ser rastrera o arbustiva, y se consideran una de las mejores alternativas para la alimentación animal; estas contienen un alto potencial nutricional y agronómico, lo que las convierte en un alimento ideal para el ganado, mediante la producción del forraje de la planta (Díaz *et al.*, 2017). Los primeros estudios publicados se dieron en los años 90, en donde se analizó la caracterización agronómica de la planta y su uso en la producción de biomasa; asimismo, se desarrollaron estudios para el uso de las proteínas de ciertas especies en la alimentación avícola, porcina y bovina (Ruiz *et al.*, 2015).

2.1.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS LEGUMINOSAS

Desde esta perspectiva, Delgado *et al.* (2016) señalan los elementos por los que están compuestas las leguminosas, tal como se detalla a continuación:

PROTEÍNAS

Las leguminosas contienen un alto valor proteico entre 20% a 40%, siendo superior al de los cereales; no obstante, su porcentaje puede variar según la especie y los factores ambientales; asimismo, la calidad proteica de las leguminosas es inferior a la de origen animal; sin embargo, los péptidos bioactivos que contiene esta proteína generan varios beneficios, tanto para la salud humana como para la alimentación animal (Ríos *et al.*, 2018).

CARBOHIDRATOS.

En las leguminosas se encuentran en un 30% a 60%, los componentes que lo constituyen son los oligosacáridos, la fibra y el almidón; en el caso de la fibra dietética, ayuda a que el índice de la glucosa sea más bajo; además, varios estudios han revelado que los oligosacáridos que componen los carbohidratos podrían funcionar como prebióticos emergentes para la modulación del microbiota intestinal (Universidad Complutense de Madrid, 2016).

LÍPIDOS.

El contenido total de los lípidos en las leguminosas es bajo, sobre todo en las lentejas y en las judías; aunque el garbanzo y la soja poseen porcentajes más elevados de este elemento (7%); estos lípidos contienen triglicéridos, ácidos grasos libres, fosfolípidos, lipoproteínas, entre otros; básicamente, se sugiere el consumo de leguminosas en la alimentación animal, debido a su bajo contenido de grasas saturadas (Hidalgo *et al.*, 2018).

VITAMINAS Y MINERALES.

Generalmente, las leguminosas son ricas en vitaminas hidrosolubles (tiamina, carotenos, ácido fólico, niacina, vitamina c, etc), lo que las hace ideales para la dieta animal; de igual modo, constituyen una fuente importante de minerales, como: hierro, calcio, potasio, fósforo y zinc; que, en sus porcentajes adecuados, contribuye de manera positiva en la alimentación ganadera (FAO, 2021).

2.2. SEMILLAS DE LEGUMINOSAS

Las semillas de leguminosas han formado parte importante de la alimentación de los humanos desde hace cientos de años; no obstante, su gran valor nutritivo y sus beneficios proteicos no han sido totalmente reconocidos, por lo que se considera esencial reconocer su intervención en la alimentación saludable, la seguridad

alimentaria, la producción de alimentos sostenibles y su uso en los sistemas de alimentación ganadera (FAO, 2016).

Para Reino (2019) lo que diferencia a las leguminosas de otras plantas, es que estas presentan sus frutos en forma de vaina, donde se desarrollan dentro de ellas mismas sus semillas, siendo esta parte donde se encuentran las propiedades sobre la calidad de la planta y se determina el potencial con el que cuenta la semilla; además, de los aspectos genéticos, físicos, fisiológicos y sanitarios (microorganismos e insectos) que poseen las simientes.

2.2.1. TIPOS DE SEMILLAS DE LEGUMINOSAS

Según lo que la FAO (2018) este tipo de plantas son herbáceas, también conocidas como trepadoras o arbóreas; por lo cual, su tipo de semilla va a depender de la especie de la cual provengan, exponiéndose las más comunes a continuación en la tabla 2.1:

Tabla 2. 1. Especies de semillas más comunes.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
Frijol	<i>Phaseolus vulgaris</i>
Trébol	<i>Trifolium repens</i>
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>
Arveja	<i>Pisum sativum</i>
Maní	<i>Arachis hypogaea</i>
Garbanzo	<i>Cicer arietinum</i>
Acacia	<i>Acacia</i>
Algarrobo	<i>Ceratonia siliqua</i>
Haba	<i>Vicia faba</i>
Lenteja	<i>Lens culinaris</i>
Soja	<i>Glycine max</i>
Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i>
Ceibo	<i>Erythrina crista-galli</i>
Lupino	<i>Lupinus</i>

Fuente. FAO (2018).

Sin embargo, para el desarrollo de esta investigación las leguminosas que permitieron su ejecución son las siguientes:

MUCUNA NEGRA (*Stylzobium aterrinum*)

Posee características similares a las de otras leguminosas, pero con propiedades nutricionales más diversificadas (Chandra *et al.*, 2016). Se pueden encontrar en una variedad de especies, al poder cultivarse casi en cualquier tipo de condición climatológica (Hernández *et al.*, 2019); asimismo, estas semillas se consideran de interés debido a que son una fuente alimenticia poco tradicional, pero con un alto valor nutricional y económico; por ello, es que la mucuna tiene gran potencial para convertirse en un producto para el sector agropecuario (Barriada *et al.*, 2018).

Descripción botánica

De acuerdo a Scull *et al.* (2017) se presenta la descripción taxonómica de la *Stylzobium aterrinum*:

Tabla 2. 2. Descripción taxonómica *Stylzobium aterrinum*.

JERARQUÍA	TAXÓN
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Género	Mucuna
Especie	<i>Stylzobium aterrinum</i>

Fuente. Scull *et al.* (2017).

Beneficios

Los beneficios que proporciona esta leguminosa son múltiples; por ello, se ha considerado el criterio de varios autores para referenciar la ventaja más representativa de esta herbácea, tal como se describe a continuación:

- Fuente de alimentación humana y animal (Scull *et al.*, 2018).
- Bajo costo de producción (Scull *et al.*, 2018).
- Se adapta a diferentes tipos de clima (Hernández *et al.*, 2019).
- Posee excelentes propiedades nutritivas (Chandra *et al.*, 2016).
- Medicinalmente, aporta propiedades hipoglicémicas, antiinflamatorias y afrodisiacas (Tavares *et al.*, 2015).
- Mejora la nutrición de quienes la consumen, debido a su elevado contenido de proteína y otros elementos vitales para el organismo (Tresina y Mohan, 2013).
- Fuente alimenticia rica en proteína, fibras y minerales (Scull *et al.*, 2018).

MUCUNA PRURIENS (*Georgina velvet*)

Leguminosa tropical con alta concentración de levodopa, brinda grandes beneficios diuréticos y fisiológicos a los seres humanos (Chakoma *et al.*, 2016). Respecto al ganado, esta herbácea es considerada como un excelente suplemento alimenticio en dietas de animales con deficiencia de lisina y proteína, ya que posee un alto contenido de proteína y poder energético; razón por la cual, es vista con gran potencial como forraje para la alimentación de ciertas especies (Kavitha y Thangamani, 2014).

Descripción botánica

Para Kavitha y Thangamani (2014) la mejor forma de describir taxonómicamente a la *Mucuna pruriens* es la siguiente:

Tabla 2. 3. Descripción taxonómica *Georgina velvet*.

JERARQUÍA	TAXÓN
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Género	Mucuna
Especie	<i>Georgina velvet</i>

Fuente. Kavitha y Thangamani (2014).

Beneficios

Dentro de los beneficios que posee la mucuna se destacan aquellos que son favorables tanto para los seres humanos como para los animales; por ello, a continuación, se detallan varios de estos beneficios:

- Como abono orgánico mejora la estabilidad del suelo (Sanclemente y Patiño, 2015).
- Puede llegar a aportar hasta 331 kg de nitrógeno por ha, anualmente al suelo (García y Calderón, 2021).
- Fertilizante natural (García y Calderón, 2021).
- Gran potencial productivo en los sistemas ganaderos (García y Calderón, 2021).
- En la medicina, ha sido utilizada para tratar el Parkinson por su alto alcance de dopamina hacia el sistema nervioso (Chakoma *et al.*, 2016).
- Aporta energía y minerales a la dieta animal (Barriada *et al.*, 2018).

CANAVALIA (*Canavalia ensiformis*)

Esta es una especie que se adapta a varios tipos de clima, es de vigoroso crecimiento y aporta nitrógeno atmosférico a plantas y suelo (Rivera *et al.*, 2022). La canavalia

tiene un alto potencial productivo como forraje; además, de su gran valor nutritivo como suplemento alimenticio; se la considera dentro de las plantas que pueden usarse como alternativa para los sistemas de producción animal, ya que no solo son viables económicamente; sino también, sostenibles para el medio ambiente (García *et al.*, 2017).

Descripción botánica

Respecto a la descripción taxonómica de esta planta, se expone a continuación según la lista de especies establecida por la Fundación Charles Darwin (2021):

Tabla 2. 4. Descripción taxonómica *Canavalia ensiformis*.

JERARQUÍA	TAXÓN
Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Rosidae</i>
Orden	<i>Fabales</i>
Familia	<i>Fabaceae</i>
Género	<i>Canavalia</i>
Especie	<i>Ensiformis</i>

Fuente. Fundación Charles Darwin (2021).

Beneficios

A continuación, se mencionan algunos de los beneficios más relevantes que aporta este tipo de leguminosa en diferentes ámbitos:

- Sirve de abono verde para el mejoramiento de las propiedades del suelo (Renté *et al.*, 2018).
- Ayuda a fijar altas cantidades de nitrógeno en el suelo (Rivera *et al.*, 2022).

- Es una de las mejores leguminosas para enfrentar las épocas de sequía (Renté *et al.*, 2018).
- Tiene un efecto positivo al adicionarse a la dieta animal (Acevedo *et al.*, 2018).
- Mayor digestibilidad en comparación a los pastos (Acevedo *et al.*, 2018).
- Mejora la digestión animal (Acevedo *et al.*, 2018).

2.3. IMPORTANCIA DE LAS LEGUMINOSAS

Existen diversos estudios enfocados en mejorar la producción de forrajes a partir de semillas de leguminosas, con lo que se espera la obtención de beneficios para la producción agropecuaria; y, a su vez, para el medio ambiente, ya que estas herbáceas permiten un método de siembra más sostenible; por ello, es indispensable multiplicar Las leguminosas y aprovechar todas las propiedades nutritivas que ofrecen, las cuales también favorecen al ser humano mediante el consumo de productos ganaderos (Mitchell *et al.*, 2015).

De acuerdo a López y Briceño (2018) los forrajes han sido utilizados desde hace mucho tiempo como estrategia para reducir y eliminar el uso de alimentos balanceados en el ganado; sobre todo el de los rumiantes, haciendo uso de bancos forrajeros o de la plantación de cosechas mediante la conservación del ensilaje; todo esto, gracias a que este tipo de forrajes tiene propiedades nutritivas que cumplen con los requerimientos de los animales en producción.

Bajo este contexto, Alatorre *et al.* (2020) expresan que, las leguminosas herbáceas son ideales para la dieta de los rumiantes, ya que permiten mejorar el valor nutritivo de los pastos y forrajes como alimento para el ganado; y, al ser excelentes productoras de proteínas y minerales, funcionan de forma positiva en los diferentes elementos que se relacionan con el entorno y sus recursos. En este caso, Lagunes *et al.* (2019) argumentan que, según el tipo de leguminosa, los valores de proteína pueden variar

de entre 19% a 22%; asimismo, su digestibilidad puede darse entre 58% y 72% de materia seca.

Ante los argumentos expuestos, Morales *et al.* (2016) Formulan que, los sistemas ganaderos de todo el mundo deben admitir el uso de pastos y forrajes derivados de las leguminosas herbáceas como fuente esencial para la alimentación del ganado, debido a que estas plantas favorecen los sistemas de producción de leche y carne; y, además, poseen un gran potencial para cumplir con los requerimientos nutritivos y proteicos de los bovinos.

Por otra parte, en correspondencia a los beneficios ambientales, las leguminosas contribuyen en la fijación de nitrógeno en el suelo, acción que se encuentra estrechamente relacionada con los pastos y forrajes, que también influyen en el rendimiento de materia seca; y, en la calidad nutritiva de los bancos de proteína Lagunes *et al.* (2019). De igual forma, estas herbáceas ayudan a mantener una producción ganadera más sostenible, dada especialmente por la fijación de nitrógeno atmosférico y por la erradicación del uso de fertilizantes químicos nitrogenados (Comisión Europea, 2021).

2.4. MÉTODOS DE SIEMBRA

En este apartado, se presentan los dos tipos de siembras que serán utilizadas para la ejecución de este trabajo; lo que se traduce en que, mediante estos dos métodos serán cultivadas las semillas de leguminosas herbáceas en estudio. A continuación, se describen cada uno de los métodos bajo la perspectiva de diferentes autores:

2.4.1. MÉTODO DE SIEMBRA CON ESPALDERAS

Este tipo de siembra se viene dando desde hace cientos de años, sobre todo para el cultivo de árboles decorativo; asimismo, este método se caracteriza por el aprovechamiento de espacios y la reducción en el uso de mano de obra; ya que, al encontrarse en conjunto, son menos vulnerables a contraer enfermedades, lo que evita depender de más personal para su cuidado (López, 2016).

Entre los beneficios que presenta este método de siembra destacan: desarrollo de plantas con mayor vigor, mejor circulación del aire entre plantas, mayor cantidad de plantas sembradas en un mismo espacio, mejor desarrollo del fruto, fácil identificación de enfermedades y plagas, facilitan la poda y mantenimiento de las plantas, entre otros (Apáez *et al.*, 2013).

2.4.2. MÉTODO DE SIEMBRA POR HILERAS

Generalmente, este tipo de método de siembra consiste en cultivar las plantas en forma de hileras; es decir, cavando agujeros para la colocación de las semillas a lo largo del cordón del cultivo; posteriormente, luego de ser cultivada una hilera se procede a remover el cordón hacia la siguiente hilera a ser sembrada; por ello, es necesario como mínimo 2 personas para que puedan llevar a cabo el procedimiento de la manera adecuada, colocándose una a cada extremo del cordón (Satorre, 2021).

Por su lado, Zamudio *et al.* (2015) argumentan que, las siembras en hileras permiten que los cultivos sean plantados de forma firme, uno al lado del otro; sin necesidad de que se sofoquen entre ellos; por esta razón, este tipo de siembra ayuda a obtener una producción más elevada en los cultivos, en comparación a otras técnicas de siembra que son usadas comúnmente por los agricultores.

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La presente investigación tuvo su efecto en la ciudad de Portoviejo, provincia de Manabí; específicamente en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)-Estación Experimental Portoviejo, ubicada en el Km 12 vía a Santa Ana. Las coordenadas geográficas del área de estudio corresponden a 80° 27' 19" oeste y 1° 3' 22" sur. En la tabla 3.1 expuesta a continuación, se muestra la ubicación geográfica del INIAP:

A continuación, se exponen las características climatológicas del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP):

Tabla 3. 1. Características climatológicas del área de estudio.

Variables	Máximo	Mínimo
Precipitación (mmL)*	98.9	4.5
Temperatura (°C)**	32.3	23.9
Humedad Relativa (%)**	91.0	60.0
Velocidad del viento (m/s)**	0.4	2.5

Fuente: Información obtenida del INAMHI, Estación Teodomira

3.2. DURACIÓN

El presente estudio, tuvo una duración aproximada de seis meses desde el mes de junio 2022 hasta diciembre del 2022 para su ejecución, en la cual se incluyen su planificación y desarrollo final.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

Para el efecto de esta investigación, se consideraron varios métodos que sirvieron tanto para el desarrollo teórico como práctico de la misma; cuya función se describe a continuación:

3.3.1. MÉTODO DE CAMPO

Este método se utilizó durante todo el proceso de ejecución del proyecto, ya que permitió el desarrollo del trabajo en campo por medio del cultivo de las leguminosas en estudio y su monitoreo durante el periodo en que tardaron en crecer. Para tal efecto, se preparó el terreno para el diseño de las parcelas demostrativas; además, de ejecutar otras actividades como: siembra, control de malezas, control de plagas y enfermedades, poda, toma de medidas y recolección de muestra.

3.3.2. MÉTODO BIBLIOGRÁFICO

En el caso del método bibliográfico, fue usado como base para desarrollar el sustento teórico de la investigación, el cual se basó en la búsqueda de información literaria relevante, relacionada con el tema de estudio y obtenida a partir de revistas y artículos científicos actualizados y propuestos por diversos autores.

3.3.3. MÉTODO DESCRIPTIVO

Respecto a este método, se usó desde su enfoque cualitativo para llevar a cabo la descripción de las características y argumentos de mayor importancia acerca de las variables en estudio; además, de permitir la descripción del procedimiento más adecuado para el uso de las leguminosas como parte de la alimentación de la industria bovina.

3.3.4. TÉCNICA DE OBSERVACIÓN

Esta técnica se utilizó en conjunto con el método de campo, puesto que sirvió para efectuar una observación minuciosa de las siembras, controlarlas durante su proceso de crecimiento y detectar alguna anomalía de forma temprana; lo que, en conjunto contribuye a un mejor monitoreo de los cultivos y a la toma de decisiones adecuadas para su normal desarrollo.

3.4. UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental seleccionada para la ejecución del presente estudio, corresponde a las semillas de leguminosas herbáceas; no obstante, al poseer estas una variedad de especies, se determinaron una muestra de 3 especies a ser utilizadas para el desarrollo de esta investigación, las cuales son:

Mucuna negra (*Stylzobium aterrinum*)

Mucuna pruriens (*Georgina velvet*)

Canavalia (*Canavalia ensiformis*)

3.5. VARIABLES A MEDIR

3.5.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

Tipo de soporte

Densidad entre plantas (m)

Especies de pasto

3.5.2. VARIABLES DEPENDIENTES

Número de hojas

Ancho de la hoja (cm)

Largo de la hoja (cm)

Materia seca (%)

Cantidad de plantas por hectáreas

Humedad (%)

Cenizas (%)

Proteína (%)

Fibra cruda (%)

3.6. MANEJO DEL EXPERIMENTO

Se utilizó un área experimental de 3672 m². Respecto a las leguminosas herbáceas (v1=*Mucuna pruriens*; v2=*Canavalia ensiformis* y v3=*Stylzobium aterrimum*) fueron cultivadas a dos distancias de siembra: d1 a 0.5 m y d2 a 1 m entre plantas, separadas en hileras de 2 m, teniendo en consideración que se usó una semilla por sitio. Los métodos de multiplicación de leguminosas herbáceas fueron ejecutados por medio de un sistema con soporte de espalderas con tutores vivos de *Gliricidia sepium*, en distancias a cada 4 m de acuerdo a lo reportado con Anzules (1988) y la siembra sin tutores. En el caso de presencia de plagas y enfermedades, se consideraron los umbrales para su respectivo control.

3.1.1. FASE I. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS Y RENDIMIENTO PRODUCTIVO DE LAS SEMILLAS DE LAS LEGUMINOSAS HERBÁCEAS EN ESTUDIO

Actividad 1. Medición de las características agronómicas de las leguminosas:

Para llevar a cabo esta actividad, se registraron la información a los 20, 34, 49, 67 y 85 días y a la madurez fisiológica (97, 103 y 120 días de acuerdo a la especie); siendo las variables a medir las siguientes:

-Porcentaje de germinación, el porcentaje de germinación de la semilla se determinó por regla de tres, con base en el conteo de semillas germinadas y semillas sembradas. Se registró a los 21 días después de la siembra.

-Número de hojas, se registró en cinco plantas por parcela útil, contabilizando el número de hojas existentes en la planta.

-Ancho de la hoja (cm), esta variable se midió en la parte media de dos hojas escogidas al azar en cada planta.

-Largo de hoja (cm), esta variable se midió desde la base hasta el ápice de dos hojas escogidas al azar en cada planta.

Actividad 2. Registro de las muestras de leguminosas herbáceas en estudio:

Respecto al desarrollo de esta segunda actividad, se inició con la recolección de las leguminosas herbáceas en estudio. Para su efecto, serán seleccionadas dos plantas por variedad de cada parcela; y, posteriormente, se determinará el peso en materia seca para su respectivo análisis proximal.

3.1.1. FASE II. DETERMINAR LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS LEGUMINOSAS HERBÁCEAS COSECHADAS EN FUNCIÓN DEL MÉTODO DE MULTIPLICACIÓN UTILIZADO, MEDIANTE EL ANÁLISIS DE NUTRIENTES ESENCIALES.

Actividad 1. Registro de la información química:

Consecuentemente, para el desarrollo de esta actividad, se procedió al registro de 120 días de acuerdo al tipo de especie. En este caso, las variables a considerar se describen a continuación:

Materia seca (%)

Se recolecto una muestra de 200g, la cual se colocará en una estufa de aire forzado a 65° C hasta obtener un peso constante de acuerdo a la AOAC (#7.007, 2012) y se determinará el porcentaje de materia seca, aplicando la siguiente fórmula:

$$MS\% = \frac{MV - MS}{MV} * 100 \quad [3.4]$$

Donde:

MS %: Porcentaje de Materia Seca

MV: Peso de Materia Verde

MS: Peso de Materia Seca

Por su parte, la cantidad de plantas por hectárea se calculó a partir de las distancias entre plantas y entre hileras.

Evaluación de Rendimiento

Las variables de rendimiento se realizarán de acuerdo a las ecuaciones propuestas por García y Calderón (2021), para cada especie se calculará a través de la multiplicación de la cantidad de plantas por hectárea, vainas por planta, semillas por planta y el peso de la semilla, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$Rendimiento = \left(\frac{\text{plantas}}{\text{hectáreas}} * \frac{\text{vainas}}{\text{plantas}} * \frac{\text{semillas}}{\text{vainas}} * \text{peso semilla}(kg) \right) \quad [3.1]$$

Por otro lado, la cantidad de plantas por hectárea se calculó a partir de las distancias entre plantas y entre hileras, haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{Plantas}}{\text{Hectáreas}} = \left[\left(\frac{\text{ancho parcela}}{\text{distancia hileras}} \right) - 1m \right] * \left(\frac{\text{largo parcela}}{\text{distancia plantas}} \right) \quad [3.2]$$

Para el caso del índice de cosecha (IC) se tomaron muestras de 100g cosechados en madurez fisiológica; además, de los tallos, los granos, hojas, semilla y vainas de 10 plantas por tratamiento, esto con el fin de determinar la biomasa aérea de las leguminosas. En consecuencia, en una estufa de aire forzado marca Thermo Scientific

donde se ingresarán las muestras por 48 horas a 76°C, para posteriormente determinar su peso, con base en la siguiente fórmula:

$$IC = \frac{\text{Peso de los granos}}{\text{Peso de planta} + \text{Peso de los granos}} [3.3]$$

Actividad 2. Determinación del valor biológico del forraje:

Para determinar el valor biológico, se tomó una muestra de forraje fresco (2 kg) de cada unidad experimental, en donde se procedió a secar una parte y una vez la muestra seca, se envió al Laboratorio Bromatológico para el análisis de la composición química y el componente fibroso. Vale destacar que, los análisis realizados en el laboratorio son: Proximal de Weende (humedad, cenizas, extracto etéreo o grasa cruda, proteína cruda y fibra cruda) A continuación, se detallan los procedimientos de cada una de las variables antes mencionadas:

Humedad

Su determinación se realizó empleando el método MO-LSAIA-01.01, el cual se basa en la toma de peso inicial del recipiente vacío (previamente tarado) y codificado, posteriormente se pesa aproximadamente 1 g de la muestra picada y homogenizada, y se registra el peso del recipiente con la muestra, luego se coloca en una estufa de aire forzado a 105 °C por 12 h. Una vez transcurrido este tiempo se pasa la muestra al desecador, se deja enfriar y se vuelve a tomar el peso del recipiente junto a la muestra seca. Los valores obtenidos se calcular por diferencia de peso, tomando en consideración la siguiente ecuación (Aulestia, 2022):

$$\%Humedad = \frac{(Pr + Prmh) - (Pr + Prms)}{Prmh - Pr} * 100 [3.6]$$

Donde:

Prms: peso en gramos (g) del recipiente junto a la muestra seca.

Prmh: peso en gramos (g) del recipiente junto a la muestra húmeda.

Pr: peso en gramos (g) del recipiente vacío.

Cenizas

Se desarrolló mediante el método MOLSAIA01.02, el mismo que se basa en pesar 1 g de muestra en crisol y someterlo a calcinación en una mufla (500 °C) por un tiempo de 8 h. Una vez calcinada la muestra, se enfrió por 1 h en el desecador y luego se tomó el peso del crisol con la muestra seca, finalmente se empleó la siguiente ecuación (Aulestia, 2022):

$$\%Cenizas = \frac{P_{cz} - P_c}{P_{cm} - P_c} * 100 \quad [3.7]$$

Donde:

Pc: peso en gramos (g) del crisol vacío.

Pcz: peso en gramos (g) del crisol más ceniza.

Pcm: Peso en gramos (g) del crisol más muestra.

Proteína cruda

Se realizó haciendo uso del método MO-LSAIA01.04, en donde se pesó 1 g de muestra en un tubo de digestión de 250 mL, se añadió 2 pastillas de catalizador de cobre y 15 ml de ácido sulfúrico concentrado, seguidamente se colocó en los tubos en un bloque de digestión y se calentó a 400 °C durante 1 h. Después, los tubos se enfriaron por 1 h y se colocaron en un analizador de proteína Kjeltex, en donde se realizó la destilación y titulación. Se empleó la siguiente ecuación (Aulestia, 2022):

$$\%Proteína = \frac{mL \text{ ácido gastado} * meq \text{ HCl} * NHCl}{Peso \text{ de la muestra}} * 100 \quad [3.9]$$

Fibra cruda

Se realizó empleando el método MO-LSAIA01.05, en donde se pesó 1 g de muestra en crisoles porosos (100 µm) de vidrio y se colocó en el equipo FOSS Fibertec 8000, una vez que el calentador llegó a los 120 °C se sometió a digestión ácida (solución de ácido sulfúrico 1,25% v/v) y digestión alcalina (solución de NaOH 1,25% p/v) por 1 h respectivamente. Posterior a ello, las muestras se sometieron a un proceso de lavado con agua destilada.

Luego los crisoles con las muestras digeridas fueron retirados del equipo y colocados en un horno de convección (105 °C por 1 h), se enfrió en un desecador y se tomó el peso. Finalmente se colocaron los crisoles en una mufla a 500 °C por 4 h, se enfrió en el desecador y se pesaron. Se empleó la siguiente ecuación (Aulestia, 2022):

$$\%Fibra = \frac{W3 - W2}{W1} * 100 \quad [3.10]$$

Donde:

W1: Peso del crisol secado más muestra

W2: Peso del crisol más muestra digerida

W3: Peso del crisol más muestra calcinada

3.1.2. FASE III. VALORACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA VERDE Y DE MATERIA SECA

Actividad 1. Valoración del rendimiento: Para ejecutar esta actividad, se empleó la medida estadística de correlación, donde se utilizó la edad como base a relacionar con los resultados obtenidos en número de hojas, largo de hojas, ancho de hojas, rendimiento de materia seca, tomando en cuenta que el número de hojas solo se relacionó con la biomasa verde.

3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con arreglo trifactorial, con un total de 12 tratamientos con cuatro bloques cada uno, tal como se muestra en el modelo matemático continuación:

$$Y_{ijkm} = \mu + A_i + B_j + C_k + AB_{ij} + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + \beta_l + e_m$$

Donde:

Y_{ijkm} = Valor del i-ésimo nivel del factor A, j-ésimo del factor B y k-ésimo nivel del factor C.

μ = Media general.

A_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor A.

B_j = Efecto del j-ésimo nivel del factor B.

C_k = Efecto del k-ésimo nivel del factor C.

AB_{ij} = Efecto de la interacción entre i-ésimo nivel del factor A y j-ésimo nivel del factor B.

AC_{ik} = Efecto de la interacción entre i-ésimo nivel del factor A y k-ésimo nivel del factor C.

BC_{jk} = Efecto de la interacción entre j-ésimo nivel del factor B y k-ésimo nivel del factor C.

ABC_{ijk} = Efecto de la interacción entre i-ésimo nivel del factor A, j-ésimo nivel del factor B y k-ésimo nivel del factor C.

β_l = Efecto del i-ésimo Bloque.

e_m = Error experimental

Tabla 3. 2. Estructura de los tratamientos.

TRATAMIENTOS	FACTOR A (TIPO DE SOPORTE)	FACTOR B (DISTANCIA DE SIEMBRA)	FACTOR C (VARIEDAD)
T1	Espaldera (e)	0.5 m	Mucuna negra (<i>Stylozobium aterrinum</i>)
T2	Espaldera (e)	0.5 m	Mucuna pruriens (<i>Georgina velvet</i>)
T3	Espaldera (e)	0.5 m	Canavalia (<i>Canavalia ensiformis</i>)
T4	Espaldera (e)	1.0 m	Mucuna negra (<i>Stylozobium aterrinum</i>)
T5	Espaldera (e)	1.0 m	Mucuna pruriens (<i>Georgina velvet</i>)
T6	Espaldera (e)	1.0 m	Canavalia (<i>Canavalia ensiformis</i>)
T7	Suelo (s)	0.5 m	Mucuna negra (<i>Stylozobium aterrinum</i>)
T8	Suelo (s)	0.5 m	Mucuna pruriens (<i>Georgina velvet</i>)
T9	Suelo (s)	0.5 m	Canavalia (<i>Canavalia ensiformis</i>)
T10	Suelo (s)	1.0 m	Mucuna negra (<i>Stylozobium aterrinum</i>)
T11	Suelo (s)	1.0 m	Mucuna pruriens (<i>Georgina velvet</i>)
T12	Suelo (s)	1.0 m	Canavalia (<i>Canavalia ensiformis</i>)

Siendo el esquema del ADEVA el siguiente:

Tabla 3. 5. Esquema de ADEVA.

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD
Total	47
Factor A	1
Factor B	1
Factor C	2
Interacción AB	1
Interacción AC	2
Interacción BC	2
Interacción ABC	2
Bloques	2
Error experimental	34

3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se evaluaron las tendencias de desarrollo de las variables agronómicas, mediante un análisis de regresión lineal; los demás datos de las variables, fueron analizados por medio de un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de Tukey al 5%, para la comparación de las medias. Cabe señalar que, este procedimiento fue realizado con el paquete estadístico InfoStat.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y LA CAPACIDAD DE RECUPERACIÓN DE LOS CULTIVOS DE LEGUMINOSAS HERBÁCEAS DESPUÉS DE LA COSECHA Y SU RELACIÓN CON EL MÉTODO DE MULTIPLICACIÓN UTILIZADO

4.1.1. NÚMERO DE HOJAS

Para el número de hojas (tabla 4.1) existió interacción tipo de siembra x distancia x especie de leguminosa herbácea, donde para todas las edades en estudio existieron diferencias altamente significativas ($p < 0.001$).

Los mayores valores para el cultivo en espaldera para *S. aterrinum* a 1 m de distancia de siembra a los 34, 67, 85; 103 y 120 días con 8.60; 42.00; 77.60; 92.40 y 68.00 hojas respectivamente; mientras que para en esta especie para 0.5 m de distancia de siembra a los 49 días con 22.40 hojas. *M. pruriens* fue mayor para siembras en el suelo a 0.5 m de distancia a las edades de 34 y 97 días (3.20 y 73.40 hojas).

La literatura refiere que el número de hojas depende de la especie, edad, suelo, manejo entre otros aspectos. Así, especies como la canavalia, aun cuando en las primeras edades no muestran gran número de hojas, presentan mayor cobertura que otras especies como mucuna, aspecto que permite tener mayor área foliar, lo que beneficia el suelo, ya que mejora ciertas características físicas Portillo (2014) aumenta la retención de humedad en el suelo al formar la capa vegetal. Otros estudios refieren que la cantidad de hojas pueden variar en dependencia de la distancia, el método de siembra y la fertilización (Tigasi, 2017).

Así, David (2019) informo en *Canavalia sp.* el incremento del número de hojas cuando se combinó con maíz en una asociación de cultivo. Esta asociación alcanzó 18.5 hojas, dado entre otros aspectos por el tamaño que alcanzaron las plantas, el método de siembra y la distancia, aunque los reportes para *Canavalia* están cercanos a las 23 hojas (Álvarez 2000).

4.1.2. RELACIÓN EDAD/NÚMERO DE HOJAS

La edad tiene un efecto marcado sobre todos los procesos biológicos en un vegetal de ahí que en su relación con la producción de hojas; (tabla 4.2) por lo que quedó demostrado al obtenerse bajos errores estándar y valores de significación; así como altos valores de R^2 (Coeficiente de correlación) superiores a 0.94, excepto para *S. aterrinum* a 0.5 m de distancia, *C. ensiformis* a 1.00 m de distancia en siembra en espaldera y *S. aterrinum* a 1.00 m de distancia y siembras en el suelo con 0.84, 0.87 y 0.87 R^2 , respectivamente.

Tabla 4. 1. Número de hojas según tratamientos experimentales.

Siembra	Distancia (m)	Especies	Edad (días)							
			20	34	49	67	85	97	103	120
Espaldera	0.5	<i>M. pruriens</i>	2.20 ^d	5.00 ^d	11.00 ^e	24.20 ^c	35.80 ^c	42.20 ^d	46.80 ^d	51.00 ^b
		<i>C. ensiformis</i>	1.40 ^e	3.50 ^f	8.20 ^g	10.00 ^h	13.00 ^f	17.20 ^h	21.80 ^h	26.20 ^g
		<i>S. aterrinum</i>	2.00 ^d	4.20 ^e	22.40 ^a	33.20 ^b	62.60 ^b	37.40 ^e	47.00 ^d	51.20 ^b
	1.00	<i>M. pruriens</i>	3.00 ^{ab}	4.40 ^e	7.80 ^g	17.60 ^e	20.00 ^e	40.40 ^d	30.20 ^g	34.00 ^f
		<i>C. ensiformis</i>	1.60 ^e	2.60 ^g	5.00 ⁱ	12.60 ^g	11.00 ^f	26.60 ^e	20.40 ^h	23.80 ^g
		<i>S. aterrinum</i>	2.60 ^c	8.60 ^a	22.00 ^a	42.00 ^a	77.60 ^a	67.20 ^b	92.40 ^a	68.00 ^a
Suelo	0.5	<i>M. pruriens</i>	3.20 ^a	8.20 ^a	15.20 ^b	23.80 ^c	63.60 ^b	73.40 ^a	79.20 ^b	48.20 ^c
		<i>C. ensiformis</i>	2.00 ^d	3.20 ^f	6.80 ^h	12.00 ^g	11.80 ^f	22.80 ^g	20.20 ^h	26.80 ^g
		<i>S. aterrinum</i>	2.20 ^d	5.60 ^c	12.60 ^d	16.60 ^e	19.80 ^e	36.40 ^e	37.00 ^e	45.00 ^d
	1.00	<i>M. pruriens</i>	3.20 ^a	3.40 ^f	15.80 ^b	19.80 ^d	25.40 ^d	49.40 ^c	55.40 ^c	45.10 ^d
		<i>C. ensiformis</i>	2.00 ^d	4.40 ^e	9.20 ^f	16.00 ^f	14.80 ^f	27.40 ^f	34.60 ^{ef}	32.60 ^f
		<i>S. aterrinum</i>	2.80 ^{bc}	6.60 ^b	13.40 ^c	16.60 ^{ef}	20.80 ^e	42.40 ^d	32.00 ^{fg}	37.80 ^e
		EE ⁻¹ ±	0.19	0.41	0.83	1.38	3.15	2.61	3.16	2.12
		P-valor	0.002	0.001	0.001	0.003	0.002	0.001	0.002	0.003

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$). EE= Error estándar de la media. P-valor = medición estadística entre 0 y 1.

Tabla 4. 2. Relación de la edad con el número de hojas según tratamientos experimentales.

Siembra	Distancia (m)	Especie	Ecuación	EE±	R ²	P-valor
Espaldera	0.5	<i>M. pruriens</i>	NH=-11.82+0.54(E)	0.12	0.98	0.001
		<i>C. ensiformis</i>	NH=0.09+0.07(E)+0.0013(E) ²	0.001	0.98	0.0001
		<i>S. aterrinum</i>	NH=-12.50+0.42(E)+0.01(E) ² -0.0005(E) ³	0.34	0.84	0.002
	1	<i>M. pruriens</i>	NH=15.6-0.96(E)+0.02(E) ² -0.0001(E) ³	0.29	0.91	0.0001
		<i>C. ensiformis</i>	NH=-3.83+0.19(E)+0.0004(E) ²	0.08	0.87	0.001
		<i>S. aterrinum</i>	NH=30.75-2.45(E)+0.06(E) ² -0.0003(E) ³	1.56	0.95	0.002
Suelo	0.5	<i>M. pruriens</i>	NH=40-49.49(E)+17.8(E) ² -1.43(E) ³	2.34	0,96	0,001
		<i>C. ensiformis</i>	NH=1.17-0.24(E)+0.88(E) ² -0.06(E) ³	0.16	0.94	0.01
		<i>S. aterrinum</i>	NH=1.57-0.40(E)+1.40(E) ² -0.085(E) ³	0.08	0.97	0.002
	1	<i>M. pruriens</i>	NH=16.98- 19.26(E)+7.3(E) ² -0.55(E) ³	2.45	0.94	0.001
		<i>C. ensiformis</i>	NH=4.32-3.83(E)+2.17(E) ² -0.15(E) ³	0.57	0.96	0.003
		<i>S. aterrinum</i>	NH=-3.06+5.51(E)	0.29	0.87	0.002

EE= Error estándar de la media. R²= Coeficiente de correlación. P-valor = medición estadística entre 0 y 1.

Para la siembra en espaldera solo *M. pruriens* a 0.50 m se ajustó a modelo lineal, a modelos de segundo orden *C. ensiformis* en siembras a 0.5 y 1.00 m en suelo, el resto de las combinaciones fueron con ecuaciones de tercer orden. Mientras que, para siembras en el suelo solo *S. aterrinum* a 1.00 m presentó ajustes a modelo lineal el resto de los tratamientos experimentales con ecuaciones de tercer orden.

La diversidad morfológica, fisiológica, ciclos de vida y crecimiento de las plantas se relacionan con la disponibilidad de agua, luz, temperatura y nutrientes. La variación de la textura del suelo causa la diversidad en la composición florística, a través de la regulación hídrica y la disponibilidad de nutrientes y la edad de la planta (Días-Sánchez *et al.* 2017).

En este sentido Piñeros y Guio (2020) al evaluar el efecto de la densidad, tipo de fertilización y edad de corte en el número de hojas encontraron interacción entre estas variables con mayor cantidad de hojas en la medida que avanzó la madurez y a mayor y menor densidad con el empleo de fertilización orgánica. Resultados asociados a que los tratamientos orgánicos, presentaron un mejor desarrollo en de las plantas, esto pudo estar asociado a una mayor interacción de las plantas con los microorganismos del suelo, ya que el uso de abonos orgánicos estimula el establecimiento y desarrollo de microflora del suelo que ayudan a las plantas aumentando su capacidad de absorción de nutrientes y por consiguiente mejor desarrollo más sostenido en el tiempo (Jiménez *et al.*, 2019).

4.1.3. ANCHO DE LAS HOJAS

El ancho de la hoja (tabla 4.3) mostró un aumento progresivo con la edad rebrote hasta los 85 días para luego presentar un ligero decrecimiento y fluctuaciones hasta los 120 días de edad.

Tabla 4. 3. Ancho de las hojas en centímetros según tratamientos experimentales.

Siembra	Distancia (m)	Especies	Edad (días)							
			20	34	49	67	85	97	103	120
Espaldera	0.5	<i>M. pruriens</i>	10.30 ^d	14.50 ^d	15.02 ^f	16.90 ^f	17.96 ^f	16.96 ^e	17.28 ^h	18.24 ^b
		<i>C. ensiformis</i>	9.40 ^f	25.50 ^a	27.40 ^a	27.57 ^a	28.30 ^a	24.71 ^a	25.40 ^b	25.66 ^a
		<i>S. aterrinum</i>	10.00 ^d	12.20 ^f	16.30 ^e	16.24 ^g	15.76 ⁱ	14.60 ^f	15.84 ⁱ	15.84 ^d
	1.00	<i>M. pruriens</i>	11.10 ^b	12.30 ^f	15.15 ^f	14.92 ^h	16.80 ^{gh}	14.72 ^f	18.50 ^{fg}	18.35 ^b
		<i>C. ensiformis</i>	9.80 ^e	23.80 ^b	25.71 ^b	26.90 ^{ab}	27.59 ^b	24.80 ^a	23.74 ^d	25.84 ^a
		<i>S. aterrinum</i>	10.20 ^d	13.30 ^e	16.57 ^e	17.08 ^f	16.48 ^h	16.68 ^e	18.00 ^g	17.64 ^c
Suelo	0.5	<i>M. pruriens</i>	12.50 ^a	17.50 ^c	19.60 ^d	19.88 ^d	19.44 ^e	21.56 ^b	21.36 ^e	18.76 ^b
		<i>C. ensiformis</i>	10.70 ^c	26.00 ^a	24.13 ^c	26.01 ^c	26.66 ^c	25.12 ^a	26.20 ^a	25.41 ^a
		<i>S. aterrinum</i>	10.60 ^c	14.20 ^d	16.45 ^e	15.72 ^g	14.96 ^j	18.24 ^d	19.80 ^f	18.68 ^b
	1.00	<i>M. pruriens</i>	12.70 ^a	14.10 ^d	20.02 ^d	18.08 ^e	17.40 ^{fg}	18.96 ^c	21.60 ^e	15.84 ^d
		<i>C. ensiformis</i>	11.00 ^b	25.20 ^a	26.96 ^a	26.33 ^{bc}	22.64 ^d	25.30 ^a	24.44 ^c	25.19 ^a
		<i>S. aterrinum</i>	10.50 ^{cd}	14.60 ^d	16.10 ^e	14.08 ⁱ	14.72 ^j	16.64 ^e	15.52 ⁱ	15.52 ^d
EE±			0.25	0.75	0.63	0.67	0.68	0.59	0.52	0.66
P-valor			0.002	0.001	1	0.003	0.002	0.001	0.002	0.003

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$). EE= Error estándar de la media.

P-valor = Medición estadística entre 0 y 1.

Los factores de variabilidad presentaron interacción con los mayores valores a los 20 días para *M. pruriens* en siembra en suelo a 1.0 m de distancia, mientras que para el resto de los días en estudios fue mejor *C. ensiformis* en siembra en espaldera y a 0.5m de distancia con 27.40; 27.57 y 28.30 cm a los 49, 67 y 85 días; a esta distancia y el suelo 26.00 y 26.20 cm (34 y 103 días) y siembra en suelo a 1.00 m 25.19 cm (120 días).

4.1.4. RELACIÓN EDAD/ANCHO DE HOJAS

Al establecer la relación entre la edad y el ancho de las hojas (tabla 4.4) se obtuvieron valores de R^2 superiores a 0.84 excepto para *M. pruriens* y *S. aterrinum* para las siembras en suelo a 1.00 m de distancia, para todos los tratamientos se ajustaron

ecuaciones de tercer orden excepto para *M. pruriens* en siembras en espalderas a un metro y en suelo al 0.5 m correspondiente a *S. aterrinium*.

La literatura refiere que el ancho de las hojas varia en dependencia de diferentes valores, la edad de la planta, especie, manejo, modo de siembra, entre otros aspectos (Ramírez et al. 2012). Especies como la *Clitoria ternatea* reflejó diferentes anchos de hojas cuando se compararon los genotipos azul y blanco. El primero de los casos fue superior al segundo (Suárez et al. 2012). Estos autores informaron que esto sugiere que esta variable es un posible indicador morfológico de alto vigor o crecimiento de la planta, lo que sin duda diferencia a las especies.

4.1.5. LARGO DE LAS HOJAS

En cuanto al largo de las hojas (tabla 4.5.) existió interacción para $P < 0.05$ entre el tipo de siembra-distancia-especie, con los mejores desempeños para *M. pruriens* y *C. ensiformis*, para *C. ensiformis* en siembra espaldera a 1.00 m con 26.90; 27.59 y 25.84 cm para esta especie a los 67, 85 y 120 días; mientras que, para *M. pruriens* a los 97 días con 21.56, para siembra en suelo a 0.5 m de distancia y a los 103 días con 21.60 cm de largo para siembras en el suelo a 1.0 m de distancia.

Investigaciones desarrolladas en el trópico resaltan que el largo de la hoja varia en dependencia de diferentes factores, nutrientes del suelo, especie y variedad, crecimiento de la planta, entre otros (Álvarez et al. 2016). Así, se informaron diferentes resultados que indican el incremento del rendimiento viene aparejado de la disminución del largo de la hoja, por el aumento de la fracción tallo (Murrillo et al. 2015; Uvidia et al. 2015), 12). Aunque la frecuencia de poda, la altura a la que se realice, así como la densidad de siembra pueden influir en estos resultados, lo que puede explicar lo obtenido en esta investigación.

4.1.6. RELACIÓN EDAD/LARGO DE LAS HOJAS

En cuanto a la relación de la edad y el largo de las hojas (tabla 4.6) se obtuvieron valores de R^2 superiores a 0.70 excepto para *M. pruriens* sembrado en espaldera a

1.00 m, se ajustaron ecuaciones cúbicas excepto para *S. aterrinum* sembrada en el suelo a 1.00 m con ecuación cuadrática.

Resultados que coinciden con los reportados por Álvarez-Perdomo *et al.* (2017) al evaluar asociaciones de *Megathyrsus maximus*, *Centrosema pubescens* y *Pueraria phaseloides* notificaron aumentos del ancho y largo de las hojas hasta los 60 días para luego disminuir hasta los 75 días, comportamiento asociado al aumento de estos indicadores favorecido por las condiciones climáticas, pero en la medida que avanzó la edad se incrementó competencia de ahí que experimentaron un decrecimiento relacionado con habilidades competitivas de las especies de las plantas herbáceas, por lo que recomiendan que es necesario desarrollar prácticas adecuadas de manejo que permitan mantener la estabilidad de la asociación.

Tabla 4. 4. Relación de la edad con el ancho de la hoja según tratamientos experimentales.

Siembra	Distancia (m)	Especies	EE±	R ²	P-valor	
Espaldera	0.5	<i>M. pruriens</i>	$AH=5.24+6.22(E)-1.07(E)^2+0.063(E)^3$	0.68	0.96	0.001
		<i>C. ensiformis</i>	$AH=-10.25+25.76(E)-5.29(E)^2+0.33(E)^3$	1.67	0.94	0.002
		<i>S. aterrinum</i>	$AH=3.32+7.67(E)-1.49(E)^2+0.09(E)^3$	0.36	0.90	0.003
	1.00	<i>M. pruriens</i>	$AH=9.81+1.58(E)-0.07(E)^2$	0.93	0.84	0.002
		<i>C. ensiformis</i>	$AH=-8.3+23.3(E)-4.74(E)^2+0.29(E)^3$	0.61	0.96	0.0001
		<i>S. aterrinum</i>	$AH=4.3+6.96(E)-1.25(E)^2+0.07(E)^3$	0.32	0.96	0.002
Suelo	0.5	<i>M. pruriens</i>	$AH=9.6+4.16(E)-0.17(E)^2$	0.19	0.89	0.002
		<i>C. ensiformis</i>	$AH=-3.09+19.1(E)-3.8(E)^2+0.23(E)^3$	0.15	0.85	0.01
		<i>S. aterrinum</i>	$AH=7.36+4.43(E)-0.73(E)^2+0.05(E)^3$	0.23	0.84	0.02
	1.00	<i>M. pruriens</i>	$AH=9.10+3.81(E)-0.35(E)^2$	0.11	0.72	0.03
		<i>C. ensiformis</i>	$AH=-5.8+22.7(E)-4.88(E)^2+0.32(E)^3$	0.28	0.88	0.01
		<i>S. aterrinum</i>	$AH=6.68+5.34(E)-1.03(E)^2+0.063(E)^3$	0.16	0.73	0.02

EE= Error estándar de la media. R²= Coeficiente de correlación. P-valor = medición estadística entre 0 y 1.

Tabla 4. 5. Largo de las hojas en centímetros según tratamientos experimentales.

Siembra	Distancia (m)	Especies	Edad (días)							
			20	34	49	67	85	97	103	120
Espaldera	0.5	<i>M. pruriens</i>	10.30 ^d	14.50 ^d	15.02 ^f	16.90 ^f	17.96 ^f	16.96 ^e	17.28 ^h	18.24 ^b
		<i>C. ensiformis</i>	9.40 ^f	25.50 ^a	27.40 ^a	27.57 ^a	28.30 ^a	24.71 ^a	25.40 ^b	25.66 ^a
		<i>S. aterrinum</i>	10.00 ^d	12.20 ^f	16.30 ^e	16.24 ^g	15.76 ⁱ	14.60 ^f	15.84 ⁱ	15.84 ^d
	1.00	<i>M. pruriens</i>	11.10 ^b	12.30 ^f	15.15 ^f	14.92 ^h	16.80 ^{gh}	14.72 ^f	18.50 ^g	18.35 ^b
		<i>C. ensiformis</i>	9.80 ^e	23.80 ^b	25.71 ^b	26.90 ^{ab}	27.59 ^b	24.80 ^a	23.74 ^d	25.84 ^a
		<i>S. aterrinum</i>	10.20 ^d	13.30 ^e	16.57 ^e	17.08 ^f	16.48 ^h	16.68 ^e	18.00 ^g	17.64 ^c
Suelo	0.5	<i>M. pruriens</i>	12.50 ^a	17.50 ^c	19.60 ^d	19.88 ^d	19.44 ^e	21.56 ^b	21.36 ^e	18.76 ^b
		<i>C. ensiformis</i>	10.70 ^c	26.00 ^a	24.13 ^c	26.01 ^c	26.66 ^c	25.12 ^a	26.20 ^a	25.41 ^a
		<i>S. aterrinum</i>	10.60 ^c	14.20 ^d	16.45 ^e	15.72 ^g	14.96 ^j	18.24 ^d	19.80 ^f	18.68 ^b
	1.00	<i>M. pruriens</i>	12.70 ^a	14.10 ^d	20.02 ^d	18.08 ^e	17.40 ^{fg}	18.96 ^c	21.60 ^e	15.84 ^d
		<i>C. ensiformis</i>	11.00 ^b	25.20 ^a	26.96 ^a	26.33 ^{bc}	22.64 ^d	25.30 ^a	24.44 ^c	25.19 ^a
		<i>S. aterrinum</i>	10.50 ^{cd}	14.60 ^d	16.10 ^e	14.08 ⁱ	14.72 ^j	16.64 ^e	15.52 ⁱ	15.52 ^d
		EE±	0.25	0.75	0.63	0.67	0.68	0.59	0.52	0.66
		P	0.002	0.001	1	0.003	0.002	0.001	0.002	0.003

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$). EE= Error estándar de la media. P-valor = medición estadística entre 0 y 1.

Tabla 4. 6. Relación de la edad con el largo de la hoja según tratamientos experimentales.

Siembra	Distancia (m)	Especies	EE±	R ²	P-valor	
Espaldera	0.5	<i>M. pruriens</i>	LH=8.11+6.8(E)-1.44(E) ² +0.096(E) ³	1.68	0.70	0.01
		<i>C. ensiformis</i>	LH=-10+27.6(E)-5.7(E) ² +0.35(E) ³	2.38	0.89	0.02
		<i>S. aterrinum</i>	LH=5.02+8.1(E)-1.7(E) ² +0.12(E) ³	0.49	0.80	0.02
	1.00	<i>M. pruriens</i>	LH=13.48+1.2(E)-0.15(E) ² +0.014(E) ³	2.93	0.64	0.04
		<i>C. ensiformis</i>	LH=1.6+19.2(E)-4.05(E) ² +0.26(E) ³	0.41	0.78	0.03
		<i>S. aterrinum</i>	LH=12.5+3.41(E)-0.64(E) ² +0.04(E) ³	0.82	0.84	0.01
Suelo	0.5	<i>M. pruriens</i>	LH=19.24-5.25(E)+2.5(E) ² -0.22(E) ³	1.29	0.88	0.03
		<i>C. ensiformis</i>	LH=-2.89+21.9(E)-4.6(E) ² +0.29(E) ³	0.15	0.75	0.02
		<i>S. aterrinum</i>	LH=14.25-0.49(E)+0.8(E) ² -0.08(E) ³	2.79	0.86	0.01
	1.00	<i>M. pruriens</i>	LH=10.9+2.4(E)+0.23(E) ² -0.05(E) ³	1.1	0.72	0.03
		<i>C. ensiformis</i>	LH=-1.30+21.9(E)-4.8(E) ² +0.32(E) ³	0.19	0.73	0.04
		<i>S. aterrinum</i>	L=7.69+5.14(E)-0.49(E) ²	0.33	0.86	0.02

EE=Error estándar de la media. R²= Coeficiente de correlación. P-valor = Medición estadística entre 0 y 1.

LH= largo de las hojas, E=edad

La altura de las plantas de canavalia, pudo estar influenciada por la mayor densidad, al tener que competir por espacio y luz (Herrera *et al.*, 2014), sin embargo, el tratamiento biológico a mayor densidad y una posible interacción más eficiente de los microorganismos del suelo con respecto al tratamiento convencional a mayor densidad, pudo hacer la diferencia en la respuesta de las plantas.

Microorganismos en el suelo que han co-evolucionado con el sistema radicular de ciertas plantas, se pueden ver beneficiados con la implementación de fertilizantes orgánicos, los cuales por su contenido de materia orgánica y la activación de microorganismos eficientes con la utilización de azúcares de rápida asimilación presentes en la melaza, ponen a disposición de la planta, un potencial de posibles asociaciones mutualistas con microorganismos que ayudan a que la exploración de las raíces en el suelo sea mayor y a cambio la planta provee a estos microorganismos de celulosa aminoácidos (Martín *et al.*, 2009), estas interacciones son las que probablemente se presentaron en las plantas con los tratamientos biológicos.

4.2. DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS LEGUMINOSAS HERBÁCEAS COSECHADAS EN FUNCIÓN DEL MÉTODO DE MULTIPLICACIÓN UTILIZADO, MEDIANTE EL ANÁLISIS DE NUTRIENTES ESENCIALES

4.2.1. PRODUCCIÓN DE BIOMASA

La biomasa forrajera producida por las diferentes especies presentaron diferencias significativas para todas las edades, con los mayores valores para la combinación de siembras en suelo, distancia a 1.00 m en la especie *C. ensiformis* con 8.45; 12.46; 15.56; 19.78; 25.67; 29.25; 30.67 y 32.62 t.ha⁻¹ de materia verde, respectivamente. Vale destacar las diferencias entre los tipos de siembras donde la acumulación de forraje fue mayor cuando las plantas crecieron en el suelo de forma normal a cuando se emplearon tutores.

La introducción y el desarrollo de sistemas agroproductivos con leguminosas temporales como *M. pruriens*, *C. ensiformis* y *S. aterrinum* brindan una alternativa factible para la alimentación animal, debido al elevado volumen y calidad de la biomasa producida (García-Abarca y Calderón-Cerdas, 2021). Brunner et al. (2011), según el porcentaje de nitrógeno total de la mucuna, su peso seco y producción de materia verde, reportaron un aporte de nitrógeno total de 8.91 t.ha⁻¹. En Puerto Rico se encontraron valores de hasta 331 kg de nitrógeno por ha. De modo comparativo la fijación simbiótica del nitrógeno por bacterias del género *Rhizobium sp.* es capaz de aportar hasta 150 kg.ha⁻¹ al año (Ravi et al., 2018).

La densidad de siembra afecta la eficiencia en la interceptación de la radiación, así como procesos de asimilación de nutrientes y consumo de agua; además se relaciona con el desarrollo del área foliar de las plantas, la propagación e incidencia de enfermedades y de insectos plaga, así como la presencia y biomasa de las arvenses estos factores afectan directamente el rendimiento (Castro-Rincón et al., 2018; García-Abarca y Calderón-Cerdas, 2021).

Tabla 4. 7. Producción de biomasa según tratamientos experimentales, t.ha⁻¹ de materia verde.

Siembra	Distancia (m)	Especies	Edad (días)							
			20	34	49	67	85	97	103	120
Espaldera	0.5	<i>M. pruriens</i>	4.04 ^{ef}	8.21 ^{de}	11.01 ^{de}	14.85 ^e	19.85 ^d	22.45 ^{de}	23.43 ^d	24.24 ^d
		<i>C. ensiformis</i>	4.56 ^d	8.45 ^d	11.34 ^d	15.66 ^d	20.09 ^{cd}	23.19 ^{cd}	24.34 ^c	25.04 ^{cd}
		<i>S. aterrinum</i>	2.12 ^g	6.09 ^f	9.33 ^f	12.54 ^g	14.34 ^g	16.98 ^f	17.33 ^f	18.06 ^g
	1.00	<i>M. pruriens</i>	5.24 ^{cd}	9.01 ^{cd}	11.33 ^d	15.82 ^d	20.45 ^c	23.77 ^c	24.13 ^{cd}	25.55 ^c
		<i>C. ensiformis</i>	6.45 ^b	10.56 ^b	14.56 ^b	18.78 ^b	24.78 ^a	27.45 ^b	28.89 ^b	30.45 ^b
		<i>S. aterrinum</i>	3.33 ^f	7.22 ^e	10.43 ^e	13.23 ^{fg}	15.34 ^f	17.02 ^f	18.71 ^e	19.04 ^g
Suelo	0.5	<i>M. pruriens</i>	5.06 ^c	8.44 ^d	10.41 ^e	14.59 ^e	18.16 ^e	21.65 ^e	23.22 ^d	24.08 ^d
		<i>C. ensiformis</i>	6.76 ^b	9.67 ^c	12.45 ^c	16.76 ^c	21.23 ^b	24.34 ^c	25.16 ^c	26.04 ^c
		<i>S. aterrinum</i>	4.89 ^d	7.96 ^e	10.85 ^e	13.75 ^f	15.88 ^f	17.84 ^f	19.28 ^e	20.72 ^f
	1.00	<i>M. pruriens</i>	6.88 ^b	9.76 ^c	11.47 ^d	15.09 ^{de}	19.44 ^d	22.76 ^d	24.97 ^c	26.12 ^c
		<i>C. ensiformis</i>	8.45 ^a	12.46 ^a	15.56 ^a	19.78 ^a	25.67 ^a	29.25 ^a	30.67 ^a	32.68 ^a
		<i>S. aterrinum</i>	5.66 ^c	8.65 ^d	11.03 ^{de}	13.78 ^f	16.09 ^f	17.94 ^f	19.33 ^e	22.39 ^e
		EE±	0.44	0.89	0.94	0.84	1.06	1.55	118	1.44
		P-valor	0.001	0.001	0.0001	0.002	0.001	0.001	0.0023	0.001

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$). EE= Error estándar de la media. P-valor = medición estadística entre 0 y 1.

La densidad de siembra afecta la eficiencia en la interceptación de la radiación, así como procesos de asimilación de nutrientes y consumo de agua; además se relaciona con el desarrollo del área foliar de las plantas, la propagación e incidencia de enfermedades y de insectos plaga, así como la presencia y biomasa de las arvenses estos factores afectan directamente el rendimiento (Castro-Rincón *et al.*, 2018; García-Abarca y Calderón-Cerdas, 2021).

4.2.2. RENDIMIENTO DE MATERIA SECA

Para el rendimiento en materia seca se mantuvo un comportamiento similar a la producción de biomasa fresca con los mayores valores para *C. ensiformis* en siembra en el suelo a 1.00 m de distancia de siembra, con 0.84; 1.02; 2.87; 3.69; 3.98; 4.03, 5.09 y 5.67 t.ha⁻¹ de materia seca.

La cantidad de biomasa aérea verde o seca producida por las plantas en leguminosas herbáceas es importante porque determina la capacidad para su uso como cultivo de cobertura o como abono verde del suelo. En este sentido Díaz *et al.* (2003) en *L. purpureus*, *C. ensiformis* y *S. niveum*, para las condiciones del occidente de Cuba, notificaron producciones de 2-5 t.ha⁻¹; Villareal-Romero *et al.* (2014) en *M. pruriens* encontraron producciones de 3.3-6 t.ha⁻¹ y Llomitoa-Gavilanez *et al.* (2021) en seis leguminosas herbáceas (Kudzu, mucuna, maní forrajero, clitoria, canavalia, centrosema) en el cantón Quevedo encontraron los mayores pesos de forraje y longitud de raíces se expresaron en la canavalia y mucuna siendo superiores al resto de las leguminosas estudiada. Resultados similares a los reportados en el actual estudio donde se comprobó este comportamiento, aunque con valores superiores en nuestro estudio. Comportamiento atribuible a las condiciones edafoclimáticas.

Tabla 4. 8. Rendimiento en materia seca según tratamientos experimentales, t.ha⁻¹.

Siembra	Distancia (m)	Especies	Edad (días)							
			20	34	49	67	85	97	103	120
Espaldera	0.5	<i>M. pruriens</i>	0.44 ^e	0.62 ^f	0.78 ^f	0.93 ^{fg}	1.34 ^f	1.76 ^f	1.94 ^e	2.11 ^e
		<i>C. ensiformis</i>	0.52 ^d	0.77 ^{de}	0.99 ^d	1.33 ^d	1.95 ^d	2.12 ^d	2.56 ^c	3.05 ^d
		<i>S. aterrinum</i>	0.32 ^g	0.45 ^h	0.72 ^g	0.87 ^g	1.02 ^{gh}	1.23 ^g	1.42 ^f	1.61 ^f
	1.00	<i>M. pruriens</i>	0.49 ^{de}	0.67 ^e	0.82 ^e	1.01 ^{ef}	1.67 ^e	1.89 ^{ef}	2.05 ^d	2.33 ^e
		<i>C. ensiformis</i>	0.71 ^b	0.95 ^{ab}	1.37 ^c	1.89 ^c	2.66 ^c	3.06 ^c	3.47 ^b	3.96 ^c
		<i>S. aterrinum</i>	0.41 ^{ef}	0.65 ^e	0.81 ^{ef}	0.93	0.98 ^h	1.18 ^h	1.34 ^f	1.54 ^f
Suelo	0.5	<i>M. pruriens</i>	0.54 ^d	0.69 ^e	0.86 ^e	1.05 ^e	1.75 ^{de}	1.94 ^e	2.13 ^d	2.45 ^e
		<i>C. ensiformis</i>	0.62 ^c	0.89 ^{bc}	1.66 ^b	2.44 ^b	3.05 ^b	3.47 ^b	3.88 ^b	4.27 ^b
		<i>S. aterrinum</i>	0.39 ^f	0.51 ^g	0.78 ^f	0.89 ^g	0.94 ^h	1.09 ^h	1.28 ^f	1.33 ^f
	1.00	<i>M. pruriens</i>	0.72 ^b	0.85 ^c	0.97 ^d	1.24 ^d	1.92 ^d	2.09 ^{de}	2.37 ^{cd}	2.65 ^e
		<i>C. ensiformis</i>	0.84 ^a	1.02 ^a	2.87 ^a	3.69 ^a	3.98 ^a	4.03 ^a	5.09 ^a	5.67 ^a
		<i>S. aterrinum</i>	0.47 ^e	0.62 ^f	0.84 ^e	0.94 ^f	1.11 ^g	1.29 ^g	1.35 ^f	1.57 ^f
EE±			0.008	0.004	0.01	0.08	0.06	0.095	0.07	0.04
P-valor			0.001	0.001	0.0001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$). EE= Error estándar de la media. P-valor = medición estadística entre 0 y 1.

La cantidad de biomasa aérea verde o seca producida por las plantas en leguminosas herbáceas es importante porque determina la capacidad para su uso como cultivo de cobertura o como abono verde del suelo. En este sentido Díaz *et al.* (2003) en *L. purpureus*, *C. ensiformis* y *S. niveum*, para las condiciones del occidente de Cuba, notificaron producciones de 2-5 t.ha⁻¹; Villareal-Romero *et al.* (2014) en *M. pruriens* encontraron producciones de 3.3-6 t.ha⁻¹ y Llomitoa-Gavilanez *et al.* (2021) en seis leguminosas herbáceas (kudzu, mucuna, maní forrajero, clitoria, canavalia, centrosema) en el cantón Quevedo encontraron los mayores pesos de forraje y longitud de raíces se expresaron en la canavalia y mucuna siendo superiores al resto de las leguminosas estudiada. Resultados similares a los reportados en el actual estudio donde se comprobó este comportamiento, aunque con valores superiores en nuestro estudio. Comportamiento atribuible a las condiciones edafoclimáticas.

Si tenemos en cuenta lo anteriormente descrito la diversidad morfológica, fisiológica, ciclos de vida y crecimiento de las plantas se relacionan con la disponibilidad de agua, luz, temperatura y nutrientes. La variación de la textura del suelo causa la diversidad

en la composición florística, a través de la regulación hídrica y la disponibilidad de nutrientes. Las precipitaciones en los trópicos (temperaturas >20 °C) mantienen la humedad del suelo, promoviendo el crecimiento de la vegetación. La disponibilidad de nutrientes en suelos tropicales se da por su biota y actividad del complejo de cambio. La fenología de las plantas se vincula a la disponibilidad de agua, delimitando su espacio y tiempo de ocupación. El cambio climático promueve sequías episódicas, disminuyendo la cobertura (atributo ecológico) que mantiene la humedad y controla la erosión (Trillo *et al.*, 2020).

4.2.3. PRODUCCIÓN DE GRANOS

En el caso de la producción de granos de las leguminosas herbáceas (Gráfico 1.1) los mayores resultados fueron para las siembras con espalderas en *C. ensiformis* y distancia de siembra a 1 metro (3.45 t.ha^{-1}) seguida de la siembra a 0.5m con 3.04 t.ha^{-1} , aspectos que denotan los efectos del crecimiento con tutores (espaldera) lo que le confiere a la planta mejor desarrollo, producción de flores y vainas, ya que existe menos competencia entre planta y mayor eficiencia en la utilización de la luz solar.

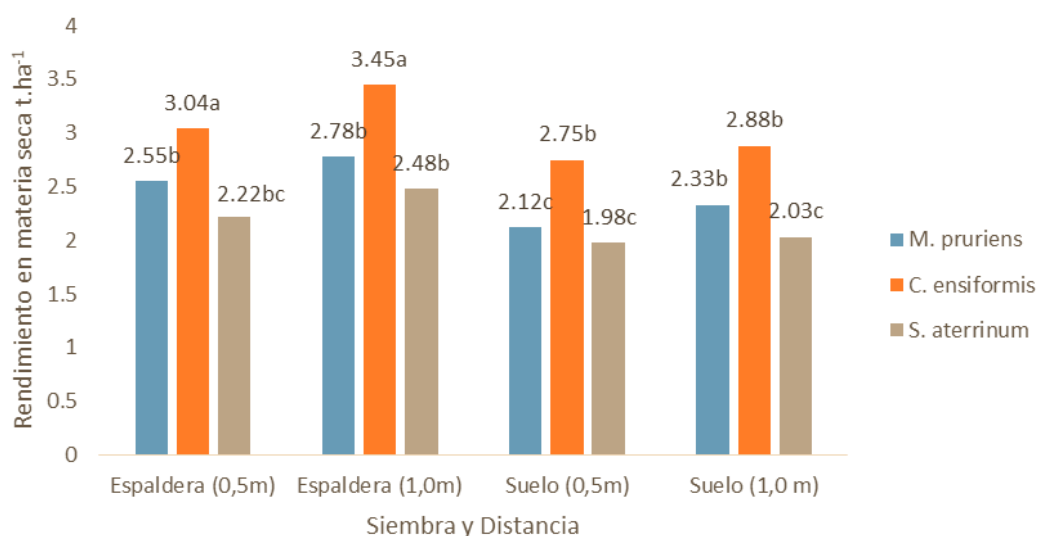


Gráfico 1.1. Producción de granos.

Díaz *et al.* (2003) al evaluar el efecto del momento de siembra notificaron que, para las siembras de septiembre, los cultivos aprovechan las precipitaciones para el crecimiento vegetativo pre-floral e iniciar la movilización de los nutrientes y llenado de los frutos, de manera que la maduración ocurre en la época poco lluviosa. Esto permitió, además, aprovechar eficientemente las adaptaciones que tienen estas plantas para tolerar el déficit hídrico, y la decreciente duración del día en el lapso indicado logró favorecer el inicio de la floración.

La plasticidad fenotípica de las plantas permite variaciones como el número y el tamaño de sus órganos y la partición de los asimilados. La densidad de siembra con la cual se obtuvo el mayor rendimiento también fue la que produjo mayor cantidad de vainas por planta, esto coincide con los resultados obtenidos por (Calero *et al.*, 2018) en sus estudios, donde se analizan las vainas por planta como componente de rendimiento en frijol *Phaseolus vulgaris* L.

García-Abarca y Calderón-Cerdas, (2021) en el cultivo de *M. pruriens*, al utilizar espaldera con una densidad de siembra baja (2450 plantas/ha⁻¹) y plantas separadas entre sí por 2.0 m, expuso un desaprovechamiento de los recursos luz, espacio y agua. Al incrementar la densidad y utilizar una menor distancia entre plantas (4900 plantas.ha⁻¹ y 1.0 m), se logra cubrir una mayor área de suelo y así capturar más energía lumínica desde etapas previas a la reproducción, lo que promueve la eficiencia en la interceptación de la luz (Zhu *et al.*, 2010) y, por tanto, rendimiento (Osuna *et al.*, 2017).

4.2.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL FORRAJE

Para la composición química (tabla 4.8) existió diferencias para todos los indicadores excepto para la grasa la cual no presentó diferencias significativas, para la humedad el mayor porcentaje fue para siembras en suelo a 1.00 m de distancia con *C. ensiformis* con 84.44, la Proteína fue mejor para *C. ensiformis* con la utilización de espalderas a

0.5m y la Fibra Bruta y ceniza para *S. aterrinum* para siembras en suelo a 1.0 m de distancia con 52.76 y 7.12%, respectivamente.

Tabla 4. 9. Composición química de forraje integral según tratamientos experimental.

Siembra	Distancia (m)	Especies	Edad (días)				
			Humedad	Proteína Bruta	Fibra Bruta	Ceniza	Grasa
Espaldera	0.5	<i>M. pruriens</i>	79.25 ^e	12.56 ^d	47.33 ^e	6.45 ^{bc}	2.98
		<i>C. ensiformis</i>	82.45 ^c	15.56 ^a	45.05 ^f	5.36 ^d	3.01
		<i>S. aterrinum</i>	81.66 ^c	13.78 ^{bc}	47.34 ^e	5.34 ^d	3.06
	1.00	<i>M. pruriens</i>	81.67 ^c	11.67 ^e	49.28 ^d	6.89 ^b	3.12
		<i>C. ensiformis</i>	83.22 ^b	14.12 ^b	48.56 ^d	6.07 ^c	3.14
		<i>S. aterrinum</i>	82.44	14.56 ^b	49.49 ^d	6.23 ^c	2.89
Suelo	0.5	<i>M. pruriens</i>	80.47	12.78 ^c	50.20 ^c	5.77 ^d	3.05
		<i>C. ensiformis</i>	81.43 ^{cd}	13.47 ^c	50.03 ^c	6.33 ^c	3.09
		<i>S. aterrinum</i>	81.12 ^d	11.78 ^e	51.76 ^b	7.01 ^{ab}	3.15
	1.00	<i>M. pruriens</i>	84.02 ^a	11.64 ^e	50.87 ^{bc}	6.07 ^c	2.95
		<i>C. ensiformis</i>	84.44 ^a	14.22 ^b	50.45 ^c	6.86 ^b	3.04
		<i>S. aterrinum</i>	83.98 ^{ab}	12.74 ^{cd}	52.76 ^a	7.12 ^a	2.99
EE±			1.058	0.94	1.05	0.88	0.46
P-valor			0.01	0.01	0.01	0.01	0.06

Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ($p < 0.05$). EE= Error estándar de la media. P-valor = medición estadística entre 0 y 1.

Las leguminosas forrajeras en la alimentación animal mejoran la calidad de la dieta agregando alto contenido de proteína cruda (nitrógeno) y minerales al sistema, mejorando los parámetros productivos y disminuyen la dependencia de productos nitrogenados en la alimentación externa; de esta manera, se pueden disminuir los costos de producción y aumentar la sostenibilidad del sistema (Romero *et al.*, 2022).

Los valores obtenidos, tanto para la proteína bruta como para la fibra bruta, en base seca del forraje seco de las leguminosas en estudio se encuentran dentro de los porcentajes encontrados por Sotelo *et al.* (2016) y Díaz *et al.* (2017). en diferentes forrajes tropicales. No obstante, se debe indicar que la composición nutricional se ve

afectada por la especie de planta, madurez, cultivo, medio ambiente, insumos (suelo, luz, nutrientes y agua, entre otros) y el manejo (Sotelo *et al.*, 2020).

Sosa *et al.* (2020), Al estudiar cuatro leguminosas forrajeras en el estado de Veracruz, México, encontraron que la Proteína Bruta varió de 12.6 a 21.8 %, siendo el valor más bajo para *S. guianensis* y el más alto para *A. pintoii*; la Ceniza de 6.7, 10.9 y 12.0 % para *C. ternatea*, *A. pintoii* y *S. guianensis* y Capacidad de campo fue 47.7 y 45.2 %, para *S. guianensis* y *A. pintoii*, respectivamente. Mientras que, Lagunes-Rivera *et al.* (2019), encontraron que *A. pintoii* superó a *S. guianensis* donde mostró los valores más altos de capacidad de campo (39 contra 35 %), proteína cruda (21 contra 19 %) y digestibilidad in vitro de la materia seca (74 contra 62 %) y fue inferior para los componentes de la pared celular fibra detergente neutra (61 contra 65 %) fibra detergente ácido (35 contra 44 %). En general los valores encontrados en la literatura científica denotan que los valores reportados en el actual estudio se encuentran en el rango descrito para las leguminosas herbáceas.

4.3. VALORACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA VERDE Y DE MATERIA SECA

La edad mantuvo relación con los indicadores morfológicos y del rendimiento donde solo no fueron significativas con largo de las hojas, con los mayores valores para la producción con la biomasa verde (0.909) y el rendimiento en materia seca (0.659), los demás indicadores se relacionaron entre sí, el número de hojas solo se relacionó con la biomasa verde, este último indicador presentó correlación positiva con el número de hojas, largo, ancho y rendimiento materia seca.

Tabla 4. 10. Correlación del rendimiento de la producción de biomasa.

	No. Hojas	Ancho	Largo	Biomasa	RMS
Edad	0.565**	0.541**	0.245	0.909***	0.659**
No. Hojas		0.241	-0.048	0.461*	0.249
Ancho			0.117	0.556**	0.529**
Largo				0.337*	0.379*
Biomasa					0.863**
RMS					

* = $P < 0,05$; ** = $P < 0,01$; *** = $P < 0,001$; ns = no significativo.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

La distancia de siembra y método utilizados para las leguminosas herbáceas ejercieron marcada influencia sobre la respuesta de los indicadores morfológicos y del rendimiento en biomasa fresca y seca, donde se mostró variabilidad para los indicadores morfológicos con los mejores resultados para el cultivo en espalderas; mientras que para los rendimientos fue mayor para el cultivo sin tutores.

El rendimiento en granos fue mayor para el cultivo con tutores (espalderas) en la especie *C. ensiformis* y a la distancia de siembra de un metro.

La composición química de las leguminosas herbáceas cosechadas en función del método de multiplicación utilizado, presentó mayor contenido de proteína para la siembra con espaldera y menores distancia de siembra (0.5m) para el resto de los indicadores que conforman la pared celular de la planta presentaron porcentajes superiores para siembra tanto en suelo como para el empleo de espalderas a la distancia de 1.00 m, lo que denota que a mayor espacio vital existe un mejor crecimiento y desarrollo vegetativo y por consiguiente se producen mayor cantidad de carbohidratos estructurales y tejido de sostén.

5.2. RECOMENDACIONES

Realizar estudios de comportamiento en condiciones de campo en mezclas con gramíneas, para evaluar la capacidad asociativa y mejoradora de los suelos de estas especies con vistas a la producción animal.

Profundizar en el estudio de compuestos secundarios y fitoestrógenos según fase fenológica de las especies con vista a realizar un manejo con mayor eficiencia de estas en los sistemas de producción para prevenir efectos adversos desde el punto de vista nutricional y reproductivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, G., Martínez, E., y Pérez, E. (2018). *Evaluación de la calidad nutricional y rendimiento de leguminosas tropicales Vigna (Vigna sinensis L.), Lablab (Dolichos lablab L.) y Canavalia (Canavalia ensiformis L.)* [Tesis de pre grado, Universidad de El Salvador]. Ri-ues <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/18578/1/13101677.pdf>
- Alatorre, A., Guerrero, J., Olvera, J., Aceves, E., y Vaquera, H. (2018). Leguminosas forrajeras herbáceas de enredadera, recursos poco valorados en el trópico seco. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 41(4), 403-411. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S018773802018000400403&script=sci_arttext
- Álvarez, M. (2000). *Los abonos verdes: una alternativa para la producción sostenible de maíz en las condiciones de los suelos Ferralíticos Rojos de la Habana*. Tesis de Maestría. La Habana. Cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. UNAH. 69 p.
- Álvarez, G., García, A., Cervantes, X., Zamora, D., Chabla, G, Chacón, E., Garzón, J., Ramírez, J., Ramos, Y. (2022). Comportamiento agronómico de la asociación del pasto *Brachiaria decumbens* con dos leguminosas. *Rev. Electrón. Vet.* 17(4). <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n040416.html>
- Apáez, P., Salvador, J., y Rodríguez, M. (2013). Producción de vaina verde en frijol chino y tipo de espaldera en clima cálido. *Revista Chapingo, Serie Horticultura*, 19(1), 129-140. <http://www.scielo.org.mx/>
- Aulestia, D. (2022). *Caracterización nutricional, funcional y perfil de cannabinoides de la planta del cáñamo (Cannabis sativa L.), cultivar Cherry Oregon Hemp*. [Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Institucional UCE.

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/26949/1/UCE-FCQ-CQA-AULESTIA%20DENISSE.pdf>

Barriada, L., Méndez, L., Rodríguez, J., Sandoval, S., y Aquino, L. (2018). Valor nutricional de la semilla de *Mucuna spp.* como complemento dietario en animales no rumiantes y rumiantes. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 9(3), 519-535. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v9n3/2448-6698-rmcp-9-03-518.pdf>

Carrera, B., Munzón, M., y Yance, G. (2016). Reducción de costos de producción en bananeras. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. <https://www.eumed.net/rev/caribe/2016/09/bananeras.html>

Chandra, S; Raj, K; Rahul A; Bhardwaj, S; & Parmar, S. (2016) Performance of *Mucuna pruriens* under Chirpine (*Pinus roxburghii*) Plantation of Mid Hills of Western Himalayas. *EconPapers is hosted by the Örebro University School of Business*, (1),40-44. <https://econpapers.repec.org/>

Chakoma, I; Godfrey, M; Lovemore, G; Siboniso, M; & Sikhhalazo, D. (2016). The agronomy and use of *Mucuna pruriens* in smallholder farming systems in southern Africa. *International Livestock Research Institute*, 4(1), 1-4. https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/78515/extension_brief_mucuna.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Chuncho, G., Chuncho, C., Aguirre, Z. (2019). *Anatomía y morfología vegetal*. Universidad Nacional de Loja. <https://unl.edu.ec/>

Comisión Europea. (2021). *La salud y el medio ambiente mejoran con más leguminosas*. CORDIS. <https://cordis.europa.eu/article/id/429849-more-legumes-better-health-and-environment/es>

- David, J. (2019). *Rendimiento de maíz y canavalia en monocultivo y asociación en agricultura de conservación en el trópico húmedo mexicano*. [Tesis]. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. <http://ri.ujat.mx>
- Delgado, C., Olías, R., Jiménez, J., y Clemente, A. (2016). Aspectos de las legumbres nutricionales y beneficiosos para la salud humana. *Revista Arbor*, 192(779), a313. <http://dx.doi.org/10.3989/arbor.2016.779n3003>
- Díaz, M., Martín, M., Martínez, M., Savón, L., Aguilera, Y., Benítez, V., Torres, V., Coto, G., Gonzáles, A., Sarmiento, M., y Hernández, Y. (2017). Germinados de leguminosas temporales: Una alternativa para la alimentación animal. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 51(3), 381-390 <http://scielo.sld.cu/>
- Fundación Charles Darwin. (2021). *Lista de especies de Galápagos*. <https://www.darwinfoundation.org/es/datazone/checklist?species=2151>
- García, L., Bolaños, E., Ramos, J., Arce, M., y Lagunes, L. (2015). Rendimiento y valor nutritivo de leguminosas forrajeras en dos épocas del año y cuatro edades de rebrote. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 6(4), 453-468. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v6n4/2448-6698-rmcp-6-04-00453.pdf>
- García, M., Rivera, R., Cruz, Y., Acosta, Y., y Cabrera, J. (2017). Respuesta de *Canavalia ensiformis* (L.) a la inoculación con diferentes cepas de hongo micorrízico arbuscular en un suelo FARL. *Revista Cultivos Tropicales*, 38(1), 7-12. <http://scielo.sld.cu/>
- García, E., y Calderón, R. (2021). Influencia de la densidad de siembra sobre producción y desarrollo de mucuna (*mucuna pruriens*). *Revista de Agronomía Costarricense* 45(2), 103-113. <https://revistas.ucr.ac.cr/>

- Hernández, A., Pérez, J., Bosch, D. y Castro, N. (2019). La clasificación de suelos de Cuba: énfasis en la versión de 2015. *Cultivos Tropicales*, 40(1), a15-e15. <http://scielo.sld.cu/>
- Hernández, J., Sánchez, P., Torres, N., Herrera, J., Rojas, A., Vásquez, I., y Mendoza, M. (2018). Composición química y degradaciones in vitro de vainas y hojas leguminosas arbóreas del trópico seco de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 9(1), 105-120. <http://dx.doi.org/10.22319/rmcp.v9i1.4332>
- Hidalgo, M., Rodríguez, V., y Porras, O. (2018). Una mirada actualizada de los beneficios fisiológicos derivados del consumo de legumbres. *Revista Chilena de Nutrición*, 45(1), 32-44. <https://www.scielo.cl/>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (2021). *Avances en ganadería bovina tropical*. Gobierno del Ecuador. <https://www.iniap.gob.ec/iniap-desarrollo-dia-de-campo-sobre-avances-en-ganaderia-bovina-tropical/>
- Kavitha, C & Thangamani, C. (2014). Amazing bean "*Mucuna pruriens*": A comprehensive review. *Journal of Medicinal Plants Research*, 8(2), 138-143. <https://academicjournals.org/journal/JMPR/article-full-text-pdf/63031A042671>
- Llamas, F., y Acedo, C. (2016). Las Leguminosas (*Leguminosae* o *Fabaceae*): una síntesis de los usos y de las clasificaciones, taxonomía y filogenia de la familia a lo largo del tiempo. *AmbioCiencias*, 14, 5-18. <https://buleria.unileon.es/>
- Lagunes, S., Guerrero, J., Hernández, J., Ramírez, J., García, D., y Alatorre, A. (2019). Rendimiento de materia seca y valor nutritivo de cuatro leguminosas herbáceas en la zona tropical de Hueytamalco, Puebla, México. *Revista Mexicana Ciencia Pecuaria*, 10(4), 1042-1053. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i4.4660>

- López, A. (2015). *Cambio climático y actividades agropecuarias en América Latina*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/39824/S1501286_es.pdf
- López, L. (2016). *Manual técnico del cultivo de tomate*. Programa Regional de Investigación e Innovación por Cadenas de Valor Agrícola. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10921.pdf>
- López, M., y Briceño, E. (2018). Efecto de la Especie de leguminosa y la fuente de carbohidratos sobre el fraccionamiento de la proteína en mezclas para ensilaje. *Nutrición Animal Tropical*, 12(1), 19-39. <https://doi.org/10.15517/nat.v12i1.33644>
- Mitchell, M., Norman, H., & Whalley, R. (2015) Use of functional traits to identify Australian forage grasses, legumes and shrubs for domestication and use in pastoral areas under a changing climate. *Crop and Pasture Science*, 66, 71-89. <https://www.publish.csiro.au/cp/pdf/CP13406>
- Morales, S., Vivas, N., y Terán, V. (2016). Ganadería eco-eficiente y la adaptación al cambio climático. *Revista de Biotecnología Agropecuaria*, 14(1),135-144. <http://www.scielo.org.co/>
- Murillo, R., Marcheco, E., Ramírez, J., Perdomo, G., Panta, K., y Murillo, A. (2015). Rendimiento y calidad de dos especies del género Pennisetum en Ecuador. *REDVET*, 16(8): 1-8. <http://www.veterinaria.org/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Ganadería. (2016). *Semillas nutritivas para un futuro sostenible*. <https://www.fao.org/3/i5528s/i5528s.pdf>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Ganadería. (2018). *Nuestras legumbres: pequeñas semillas, grandes soluciones*. <https://www.fao.org/3/ca2597es/CA2597ES.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Ganadería. (2021). *Beneficios nutricionales de las legumbres*. <https://www.fao.org/>
- Osuna, H., Osuna, A., y Fierro, A. (2017). *Manual de propagación de plantas superiores*. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma Metropolitana]. https://www.casadelibrosabiertos.uam.mx/contenido/contenido/Libroelectronico/manual_plantas.pdf
- Portillo, O. (2014). *Evaluación del efecto de tiempos de siembra de *Canavalia ensiformis* sobre el control de malezas y el aporte de materia orgánica al suelo en el cultivo de caña de azúcar variedad*. [Tesis de pregrado, Universidad San Carlos de Guatemala]. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/>
- Ramírez, J., Herrera, R., Leonard, I., Verdecia, D. y Álvarez, Y. (2012). Rendimiento y calidad de la *Brachiaria decumbens* en suelo fluvisol del Valle del Cauto, Cuba. *REDVET*, 13(4), 1-5. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n040412.html>
- Reino, J., Toral, O., Fonte, D., y Morales, D. (2019). Calidad de las semillas de accesiones colectadas en la provincia de Ciego de Ávila, Cuba. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 23(1), 49-55. <https://www.redalyc.org/>
- Renté, O., Nápoles, M., Pablos, P., y Vargas, B. (2018). Efecto de *Canavalia ensiformis* (L). En propiedades físicas de un suelo fluvisol diferenciado en Santiago de Cuba. *Revista Cultivos Tropicales*, 39(2). <http://scielo.sld.cu/>

- Ríos, I., Acosta, E., Samudio, E., Hruska, A., y Gregolín, A. (2018). Beneficios nutricionales, agroecológicos y comerciales de las legumbres. *Revista Chilena de Nutrición*, 45(1). <https://www.scielo.cl/>
- Rivera, R., Martín, G., Simó, J., Joao, J., García, M., Tamayo, Y., Bustamante, C., González, P., Ramírez, J., Martínez, L., Ojeda, L., y Hernández, A. (2022). Bases y beneficios del manejo conjunto de *Canavalia ensiformis* e inoculantes micorrízicos en la producción agropecuaria. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*, 12(1). <http://scielo.sld.cu/>
- Ruiz, T., Febles, G., y Alonso, J. (2015). Estudios con leguminosas, un aporte a la ciencia durante los cincuenta años del Instituto de Ciencia Animal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 49(2), 433-241. <https://www.redalyc.org/>
- Ruiz, J., Prohens, J., y Tierno, R. (2016). *Las variedades locales en la mejora genética de plantas*. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. www.las_variedades_locales_en_la_mejora_gen%C3%A9tica.pdf
- Sanclemente, O., y Patiño, C. (2015). Efecto de *Mucuna pruriens* como abono verde y cobertura, sobre algunas propiedades físicas del suelo. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 11(1), 206-211. <http://www.scielo.org.co/>
- Satorre, E. (2021). Variabilidad de la distancia entre plantas dentro de la hilera de siembra y su efecto sobre el rendimiento del cultivo del maíz (*Zea mays L.*) en Argentina, Brasil y Estados Unidos. *Revista de la Facultad de Agronomía UBA*, 41(1), 49-57. <http://agronomiayambiente.agro.uba.ar/>
- Scull-Rodríguez, I., Savón-Váldes, L. L., & Hormaza-Montenegro, J. V. (2017). Evaluación de los metabolitos secundarios en la harina de forraje de *Stizolobium aterrimum* (mucuna), para su uso en la alimentación animal. *Pastos y Forrajes*, 40(4). 302-307.

- Scull, I., Savón, L., Spengler, I., Herrera, M., y González, V. (2018). Potencialidad de la harina de forraje de *Stizolobium niveum* y *Stizolobium aterrimum* como nutraceutico para la alimentación animal. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 52(2). <http://scielo.sld.cu/>
- Sosa, E., Alejos, J., Martínez, A., Enríquez, J., y Torres, M. (2020). Composición química y digestibilidad de cuatro leguminosas tropicales mexicanas. 211-220. <http://www.scielo.org.mx/>
- Spahn, E., Ronconi, A., Prand, M., Jáuregui, M., Breccia, V., Finoli, N., Otto, F., Barsanti, V., y Maidana, A. (2020). Capacidad de recuperación de los campos naturales entrerrianos a partir del banco de semillas. *Ciencia, Docencia y Tecnología Suplemento*, 10(10). <https://pcient.uner.edu.ar/>
- Suárez, H., Mercado, W., Ramírez, Maribel, Bracho, Belkys, Rivero, J., García, D. (2012). Caracterización morfoagronómica y evaluación del contenido proteínico en dos genotipos de *Clitoria ternatea* L. cultivados en un sistema de espalderas. *Pastos y Forrajes*, 35(4), 365-380.
- Tavares, R., Silva, A., Nascimento, A., Pereira, A., & de Souza, J. (2015). Nutritional composition, phytochemicals and microbiological quality of the legume, *Mucuna pruriens*. *African Journal of Biotechnology*. 14, 676-682. doi:10.5897/AJB2014.14354.
- Tresina, P., & Mohan, V. (2013). Assessment of nutritional and antinutritional potential of underutilized legumes of the genus mucuna. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 16, 155-169. ISSN:1870-0476
- Tigasi, C. (2017). Cultivo de alta densidad en banano. <https://www.google.com/>

- Universidad Complutense de Madrid. (2016). *Legumbres, un alimento estrella*. Unidad de Información Científica y Divulgación de la Investigación. <https://www.ucm.es/data/cont/docs/429-2016-01-18-legumbres-un-alimento-estrella-OTRI-2016.pdf>
- Uvidia H, Ramirez J, Vargas J, Leonard I, Sucoshañay J. Rendimiento y calidad del *Pennisetum purpureum* vs Maralfalfa en la Amazonía ecuatoriana. (2015). *REDVET*, 16(6): 1-8: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060615.html>.
- Zamudio, B., Espinosa, A., Tadeo, M., Encastín, J., Martínez, J., Félix, A., Cárdenas, A., y Turrent, A. (2015). Producción de híbridos y variedades de maíz para grano en siembra a doble hilera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(7), 1491-1505. <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263142146006.pdf>
- Zhu, X.G, Long, S.P, Ort, D.R. (2010). Improving photosynthetic efficiency for greater yield. *Annu Rev Plant Biol.* 2010;61: 235-61. <http://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042809-112206>. PMID: 20192734.