

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS



**VALOR DEL POTENCIAL NUTRITIVO DE *SESBANIA*
GRANDIFLORA, *LABLAB PURPUREUS* Y *VIGNA*
RADIATA COMO ALTERNATIVA FORRAJERA**

T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROBIOTECNOLOGÍA EN ZONAS
ÁRIDAS**

PRESENTA

NAHOMI JAELE RAMÍREZ GUERRERO

DIRECTOR

DR. CARLOS ENRIQUE AIL CATZIM

CODIRECTOR

DR. JOSÉ LUIS VELASCO LÓPEZ

Mexicali, Baja California

Mayo 2025

La presente tesis titulada “Valor del potencial nutritivo de *Sesbania grandiflora*, *Lablab purpureus* y *Vigna radiata* como alternativa forrajera”, realizada por el C. Nahomi Jael Ramírez Guerrero, fue dirigida por Dr. Carlos Enrique Ail Catzim, ha sido evaluada y aprobada por el Consejo Particular abajo indicado, como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROBIOTECNOLOGÍA EN ZONAS ÁRIDAS

Consejo Particular

Presidente 

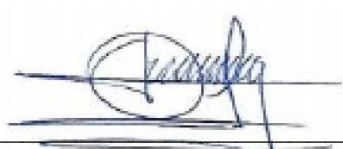
Dr. Carlos Enrique Ail Catzim

Sinodal 

Dr. José Luis Velasco López

Sinodal 

Dra. Marisol Galicia Juárez

Sinodal 

Dr. Onécimo Grimaldo Juárez

Sinodal 

Dra. Ma. Eugenia Cisneros López

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Baja California y al Instituto de Ciencias Agrícolas por su valioso aporte en mi formación y por haberme brindado equipos e instalaciones en este escalón profesional.

A mis maestros y compañeros con quienes compartí momentos de estudio, aprendizaje y alegría.

Al Dr. Carlos E. Ail Catzim por ser el Director de mi tesis, guiarme, alentarme y apoyarme durante la investigación.

A la Dra. Marisol Galicia Juárez, por su amistad, su tiempo, sus consejos, revisiones y sugerencias durante toda mi formación.

A toda mi familia gracias, por su apoyo y alentarme a no rendirme.

DEDICATORIA

A Dios:

Por estar a mi lado en todo momento, por la oportunidad de concluir con éxito, lecciones personales y profesionales en esta etapa de mi vida.

A mi esposo:

Por ser mi pilar, un gran padre para mi hija y brindarme su cariño.

A mis padres:

Por su amor y apoyo incondicional en mi formación personal y profesional.

A mi familia, amigos y maestros:

Porque fueron pilares importantes, y siempre presentes en este camino

CONTENIDO

I.	RESUMEN	5
I.	ABSTRACT	6
II.	INTRODUCCIÓN	7
III.	JUSTIFICACIÓN	9
IV.	ANTECEDENTES	11
	<i>Fabáceas y su importancia a nivel mundial.....</i>	<i>11</i>
	<i>Importancia de las fabáceas en la producción animal</i>	<i>12</i>
	<i>Características morfológicas de Sesbania grandiflora, Lablab purpureus y</i>	
	<i>Vigna radiata.....</i>	<i>13</i>
	<i>Sesbania grandiflora, Lablab purpureus y Vigna radiata en nutrición animal. 15</i>	
	<i>Indicadores de la calidad del forraje</i>	<i>18</i>
	<i>Determinación bromatológica del forraje</i>	<i>19</i>
	Proteína Cruda	19
	Materia Seca	20
	Cenizas	20
	Fibra Detergente Neutra (FDN) y Fibra Detergente ácida (FDA)	20
	Efecto del método de siembra	21
	OBJETIVOS.....	23
	Objetivos específicos:.....	23
V.	HIPÓTESIS	24
VI.	ARTÍCULO	25
	INTRODUCCIÓN	27
	MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
	Localización del Área de Estudio.....	29
	Material Biológico	29
	Variables morfológicas	30
	Variables Bromatológicas	30
	Calidad de Forraje	31
	Análisis estadístico	31

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
Variables morfológicas	32
<i>En general el tipo de siembra en plano tuvo un efecto significativo en todas las variables evaluadas independientemente de la especie vegetal, este resultado difiere con reportes donde se indica que la siembra en cama incrementa el rendimiento en diferentes cultivos (Majeed et al., 2015).....</i>	33
Variables bromatológicas (Hojas)	34
CONCLUSIONES	40
REFERENCIAS	41
VII. CONCLUSIONES GENERALES.....	45
VIII. LITERATURA CITADA.....	46

CONTENIDO DE CUADROS

Cuadro 1. Estándares de calidad para forrajes (leguminosas, gramíneas y sus mezclas en E.U) asignado por la Hay Market Task Force de la American Forage and Grassland Council.	28
Cuadro 2. Efecto de la interacción genotipo y método de siembra sobre variables morfológicas de <i>Sesbania grandiflora</i> , <i>Lablab purpureus</i> y <i>Vigna radiata</i>	32
Cuadro 3. Efecto de la interacción entre el genotipo y método de siembra sobre variables bromatológicas de hojas de <i>Sesbania grandiflora</i> , <i>Lablab purpureus</i> y <i>Vigna radiata</i>	34
Cuadro 4. Efecto de la interacción entre el genotipo y método de siembra sobre variables bromatológicas de tallos de <i>Sesbania grandiflora</i> , <i>Lablab purpureus</i> y <i>Vigna radiata</i>	35
Cuadro 5. Calidad de forraje obtenido de hojas y tallos de <i>Sesbania grandiflora</i> , <i>Lablab purpureus</i> y <i>Vigna radiata</i> en siembra en plano y siembra en cama	37

I. RESUMEN

Se realizó una evaluación del comportamiento agronómico y el potencial nutritivo de *Sesbania grandiflora*, *Lablab purpureus* y *Vigna radiata* en dos métodos de siembra, establecidos en el ciclo agrícola primavera-verano 2021, en el Campo Agrícola Experimental ICA-UABC, ubicado en el Valle de Mexicali. La determinación morfológica se obtuvo mediante la cosecha de plantas completas, se obtuvo su peso fresco total y posteriormente se seccionaron en hoja y tallo. La estimación del potencial nutritivo se realizó mediante un análisis proximal que determina los porcentajes de materia seca, proteína cruda, cenizas, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y lignina. Los datos obtenidos se analizaron con un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3x2, considerando como factores las especies en contraste con los dos métodos de siembra y posteriormente una comparación de medias con Tukey ($p \leq 0.05$). *Sesbania grandiflora* independiente del método de siembra se posicionó como la especie con el mayor potencial nutritivo, destacándose su nivel de proteína y materia seca en hoja, en cuanto a parámetros morfológicos *Vigna radiata* establecida en plano presentó mayor peso de planta, peso de hoja y peso de tallo. La calidad del componente morfológico de hojas de *S. grandiflora*, *L. purpureus* y *V. radiata* se clasificaron como de excelente calidad, de acuerdo con su valor relativo de forraje (VRF), principalmente con un bajo contenido de FDA y FDN. En contraste el de tallos, de las tres especies fueron de menor calidad debido principalmente a sus mayores contenidos de FDA y FDN. En cuanto a los métodos de siembra, no afectó el contenido nutricional y la calidad de las tres especies estudiadas.

Palabras clave: forraje, potencial nutritivo, Fabáceas

I. ABSTRACT

An evaluation of the agronomic behavior and nutritional potential of *Sesbania grandiflora*, *Lablab purpureus*, and *Vigna radiata* was carried out under two planting methods, established in the spring-summer 2021 agricultural cycle, at the ICA-UABC Experimental Agricultural Field, located in the Mexicali Valley. Morphological determination was obtained by harvesting complete plants, their total fresh weight was obtained, and they were subsequently sectioned into leaves and stems. The estimation of nutritional potential was carried out through a proximal analysis that determines the percentages of dry matter, crude protein, ash, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, and lignin. The data obtained were analyzed with a completely randomized design with a 3x2 factorial arrangement, considering the species as contrasting factors for the two planting methods and subsequently a comparison of means was made with Tukey ($p \leq 0.05$). *Sesbania grandiflora*, regardless of the planting method, was positioned as the species with the highest nutritional potential, highlighting its protein and dry matter levels in its leaves. Regarding morphological parameters, *Vigna radiata*, established under plain conditions, presented higher plant weight, leaf weight, and stem weight. The quality of the morphological components of the leaves of *S. grandiflora*, *L. purpureus*, and *V. radiata* was classified as excellent, based on their relative forage value (RFV), mainly with low ADF and NDF contents. In contrast, the stems of all three species were of lower quality, mainly due to their higher ADF and NDF contents. Regarding planting methods, these did not affect the nutritional content or quality of the three species studied.

Keywords: forage, nutritional potential, Fabaceae.

II. INTRODUCCIÓN

La familia de las Fabaceae se integran de aproximadamente 730 géneros y con un estimado de 20,000 especies, las fabáceas de grano o legumbres son plantas de las que sus semillas se usan tanto para la alimentación humana como de animales domésticos, son especies de interés por su alto contenido proteico, con bajo contenido en grasas y el tipo de fibra que aportan, en términos de producción de alimentos, las fabáceas ocupan el segundo lugar después de los cereales y representan el 27% de la producción mundial de cultivos primarios y el 33% de las necesidades de proteínas (Khatun *et al.*, 2021), son importantes cultivos comerciales para más de 700 millones de pequeños agricultores en los países en desarrollo, con un valor anual de alrededor de 31 mil millones de dólares (Abate *et al.*, 2012), desempeñan un papel muy importante en el sector agropecuario a nivel mundial, por su aporte de proteína cruda (PC), energía, producción de materia seca y digestibilidad de la misma, asimismo su capacidad de fijar nitrógeno al suelo y que posteriormente es asimilado por la planta (Romero, 2024).

En el sector pecuario las fabáceas forrajeras se utilizan para aumentar la proporción mineral y proteica de la dieta (León, 2018), figurando como alternativas para disminuir deficiencias nutritivas en la alimentación animal y destacándose como fuente de proteína (Romero, 2024), en la agricultura las fabáceas son establecidas como cobertura ya que contribuyen beneficiosamente a otros cultivos, dado que mejoran la sanidad, incrementa la nutrición del cultivo principal y contribuye a la recuperación de los suelos erosionados (Montenegro *et al.*, 2019), en el tema de seguridad alimentaria se considera a las fabáceas una alternativa que beneficia en la sustitución de proteínas de origen animal en particular por la accesibilidad de menor costo de las mismas (Galicia-Haro *et al.*, 2023).

En esta investigación se contemplará el potencial de *Sesbania grandiflora*, *Lablab purpureus* y *Vigna radiata* como alternativa forrajera dado que de acuerdo a Patil y Auti (2022), sesbania contiene alrededor de 37.78% de proteína cruda, y niveles bajos de compuestos anti nutricionales como taninos, fenoles totales e inhibidores de tripsina, lo que contribuiría a mejorar la digestión y disponibilidad de proteína. Pandey *et al.* (2022) consideran que dolichos (*Lablab purpureus*) tiene un alto valor

nutricional y bajas concentraciones anti nutricionales, en vaina reportan rangos entre 24-35% de PC, y con niveles altos de vitamina C (0.165 g/100 g), en cuanto a mungo (*Vigna radiata*) sus semillas tienen un alto valor nutricional y contienen entre un 22% y 27% de proteínas; vitaminas esenciales como B5, B6, tiamina y niacina; minerales como magnesio y hierro; y fibra dietética.

La alfalfa (*Medicago sativa*) es una de las principales fabáceas producidas en Baja California México, con un importante interés comercial, en el año 2022 en el estado se destinaron 396,055 hectáreas para uso agrícola (INEGI, 2022), de las cuales 38 884 hectáreas fueron de producción de alfalfa con un rendimiento promedio de 16.5 toneladas por hectárea de forraje henificado, lo que representa un 84.5% de los cultivos perennes en el Valle de Mexicali, que lo hace destacar como un sitio de gran aporte agrícola (Dominguez, 2024). Es una fabácea forrajera de buena calidad nutricional, capaz de fijar nitrógeno atmosférico, sus cualidades la posicionan como una especie esencial para muchos sistemas de producción agropecuaria, en la zona se utiliza especialmente en los sistemas intensivos de engorde en corral donde la incluyen en la dieta animal en forma de heno como una de las principales fuentes de proteína, el cambio climático, incluida la sequía, es una grave amenaza para la producción de fabáceas en todo el mundo, aunado a esto se pone énfasis en que los requerimientos hídricos del cultivo de alfalfa son altamente demandantes, en comparación a *Lablab purpureus* y *Vigna radiata* que se desarrolla entre los 500 y 200 milímetros por año, con la ventaja de que una vez establecidos, son bastante resistentes a la sequía (FAO, 2019).

Sesbania grandiflora se ha cultivado en zonas semiáridas de forma exitosa, con 800 milímetros al año y nueve meses de estación seca Sarvade *et al.*, (2014) su adaptación a condiciones con un menor suministro de agua y sus características nutricionales la convierte en una alternativa forrajera prometedora.

III. JUSTIFICACIÓN

El norte y noroeste de México representan casi dos tercios del territorio nacional, esta área se conforma por zonas áridas a semiáridas, por lo que en esta región existe un sobreuso del agua (INEGI, 2020), a nivel nacional la agricultura está lidiando con desafíos importantes sobre el uso y disponibilidad del recurso hídrico, dado que es vital para continuar con una producción agrícola que permita alimentar una población creciente, la cual de acuerdo al INEGI tuvo un incremento de 14 millones de habitantes en el periodo de 2010 al 2020 (Bermúdez-Rojas *et al.*, 2023), tomando en cuenta esto y dado que la agricultura utiliza el 76% del agua consumida en el país, en lo particular la alfalfa considerada como una de las especies forrajeras de ciclo permanente más importantes a nivel mundial (Török *et al.*, 2010) y la más utilizada para el ganado bovino en regiones áridas, semiáridas y templadas de México (Rojas-García *et al.*, 2016), muestra de ello en 2022 en México se cosecharon 21 264 397 de toneladas de forraje henificado (SIAP, 2022), considerando que en promedio se tiene un déficit de 63.9% con respecto al requerimiento hídrico en la superficie sembrada, es conveniente contemplar alternativas forrajeras con menor requerimiento hídrico, aunado a que para el escenario 2050 se prevé una reducción promedio de la precipitación de 7.2%, el déficit de agua disponible podría aumentar (Medina-García *et al.*, 2020). Según la FAO (2021), para garantizar la sostenibilidad en la agricultura es necesario atender las necesidades actuales y futuras de productos y servicios agrícolas, promoviendo la rentabilidad, el cuidado ambiental y la equidad social y económica. En este contexto, se considera que cultivos como la alfalfa, que requieren un alto consumo de agua, podrían ser reemplazados en un futuro cercano por alternativas con menor demanda hídrica (Medina- García *et al.*, 2020). Las características nutricionales de la alfalfa como fuente de forraje son excelentes, lo que la convierte en una de las fabáceas que más se cultivan a nivel nacional, sin embargo considerando los cambios y retos climáticos que acontecen es necesario buscar otra alternativa, que cubra las mismas necesidades pero con recursos limitados, es por ellos que reflexionando sobre la gran diversidad de especies que existen se seleccionó a

Sesbania (*Sesbania grandiflora*), dolichos (*Lablab purpureus*) y frijol mungo (*Vigna radiata*) tomando como referente los datos reportados por otros autores, estas especies prometen tener cualidades aceptables como fuente forrajera de buena calidad, dado que no existe información referente al establecimiento, desarrollo y calidad nutritiva de estas variedades en Baja California.

IV. ANTECEDENTES

Fabáceas y su importancia a nivel mundial

Las fabáceas son la tercera familia más grande de angiospermas, tienen una distribución global y una gran importancia ecológica y económica, le pertenecen alrededor de 200 géneros y 17,000 especies de plantas, arbustos y árboles (Werner, 1992). Se ha comprobado la capacidad de nodulación radicular en un total de 648 especies de árboles y arbustos, que se presume están involucradas en la fijación de nitrógeno. De estas, 520 especies pertenecen a la familia de las fabáceas, pertenecientes a las subfamilias Mimosoideae (321 especies), Papilionoideae (173 especies) y *Casuarinaceae* (20 especies); *Myricaceae* (14 especies), 117 especies son actinorrizas leñosas pertenecientes a las familias, *Rosaceae* (5 especies), *Betulaceae* (38 especies), *Coriariaceae* (16 especies), *Caesalpinioideae* (26 especies), *Rhamnaceae* (14 especies) y *Elaeagnaceae* (10 especies) (Bruneau, *et al.*, 2013).

Son parte esencial en la dieta humana y animal de muchos países, principalmente los de la región mediterránea, son alimentos muy versátiles y culturalmente diversos que se encuentran en todo el mundo. Su diversidad genética es necesaria para sostener el suministro y la seguridad alimentaria para los seres humanos y el ganado, sobre todo por la actual pérdida de hábitats, especies y diversidad genética a nivel mundial, pero también por la necesidad constante de alimentar a la creciente población humana. A pesar de las características nutricionales de las fabáceas los países desarrollados tienen tasas de consumo más bajas en comparación con Asia o África (Hernández *et al.*, (2018). Además, las fabáceas representan uno de los ejemplos más fenomenales de manipulación y utilización de una familia de plantas por las culturas humanas en todo el mundo. Esto ha implicado la domesticación de un conjunto de cultivos alimentarios de importancia mundial, como la soja (*Glycine max* (L.) Merr.), frijoles culinarios (varias especies de *Phaseolus* L. y *Vicia faba* L.), maní (*Arachis hipogaea* L.), lenteja (*Lens culinaris* Medik.), garbanzo (*Cicer arietinum* L.) y guisante (*Pisum sativum* L.), así como importantes zonas templadas y cultivos forrajeros tropicales como la alfalfa (*Medicago sativa*), tréboles (*Trifolium*

L.) y leucaena (*Leucaena leucocephala*) (Richardson y Rejmánek, 2011). Así también, la asociación con algunos hongos del suelo creando ecto y endo micorrizas aporta una mejor absorción de agua y la fijación de fósforo y de otros nutrientes, estrechando el establecimiento temprano de esta especie en zonas marginales (Ferrari y Wall, 2004).

Importancia de las fabáceas en la producción animal

Las fabáceas son de suma importancia y se cultivan ampliamente a nivel mundial, las cosechas de sus semillas y forrajes son ricos en proteínas. Los principales impedimentos para aumentar la producción de cultivos de fabáceas son el estrés biótico y abiótico (Sadenova *et al.*, 2023). Los pastizales ocupan aproximadamente el 50% de la superficie terrestre del mundo, las fabáceas constituyen una parte importante de estos pastizales en climas tropicales y subtropicales, especialmente en ecosistemas áridos y semiáridos (Pierre *et al.*, 2019). Waghorn *et al.*, (2002) consideran que los “sistemas basados en forrajes tropicales” están clasificados según el sistema (sistemas de pastoreo, corte y acarreo, sistemas agro pastoriles y silvopastoriles) que utilizan gramíneas y fabáceas tropicales para alimentar al ganado. La mayoría de los sistemas basados en forrajes enfrentan condiciones de producción desafiantes, dado que los suelos son en su mayoría infértiles con poca materia orgánica, pH muy bajo, que afectan tanto la cantidad como la calidad del alimento producido y, por lo tanto, limitan la productividad del ganado, particularmente en estaciones secas prolongadas es por ello que aumentar el rendimiento de los cultivos forrajeros y renovar los sistemas pecuarios es esencial para una intensificación sostenible (McDermott *et al.*, 2010).

Las fabáceas se utilizan frecuentemente en los sistemas de pastoreo, para optimizar la calidad y diversidad de la dieta y, por consiguiente, el rendimiento productivo. Además de su utilidad nutricional, las fabáceas contienen isoflavonas fitoestrogénicas que presentan una actividad antimicrobiana selectiva en el rumen. Estas funciones bioactivas adicionales de las isoflavonas sugieren que las legumbres podrían utilizarse estratégicamente como forrajes funcionales para mejorar el rendimiento y la salud de los rumiantes (Davis, 2024).

De acuerdo a los resultados obtenidos por Tanuwiria *et al.*, (2020), las adiciones de fabáceas en dietas para rumiantes pueden regular a través de señalización molecular la disminución de los niveles de lípidos, ácidos grasos saturados y el transporte de lípidos en el líquido extracelular, pero aumentar los ácidos grasos insaturados y la tasa de crecimiento de corderos machos. El 20% de la materia seca en las leguminosas forrajeras utilizadas como alimento para rumiantes contiene taninos condensados (TC). Las respuestas beneficiosas de los animales a los TC incluyen un mejor crecimiento, producción de leche y lana, fertilidad y reducción de las emisiones de metano y volatilización de amoníaco del estiércol o la orina. Lo más importante es la capacidad de los forrajes de fabáceas que combaten los nematodos parásitos gastrointestinales (Mueller *et al.*, 2019).

Las fabáceas también cumplen un papel importante en la apicultura, así lo describen Kratz *et al.*, (2023) mencionando que en Australia se encuentran más de 30 fabáceas forrajeras disponibles actualmente para la agricultura, se busca beneficiar industrias de producción diversas como la ganadería y la agricultura. Sin embargo, existe poco conocimiento del potencial de la mayoría de las fabáceas forrajeras para la producción de miel, su investigación describe una comparación de los atributos florales de 22 fabáceas forrajeras anuales y perennes de vida corta.

Las fabáceas en la alimentación animal representan una alternativa por su nivel elevado de proteína, su contenido de fibra y algunos compuestos bioactivos, se producen en monocultivos o en cultivos mixtos con gramínea, los requerimientos de un bovino en promedio oscilan entre un 16% de proteína bruta, no más del 20% de FDA y menos del 35% de FDN este porcentaje basado en la dieta (Lanuza y Remehue, 2006).

Características morfológicas de *Sesbania grandiflora*, *Lablab purpureus* y *Vigna radiata*

Sesbania grandiflora es perteneciente del orden Fabaceae, planta de hasta 4 m de alto con tallo liso, presenta algunos pelos en la punta, con hojas alternas y pinnaticompuestas de aproximadamente 25 cm de longitud, cada una con hasta 25 foliolos. Sus flores son amarillas, con forma oblonga a linear-elíptica, bordes lisos,

textura cerosa y no persistentes, alcanzando hasta 3.5 cm de largo y 8 mm de ancho. El fruto es una vaina lisa que contiene alrededor de 40 semillas. Las flores son solitarias, con un tubo del cáliz liso de 4 cm de largo, mientras que la corola mide 2.0 cm. Las plántulas tienen un tallo grueso y liso, cotiledones con hojas oblongas, gruesas y lisas, con una vena central y pecíolos cortos y aplanados. Las hojas alternas comienzan como simples, evolucionando a pinnaticompuestas, con pecíolos que presentan dos estípulas. La germinación ocurre entre 15 y 40 °C, siendo 33 °C la temperatura óptima de crecimiento. Las semillas son impermeables en un 60%, pero tras escarificación mecánica, se vuelven permeables, logrando casi un 100% de germinación, aunque esto puede variar según la concentración de oxígeno o por estrés hídrico (Hall *et al.*, 1991).

Lablab purpureus es una herbácea, trepadora, anual de estación cálida o perenne de vida corta con una raíz pivotante vigorosa. Es de tallo herbáceo grueso que puede crecer hasta 91.44 cm y las enredaderas se extienden hasta 7.62 m de la planta (Valenzuela y Smith, 2002). Sus hojas son trifoliadas, de tallo largo. Cada hojuela en forma de huevo se ensancha en el medio y mide 7,5 a 15 cm de largo. La superficie del folíolo es lisa en su parte superior y de pelo corto en la inferior. Las flores crecen en racimos sobre una inflorescencia no ramificada en el ángulo entre la hoja y el tallo principal. Puede tener flores blancas, azules o moradas dependiendo de su variedad. Las vainas miden de 4 a 5 cm (Cook *et al.*, 2005) a 10 cm de largo lisas, planas, puntiagudas y contienen de 2 a 4 semillas. Las semillas pueden ser moteadas oscuro, rojas, negras, blancas, crema, marrón pálido, según la variedad (Venezuela y Smith, 2002).

Vigna radiata denominado frijol mungo, de la familia Fabaceae, es de ciclo anual, de porte erecto principalmente en las variedades mejoradas; tiene crecimiento indefinido y estructura de tipo compacta (Vizgarra *et al.*, 2014). Hojas alternas y trifolioladas. Sus inflorescencias consisten en racimos axilares con flores de color amarillo, mientras que su fruto es una vaina delgada y ligeramente pubescente, lo que le da una apariencia suave al tacto. El grano es de color verde brillante u opacas el crecimiento de los granos alcanzan el estado de madurez con un 70% de humedad, se basa fundamentalmente en una acumulación de carbohidratos hasta

que llegan al estado de madurez fisiológica (Pedro, 2015). Esta leguminosa tiene su origen en el sureste de Asia y la India, desde donde se propagó a lo largo del continente asiático. Posteriormente, llegó a América Latina, donde varios países la cultivan y aprovechan para diversos fines. Su adaptación y versatilidad la han convertido en un recurso valioso en distintas regiones. Es de origen tropical, y se desarrolla en climas con temperaturas desde 20 a 30 °C, y es muy sensible a bajas temperaturas (Toledo, 2017).

***Sesbania grandiflora*, *Lablab purpureus* y *Vigna radiata* en nutrición animal**

Díaz *et al.*, (2017) describe algunos estudios que indican el importante potencial agronómico y nutricional de las fabáceas temporales como fuente de alimento y se han logrado obtener tecnologías en la producción de granos y forrajes. La utilización de leguminosas como suplemento de alta calidad para los pastos naturales de baja calidad, ha sido reconocido como un método para mejorar la calidad del alimento suministrado a rumiantes en sistemas agropecuarios (Heering, 1995) Numerosas leguminosas son originalmente endémicas de pastos nativos en ecosistemas semiáridos de todo el mundo (Mitchell *et al.*, 2015), el forraje y las semillas de estas plantas pueden contribuir como forraje a los rumiantes domesticados, así como N y materia orgánica a los suelos nativos y plantas incapaces de fijar el N atmosférico (Noah *et al.*, 2012).

“Las leguminosas establecen asociación simbiótica con bacterias de los géneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Synorhizobium*, *Azorhizobium* y *Mesorhizobium*” (Ferrari y Wall., 2004), es por ello que tienen la capacidad de fijar nitrógeno con altas concentraciones de proteína; cuentan con raíces primarias profundas, que contribuyen a la tolerancia a la sequía y aumentan la capacidad de buscar nutrientes en suelos infértiles; una diversidad de compuestos químicos, muchos de ellos sustancias antinutritivas; y gran genética, diversidad morfológica, taxonómica y ecológica. Otro beneficio al utilizar leguminosas como fuente de forraje prevenir la pérdida de nitrógeno mineral por lixiviación (Amosse *et al.*, 2013), no solo proporcionan alimento animal de alta calidad, sino que también aumentan la fertilidad del suelo, mejoran la estructura del suelo y la infiltración del agua,

aumentan la acumulación de carbono en el suelo y contribuyen al control de malezas y la conservación del suelo (Thomas, 1995). Adicionalmente en su mayoría contienen fenoles que pueden modular favorablemente los procesos de biohidrogenación y metanogénesis (Jayanegara *et al.*, 2011). La interferencia humana ha tenido efectos negativos en la composición botánica y la biomasa de leguminosas de los pastizales (Hejman *et al.*, 2007), desafortunadamente, estas leguminosas a menudo han sido desarraigadas como resultado de un mal manejo como el pastoreo excesivo, los herbicidas para hojas anchas y el uso agrícola del suelo (Pierre *et al.*, 2019).

De acuerdo con los resultados obtenidos por Gebreyowhans y Tsadkan *et al.*, (2018) se mostró un incremento en la producción de leche a medida que el nivel de inclusión de sesbania aumentó de 1.25 a 2 kg día⁻¹ y 2,75 kg día⁻¹, pero permaneció similar a medida que el nivel aumentó de 2 a 2.75 kg día⁻¹ independientemente del nivel de inclusión. Bekele *et al.*, (2013) concluyeron que es recomendable sustituir un concentrado con hasta 33% *S. grandiflora* en la mezcla, podría ser utilizado como una estrategia alternativa para mejorar la productividad de ovejas. Las vainas de *S. grandiflora* contienen un 35% de proteína cruda (PC). Recomiendan suplementar sesbania al 0.6% a la dieta basada en concentrados que contiene 14 % ó 16% de proteína bruta (Unnawong *et al.*, 2021). La harina de vaina de *S. grandiflora* contiene 21.73% de PC, por lo que podría ser un suplemento proteico alternativo útil para los animales. Además, los taninos condensados y las saponinas crudas en la harina de vaina de *S. grandiflora* fueron 10.87 y 16.20% de MS, respectivamente, con base en este trabajo, se podría resumir que diferentes niveles de PC no cambiaron el gas acumulativo *in vitro* en el rumen, a excepción de NH₃-N que mostró un aumento cuando se probó 16% de PC. La suplementación de *S. grandiflora* podría reducir la concentración de NH₃-N, mientras que mejoró la concentración ruminal de C3 (Unnawong *et al.*, 2020).

Dolichos (*L. purpureus*) cultivos intercalados tienen gran capacidad para reponer el nitrógeno del suelo a través de su capacidad de fijar biológicamente a nivel atmosférico. Hassan *et al.*, (2014) revelan que el forraje lablab podría incorporarse a los actuales sistemas convencionales basados en cereales de regadío para una

rentabilidad óptima y menos destrucciones ambientales. En los resultados obtenidos por Díaz Sánchez *et al.*, (2001) demuestran que la germinación de *Vigna unguiculata* (vigna), *Lablab purpureus* (dólcho), *Canavalia ensiformis* (canavalia), *Glycine max* (soya) y *Mucuna pruriens* (mucuna) provocó cambios positivos en la composición de proteínas y carbohidratos, incluyendo un incremento en la fibra dietética total, así como en los porcentajes de fibra dietética soluble e insoluble. Además, se registró un aumento en el contenido de almidón disponible, lo que mejora su valor nutricional y funcionalidad, con incrementos de azúcares solubles totales. Logró ser un método prometedor y efectivo para las fabáceas estudiadas, tiende a incitar un equilibrio en los aminoácidos y una mejora en la calidad nutricional, acompañado de la reducción de factores antinutricionales. Además, se evidencia un incremento en los compuestos fenólicos bioactivos y en la actividad antioxidante. Lo anteriormente mencionado resalta el potencial de estos elementos tanto en la alimentación animal como en el desarrollo de alimentos de consumo humano con un alto valor agregado. Crece mejor donde las temperaturas diarias promedio están entre 18 y 30 °C; pero puede crecer a 3 °F por periodos cortos y puede tolerar heladas ligeras (Cook *et al.*, 2005)

Frijol mungo (*Vigna radiata*) es una importante fuente de proteínas y alimentos calóricos, principalmente en los países en desarrollo, contiene 60% carbohidratos, 24.5% proteína bruta, 4.5–5.5% de ceniza, 3.5–4.5% de fibra bruta, 1–3% de grasa y 8.5 mg de hierro, 49 mg de β -caroteno y 75 mg de calcio por 100 g de grano. Además, tiene el doble de contenido proteico en semillas en comparación con el maíz (*Zea mays L.*), pero un contenido de proteína de almacenamiento menor (7 a 10%). El frijol mungo es rico en proteínas, carbohidratos, vitaminas, minerales y fibras dietéticas destacando, el contenido de proteínas que va desde un 20% hasta un 26%, es una rica fuente de proteínas y hierro, el color del grano se correlaciona con compuestos como polifenoles y carotenoides, mientras que la dureza de este se asocia con el contenido de fibra (Galindo *et al.*, 2023). Los estudios nutricionales de los granos germinados para alimentar aves con un 10% de *Canavalia* y *Mucuna* 20% de *Vigna* y 30% de soya en la dieta, demostraron ser favorables para la fisiología digestiva e indicadores de salud de las aves. En general diversos estudios

indican el importante potencial agronómico y nutricional de las fabáceas como fuente de forraje (Díaz *et al.*, 2017).

Indicadores de la calidad del forraje

La forma correcta de medir la calidad de un forraje es evaluando la respuesta productiva del animal. Sin embargo, son diversos los parámetros que permiten mejorar la valoración del mismo, dichos parámetros están integrados por la palatabilidad, consumo, digestibilidad, composición química, factores anti nutritivos, rendimiento productivo del animal. Existen factores importantes relacionados con la calidad del forraje, el estado de madurez de la planta al momento de su cosecha, la especie botánica, las condiciones de recolección, y algunos factores secundarios, como la temperatura y la humedad del suelo durante el desarrollo de las plantas, la fertilidad del suelo, todos estos factores determinan la calidad del forraje (Díaz *et al.*, 2004). Los forrajes simbolizan una base fundamental en la ganadería, en el área de alimentación de los rumiantes, al ser en su mayoría especies cultivables. Existen múltiples factores que el ser humano puede manejar para obtener un forraje de alta calidad. Sin importar la estrategia empleada en la producción forrajera, el propósito principal sigue siendo el mismo: garantizar un alimento nutritivo y eficiente para el ganado, optimizando los recursos disponibles y promoviendo prácticas sostenibles en el proceso: conocer el valor nutricional el cual se caracteriza por su composición; y la calidad del forraje dependerá de su digestibilidad, de las características de los productos generados y de la cinética de digestión. Estos factores influyen directamente en la capacidad de los animales para consumirlo de manera efectiva, maximizando su aporte nutricional y eficiencia en la producción (Naranjo, J. F., y Cuartas, C. A., 2011).

Las pruebas de laboratorio determinan el valor nutricional con valores de proteína, cenizas, extracto etéreo, contenido de fracciones de la fibra: celulosa, hemicelulosa y lignina, (FDN, FDA, LIG), ya que estos compuestos forman parte de las paredes celulares de los forrajes y determinan su digestibilidad, que es quizá el principal indicador de la calidad (Vargas, 2016). La calidad del forraje dependerá de su digestibilidad, de las características de los productos generados y de la cinética de

digestión. Estos factores influyen directamente en la capacidad de los animales para consumirlo de manera efectiva, maximizando su aporte nutricional y eficiencia en la producción.

Por otro lado, el valor relativo del forraje (VRF) es un indicador de calidad del forraje y mientras este valor sea más alto, el forraje será de mejor calidad (Redfearn *et al.*, 2004), es un término que tiene su origen en la medición de la calidad de la alfalfa en los Estados Unidos y que actualmente marca la calidad de todos los forrajes comercializados a nivel internacional, ya sean gramíneas y/o leguminosas y está relacionado con los niveles de FDN y FDA, debido a que son factores limitantes para la producción y el consumo de forraje por los animales.

Determinación bromatológica del forraje

Proteína Cruda

Se obtiene a partir del contenido de nitrógeno total de un alimento multiplicado por el factor 6.25, porque la proteína en promedio tiene 16% de nitrógeno. El factor 6.25 surge de la relación 100/16. El valor de PC incluye la proteína verdadera y otros compuestos nitrogenados no proteicos obtenidos por el método Kjeldahl (2000). El contenido de proteína cruda disminuye con la edad de las plantas (Garay J.R *et al.*, 2017) siguiendo un patrón curvilíneo con una tasa superior de disminución hasta una edad de las plantas y una menor tasa en descenso (Gómez *et al.*, 2000). Los compuestos nitrogenados presentes en los forrajes y en los alimentos, pueden ser fraccionados de la siguiente manera: 1) Compuestos solubles, principalmente aminoácidos libres, nitratos, amidas, aminas y ácidos nucleicos, 2) Compuestos insolubles pero degradables en el rumen, principalmente nitrógeno proteico, 3) Compuestos no degradables en el rumen, pero digestibles en el intestino y 4) Compuestos nitrogenados indigestibles, compuestos caramelizados o ligados a la lignina. La proporción de cada una de estas fracciones varía dependiendo de las características intrínsecas de cada una de las fuentes nitrogenadas (Herrera-Saldaña, 1990). Por otro lado, Van Soest (1994), señala que la proteína cruda de los forrajes se divide en dos categorías principales, proteína verdadera y NNP; la

proteína verdadera de los forrajes constituye del 60% al 80% del nitrógeno total, el resto está conformado por el NNP soluble y por pequeñas cantidades de nitrógeno lignificado.

Materia Seca

La MS nos indica la cantidad total de nutrientes que potencialmente pueden ser aprovechados por el animal para ganancia de peso, entre menos MS, menos nutrientes. Es un indicador comercial, dado que cada ingrediente tiene su cantidad ideal de materia seca para poder ser transportado y manipulado en la alimentación animal. La metodología empleada consistió en el secado de las muestras secas obtenidas de la separación por composición botánica, se molieron en un molino de la marca Willey usando un cedazo de 1 mm. La muestra molida se mezcló y cuarteo con el propósito de obtener una muestra representativa. Posteriormente, las muestras de forraje fueron secadas durante 24 h a 105 C° en una estufa de aire forzado y se determinó la MS (AOAC, 2000).

Cenizas

Es equivalente a contenido (cantidad) de minerales. Se obtiene mediante incineraron por 6 h a 600 C° en un horno de mufla para determinar la materia orgánica (MO), mayormente conocido como cenizas (AOAC, 2000).

Fibra Detergente Neutra (FDN) y Fibra Detergente ácida (FDA)

Van Soest *et al.*, (1991) “modificaron el método con la inclusión de una amilasa estable a la temperatura, que junto con el sulfito sódico reduce la cantidad de residuos en la FND. La fibra ácido detergente (FAD) representa el residuo que se obtiene tras un lavado del ingrediente usando una solución ácido detergente”.

FDN se conforma por la hemicelulosa, celulosa y lignina, ofrece una estimación más precisa del total de fibra o pared celular en el alimento (Wattiaux, 1996). “De las diferentes fracciones de los alimentos y forrajes, la FDN es la que mide mejor la capacidad de los mismos de ocupar volumen en el tracto gastrointestinal, por lo que

generalmente se asocia con el llenado físico del animal o sea con su capacidad de consumo de materia seca (MS)” (Harris, 1993)

Está conformada por la celulosa y la lignina, permite determinar la lignocelulosa en los alimentos. “La diferencia entre el valor de la pared celular de la FDA da una estimación del valor de la hemicelulosa, ya que esta diferencia también incluye una fracción de proteína adherida a las paredes celulares. Esta fracción se correlaciona negativamente con la digestibilidad de los alimentos y por consiguiente con su aporte de energía” (Harris, 1991).

Efecto del método de siembra

El manejo agronómico del cultivo, fertilización, densidad de siembra, las condiciones edafoclimáticas, el riego, el manejo integrado de insectos plaga y enfermedades influyen de manera directa sobre el rendimiento de los cultivos (Marcillo Pizarro *et al.*, 2022), la capacidad de las plantas para almacenar frutos es variada, cuando crece en ambiente de alta densidad ante la variabilidad en la densidad, entre partes del fruto, se observan cambios en el número de vainas y granos por planta (Carpenter y Board, 1997).

Mamédio *et al.*, (2020) evaluaron el efecto de la preparación del suelo y dos distancias para el establecimiento de *Cynodon nlemfuensis* cv. *BRS Lua* en asociación con *Arachis pinto* cv. *Belmonte*. Los tratamientos fueron dos tipos de preparación del suelo (establecimiento convencional, con desecación seguida de labranza, y siembra directa, con desecación secuencial con glifosato) y dos distancias de siembra (100 y 50 cm entre las líneas) y encontraron que la reducción del espaciamiento de 100 cm a 50 cm aceleró la cobertura del suelo y disminuyó la presencia de malezas

Evaristo, (2022) evaluó el efecto de variedades y distanciamientos de siembra en el rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) la población conformada por las plantas de frijol variedad amarillo (V1) y blanco (V2) con siembra espaciada de 40 d y 30 cm y entre surcos 60 cm, y encontraron unas diferencias significativas para la variable peso por área neta experimental en el factor variedades (B) con densidad de siembra 60 cm entre surcos y 30 cm entre espacio de siembra (V1D3).

Martínez y Junior, (2022) determinaron dos sistemas de siembra a doble surco y a surco sencillo en el crecimiento y rendimiento de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), no se encontraron diferencias significativas en el número de grano, número de hojas, y número de vainas, pero se encontró una mayor altura de planta con el sistema a surco sencillo.

El manejo agronómico tiene impacto sobre el rendimiento de grano, la producción y calidad del forraje (Peña Ramos *et al.*, 2010); (Mileusnić *et al.*, 2022)) basado en su investigación muestran que la cantidad de elementos extraídos del suelo está influenciada por varios factores diferentes, incluidos los siguientes: tipo de suelo, contenido del suelo y forma química de los elementos.

Skłodowski, (2014) sugiere que existe diferencia entre usar barbecho, arado profundo o poco profundo con subsolado para una plantación efectiva, confirmando que es más beneficioso para la forestación de pino en campos el barbecho que el arado agrícola poco profundo típico.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Evaluar el potencial forrajero de sesbania (*S. grandiflora*), dolichos (*L. purpureus*) y frijol mungo (*Vigna radiata*) en dos métodos de siembra.

Objetivos específicos:

Evaluar valor nutricional de las leguminosas sesbania (*S. grandiflora*), dolichos (*L. purpureus*) y frijol mungo (*V. radiata*) como alternativa forrajera en dos métodos de siembra.

Evaluar el comportamiento agronómico de sesbania (*S. grandiflora*), dolichos (*L. purpureus*) y frijol mungo (*V. radiata*) en el valle de Mexicali en dos métodos de siembra.

V. HIPÓTESIS

A. *Sesbania* (*S. grandiflora*), dolichos (*L. purpureus*) y frijol mungo (*V. radiata*) presentan un alto valor nutricional como forrajes.

B. (*S. grandiflora*), dolichos (*L. purpureus*) y frijol mungo (*V. radiata*) presentan un desarrollo idóneo en el valle de Mexicali.

VI. ARTÍCULO

Valor del potencial nutritivo de *Sesbania grandiflora* (L.) Pers., *Lablab purpureus* (L.) Sweet y *Vigna radiata* (L.) Wilczek en dos métodos de siembra

Nahomi Jael Ramírez Guerrero¹, Carlos E. Ail Catzim^{*1}, Marisol Galicia-Juárez¹,
José Luis Velasco López², Ma. Eugenia Cisneros López³, Onécimo Grimaldo
Juárez¹

¹Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California,
Carretera a Delta s/n C.P. 21705 Ej. Nuevo León, Mexicali, Baja California,
México.

²Departamento de Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio
Narro. Calzada Antonio Narro No. 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, CP 25315.

³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).
Campo Experimental Río Bravo. Carretera Matamoros-Reynosa, km 61 Río Bravo,
Tamaulipas, Apdo. Postal 172. Río Bravo, Tamaulipas, México. CP 88900.

*Autor para correspondencia: carlos.ail@uabc.edu.mx

**(Artículo publicado: Agro-Productividad, 17(11) supplement. November.
2024. pp: 151-160.)**

ABSTRACT

Objective: To evaluate the agronomic performance and nutritional potential of *Sesbania grandiflora*, *Lablab purpureus*, and *Vigna radiata* in two sowing methods.

Design/methodology/approach: The morphological and bromatological parameters of leaves and stems of *S. grandiflora*, *L. purpureus*, and *V. radiata* sown flat and in beds were determined. The forages of leaves and stems of the three legumes were classified according to their quality parameters. Data for morphological and bromatological parameters were analyzed with a completely randomized design with a 3x2 factorial arrangement and least squares means were compared with Tukey ($p < 0.05$).

Results: *Sesbania grandiflora* in flat and bed sowing presented greater height, higher percentage of leaf dry matter, and percentage of stem dry matter. While *V. radiata* in flat sowing presented greater plant weight, leaf weight and stem weight. *Sesbania grandiflora* leaf forages in flat and bed sowing obtained a higher percentage of crude protein, while *V. radiata* in flat and bed sowing obtained a lower percentage of neutral detergent fiber. For stem forage, the three legumes in flat and bed sowing presented high percentage values of neutral detergent fiber and acid detergent fiber. The leaf forages of the three legumes in bed sowing were classified as excellent quality, as were the leaf forages of *S. grandiflora* and *V. radiata* in flat sowing, which also had excellent quality.

Findings/conclusions: The forage of *S. grandiflora* leaves in flat and bed sowing was of excellent quality, related to its higher percentage of dry matter and crude protein and its lower percentage of neutral detergent fiber and acid detergent fiber.

Keywords: Fabaceae, crude protein, *Sesbania*, mung bean

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el comportamiento agronómico y el valor del potencial nutritivo de *Sesbania grandiflora*, *Lablab purpureus* y *Vigna radiata* en dos métodos de siembra.

Diseño/metodología/aproximación: Se determinaron los parámetros morfológicos y bromatológicos de hojas y tallos de *S. grandiflora*, *L. purpureus* y *V. radiata* sembradas en plano y en camas. Los forrajes de hojas y tallos de las tres leguminosas se clasificaron de acuerdo con sus parámetros de calidad. Los datos de los parámetros morfológicos y bromatológicos se analizaron con un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3x2 y las medias de los mínimos cuadrados se compararon con Tukey ($p < 0.05$).

Resultados: *Sesbania grandiflora* en siembra en plano y en cama presentó mayor altura, mayor porcentaje de materia seca de hoja y porcentaje de materia seca de tallo. Mientras *V. radiata* en siembra en plano presentó mayor peso de planta, peso de hoja y peso de tallo. Los forrajes de hoja *S. grandiflora* en siembra en plano y en cama obtuvieron mayor porcentaje de proteína cruda, mientras que *V. radiata* en siembra en plano y en cama obtuvo menor porcentaje de fibra detergente neutra. Para forrajes de tallo, las tres leguminosas en siembra en plano y en cama presentaron altos valores de porcentaje de fibra detergente neutra y de fibra detergente ácida. Los forrajes de hoja de las tres leguminosas en siembra en cama se clasificaron de calidad excelente, al igual que los forrajes de hoja de *S. grandiflora* y *V. radiata* en siembra en plano, que también tuvieron calidad excelente.

Hallazgos/conclusiones: El forraje de hojas de *S. grandiflora* en siembra en plano y cama fue de calidad excelente, relacionado a su mayor porcentaje de materia seca y proteína cruda y a su menor porcentaje de fibra detergente neutra y fibra detergente ácida.

Palabras clave: Fabaceae, proteína cruda, *Sesbania*, frijol Mungo

INTRODUCCIÓN

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es una de las especies forrajeras de mayor calidad nutritiva, considerada entre las principales fuentes de proteína (21% de Proteína Cruda) en la alimentación animal (Wayu y Atsbha, 2019). Sin embargo, existen algunos inconvenientes en su proceso de producción, al ser un cultivo con altos requerimientos hídricos y ser comercializada en condiciones de desecado (Medina-García *et al.*, 2020), consume 1.5 veces más volumen de agua con respecto a su

huella hídrica ($181 \text{ m}^3 \text{ t}^{-1}$), lo cual indica baja eficiencia en el uso del agua (IMTA, 2020).

Debido a la problemática que representa la producción de *M. sativa* en el Valle de Mexicali y la creciente demanda de proteínas para consumo humano y animal en los países en desarrollo, justifican la exploración del uso de fuentes alternas de proteína para la alimentación animal, las cuales deben presentar un alto valor alimenticio, para suplementar los requerimientos nutricionales del ganado y lograr que los animales expresen su máximo potencial genético (Percy, 2015). Como es el caso de las leguminosas, que por su adaptabilidad y contenido de proteína podría tener buenos resultados (Guerra-Guzmán *et al.*, 2021)

La familia de las Fabaceas o leguminosas presenta una gran diversidad de especies de plantas, alrededor de 727 géneros y 19,325 especies (Lewis *et al.*, 2005), entre estas se encuentran plantas con potencial alimenticio, forrajero, medicinal, maderable y ornamental (Al-Sghair y Mahklouf, 2020). El consumo de estas especies por los rumiantes mejora la degradabilidad de la fibra, el consumo de materia seca y aumenta la población de microorganismos ruminales (Chanthakhoun *et al.*, 2011).

Entre esta variedad de Fabaceas que tienen alto valor nutricional se encuentran *Sesbania grandiflora* (L.) Pers. (Sesbania), *Lablab purpureus* (L.) Sweet (Dolichos) y *Vigna radiata* (Frijol mungo) (L.) Wilczek, las cuales presentan un contenido de proteína cruda y producción de materia seca equivalente a 25%, 16% y 25% y 87%, 32% y 90% respectivamente (Gebreyowhans *et al.*, 2019; Mekkara y Bukkan, 2021; Aguerre *et al.*, 2023). Estos parámetros nutricionales demuestran que son leguminosas con características deseables para ser evaluadas como forrajes dentro de la nutrición animal. Sin embargo, en el Valle de Mexicali se carece de información científica sobre su comportamiento agronómico y su valor nutricional respecto a estas especies vegetales, las cuales pudieran presentar parámetros diferentes debido a que en esta región las condiciones son áridas. Además, para mantener la productividad en el sector agrícola y ganadero, es necesario hacer adecuaciones en la producción de forrajes, mediante la introducción de especies tolerantes al estrés hídrico y salino (Medina-García *et al.*, 2020). Por tal motivo, en busca de

nuevas alternativas forrajeras se evaluó comportamiento agronómico y el valor del potencial nutritivo de *Sesbania grandiflora*, *Lablab purpureus* y *Vigna radiata* en dos métodos de siembra, con la finalidad de contribuir con alternativas de especies forrajeras con alta calidad nutricional para la alimentación animal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Área de Estudio

El experimento se realizó en el campo agrícola experimental del Instituto de Ciencias Agrícolas, ubicado en Carretera a Delta S/N Ejido Nuevo León, a 50 km al sur de Mexicali, Baja California México (32°24'44,16" N, 115°11'56,87" O) y una altitud de 12 msnm. La temperatura media anual es de 22 °C y la precipitación media anual de 75.9 mm. El clima es tipo desértico, donde el mes más frío es enero, con una temperatura mínima promedio de -1.66 °C y el mes más cálido es agosto con una temperatura máxima de 45 °C.

El establecimiento se realizó la primera semana del mes de junio del 2022 y se cosechó la segunda semana del mes de septiembre, la temperatura máxima en junio fue de 44 °C y la temperatura mínima de 13 °C, en el mes de septiembre máxima de 43 °C y mínimas de -3 °C. Las temperaturas máxima y mínima durante el desarrollo del cultivo oscilaron entre los -3 °C y 49 °C.

Material Biológico

El material genético utilizado fue donado por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) - Hub Pacífico Norte: *Sesbania* (*S. grandiflora*), *Dolichos* (*L. purpureus*) y *Mungo* (*V. radiata*).

Establecimiento del cultivo

Las leguminosas, *S. grandiflora*, *L. purpureus* y *V. radiata* se establecieron en seis parcelas experimentales (6.4 m de ancho x 100 m de largo), tres parcelas para siembra en plano y tres parcelas para siembra en cama (80 cm de ancho), de tal forma que se tuvieron seis tratamientos, *Sesbania* en plano (SES-P), *Sesbania* en cama (SES-C), *Dolichos* en plano (DOL-P), *Dolichos* en cama (DOL-C), *Mungo* en

plano (MUN-P) y Mungo en cama (MUN-C). Se aplicó un riego al momento de la siembra, y dos riegos de auxilio a los 50 y 80 días después de la siembra, no se aplicó fertilizante durante el experimento. El manejo agronómico de los cultivos de leguminosa se realizó siguiendo la Norma Oficial Mexicana de Actividades agrícolas-Uso de insumo fitosanitarios o plaguicidas e insumos de nutrición vegetal o fertilizantes-Condicionales de seguridad e higiene (NOM-003-STPS-1999).

Variables morfológicas

Al final de la floración de cada genotipo se seleccionaron al azar 25 plantas para cada tratamiento, a las cuales se registró el peso fresco y altura por planta. Posteriormente, se separaron las hojas y tallos de cada planta, se determinó el peso fresco de cada componente morfológico.

Se determinó el porcentaje de materia seca de cada componente, para esto se seleccionaron cuatro muestras de 200 g de hojas y tallos de cada tratamiento, las cuales fueron secadas en una estufa con una temperatura de 65 °C durante 48 h. Luego, se registró el peso seco de cada componente. Finalmente, se realizó el cálculo del porcentaje de materia seca relacionando el peso fresco y el peso seco de la muestra, mediante la Ecuación 1.

$$\%MS = \frac{\text{Peso seco de la muestra}}{\text{Peso fresco de la muestra}} \times 100 \quad \text{Ecuación 1}$$

Variables Bromatológicas

Se realizó la caracterización bromatológica para forrajes de hoja y tallo de las tres leguminosas, para ello las muestras se secaron en una estufa con una temperatura de 65 °C durante 48 h. Las muestras secas se trituraron en un molino de la marca Willey usando un tamiz de 1 mm. Posteriormente, las muestras de forraje se secaron durante 24 h a 105 °C en una estufa de aire forzado para determinar la materia seca (MS) y después se incineraron por seis horas a 600 °C en un horno de mufla.

La determinación del porcentaje de proteína cruda se realizó por el método Kjeldahl y se calculó como $\%N \times 6.25$. La cuantificación de porcentaje de cenizas (%CEN) y porcentaje de proteína cruda (%PC) se realizó de acuerdo con los procedimientos

de AOAC (2000). El porcentaje de fibra detergente ácido (%FDA) y fibra detergente neutro (%FDN), se determinó por el procedimiento reportado por Van Soest *et al.* (1991) empleando el ANKOM-Fiber Analyzer (Ankom-Technology, Fairport, NY).

Calidad de Forraje

Las muestras de forrajes obtenidos en este estudio se clasificaron de acuerdo con sus parámetros de calidad según el valor relativo del forraje (VRF) propuesto por Rohweder *et al.* (1978), cuya escala se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Estándares de calidad para forrajes (leguminosas, gramíneas y sus mezclas en E.U) asignado por la Hay Market Task Force de la American Forage and Grassland Council.

Calidad	%PC	%FDA	%FDN	VRF
Excelente	>19	<31	<40	>151
1	17-19	31-40	40-46	151-125
2	14-16	36-40	47-53	124-103
3	11-13	41-42	54-60	102-87
4	8-10	43-45	61-65	86-75
5	<8	>45	>65	<75

Porcentaje de proteína cruda (%PC), porcentaje de fibra detergente ácida (%FDA), porcentaje de fibra detergente neutra (%FDN), valor relativo de forraje (VRF).

El Índice de VRF, relaciona el %FDN y %FDA, el cual se determina mediante la Ecuación 2:

$$VRF = \frac{[88.9 - (0.779 \times \%FDA)] \times \left[\frac{120}{\%FDN} \right]}{1.29} \quad \text{Ecuación 2}$$

Análisis estadístico

Los datos de peso de planta, altura de planta, peso de hoja y peso de tallo fueron analizados mediante un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3x2 con 25 repeticiones y las medias de los mínimos cuadrados se compararon con Tukey ($p \leq 0.05$) (SAS, 2001). Los datos de porcentaje de materia seca en hoja y tallo fueron

analizados mediante un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3x2 con 4 repeticiones y las medias de los mínimos cuadrados se compararon con Tukey ($p \leq 0.05$). Los datos de materia seca, cenizas, proteína cruda, fibra detergente ácida, fibra detergente neutra, lignina y extracto etéreo fueron analizados mediante un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3x2 con 2 repeticiones y las medias de los mínimos cuadrados se compararon con Tukey ($p \leq 0.05$) (SAS, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables morfológicas

El efecto de la interacción (genotipo y método de siembra) fue significativo para altura de planta ($F=497.12$; $gl=2$; $p = 0.0001$), largo de raíz ($F=10.85$; $gl=2$; $p = 0.0001$), peso total de planta ($F=10.25$; $gl=2$; $p = 0.0001$), peso de hoja ($F=25.71$; $gl=2$; $p = 0.0001$), peso de tallo ($F=33.31$; $gl=2$; $p = 0.0001$), porcentaje de materia seca en hoja ($F=3.75$; $gl=2$; $p = 0.0435$) y porcentaje de materia seca en tallo ($F=4.00$; $gl=2$; $p = 0.0366$).

SES-P y SES-C presentaron mayor altura en comparación con MUN-P, MUN-C, DOL-P y DOL-C, se presentó mayor altura de planta con siembra en plano ($F=85.27$; $gl=1$; $p = 0.0001$) sin importar la especie de planta (Cuadro 2). El tratamiento MUN-P exhibió mayor largo de raíz ($F=5.89$; $gl=2$; $p = 0.0035$), peso total de planta ($F=7.53$; $gl=2$; $p = 0.008$), peso de hoja ($F=18.54$; $gl=2$; $p = 0.0001$) y peso de tallo ($F=19.85$; $gl=2$; $p = 0.0001$), indicando que MUN-P produjo mayor biomasa, con 5.32, 4.10, 3.72, 3.57 y 1.57 veces más peso fresco en planta completa en comparación con MUN-C, SES-C, DOL-C, SES-P y DOL-P, respectivamente (Cuadro 2). Un comportamiento similar se observó para peso de hoja y peso de tallo, destacando de esta manera al frijol Mungo en siembra en plano con alto potencial forrajero.

La mayor altura exhibida por *Sesbania* en comparación con Mungo y Dolichos, se relaciona al hábito de crecimiento que presentan estas especies, *Sesbania* es considerado como un árbol pequeño perenne, con alta tasa de crecimiento y con altura de 4 a 6 m, lo que puede alcanzar en 6 meses (Ella *et al.*, 1989; Prajapati *et*

et al., 2003; Joshi, 2008). Mientras que Mungo es un arbusto anual con altura máxima de 1.25 m (Lambrides y Godwin, 2006) por su parte Dolichos es un arbusto perene pero normalmente cultivado como anual con altura promedio de 1.27 m (Chaudhari *et al.*, 2013).

Mogotsi (2006) reporta que *V. radiata* es una leguminosa con buen desarrollo radicular, lo cual es consistente con lo obtenido en esta investigación donde frijol Mungo en siembra en plano presentó mayor desarrollo radicular que Sesbania y Dolichos

SES-C y SESP presentaron mayor %MS en comparación con DOL-C, DOL-P, MUN-C y MUN-P independientemente al tipo de componente morfológico. En forma general se observa una mayor producción de %MS en siembra en plano, así también se observó que hubo similar producción de %MS tanto en hoja como en tallo en todos los tratamientos. El mayor contenido de %MS de SES-C y SES-P (más del 24 %MS) en comparación con los demás tratamientos, indica que, los forrajes de Sesbania tendrían más disponibilidad de nutrientes, ya que, una especie vegetal con alto %MS, mayor es su contenido de proteína (Reyes-Purata *et al.*, 2009) y por tanto mayor es su aporte nutricional. Adicionalmente el alto %MS para SES-C y SES-P señala que esta leguminosa fue cosechada en su etapa fenológica óptima para obtener el máximo rendimiento de %MS (Final de la floración).

En general el tipo de siembra en plano tuvo un efecto significativo en todas las variables evaluadas independientemente de la especie vegetal, este resultado difiere con reportes donde se indica que la siembra en cama incrementa el rendimiento en diferentes cultivos (Majeed *et al.*, 2015)

En otros estudios se reporta que la siembra en plano supera a la siembra en cama (Kendal, 2019) como ocurrió en esta investigación. Sin embargo, la siembra en cama favorece al ahorro de agua de riego, control de maleza, enfermedades y disminuye la erosión del suelo (Fahong *et al.*, 2004, Govaerts *et al.*, 2005). Los resultados obtenidos en esta investigación pudieran estar relacionados al tipo de suelo, calidad de agua y condiciones ambientales que se presentan en el valle de Mexicali (Escobosa-Garcia *et al.*, 2021).

Variables bromatológicas (Hojas)

El análisis de varianza indicó que el efecto de la interacción genotipo y método de siembra fue significativo para %PH ($F=28.43$; $gl=2$; $p=0.0009$) y %FDN ($F=6.71$; $gl=2$; $p=0.0295$). Por el contrario, no se presentaron diferencias significativas para %CEN ($F=1.32$; $gl=2$; $p=0.3358$), %FDA ($F=0.07$; $gl=2$; $p=0.9352$), %LIG ($F=0.26$; $gl=2$; $p=0.7810$) y %EE ($F=0.27$; $gl=2$; $p=0.7714$).

SES-P y SES-C presentaron mayor porcentaje de proteína en hoja en comparación con Dolichos y Mungo independientemente del tipo de siembra, con 6.18, 2.53, 2.51 y 4.72 veces más contenido de proteína cruda en relación con DOL-C, DOL-P, MUN-C y MUN-P, respectivamente. Los tratamientos SES-P y SES-C presentaron igual contenido de proteína con, 34.46% y 34.86%, respectivamente, indicando que el tipo de siembra no afectó la producción de proteína de esta leguminosa (Cuadro 3). El alto contenido de proteína de SES-P y SES-C obtenido en esta investigación fueron superiores a los reportados por Usman *et al.* (2013) quienes encontraron de 20-25% de proteína cruda para Sesbania; similar resultado obtuvo Chanda *et al.* (2019) quienes reportan 18.2%.

Cuadro 2. Efecto de la interacción genotipo y método de siembra sobre variables morfológicas de Sesbania grandiflora, Lablab purpureus y Vigna radiata

Tratamientos	Variables morfológicas						
	ALT(cm)	LR(cm)	PTP(g)	PH(g)	PT(g)	%MSH	%MST
DOL-c	46.36±2.96e	22.04±0.85b	56.43±3.09c	25.63±2.12c	24.68±2.17c	19.96±3.08c	19.61±3.77c
DOL-P	73.12±1.88c	23.84±2.04b	133.49±8.47b	33.99±2.51b	53.71±3.01b	21.44±3.42bc	23.16±6.42b
MUN-C	29.72±1.56f	15.36±1.09c	39.44±2.72d	16.23±2.10c	13.35±1.79c	14.72±6.94d	19.78±5.79c
MUN-P	56.10±1.27d	28.28±2.52a	210.00±11.48a	90.75±7.22a	136.75±6.64a	22.19±1.61bc	17.91±2.24c
SES-C	151.84±13.10b	18.20±1.02bc	51.55±2.97c	19.50±3.40c	26.44±3.20c	24.11±3.46ab	24.59±1.16ab
SES-P	178.96±4.20a	17.92±1.12c	58.77±3.92c	21.60±2.57c	32.80±2.58c	26.36±3.18a	27.27±1.46a

DOL-P (Dolichos en plano), DOL-C (Dolichos en cama), SES-P (Sesbania en plano), SES-C (Sesbania en cama), MUN-P (Mungo en plano), MUN-C (Mungo en cama), ALT(altura total), PT (peso tallo), PH (Peso de la hoja), PTP (Peso total de la planta), LR (Largo de raíz), %MSH (Porcentaje de materia seca en hoja), %MST (Porcentaje de materia seca en tallo). Las medias seguidas por la misma literal en una columna no presentan diferencias significativas (Prueba de Tukey con $\alpha=0.05$)

En el caso del %FDN en hojas, DOL-P presentó mayor porcentaje (55.64%), seguido de SES-P, DOL-C y SES-C. Finalmente, los tratamientos MUN-P y MUN-C fueron los que presentaron los valores más bajos de %FDN con 25.49% y 24.77%, respectivamente (Cuadro 3). La FDN es un parámetro que determina la calidad de los forrajes (Raffrenato *et al.*, 2019), ya que interviene en el consumo, la densidad del alimento, la digestibilidad, la tasa de digestibilidad y la disminución de la digestibilidad en relación con el aumento de consumo (Mertens, 1997). De tal forma que entre mayor FDN tenga el forraje, menor será su calidad y menor es el consumo voluntario por los rumiantes (Van Soest *et al.*, 1991). Por lo tanto, DOL-P se puede considerar como un forraje de baja calidad debido a su alto %FDN mientras que MUN-P y MUN-C se pueden considerar forrajes de alta calidad de acuerdo con su bajo contenido de FDN.

Variables bromatológicas (Tallos)

El análisis de varianza indicó que el efecto de la interacción genotipo y método de siembra fue significativa para %FDA ($F=8.22$; $gl=2$; $p=0.0191$) y %FDN ($F=17.77$; $gl=2$; $p=0.0030$), mientras, no se presentaron diferencias significativas para %CEN ($F=2.49$; $gl=2$; $p=0.1620$), %PT ($F=0.49$; $gl=2$; $p=0.6358$), %LIG ($F=0.91$; $gl=2$; $p=0.4508$) y %EE ($F=0.40$; $gl=2$; $p=0.6897$). Los tallos de SES-P y SES-C exhibieron mayor %FDN, con 74.29% y 79.35%, respectivamente.

Cuadro 3. Efecto de la interacción entre el genotipo y método de siembra sobre variables bromatológicas de hojas de Sesbania grandiflora, Lablab purpureus y Vigna radiata

Tratamiento	Variables bromatológicas						
	S	%CEN	%PH	%FDN	%FDA	%LIG	%EE
DOL-C		13.89±6.53a	5.64±5.548 c	43.89±10.42 b	17.93±21.50a	0.0268±0.015a	5.11±4.24a
DOL-P		16.67±4.86a	13.73±3.557b	55.64±12.88 a	19.61±4.48a	0.0314±0.015a	4.76±1.95a
MUN-C		13.72±4.20a	13.87±3.539b	24.77±9.72 d	12.93±2.08a	0.0187±0.017a	3.27±1.15a
MUN-P		14.32±1.99a	7.37±4.855 c	25.49±3.16 d	13.40±1.58a	0.0166±0.009a	3.28±1.89a
SES-C		9.62±0.09a	34.46±3.532a	30.66±9.73c	15.46±4.51a	0.0429±0.032a	3.83±0.38a
SES-P		9.59±0.19a	34.86±2.232a	45.76±4.55b	16.51±12.03a	0.0417±0.067a	4.04±2.66a

DOL-P (Dolichos en plano), DOL-C (Dolichos en cama), SES-P (Sesbania en plano), SES-C (Sesbania en cama), MUN-P (Mungo en plano), MUN-C (Mungo en cama), %CEN (Porcentaje de cenizas), %FDN (Porcentaje de fibra detergente neutro), %FDA (Porcentaje de fibra detergente ácida), %LIG (Porcentaje de lignina), %EE (Porcentaje de extracto etéreo), %PT (Porcentaje de proteína). Las medias seguidas por la misma literal en una columna no presentan diferencias significativas (Prueba de Tukey con $\alpha=0.05$)

Cuadro 4. Efecto de la interacción entre el genotipo y método de siembra sobre variables bromatológicas de tallos de *Sesbania grandiflora*, *Lablab purpureus* y *Vigna radiata*

Tratamientos	Variables bromatológicas					
	%CEN	%PT	%FDN	%FDA	%LIG	%EE
DOL-c	12.81±4.55a	7.35± 0.428a	61.71±10.23c	40.98±5.43cd	0.0505±0.001a	1.61±0.347a
DOL-P	13.10±6.35a	6.51± 0.454a	62.62±9.57c	39.27±0.13cd	0.0459±0.002a	1.69±1.200a
MUN-C	12.25±3.32a	6.51± 0.454a	48.65±2.65e	37.87±2.49d	0.0413±0.001a	1.18±0.253a
MUN-P	11.97±2.49a	4.34± 0.527a	55.32±5.68d	41.82±4.29c	0.0486±0.045a	1.49±1.673a
SES-C	6.67±0.41a	6.43± 0.457a	79.35±4.10a	61.52±7.26a	0.0572±0.007a	1.23±0.537a
SES-P	6.75±1.89a	4.80± 0.529a	74.29±3.63b	56.88±13.07a	0.0590±0.051a	1.30±0.631a

DOL-P (Dolichos en plano), DOL-C (Dolichos en cama), SES-P (Sesbania en plano), SES-C (Sesbania en cama), MUN-P (Mungo en plano), MUN-C (Mungo en cama), %CEN (Porcentaje de cenizas), %FDN (Porcentaje de fibra detergente neutro), %FDA (Porcentaje de fibra detergente ácida), %LIG (Porcentaje de lignina), %EE (Porcentaje de extracto etéreo), %PT (Porcentaje de proteína), Las medias seguidas por la misma literal en una columna no presentan diferencias significativas (Prueba de Tukey con $\alpha=0.05$)

Calidad de forraje

Considerando la composición química de las hojas de *S. grandiflora*, *L. purpureus* y *V. radiata* cultivados en dos tipos de siembra, en plano y camas, encontramos que SES-P, SES-C, MUN-P, MUN-C y DOL-C fueron clasificados como forrajes de calidad excelente de acuerdo con su VRF (cuadro 5). Destacándose entre estos forrajes de calidad excelente MUN-C, SES-P y SES-C, ya que estos presentaron alto %PH y bajos niveles de %FDN y %FDA. Estos parámetros de calidad señalan que MUN-C, SES-P y SES-C aportarían una alta cantidad de nutrientes, presentarían mayor digestibilidad y mayor consumo voluntario del forraje.

Si bien, los forrajes de DOL-C y MUN-P fueron clasificados como de calidad excelente, estos son menos adecuados para la alimentación de los animales en comparación con MUN-C, SES-P y SES-C, debido a que sus contenidos de %PH fueron bajos, con 5.64% y 7.37% de %PH respectivamente (cuadro 5), lo que indica un bajo aporte nutricional. En general el tipo de siembra no tuvo un efecto significativo en la calidad del forraje.

Ninguno de los forrajes provenientes de los tallos de *S. grandiflora*, *L. purpureus* y *V. radiata* fue clasificado de calidad excelente, SES-C y SES-P presentaron calidad 5, DOL-C, DOL-P y MUN-P calidad 3 y MUN-C calidad 1. En general, se presentó mejor calidad de forraje de hojas en comparación con el forraje de tallos, ello debido a que las hojas constituyen la parte más nutritiva y digestible de las plantas. En algunos casos las hojas pueden contener alrededor de un 35% de proteína cruda mientras que los tallos contienen tan solo un 16% (Rojas-García *et al.*, 2019) lo que concuerda con esta investigación.

Cuadro 5. Calidad de forraje obtenido de hojas y tallos de *Sesbania grandiflora*, *Lablab purpureus* y *Vigna radiata* en siembra en plano y siembra en camas.

Forage	%CP	%NDF	%ADF	RFV	Classification
Leaves					
DOL-C	5.64	43.89	17.93	158.82	Excellent quality
DOL-P	13.73	55.64	19.61	123.09	Quality 2
MUN-C	13.87	24.77	12.93	296.04	Excellent quality
MUN-P	7.37	25.49	13.40	286.34	Excellent quality
SES-C	34.86	30.66	15.46	233.19	Excellent quality
SES-P	34.86	45.76	16.51	154.58	Excellent quality
Stems					
DOL-C	7.35	40.98	61.71	92.68	Quality 3
DOL-P	6.51	39.27	62.62	95.03	Quality 3
MUN-C	6.51	37.87	48.65	125.28	Quality 1
MUN-P	4.34	41.82	55.32	101.89	Quality 3
SES-C	6.43	61.52	79.35	40.96	Quality 5
SES-P	4.80	56.88	74.29	50.74	Quality 5

CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación representan el primer reporte del comportamiento agronómico y valor nutricional de *Sesbania grandiflora*, *Lablab purpureus* y *Vigna radiata* en el Valle de Mexicali. Se concluye que el forraje de hojas de *S. grandiflora* en siembra en plano y cama fue de calidad excelente, relacionado a su mayor %MS y %PC y a su menor %FDN y %FDA. Si bien estos resultados destacan a *S. grandiflora* con alto valor nutritivo, es importante confirmar este hecho mediante estudios *in vitro* e *in vivo* de la digestibilidad y consumo voluntario de materia seca del forraje.

REFERENCIAS

1. Aguerre, M.J., Peña, O.M., Velasquez, C., and Ferreira, G. 2023. Nutritional Composition and In Vitro Ruminal Digestibility of Crabgrass (*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.) in Monoculture or Interseeded with Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) and Lablab (*Lablab purpureus* (L.) Sweet). *Animals*. 13(14), 2305. <https://doi.org/10.3390/ani13142305>
2. Al-Sghair, F.G., and Mahklouf, M.H. 2020. Floristic Analysis and Species Diversity of the Family Fabaceae represented by voucher specimens Depending on the Flora of Libya. *Species*. 21(67): 189-201. https://www.discoveryjournals.org/Species/current_issue/2020/v21/n67/A23.pdf
3. AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 17th Ed. Association of Official Agricultural Chemist. Arlington, VA. USA.
4. Casler, M., Peterson, P., Hoffman, L., Ehlke N., and Rose-Fricke, C. 2002. Natural selection for survival improves freezing tolerance, forage yield, and persistence of *Festulolium*. *Crop Sci*. 42: 1421-1426. <https://doi.org/10.2135/cropsci2002.1421>
5. Chanda, S.C., Hossain, M.S., Uddin, M.M., Islam, M.M., and Sarwar, A.G. 2019. Fiber Yield, Physical and Biochemical Properties of Three Species of *Sesbania*. *Bangladesh Agron. J*. 21(2): 79-85. <https://doi.org/10.3329/baj.v21i2.44496>
6. Chaudhari, P.P., Patel, A.I., Kadam, Y.R., and Patel, J.M. 2013. Variability correlation and path analysis study in vegetable Indian bean (*Lablab purpureus* L. Sweet). *Crop Res*. 45: 229-236. <https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:cr1&volume=45&issue=1to3&article=048&type=pdf>
7. Chanthakhoun, V., Wanapat, M., Wachirapakorn, C., and Wanapat, S. 2011. Effect of legume (*Phaseolus calcaratus*) hay supplementation on rumen microorganisms, fermentation and nutrient digestibility in swamp buffalo. *Livest. Sci*. 140 (1/3): 17-23. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.02.003>
8. Ella, A., Jacobsen, C., Stur, W.W., and Blair, G. 1989. Effect of plant density and cutting frequency on the productivity of four tree legumes. *Tropical Grasslands*, 23(1):28-34
9. Escobosa-García, M. I., Escoboza-García, L.F., Soto-Ortiz, R., del Rosario Ruelas-Islas, J., Ruiz-Espinoza, F.H., and Núñez-Ramírez, F. 2021. Long-term response

- planting method on wheat under conservation agriculture. Agro Productividad. <https://doi.org/10.32854/agrop.v15i9.2165>
10. Fahong, W., Xuqing, W., and Sayre, K. 2004. Comparison of conventional, flood irrigated, flat planting with furrow irrigated, raised bed planting for winter wheat in China. *Field Crops Res.* 87(1): 35-42. Doi: 10.1016/j.fcr.2003.09.003
 11. Gebreyowhans, S., and Zegeye, T. 2019. Effect of dried *Sesbania sesban* leaves supplementation on milk yield, feed intake, and digestibility of Holstein Friesian X Zebu (Arado) crossbred dairy cows. *Trop. Anim. Health Prod.* 51:949-955. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1779-0>.
 12. Govaerts, B., Sayre, K. D., and Deckers, J. 2005. Stable high yields with zero tillage and permanent bed planting?. *Field Crops Res.* 94(1): 33–42. Doi: 10.1016/j.fcr.2004.11.003
 13. Guerra-Guzmán, D.G., Guevara-Ohara, J.E., and Morazán-Nuñez, H.J. 2021. Selección de leguminosas de hábito trepador tipo IV en asocio con maíz para alimentación bovina. *Agronomía Costarricense* 45 (1):129–141. bit.ly/4bnITSe
 14. IMTA 2020. El agua en el Valle de Mexicali, Baja California: Origen, uso y destino. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. https://www.imta.gob.mx/gobmx/2020/EL_AGUA_VALLE_MEXICALI.pdf
 15. Joshi, S.G., 2000. Medicinal Plants. Oxford and IBH Publishing Co. Ltd., Janapath, New Delhi.
 16. Kendal, E., 2019. Compare to Planting on Bed and Flat Surface Systems in Wheat and Barley. *Glob. J. Agric. Innov. Res. Dev.* 6:1-10. doi:10.15377/2409-9813.2019.06.1.
 17. Lambrides, C.J., and Godwin, I.D. 2006. Mungbean. In: Chittarajan K. Genome mapping and molecular breeding in plants. Vol. 3. Berlin/Heidelberg, Germany: Springer, 69-90.
 18. Lewis, G., Schrire, B., Mackinder, B., and Lock, M. 2005. Legumes of the World. Kew: Royal Botanic Gardens.
 19. Majeed, A., Muhmood, A., Niaz, A., Javid, S., Ahmad, Z.A., Shah, S.S.H. and Shah, A.H. 2015. Bed planting of wheat (*Triticum aestivum* L.) improves nitrogen use efficiency and grain yield compared to flat planting. *Crop J.* 3: 18-124. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2015.01.003>

20. Medina-García, G., Echavarría-Cháirez, F.G., Ruiz-Corral, J.A., Rodríguez-Moreno, V.M., Soria-Ruiz, J., and Mora-Orozco, C.D.L. 2020. Efecto del calentamiento global sobre la producción de alfalfa en México. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 11: 34-48. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11s2.4686>.
21. Mekkara, S., and Bukkan, D.S. 2021. A review on nutritional composition, antinutritional components and health benefits of green gram (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). *J. Food Biochem.* 45, e13743.
22. Mertens, D.R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80: 1463-1481. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76075-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76075-2)
23. Mogotsi, K.K. 2006. *Vigna radiata* (L.) R.Wilczek. In: Brink M. y Belay G., eds. PROTA 1: Cereals and pulses/ Céréales et légumes secs. [CD-Rom]. Wageningen, The Netherlands: PROTA.
24. Percy, C. 2015. Cultivo de pastos. Manual de Pastos Cultivados (en línea). (Swisscontact, IT). 40 p. Consultado 05 marzo. 2024. Disponible en https://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/Peru/Documents/Publications/MANUAL_PASTOS_CULTIVADOS.pdf
25. Prajapati, N.D., Purohit, S.S., Sharma, A.K., and Kumar, T. 2003. *A Handbook of Medicinal Plants: A Complete Source*. Agrobios Publisher, Jodhpur, India.
26. Raffrenato, E.; Nicholson, C.F.; Van Amburgh, M.E. Development of a mathematical model to predict pool sizes and rates of digestion of 2 pools of digestible neutral detergent fiber and an undigested neutral detergent fiber fraction within various forages. *J. Dairy Sci.* 2019, 102, 351–364. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15102>
27. Reyes-Purata, A., Bolaños-Aguilar, E.D., Hernández-Sánchez, D., Aranda-Ibáñez, E.M., and Izquierdo-Reyes, F. 2009. Producción de materia seca y concentración de proteína en 21 genotipos del pasto Humidícola *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. *Universidad y Ciencia.* 25:213-224. <https://www.scielo.org.mx/pdf/uc/v25n3/v25n3a3.pdf>.
28. Rohweder, D.A., Barnes, R.F., and Jorgensen, N. 1978. Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating quality. *J. Anim. Sci.* 47(3): 747-759. <https://doi.org/10.2527/jas1978.473747x>.
29. Rojas-García, A.R., Mendoza-Pedroza, S.I., Maldonado-Peralta, M.A., Álvarez-Vázquez, P., Torres-Salado, N., Cruz-Hernández, A., Vaquera-Huerta, H., y

- Joaquín-Cancino, S. 2019. Rendimiento de forraje y valor nutritivo de alfalfa a diferentes intervalos de corte. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10 (4): 849–858. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.1695>
30. SAS Institute 2001. SAS/STAT User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC.
 31. Usman, M.R.M., Patil, S.B., Patil, S.S., and Patil, R. S. 2013. *Sesbania sesban* Linn.: an overview. *Int. J. Pharm. Life Sci.* 4(5): 2644-2646.
 32. Van Soest, P.J., Robertson, J.B., and Lewis, B.A. 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *J. Dairy Sci.* 74, 3583–3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
 33. Wayu, S., and Atsbha, T. 2019. Evaluation of dry matter yield, yield components and nutritive value of selected alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars grown under Lowland Raya Valley, Northern Ethiopia. *Afr. J. Agric. Res.* 14(15): 705-711. <https://doi.org/10.5897/AJAR2018.13819>.

VII. CONCLUSIONES GENERALES

Los estudios bromatológicos resaltan a los forrajes proveniente de las hojas de *S. grandiflora* independientemente al tipo de siembra, los cuales presentaron mayor contenido de proteína cruda y valores menores de FDA y FDN. Mientras que los forrajes de los tallos de las tres especies vegetal en general presentaron menor proteína cruda y valores mayores de FDA y FDN.

La calidad de los forrajes de hojas de *S. grandiflora*, *L. purpureus* y *V. radiata* se clasificaron con excelente calidad, de acuerdo con su valor relativo de forraje (VRF) relacionándose principalmente con su bajo contenido de FDA y FDN. En contraste los forrajes de tallos de estas mismas especies no tuvieron calidad excelente debido principalmente a sus mayores contenidos de FDA y FDN.

En cuanto al tipo de preparación de suelo, no afectó el contenido nutricional y la calidad de las tres especies vegetales estudiadas.

En forma general se concluye que el forraje de hojas de *S. grandiflora* en los dos tipos de siembra evaluados fue de calidad excelente, relacionado a su mayor porcentaje de MS y PC y menor porcentaje de FDN y FDA. Si bien estos resultados destacan a *S. grandiflora* con alto valor nutritivo, es importante confirmar esto mediante estudios para evaluar el nivel de consumo y palatabilidad, digestibilidad, someterlos a diferentes métodos de conservación y posteriormente evaluar su calidad nutricional, y algunos aspectos agronómicos como, estandarizar los requerimientos nutricionales óptimos para su desarrollo bajo las condiciones de la zona, así como su gasto hídrico.

VIII. LITERATURA CITADA

1. Abate T., Alene A. D., Bergvinson D., Shiferaw B., Silim S., Orr A. y Asfaw S. (2012). Legumbres de grano tropicales en África y el sur de Asia: conocimientos y oportunidades. Apartado postal 39063, Nairobi, Kenia: Instituto Internacional de Investigación de Cultivos para los Trópicos Semiáridos. 112 pp.
2. Amossé, C., Jeuffroy, M. H., Celette, F., y David, C. (2013). Las leguminosas forrajeras intercaladas con cultivos de relevo ayudan a controlar las malezas en la producción de cereales orgánicos. *Revista Europea de Agronomía*, 49, 158-167.
3. A.O.A.C. 2000. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist. EUA.
4. Bekele Wondwosen, Melaku Solomon y Mekasha Yoseph. (2013). Effect of substitution of concentrate mix with *Sesbania sesban* on feed intake, digestibility, body weight change, and carcass parameters of Arsi-Bale sheep fed a basal diet of native grass hay. *Springer*, 45:1677–1685.
5. Bermúdez-Rojas, J. G., Luna-Taylor, J. E., Von-Borstel-Luna, F. D., y Sandoval-Galarza, J. A. (2023). Detección del nivel de estrés hídrico en plantas de lechuga romana a través de CNN. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 11(Especial2), 39-46.
6. Carpenter, A. C., y Board, J. E. (1997). Componentes del rendimiento de las ramas que controlan la estabilidad del rendimiento de la soja en diferentes poblaciones de plantas. *Ciencia de los cultivos*, 37, 885-891.
7. Cook, B.G., B.C. Pengelly, S.D. Brown, J.L. Donnelly, D.A. Eagles, M.A. Franco, J. Hanson, B.F. Mullen, I.J. Partridge, M. Peters, and R. Schultze-Kraft. (2005). Forrajes tropicales: una herramienta de selección interactiva. Lablab purpureus. CSIRO, DPI&F(Qld), CIAT e ILRI, Brisbane, Australia.
8. Davis, B. E.; Flythe, Michael D.; Hamilton, T. A.; Ely, D. G.; Anderson, L. H.; y Weinert-Nelson, J. R. (2024). Isoflavonas en leguminosas como forrajes y alimentos funcionales en sistemas de pastoreo de rumiantes. *IGC (1993-2023)*, 8. Recuperado de: https://uknowledge.uky.edu/igc/XXV_IGC_2023/Livestock/8

9. Díaz, M. F., Padilla, C., González, A., & Curbelo, F. (2001). Características agronómicas e indicadores nutricionales de granos en variedades de madurez agrupada de *Vigna unguiculata*. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*, 35(3), 271-278.
10. Díaz, M. F., González, A., Padilla, C., & Curbelo, F. (2004). Comportamiento de variedades de *Vigna unguiculata* y *Glycine max* en producción de forrajes y granos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 38(1), 85-90.
11. Díaz Sánchez, M. F., Martín-Cabrejas, M. Á., Martínez Pérez, M., Savón Valdés, L. L., Aguilera, Y., Benítez, V., ... y Hernández Herrera, Y. (2017). Germinados de leguminosas temporales: Una alternativa para la alimentación animal. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*, 51(3), 381-390.
12. Domínguez A. (2025). Representa la alfalfa en 84.5% de los cultivos perennes en el Valle de Mexicali. La Voz de la Frontera. Recuperado de: <https://oem.com.mx/lavozdelafrontera/local/representa-la-alfalfa-en-84-5-de-los-cultivos-perennes-en-el-valle-de-mexicali-13134947>
13. Evaristo, A. (2022). Evaluación del efecto de variedades y distanciamientos de siembra en el rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris*). *Revista de Agricultura y Ciencias Agrícolas*, 45(3), 123-130.
14. FAO (2019). Tierra y agua- alfalfa .Recuperado en junio 2024 de: <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/alfalfa/en/>
15. FAO (2021). Alimentación y agricultura sostenibles. Recuperado en mayo 2024 de: <https://www.fao.org/home/es>
16. Ferrari, A. E., y Wall, L. G. (2004). Utilización de árboles fijadores de nitrógeno para la revegetación de suelos degradados. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 105(2), 63-87.
17. Galicia-Haro, E. F., Coria-Páez, A. L., y Ortega-Moreno, I. C. (29 de febrero del 2024). Producción de leguminosas beneficios nutricionales deficiencias productivas. *Repositorio De La Red Internacional De Investigadores En Competitividad*, 17(17). Recuperado de <https://riico.net/index.php/riico/article/view/2254>

18. Galindo, W. I., Suárez, L., Calvache, M., Potosí, S., Muñoz, D., Arias, S., y Suárez, L. M. (2023). Propiedades nutricionales, tecno-funcionales y aplicación en alimentos del frijol mungo (*Vigna radiata*). *Revista chilena de nutrición*, 50(5), 550-560.
19. Garay, J. R., Joaquín, S., Zárate, P., Ibarra, M. A., Martínez, J. C., González, R. P., & Cienfuegos, E. G. (2017). Acumulación de materia seca y concentración de proteína cruda en cultivares de *Brachiaria* spp. En el trópico húmedo de Ecuador. *Tropical Grassland Forrajes Tropicales*, 2(5), 66-76.
20. Gebreyowhans S. y Tsadkan Z. (2018). Efecto de la suplementación con hojas secas de *Sesbania sesban* en la producción de leche, el consumo de alimento y la digestibilidad de vacas lecheras cruzadas Holstein Friesian x Cebú (Arado). *Salud y Producción Animal Tropical*, 51, 949–955.
21. Gómez, M. M.; Velásquez, J. E.; Miles, J. W. y Rayo, F. T. (2000). Adaptación de *Brachiaria* en el Piedemonte amazónico colombiano. *Pasturas Tropicales*, 22(1), 19-25.
22. Hall, D. W., V. V. Vandiver y J. A. Ferrel, (1991). Cáñamo *Sesbania*, *Sesbania exaltata* (Raf.) Cory. Instituto de Ciencias Agrícolas y Alimentarias. Universidad de Florida. Florida, Estados Unidos.
23. Harris, B. (1991). Valor de los alimentos alternativos ricos en fibra como extensiones de fuentes de forraje, Alimentos Alternativos para Ganado Lechero y de Carne. (p. 138). Univ. Missouri, Columbia.
24. Hassan, M. R., Amodu, J. T., Muhammad, I. R., Jokthan, G. E., Abdu, S. B., Abdullahi, B., ... y Akpensuen, T. T. (2014). Rendimiento y calidad del forraje de *Lablab* (*Lablab purpureus* L.) intercalado con maíz (*Zea mays* L.) con sistema de riego por inundación en la zona semiárida de Nigeria. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 6(11), 196-211.
25. Heering, J. H. (1993). Biología reproductiva de tres especies perennes de *Sesbania* (Leguminosae): *Euphytica*, 74, 143-148.
26. Hejzman, M., Klauisová, M., Schellberg, J., y Honsová, D. (2007). Experimento de pastizales de Rengen: Composición de especies vegetales tras 64 años de

- aplicación de fertilizantes. *Agricultura, ecosistemas y medio ambiente*, 122(2), 259-266.
27. Hernández Hernández, R. (2018). Procesos y escenarios geoeconómicos en Asia: Implicaciones para África y América Latina. *México y la Cuenca del Pacífico*, 7(20), 9-19.
28. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). Agua. Cuéntame de México. Recuperado de <https://cuentame.inegi.org.mx/territorio/agua/dispon.aspx?tema=T>
29. INEGI. (2022). Censo Agropecuario 2022: Baja California. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). [Recuperado de <https://www.inegi.org.mx>]
30. Jayanegara, A., Wina, E., Soliva, C. R., Marquardt, S., Kreuzer, M. y Leiber, F. (2011). Relación de la calidad del forraje y el potencial metanogénico de plantas tropicales en sus fracciones fenólicas, determinadas mediante análisis de componentes principales. *Ciencia y Tecnología de Alimentos para Animales*, 163(2-4), 231-243.
31. Khatun, M., Sarkar, S., Era, F. M., Islam, A. M., Anwar, M. P., Fahad, S., ... y Islam, A. A. (2021). Estrés por sequía en leguminosas de grano: Efectos, mecanismos de tolerancia y manejo. *Agronomía*, 11(12), 2374.
32. Kratz, A., Kim, M., Kelly, M. R., Zheng, F., Koczor, C. A., Li, J., ... y Ideker, T. (2023). Mapa multiescalar de los ensamblajes de proteínas en la respuesta al daño del ADN. *Sistemas celulares*, 14(6), 447-463.
33. Gavino, V. C., y Haug, W. (2000). Determinación de proteínas totales mediante el método Kjeldahl. *Revista de Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, 45(2), 180-185.
34. Lanuza, F., y Remehue, I. (2006). Requerimientos de nutrientes según estado fisiológico en bovinos de leche. Manual de producción de leche para pequeños y medianos productores. Instituto de investigaciones Agropecuarias. Osorno, Chile. *Boletín INIA*, 148, 170.
35. Bruneau, A., Doyle, J. J., Herendeen, P., Hughes, C., Kenicer, G., y van Wyk, B. E. (2013). Filogenia y clasificación de leguminosas en el siglo XXI: avances,

- perspectivas y lecciones para otros clados ricos en especies. *Taxon*, 62(2), 217-248.
36. León, R., Bonifaz, N., y Gutiérrez, F. (2018). Pastos y forrajes del Ecuador: siembra y producción de pasturas. Universidad Politecnica Seleniana.
 37. Mamédio, D., Soares-de Andrade, C. M., Ferreira-Sampaio, A., y Santana-Laoures, D. R. (2020). Efecto del manejo del suelo y espaciamiento de siembra en el establecimiento de la mezcla de pasto-estrella-púrpura (*Cynodon nlemfuensis* cv. BRS Lua) y maní forrajero (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) en área degradada de *Brachiaria brizantha*. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(1), 241-254.
 38. Marcillo Pizarro, J.V. et al. 2022. Influencia de las distancias de siembra en el desarrollo y producción de 2 variedades de Maracuyá (*pasiflora edulis* degener). *Revista Científica Agroecosistemas*. 10, 1 , 70–79.
 39. McDermott, J. J., Staal, S. J., Freeman, H. A., Herrero, M., y Van de Steeg, J. A. (2010). Intensificación sostenible de los sistemas ganaderos de pequeña escala en los trópicos. *Ciencia ganadera*, 130(1-3), 95-109.
 40. Medina-García, G., Echavarría-Cháirez, F. G., Ruiz-Corral, J. A., Rodríguez-Moreno, V. M., Soria-Ruiz, J., y Mora-Orozco, C. D. L. (2020). Efecto del calentamiento global sobre la producción de alfalfa en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11, 34-48.
 41. Mitchell, M.L.; Norman, H.C.; Whalley, R.D.B. (2015). Uso de rasgos funcionales para identificar gramíneas, leguminosas y arbustos forrajeros australianos para su domesticación y uso en zonas de pastoreo en un clima cambiante. *Ciencia de Cultivos y Pastizales*, 66, 71–89.
 42. Montenegro, S. P., Barrera, S. E., Chiriví, J. S., Pulido, S. Y., Sepúlveda, Y. A., Vinasco, M. C., & Palomino Leiva, M. L. (2019). Prevención de la erosión y conservación de la fertilidad del suelo. Servicios ecosistémicos: un enfoque introductorio con experiencias del occidente Colombiano, Cap, 9, 172-187.
 43. Mueller-Harvey, I., Bee, G., Dohme-Meier, F., Hoste, H., Karonen, M., Kölliker, R., ... y Waghorn, G. C. (2019). Beneficios de los taninos condensados en leguminosas forrajeras para rumiantes: Importancia de la estructura, concentración y composición de la dieta. *Ciencia de Cultivos*, 59(3), 861-885.

44. Naranjo, J. F., y Cuartas, C. A. (2011). Caracterización nutricional y de la cinética de degradación ruminal de algunos de los recursos forrajeros con potencial para la suplementación de rumiantes en el trópico alto de Colombia. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 6(1), 9-19.
45. Noah, R.L.; Muir, J.P.; Wittie, R.D.; Kattes, D.H.; Pitman, W.D.; Read, G.L.; Brakie, M.R. (2012). Acacia de pradera, trébol de pradera en panícula y mimosa herbácea, rendimiento de nitrógeno y semillas, y adaptación regional. *Revista de Agronomía*, 104-2, 265-270.
46. Mileusnić, Z. I., Saljnikov, E., Radojević, R. L., y Petrović, D. V. (2022). Soil compaction due to agricultural machinery impact. *Revista de Terramecánica*, 100, 51-60.
47. Ochoa, M. G. J., Olivera, A. F. P., Ramos, B. G., Pahua, V. T., Madonado, I. D. J. D., Boyso, J. O., y Bravo, R. M. R. (2024). Adaptación de leguminosas arbóreas en un sistema silvopastoril para ovinos en clima templado. *Revista ESPAMCIENCIA*, 15(2), 7-15.
48. Pandey, DK, Singh, S., Dubey, S. K., Mehra, T. S., Mounika, V., Dixit, S., Sawargaonkar, G. (2022). Perfil nutricional de accesiones de frijol Lablab [(Lablab purpureus L.) Sweet] del noreste de la India: exploración de la diversidad que conduce a la mitigación de la vulnerabilidad nutricional (10 de noviembre de 2022) disponible en: [<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2237030/v1>]
49. Patil, M., y Auti, S. (2022). Perspectiva nutricional de la especie Sesbania: una leguminosa silvestre subutilizada de los Ghats occidentales septentrionales, Maharashtra, India. *Acta Fitotécnica y Zootécnica* 25(2): 165-170.
50. Peña Ramos, A., González Castañeda, F., y Robles Escobedo, F. J. (2010). Manejo agronómico para incrementar el rendimiento de grano y forraje en híbridos tardíos de maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1(1), 27-35.
51. Pierre Muir James, Mércia, Ferreira Santos Virgínia, Vieira da Cunha Márcio, Carlos Batista José, Dubeux Júnior, Lira Júnior Mário de Andrade, Almeida Rayanne, Carvalho de Souza Toni. (2019). Valor de las leguminosas endémicas para la producción ganadera en los pastizales de la Caatinga. *Rev. Bras. Cienc. Agrar., Recife*, 14(2):1-12

52. Redfearn, D. D., Zhang, H., & Caddel, J. L. (2004). Interpretaciones de la calidad del forraje. División de Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales, Universidad Estatal de Oklahoma. Recuperado de: <http://pods.dasnr.okstate.edu/docushare/dsweb/Get/Rendition-7139/PSS-2117web.pdf>
53. Richardson y Rejmánek (2011) Protocolo de evaluación de especies exóticas invasoras: un estudio de caso con plantas que invaden Estados Unidos, publicado en *Gestión Ambiental*, volumen 47, número 1, páginas 64-76.
54. Rojas-García, A.R., Mendoza-Pedroza, S.I., Maldonado-Peralta, M.A., Álvarez-Vázquez, P., Torres-Salado, N., Cruz-Hernández, A., Vaquera-Huerta, H., y Joaquín-Cancino, S. 2019. Rendimiento de forraje y valor nutritivo de alfalfa a diferentes intervalos de corte. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10 (4): 849–858. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.1695>
55. Romero, J. (2004). Ensilaje de leguminosas con énfasis en alfalfa y soja. Presentación en Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. *INTA, Rivadavia*, 1439, 1033.
56. Sarvade, S., Nehru, J. y Vishwavidyalaya, K. (2015). *Kheti popular* . Enero (2014). *Sesbania grandiflora* (L.)(L.) Poiret: una especie arbórea con potencial agroforestal. *Kheti Popular* , 2 (3).
57. SIAP . (2022). *Informe de producción agrícola 2022* . Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Recuperado de [https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119].
36. Skłodowski, J. (2014). Consecuencia de la transformación de un bosque primigenio en un bosque gestionado para los escarabajos carábidos (Coleoptera: Carabidae): un estudio de caso de Białowieża (Polonia). *Revista Europea de Entomología* , 111 (5), 639-648.
37. Tanuwiria, U. H., & Mushawwir, A. (2020). Respuestas hematológicas y antioxidantes de vacas lecheras alimentadas con una combinación de alimento y lenteja de agua (*Lemna minor*) como mezcla para mejorar la biosíntesis de la

- leche. *Revista Biodiversitas de Diversidad Biológica*. 21(10), 4741-4746.
<https://doi.org/10.13057/biodiv/d211038>
38. Thomas, RJ (1995). Rol de las leguminosas en el aporte de nitrógeno a sistemas de pasturas tropicales sostenibles. *Plantas y suelo* , 174 , 103-118.
 39. Toledo, E., y Martínez-González, M. A. (2017). Frutas, verduras y legumbres: herramientas eficaces de prevención. *The Lancet*, 390(10107).
 40. Török, P., András, K., Valkó, O., Deák, B., Lukács, B. y Tóthmérész, B. (2010). Los campos dominados por alfalfa recuperan la diversidad de pastos nativos sin acciones de manejo intensivo. *Ecología* , 48 , 257-264.
 41. Unnawong, N., Cherdthong, A., & So, S. (2021). Influencia de la suplementación con harina de vainas de *Sesbania grandiflora* en dos niveles de proteína cruda dietética sobre el consumo de alimento, las características de fermentación y la mitigación del metano en ganado vacuno de raza pura tailandés. *Ciencias Veterinarias*. 8(2), 35.
 42. Unnawong, N., Cherdthong, A. y So, S. (2021). El extracto crudo de saponina de la harina de vainas de *Sesbania grandiflora* (L.) Pers. podría modular la fermentación ruminal y la utilización de proteínas, además de mitigar la producción de metano. *Salud y Producción Animal Tropical* , 53 , 1-9.
 43. Valenzuela, H. y Smith, J. (2002). Cultivos de abono verde para agricultura sostenible. SA-GM-7 . Servicio de Extensión Cooperativa, Facultad de Agricultura Tropical y Recursos Humanos, Universidad de Hawái en Manoa, 8 (4).
 44. Van Soest, PJ, Robertson, JB y Lewis, BA (1991). Métodos para fibra dietética, fibra detergente neutra y polisacáridos no amiláceos en relación con la nutrición animal. *Revista de ciencia láctea* , 74 , 3583-3597.
 45. Vargas Romero, E. (2016). Calidad de los forrajes para rumiantes. *Entorno Ganadero* , 78 . BM Editores. Universidad Autónoma Metropolitana. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Recuperado de:
<https://bmeditores.mx/ganaderia/calidad-de-los-forrajes-para-rumiantes/>
 46. Vizgarra, ON, Mamani Gonzales, SY, Espeche, CM, Méndez, DE y Ploper, LD (2014). Evaluaciones preliminares de variedades de poroto mungo (*Vigna radiata*) en Tucumán, R. Argentina. *Avance Agroindustrial* , 35 (2), 30-33.

47. Waghorn, GC, Tavendale, MH y Woodfield, DR (2002). Metanogénesis a partir de forrajes administrados a ovejas. En *Actas de la Asociación de Pastizales de Nueva Zelanda* (págs. 167-171).
48. Wattiaux, AM (1996). Reproducción y selección genética: Guía técnica para la producción lechera. Instituto Babcock para la Investigación y el Desarrollo Internacional de la Producción
49. Werner, D. (1992). *Simbiosis de las plantas y los microorganismos* (págs. x+-389). Londres: Chapman y Hall.