



# **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y GESTIÓN LOCAL**

## **CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL SISTEMA LEGUMINOSAS COMO POTENCIAL FORRAJERO EN EL TRÓPICO**

**OSWAR CRISTOBAL SANTIAGO**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO**

**PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y GESTIÓN LOCAL**

**DIRECTOR:** DRA. MARÍA DE LOS ÁNGELES MALDONADO PERALTA  
**CODIRECTOR:** DR. ADELAIDO RAFAEL ROJAS GARCÍA

**ASESORES:** DR. PAULINO SÁNCHEZ SANTILLÁN  
DRA. TEOLINCACÍHUATL ROMERO ROSALES  
DR. ANTONIO HERNÁNDEZ POLITO

**IGUALA DE LA INDEPENDENCIA, GUERRERO. DICIEMBRE DE 2022**

LA PRESENTE TESIS TITULADA: **CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL SISTEMA LEGUMINOSAS COMO POTENCIAL FORRAJERO EN EL TRÓPICO**, REALIZADA POR EL ALUMNO **OSWAR CRISTOBAL SANTIAGO**, BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR INDICADO, HA SIDO APROBADA POR EL MISMO Y ACEPTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y GESTIÓN LOCAL**

DIRECTOR	 Dra. María de los Angeles Maldonado Peralta
CODIRECTOR	 Dr. Adelaido Rafael Rojas García
ASESOR	 Dr. Paulino Sánchez Santillán
ASESOR	 Dra. Teolincacihuatl Romero Rosales
ASESOR	 Dr. Antonio Hernández Polito

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Maestría en Ciencias Agropecuaria y Gestión Local de la Universidad Autónoma de Guerrero por darme la oportunidad de adquirir los conocimientos necesarios para aplicarlo en la vida cotidiana.

A mi comité Tutorial, en especial a la Dra. María de los Ángeles Maldonado Peralta, por permitir ser mi directora de tesis, y compartir sus conocimientos, siendo siempre una guía de enseñanza, ya que con su gran apoyo pude concluir este gran proyecto.

A mi codirector de tesis el Dr. Adelaido Rafael Rojas García que, con su gran experiencia y capacidad en el área de forrajes, pude aprender cosas novedosas, que sin lugar a duda la estoy poniendo en práctica, obteniendo resultados favorables.

A mi asesor de tesis el Dr. Paulino Sánchez Santillán por su apoyo brindado en el laboratorio de nutrición animal.

A mi asesora de tesis a la Dra. Teolincacihuatl Romero Rosales, gracias por su motivación, concejos y enseñanzas.

A mi asesor de tesis el Dr. Antonio Hernández Polito, gracias por sus enseñanzas, concejos y su conocimiento brindado.

A la Facultad de Medicina Veterinaria No. 2 de la Universidad Autónoma de Guerrero, gracias por facilitar las parcelas experimentales y el Laboratorio de Nutrición Animal, donde corrimos las muestras de bromatología.

A mis profesores de la Maestría en Ciencias Agropecuaria y Gestión Local de la Universidad Autónoma de Guerrero, por dotarme de sus experiencias y enseñanzas.

A todos y todas quienes participaron en este gran proyecto académico, gracias por sus concejos.

## DEDICATORIA

Dedico este Proyecto a mi hijo Oswar Cristobal Santiago, quien físicamente ya no está con nosotros, pero sentimos su espíritu de guía, estoy seguro hijo que donde estas, es un lugar lleno de paz.

A mi padre Juan Cristobal Jiménez y hermano Diogenes que desde el cielo me guían por el buen camino.

A mi esposa Nuris Sotelo Ortiz por ser siempre una gran aleada y excelente esposa, gracias por tus consejo en este gran proyecto de superación académica, por su puesto a mis hijas Alina y María Fernanda Cristobal Sotelo, quienes siempre me apoyan para seguir adelante. Gracias a ustedes pude subir un escalón más, sepan que ustedes son parte de mi vida.

A mi madre Socorro Santiago Mayren y hermanos, que siempre me han apoyado, con sus consejos para seguir adelante.

## RESUMEN GENERAL

El objetivo de esta investigación fue evaluar el rendimiento y calidad química del forraje de chepil (*Crotalaria longirostrata* Hook. & Arn) y crotalaria (*Crotalaria juncea* L.), sembrados a diferente densidad y frecuencia de corte, en la Costa Chica de Guerrero, México. Se evaluaron densidades de siembra, para chepil fueron: 200,000; 100,000 y 50,000 plantas ha<sup>-1</sup> y para la crotalaria de 400,000, 200,000 y 100,000 plantas ha<sup>-1</sup>; además de un análisis de crecimiento a los 30, 43, 50, 56, 63, 70, 77, 84, 91 y 98 días de crecimiento, hasta que la vaina estuviera completamente desarrollada. En las dos especies las variables evaluadas fueron: rendimiento de materia seca, composición morfológica, relación hoja:tallo y proteína cruda; en hepil también se consideró: tasa de crecimiento, radiación interceptada, altura de la planta, fibra detergente neutro, fibra detergente ácida, materia seca y cenizas. Para el chepil la frecuencia de corte de 64 días las tres densidades presentaron el mayor rendimiento con 3,406, 3,500 y 4,200 kg MS ha<sup>-1</sup>, para 200,000, 100,000 y 50,000 plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente ( $p < 0.05$ ). La PC disminuyó ( $p < 0.05$ ) en el T2 y T3 (23 %), con respecto al T1 (24 %). La densidad de plantas con mayor porcentaje de proteína cruda fue la de 200,000 plantas ha<sup>-1</sup> con 24 %, y las densidades de 100,000 y 50,000 plantas ha<sup>-1</sup>, fue la que presentó menor porcentaje de proteína cruda con 23 % ( $p < 0.05$ ). Para la crotalaria el comportamiento promedio independientemente de la edad de corte, mostró un orden descendente, según las densidades de siembra: 400,000 > 200,000 > 100,000 plantas ha<sup>-1</sup> con 9,107, 7,750 y 5,874 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente ( $p \leq 0.05$ ). Independientemente de las densidades de plantas, entre los 30 y 43 días, la proteína cruda fue mayor, con un promedio de entre 15.58 y 10.70 %, y en la frecuencia de corte de 56 días se observó el menor porcentaje con 8.30 % ( $p < 0.05$ ). Para chepil el momento óptimo de corte es a los 36 días de rebrote, sembrado a una densidad de 100,000 plantas ha<sup>-1</sup>, y cosechado a los 36 días de rebrote ya que presentó 95 % de radiación interceptada y buena calidad entre características del rendimiento y químicas principalmente proteína cruda. La crotalaria se debe sembrar a una densidad de 400,000 plantas ha<sup>-1</sup> y cortar a los 70 días de crecimiento ya que es cuando se encuentran los valores intermedios de rendimiento y calidad, además que es antes que inicie la producción de flor; sin embargo, para mayor producción de flor y consiguiente semilla es a 100,000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Palabras claves: leguminosa, densidad de siembra, frecuencia de corte, calidad.

## ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the yield and chemical quality of chepil (*Crotalaria longirostrata* Hook. & Arn) and crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) forage, planted at different densities and cutting frequencies, on the Costa Chica de Guerrero, Mexico. Planting densities were evaluated, for chepil they were: 200,000; 100,000 and 50,000 plants ha<sup>-1</sup> and for the crotalaria of 400,000, 200,000 and 100,000 plants ha<sup>-1</sup>; in addition to a growth analysis at 30, 43, 50, 56, 63, 70, 77, 84, 91 and 98 days of growth, until the pod was fully developed. In the two species, the variables evaluated were: dry matter yield, morphological composition, leaf:stem ratio and crude protein; in chepil it was also considered: growth rate, intercepted radiation, plant height, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, dry matter and ashes. For the chepil, the cutting frequency of 64 days, the three densities presented the highest yield with 3,406, 3,500 and 4,200 kg DM ha<sup>-1</sup>, for 200,000, 100,000 and 50,000 plants ha<sup>-1</sup>, respectively ( $p < 0.05$ ). The CP decreased ( $p < 0.05$ ) in T2 and T3 (23 %), with respect to T1 (24 %). The density of plants with the highest percentage of crude protein was that of 200,000 plants ha<sup>-1</sup> with 24 %, and the densities of 100,000 and 50,000 plants ha<sup>-1</sup>, was the one that presented the lowest percentage of crude protein with 23 % ( $p < 0.05$ ). For crotalaria, the average behavior regardless of cutting age showed a descending order, according to planting densities: 400,000 > 200,000 > 100,000 plants ha<sup>-1</sup> with 9,107, 7,750 and 5,874 kg DM ha<sup>-1</sup>, respectively ( $p \leq 0.05$ ). Regardless of plant densities, between 30 and 43 days, the crude protein was higher, with an average of between 15.58 and 10.70 %, and at the cutoff frequency of 56 days the lowest percentage was observed with 8.30 % ( $p < 0.05$ ). For chepil, the optimal cutting moment is 36 days after regrowth, planted at a density of 100,000 plants ha<sup>-1</sup>, and harvested 36 days after regrowth, since it presented 95 % of intercepted radiation and good quality between performance characteristics and chemicals mainly crude protein. The crotalaria should be planted at a density of 400,000 plants ha<sup>-1</sup> and cut after 70 days of growth, since that is when the intermediate values of yield and quality are found, in addition to the fact that it is before flower production begins; however, for greater flower production and consequent seed it is at 100,000 plants ha<sup>-1</sup>.

Keywords: legume, planting density, cutting frequency, quality.

# CONTENIDO GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	II
DEDICATORIA .....	III
RESUMEN GENERAL.....	IV
ABSTRACT.....	V
CONTENIDO GENERAL .....	VI
ÍNDICE DE CUADROS .....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	IX
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. JUSTIFICACIÓN.....	3
3. OBJETIVOS.....	4
3.1. Objetivo general .....	4
3.2. Objetivos específicos.....	4
4. HIPÓTESIS .....	5
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	6
6. RENDIMIENTO Y CALIDAD QUÍMICA DEL FORRAJE DE CHEPIL ( <i>Crotalaria longirostrata</i> HooK. & Arn) EN DIFERENTES DENSIDAD DE SIEMBRA Y FRECUENCIA DE CORTE .....	9
6.1 RESUMEN.....	9
6.2 INTRODUCCIÓN .....	10
6.3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
6.3.1 Variables evaluadas .....	14
6.3.1.1 Rendimiento de materia seca total, hoja y tallo .....	14

6.3.1.2	Altura de planta.....	14
6.3.1.3	Radiación interceptada.....	15
6.3.2	Análisis estadístico .....	16
6.4	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>16</b>
6.5	<b>CONCLUSIÓN .....</b>	<b>30</b>
6.6	<b>LITERATURA CITADA .....</b>	<b>31</b>
<b>7</b>	<b>Cualidades de forraje y proteína cruda de crotalaria (<i>Crotalaria Juncea</i> L.) cosechada en diferentes días y densidades de siembra .....</b>	<b>38</b>
7.1	Resumen.....	38
7.2	Abstract .....	39
7.3	Introducción.....	40
7.4	Materiales y métodos .....	42
7.4.1	Localización del sitio experimental.....	42
7.4.2	Manejo de la parcela .....	43
7.4.3	Variables evaluadas .....	43
7.4.4	Análisis estadístico .....	45
7.5	Resultados y discusión.....	45
7.6	Conclusión .....	53
7.7	Literatura citada .....	54

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 6.1. Tasa de crecimiento (kg MS ha <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ) en chepil ( <i>Crotalaria longirostrata</i> ) cultivado a diferentes densidades de plantas y frecuencias de corte.....	23
Cuadro 6.2. Relación hoja:tallo en chepil ( <i>Crotalaria longirostrata</i> ) cultivado a diferentes densidades de plantas y frecuencias de corte .....	25
Cuadro 6.3. Porcentaje de proteína cruda, fibra detergente neutra, ácida de chepil ( <i>Crotalaria longirostrata</i> ) cultivado a diferentes densidades de plantas y frecuencias de corte .....	27
Cuadro 6.4. Porcentaje de materia seca y cenizas de chepil ( <i>Crotalaria longirostrata</i> ) cultivado a diferentes densidades plantas y frecuencias de corte .....	30
Cuadro 7.1. Rendimiento de materia seca (kg MS ha <sup>-1</sup> ) de crotalaria ( <i>Crotalaria juncea</i> L.) cultivado a diferentes densidades y edad al corte .....	47
Cuadro 7.2. Relación hoja:tallo de crotalaria ( <i>Crotalaria juncea</i> L.) cultivado a diferentes densidades y edad al corte .....	49
Cuadro 7.3. Composición morfológica (%) de crotalaria ( <i>Crotalaria juncea</i> L.) cultivado a diferentes densidades y edad al corte, en el trópico seco .....	52
Cuadro 7.4. Proteína cruda (%) de crotalaria ( <i>Crotalaria juncea</i> L.) cultivado a diferentes densidades y edad al corte .....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 6.1. Rendimiento total, de hoja y de tallo (kg MS ha <sup>-1</sup> ), altura de la planta (cm) y radiación interceptada (%) de chepil sembrado a 200,000 (A), 100,000 (B) y 50,000 (C) plantas ha <sup>-1</sup> .....	22
--	----

# 1. INTRODUCCIÓN

Un sistema está compuesto por un conjunto de elementos que interaccionan entre sí, componentes que colaboran de forma coordinada para alcanzar un mismo objetivo (Velázquez-Avendaño y Perezgrovas-Garza, 2017). Cabe mencionar que dentro de éste existen subsistemas de menor tamaño y complejidad, a la vez todo en su conjunto conforman un sistema de mayor tamaño o un supersistema (Domínguez-Ríos *et al.*, 2016).

El trópico mexicano comprende más de 24 millones de ha<sup>-1</sup>, con gran potencial para la producción de rumiantes; en estas zonas se produce abundante forraje como fuente de alimentación; actividad que permite a los productores obtener ingresos económicos al vender la leche o carne del ganado. Por otro lado, en la Región de la Costa Chica del estado de Guerrero es común observar que más del 80% de la producción ganadera se practica en un sistema extensivo, considerando que este tipo de sistema es de bajos insumos, sin adición de suplementos alimenticios o minerales, lo que termina en baja producción.

En la mayoría de las regiones tropicales del país se presentan factores limitantes en la producción de forrajes; la estacionalidad a través del año, las condiciones deafo-climáticas, temperatura, etc., (Betancourt *et al.*, 2003; Livas, 2015).

Las leguminosas forrajeras son una fuente económica y rentable para la dieta del ganado (Orjuela-Chávez *et al.*, 2015), principalmente de los rumiantes, siendo útil las vainas, el follaje o las semillas (Quiróz-Cardoso *et al.*, 2015), pues éstas han

demostrado que contienen mayor contenido de proteína, cuando se adicionan a dietas de baja calidad nutritiva, ayudan a reducir el déficit alimenticio (Gulwa *et al.*, 2018). Las leguminosas forrajeras silvestres, cultivadas o semi-cultivadas permiten ofertar mayor variabilidad alimenticia en la dieta de los bovinos y ofertar forraje en épocas de estiaje (Coppock, 1993); sin embargo, en muchas regiones del país no se utilizan por el desconocimiento y la falta de información de estas especies,

La producción pecuaria requiere de la implementación de alimentos naturales y la familia Fabaceae cuenta con especies que pueden cubrir parte de estas necesidades; pues existen especies anuales, como la crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) y perennes como el chipile ó chepil (*Crotalaria longirostrata* Hook. & Arn); las cuales producen cantidades adecuadas de biomasa, toleran el manejo y tienen la capacidad de rebrotar y ofrecer forraje de calidad ante la falta de alimento (Laguna, 2016); varias de estas especies se han empezado a evaluar, por su calidad morfológica y química que presentan; de esta manera, según la literatura revisada se menciona que en Centroamérica el chipile, de donde es originario, se ha utilizado principalmente en la gastronomía y la crotalaria como abono verde para la recuperación de suelos degradados; además, las dos especies son consideradas restauradoras del suelo (Almeida-Sántos *et al.*, 2019; Jiménez *et al.*, 2005; Perdomo, 1991).

## 2. JUSTIFICACIÓN

El pastoreo de rumiantes en el trópico requiere de suplementos proteicos, dadas las características nutritivas de los pastos para cubrir las necesidades fisiológico-productivas de los animales (Carmona *et al.*, 2005); además, durante la época de sequía, la disponibilidad y el valor nutritivo de los forrajes disminuye y hace necesario el empleo de suplementos alimenticios que incrementan los costos de alimentación (Sollenberger *et al.*, 2020; Tinsley *et al.*, 2019; Rodríguez *et al.*, 2014).

De modo que, la utilización de leguminosas en las diferentes regiones del estado de Guerrero, representa una alternativa como suplementos proteicos, por su contenido y calidad proteica, y sus metabolitos secundarios que ayudan a disminuir la metanogénesis, por su actividad defaunante; por lo anterior, el chipile (*Crotalaria longirostrata* Hook. & Arn) y la crotalaria (*C. juncea* L.) son especies que desarrollan en la región y que requieren ser restudiadas desde lo más básico, para determinar su uso en la implementación dentro de la alimentación animal; así, establecerlos como alternativas forrajeras ya sea en bancos de proteína, en harinas ó heno, asociadas con gramíneas ó solas.

## 3. OBJETIVOS

### 3.1. Objetivo general

- Evaluar la calidad físico-química del chipile (*Crotalaria longirostrata* Hook. & Arn), y la crotalaria (*Crotalaria juncea* L.), en diferentes estadios y densidad de plantas para obtener el momento óptimo de corte, cultivadas en el trópico de Guerrero.

### 3.2. Objetivos específicos

Evaluar el rendimiento de chipile (*Crotalaria longirostrata* Hook. & Arn), y la crotalaria (*Crotalaria juncea* L.), cultivadas en el trópico seco en diferentes densidades de siembra y estadios de crecimiento.

Determinar la calidad química de dos leguminosas forrajeras cultivadas en diferentes densidades de siembra y estadios de crecimiento.

## 4. HIPÓTESIS

El chipile (*Crotalaria longirostrata* Hook. & Arn), y la crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) son leguminosas que presentaran buena calidad física y química en la semana 5 después del rebrote y con una densidad de siembra de 200,000 plantas ha<sup>-2</sup> en ambos cultivos.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida-Santos L.E., Obrador-Olán J.J., García-López E., Castelán-Estrada M y Carrillo-Ávila E. (2019). Cultivo e incorporación de *Crotalaria juncea* L. en un suelo cañero de la Chontalpa, Tabasco, México. *Agroproductividad*, 12(7): 87-93.
- Betancourt K., Ibrahim M., Harvey C. A. y Vargas B. (2003). Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito en Matiguás, Matagalpa, Nicaragua. En *Agroforestería en las Américas* 10(39-40) 47 – 51.
- Carmona J.C., Bolívar D.M. y Giraldo L.A. (2005). El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a 46 nivel ambiental y productivo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 8(1):49-63.
- Domínguez-Ríos V.A. y López-Santillán M.S. (2016). Teoría General de Sistemas, un enfoque práctico. *Tecnociencia Chihuahua*, Vol. X, Núm. 3, 125-132.
- Gulwa, U., Mgujulwa N., Beyene S.T. 2018. Benefits of grass- legume inter- cropping in livestock systems. *African Journal of Agricultural Research*, 13 (26): 1311 – 1319.
- Jiménez S.A.M., Farfán V.F y Morales-Londoño C.S. (2005). Biomasa seca y contenido de nutrientes de *Cajanus cajan*, *Crotalaria juncea* y *Tephrosia*

candida empleadas como abonos verdes en cafetales. Cenicafé, 56 (2): 93-109.

Laguna G.J.P. (2016). Determinación de la actividad biológica y caracterización de extractos del chipilin (*Crotalaria longirostrata*) con potencial aplicación en alimentos. Tesis para obtener el título de Ingeniero en Ciencia y Tecnología de alimentos. Universidad Antonio Agraria Antonio Narro.

Livas C.F. (2015). Estrategias de alimentación para ganado bovino en las regiones tropicales. Ganaderia.com.

Orjuela-Chávez J.A., Cubillos-Rodríguez J.M. y Torres-Silva O.Y. (2015). Evaluación del comportamiento de bovinos de doble propósito bajo diferentes niveles de cobertura arbórea en departamento del Caquetá – Colombia. Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias, 7(2): 60-64.

Perdomo P. (1991). Adaptación edáfica y valor nutritivo de 25 especies y accesiones de leguminosas arbóreas y arbustivas en dos suelos contrastantes. Tesis de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira, Colombia.

Quiroz-Cardoso F., Rojas-Hernández, S., Olivarez-Pérez, J., Hernández-Castro, E., Jiménez-Guillén, R., Córdova-Izquierdo, A., Villa-Mancera A. y Abdel-Fattah S. (2015). Composición nutricional, consumo e índice de palatabilidad relativa de los frutos de tres acacias en la alimentación de ovejas y cabras. Arch Med Vet 47: 33-38.

- Rodríguez R., González A.J., Domínguez M. y Sarday L. (2014). Valor nutritivo de harinas de follaje de cuatro especies arbóreas tropicales para rumiantes. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 48: 371-378.
- Sollenberger E.L., Aiken E. G. y Wallau O.M. (2020). Chapter 5- Managing grazing in forage – livestock systems. Management strategies for sustainable cattle production in Southern pastures. Academic Press. United States.
- Tinsley T.L., Chumbley S., Mathis C., Mache R. y Turner L. B. (2019). Managing cow herd dynamics in environments of limited forage productivity and livestock marketing channels: A application to semi-arid Pacific island beef production using system dynamics. *Agricultural System*, 173: 78–93.
- Velázquez-Avendaño J.A. y Perezgrovas-Garza R. (2017). Caracterización de sistemas productivos de ganado bovino en la región indígena XIV Tulijá-Tseltal-Chol, Chiapas, México, *Agrociencia*, 51: 1-9.

## 6. RENDIMIENTO Y CALIDAD QUÍMICA DEL FORRAJE DE CHEPIL (*Crotalaria longirostrata* Hook. & Arn) EN DIFERENTES DENSIDAD DE SIEMBRA Y FRECUENCIA DE CORTE

### 6.1 RESUMEN

El pastoreo de rumiantes en el trópico requiere de suplementos proteicos, dadas las características nutritivas de los pastos para cubrir las necesidades proteicas. El objetivo de esta investigación fue evaluar el rendimiento y calidad química del forraje de chepil (*Crotalaria longirostrata* Hook. & Arn), a diferentes densidades de plantas y frecuencia de corte para obtener el momento óptimo de cosecha. El experimento se estableció en un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. Los tratamientos fueron las densidades de siembra: T1: 200,000; T2: 100,000 y T3: 50,000 plantas ha<sup>-1</sup>. Las variables evaluadas fueron: rendimiento de materia seca, composición morfológica, tasa de crecimiento, relación hoja:tallo, radiación interceptada, altura de la planta, proteína cruda, fibra detergente neutro, fibra detergente ácida, materia seca y cenizas. Para la frecuencia de corte de 64 días las tres densidades presentaron el mayor rendimiento con 3,406, 3,500 y 4,200 kg MS ha<sup>-1</sup>, para 200,000, 100,000 y 50,000 plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente ( $p < 0.05$ ). La PC disminuyó ( $p < 0.05$ ) en el T2 y T3 (23 %), con respecto al T1 (24 %). La densidad de plantas con mayor porcentaje de proteína cruda fue la de 200,000 plantas ha<sup>-1</sup> con 24 % de proteína y las densidades de 100,000 y 50,000 plantas ha<sup>-1</sup>, fue la que presentó menor porcentaje de proteína cruda con 23 % ( $p < 0.05$ ). Se concluye que

el momento óptimo de corte es a los 36 días de rebrote cuando el chepil se siembra a una densidad de 100,000 plantas ha<sup>-1</sup>, y cosechada en la frecuencia de 36 días de rebrote ya que se obtiene el 95 % de radiación interceptada y mayor una buena calidad entre características del rendimiento y químicas principalmente proteína cruda.

**Palabras claves:** leguminosa, densidad de siembra, frecuencia de cortes, radiación interceptada

## 6.2 INTRODUCCIÓN

En México es necesario la búsqueda de diferentes fuentes de proteína no convencional (Galindo *et al.*, 2005; Sosa-Pérez *et al.*, 2017). En los países subdesarrollados las fabáceas tropicales son alternativa accesible y económicamente viable para la alimentación humana y animal (Renté-Martí *et al.*, 2020; Pincay-Ganchozo *et al.*, 2021). En la alimentación animal, las leguminosas contienen compuestos nutricionales y complementan los requerimientos de rumiantes y no rumiantes, durante las diferentes épocas del año; también son utilizadas como cobertura vegetal, para la fitorremediación y como transición agroecológica en una agricultura sustentable (Voisin *et al.*, 2014; Ruiz *et al.*, 2015; Almeida-Santos *et al.*, 2019).

En América, se han reportado aproximadamente 89 especies del género *Crotalaria*, en el trópico y subtrópico (Avendaño, 2011), de importancia en el sector alimenticio, bionergético (Zegada-Lizarazu *et al.*, 2010), en la medicina y como ornamentales. Algunas de éstas especies se caracterizan por presentar rápida producción de biomasa (Parenti *et al.*, 2021), son tolerantes a la sequía, resistentes a nematodos y otras plagas, con altos porcentajes de germinación, lo que a su vez influye en el rendimiento y calidad de la materia seca producida (Wang *et al.*, 2002; Kamireddy *et al.*, 2013). Estudios realizados en *C. juncea* muestran rendimientos promedio de 7 t MS ha<sup>-1</sup>, que entre los 40 y 60 días de desarrollo presenta 7 t ha<sup>-1</sup> en promedio de materia seca por corte aportando hasta 176.37 kg ha<sup>-1</sup> de N ha<sup>-1</sup>, además de que la hoja contiene 27 % de proteína (Almeida-Santos *et al.*, 2019).

El chepil, chipil, chipile o chipilin (*Crotalaria longirostrata* Hook. & Arn.) es endémico de Centro América, donde se consume como hortaliza de hoja verde (Camarillo-Castillo y Mangan, 2020). En el sur de México se utiliza en la cocina tradicional (Chávez-Quiñones *et al.*, 2009), es una especie herbacea que anualmente se desarrolla durante la época de lluvia y se recolecta de forma silvestre, a veces se encuentra asociado con la milpa o es semicultivado como arbusto y con manejo agronómico puede ser bianual o perenne. Las semillas de chepil presentan baja germinación de 12.3 a 80 % (Rojas-García *et al.*, 2021) y las hojas alto contenido de proteína de 30.6 a 38.3 % (Arias *et al.*, 2003 Jiménez-Aguilar y Grusak, 2015) siendo de alta calidad como la alfalfa; sin embargo, existen pocos estudios

relacionados con el rendimiento de materia seca, calidad física y química (Pérez-Cornelio *et al.*, 2016).

El chepil podría ser considerada la alfalfa del trópico e implementarse en la alimentación animal, agregada principalmente en la dieta en forma de harina, en verde o ensilado pues es tolerante a la sequía, suelos pobres en materia orgánica y las semillas soportan la quema (Rojas-García *et al.*, 2021), lo que la hace una especie alternativa para la época de estiaje. El objetivo de esta investigación fue evaluar el rendimiento y calidad química del chepil (*Crotalaria longirostrata* Hook. & Arn), a diferentes densidades de plantas y frecuencia de corte para obtener el momento óptimo de cosecha.

### **6.3 MATERIALES Y MÉTODOS**

La investigación se realizó en las parcelas experimentales y en el laboratorio de Nutrición Animal, en la Facultad de Medicina Veterinaria No. 2 de la Universidad Autónoma de Guerrero, ubicada en Cuajinicuilapa, Guerrero, México (16° 28' 28" LN y 98° 25' 11.27" LO, a 46 msnm). El clima de la región está clasificado Aw y denominado trópico seco (García, 2004). La temperatura y precipitación fueron registradas en la estación agro-meteorológica de Conagua ubicada a 2 km de las parcelas experimentales, reportando una temperatura media anual en el periodo de

estudio de 27.5 °C y una precipitación acumulada en el periodo de estudio de 668 mm.

Las vainas maduras de chepil (*C. longirostrata*) se recolectaron de plantas silvestres, durante los meses de enero a mayo de 2020. La siembra se realizó el 01 de junio del mismo año, en charolas de poli estireno (unicel) de 3 L de capacidad, se usó como sustrato una mezcla de 50:50 v/v de estiércol composteado y tierra de río, en cada charola se colocaron 2 kg de sustrato posteriormente se asperjaron 60 g de semillas y se cubrieron con sustrato aproximadamente 0.2 cm, se regaron a capacidad de campo, repitiendo los riegos cada dos días, en total se sembraron 10 charolas. A los 30 días teniendo entre 15 y 20 cm de altura se procedió al trasplante en campo. El 29 de junio se delimitó y trasplantaron las parcelas experimentales siendo los tratamientos con: 200,000; 100,000 y 50,000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Cada parcela midió 3 x 3 m, y se estableció una para cada semana de evaluación (10 parcelas), en un diseño completamente al azar, con tres repeticiones. Para obtener cada densidad, la separación entre plantas fue de 10, 20 y 30 cm; y de 50 cm entre surcos. El control de malezas se realizó con ayuda de un azadón, cada vez que el cultivo lo necesitó. No se empleó fertilizantes ni agroquímicos, se aplicaron riegos de auxilio por goteo cada tercer día. A los 50 días después del trasplante, se realizó un corte de uniformidad, dejando una altura remanente de 40 cm. Las variables se evaluaron a partir de los 15 días después del corte de

uniformidad con intervalos de una semana hasta la semana 10 o inicios de la floración quedando a los muestreos para rendimiento de forraje a 15, 22, 29, 36, 43, 50, 57, 64, 71 y 79 días después del corte, mientras que, para la composición bromatológica se realizaron cada dos semanas: 15, 29, 43, 57 y 71 días después del corte.

### **6.3.1 Variables evaluadas**

#### **6.3.1.1 Rendimiento de materia seca total, hoja y tallo**

Para calcular esta variable se realizaron dos muestreos destructivos al azar en un metro lineal. Para ello se cortó el forraje dejando la altura remanente de 40 cm en cada parcela experimental. De la muestra de rendimiento total se obtuvo el 20 %, donde se separó en sus componentes morfológicos: hoja y tallo, se colocaron en bolsas de papel, se etiquetaron y se depositaron en una estufa eléctrica (FAITHFULL, WGLL-230BE) a una temperatura de 55 °C, hasta peso constante.

#### **6.3.1.2 Altura de planta**

Se midieron 20 alturas con una regla graduada en cm, en cada parcela experimental tomando como medida el componente morfológico más alto.

### **6.3.1.3 Radiación interceptada**

Un día antes de cada corte, se tomaron al azar cinco medidas de radiación interceptada, con el método de la regla de madera, colocando una regla graduada (100 cm) en el suelo en medio de las parcelas experimentales, de surco a surco, abajo del dosel vegetal (Maldonado-Peralta *et al.*, 2019).

### **6.4.1.4 Tasa de crecimiento**

Se determinó mediante los datos obtenidos en la variable rendimiento de materia seca total de cada uno de los tratamientos evaluados, con la siguiente formula:

$$TC= R / T$$

Dónde: TC= tasa de crecimiento promedio estacional ( $\text{kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ); R= rendimiento estacional ( $\text{kg MS ha}^{-1}$ ) y T= días transcurridos de un corte a otro.

### **6.3.1.4 Relación hoja:tallo**

Se obtuvo a partir de la composición morfológica, al dividir el componente seco de hoja entre tallo.

### **6.3.1.5 Composición química**

Se determinó con los métodos de AOAC (2005): MS (método 930.15), cenizas (método 942.05), proteína cruda (PC; método 984.13). La fibra detergente neutro

(FDN) y fibra detergente ácido (FDA) se evaluaron con la metodología ANKOM Technology según Van Soest *et al.* (1991).

### **6.3.2 Análisis estadístico**

El diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones. Los datos se analizaron con el procedimiento utilizado fue PROC GLM de (SAS, (2011), donde los efectos de densidad de siembra y frecuencia de corte, se consideraron como fijos. La comparación múltiple de Las medias de los tratamientos se realizó compararon con mediante la prueba de Tukey ( $\alpha = p < 0.05$ ).

## **6.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El rendimiento de materia seca total de chepil se observa en la Figura 1 encontrando diferencias estadísticas entre la densidad de siembra y estadios de corte ( $p < 0.05$ ). Para la frecuencia de corte de 64 días las tres densidades presentaron el mayor rendimiento con 3,406, 3,500 y 4,200kg MS ha<sup>-1</sup>, para 200,000, 100,000 y 50,000 plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente ( $p < 0.05$ ). Posteriormente tendieron a disminuir por la pérdida de las hojas inferiores del dosel vegetal, causado por la senescencia o el inicio de la floración. Otra situación de tendencia en el comportamiento de rendimiento es que el chepil desarrolla la bifurcación del tallo en el día 34 después de la siembra y existe competencia inter-específica por recursos de agua, luz, nutrientes.

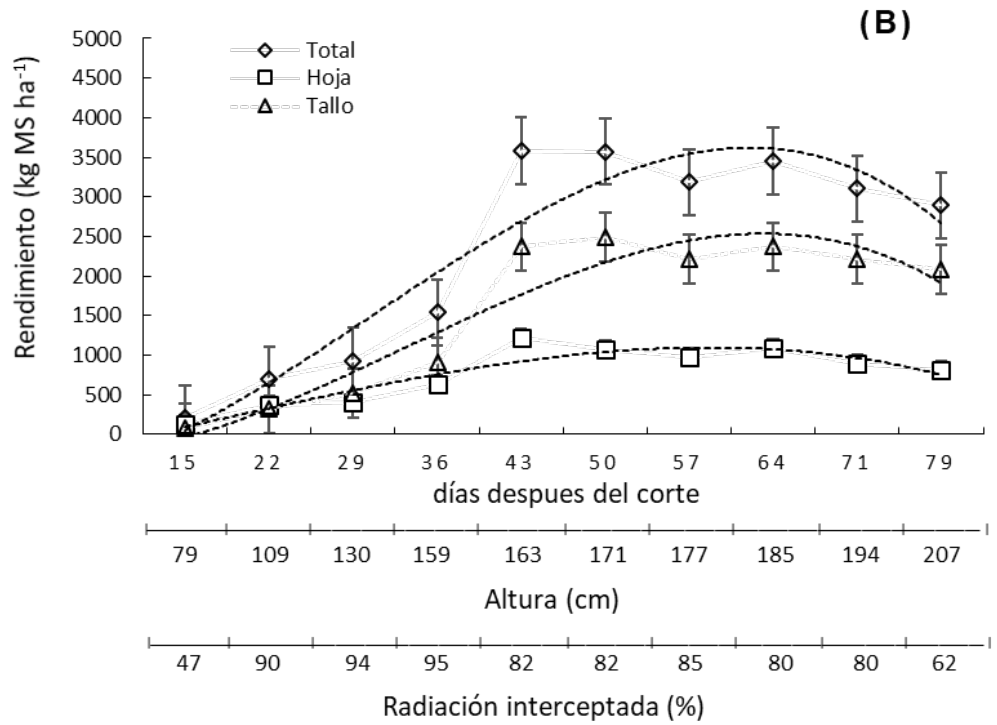
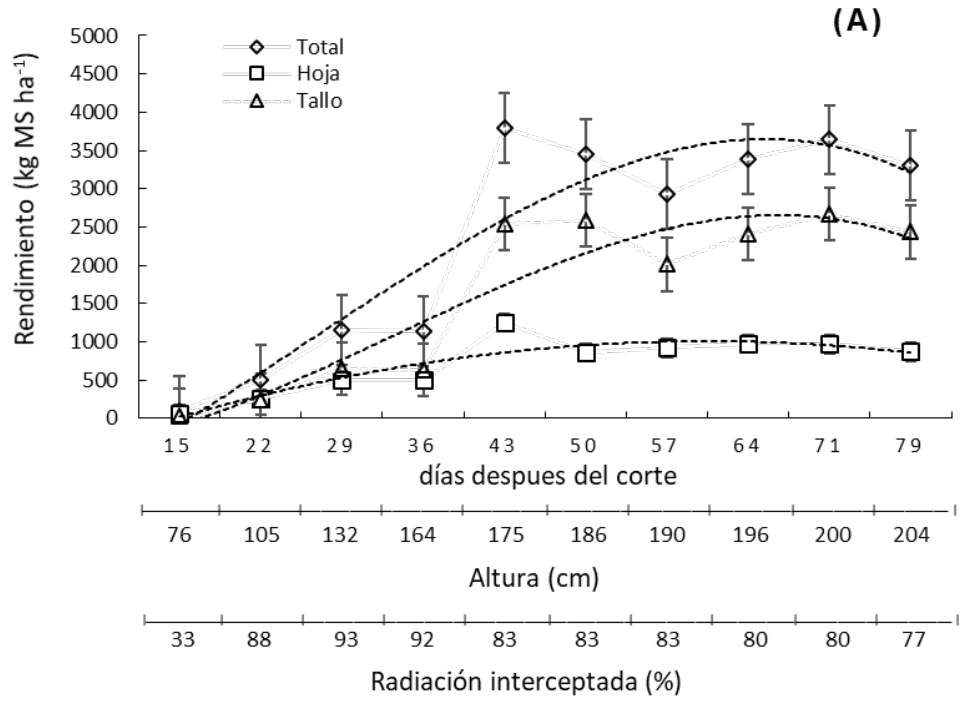
Alonso y Paniagua (2010) reportaron promedios inferiores de 1,401 kg MS ha<sup>-1</sup> a los 128 días de siembra en alfalfa. Por su parte, Godoy *et al.* (2012) en *Arachis pintoi* obtuvieron valores superiores a los de esta investigación con 7,084 y 12,480 kg MS ha<sup>-1</sup> a los 60 y 75 días de edad de rebrote, respectivamente. Otros investigadores como Romero *et al.* (2013) informan valores inferiores de la leguminosa clitoria (*Clitoria tenatea*) con 1,800 kg MS ha<sup>-1</sup>. Rojas *et al.* (2017) reportaron rendimiento mayor de variedades de alfalfa (*Medicago sativa L.*) en la estación verano con promedio anual 6,246 kg MS ha<sup>-1</sup> y Lagunes *et al.* (2019) reporta valor promedio similar a esta investigación, con 2,668 kg MS ha<sup>-1</sup> en diferentes leguminosas.

Para el rendimiento del componente hoja se observó que la densidad que presentó mayor porcentaje de hoja fue la de 50,000 con 38.13 % seguido de 100,000 y 200,000 plantas ha<sup>-1</sup> con 37.76 y 37.19 % de hojas. Para el frecuencia de corte de los días 15 al 36, las tres densidades presentaron el mayor porcentaje de hoja que ronda entre el 60 y 40 % ( $p < 0.05$ ). Caso contrario ocurrió en el componente tallo teniendo mayor rendimiento después de la frecuencia de corte de 64 días con un promedio de 73 % de tallo en las tres densidades de siembra ( $p < 0.05$ ). Por su parte Rojas *et al.* (2017) reportaron el rendimiento de alfalfa (*Medicago sativa L.*) obteniendo un promedio de 45 % de hojas en la frecuencia de corte de 29 días muy parecido a la de esta investigación.

La altura de la pradera de chepil en diferentes densidades de siembra y estadios de corte se observa en la Figura 1. La frecuencia de corte de 43 a los 79 días las plantas presentaron mayor altura (163 a 203 cm) independientemente de la densidad de plantas ( $p < 0.05$ ). Sin embargo, en la densidad de 200,000 plantas  $ha^{-1}$  se observó que la mayor altura promedio fue de 163 cm y la densidad de plantas de 50,000 plantas  $ha^{-1}$  la menor con 154 cm ( $p < 0.05$ ). Probablemente el mayor crecimiento de las plantas en estas densidades se dió por la competencia inter-específica por luz aumentando las plantas su altura en la densidad de siembra más densa. Investigadores como Pincay-Ganchozo *et al.* (2021) en una investigación utilizando diferentes métodos de escarificación en *Clitoria ternatea* reportan plantas con el mismo comportamiento en alturas obteniendo la mayor altura en el corte a 75 días con 79 cm. Sosa *et al.* (2008) reportan en leguminosas tropicales una relación entre altura de la planta con el rendimiento de materia seca, como lo observado en este ensayo.

Se observa la radiación interceptada de chepil al variar la densidad de plantas y estadios de corte en la Figura 1. La densidad de siembra de 100,000 plantas  $ha^{-1}$  interceptó el 95 % de radiación incidente en la frecuencia de corte de 36 días y posteriormente disminuyó hasta 62 % de radiación interceptada en la frecuencia de corte de 79 días ( $p < 0.05$ ). Las densidades de siembra con la mayor radiación interceptada promedio fue 100,000 y 200,000 plantas  $ha^{-1}$  con 80 y 79 %, respectivamente y la densidad de 50,000 plantas  $ha^{-1}$ , fue la que presentó menor porcentaje de radiación interceptada promedio de 73 %. Este comportamiento se

debe posiblemente por la pérdida de hojas inferiores del dosel vegetal, madurez de la planta y competencia entre plantas (Maldonado-Peralta *et al.*, 2019). Varios investigadores reportan una radiación interceptada óptima del 95 % consignando que es cuando se encuentran las mejores características estructurales de la pradera de leguminosa (Rojas *et al.*, 2017). Por otra parte, Alonso y Paniagua (2010) reportan valores similares de radiación interceptada de leguminosa con un promedio de 90 %.



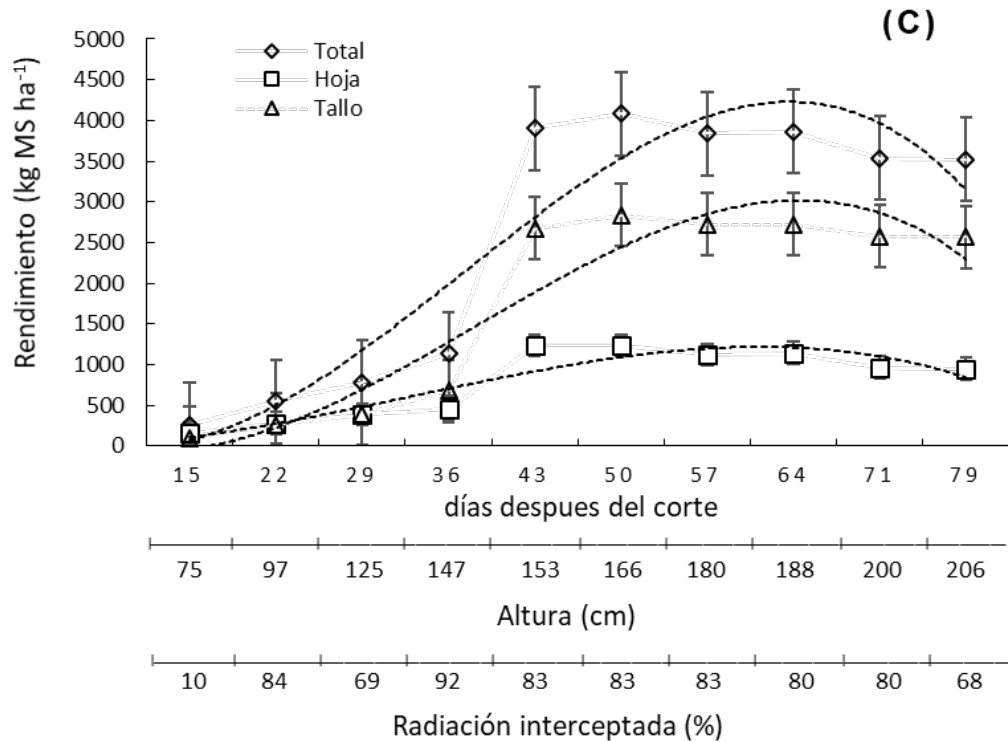


Figura 6.1. Rendimiento total, de hoja y de tallo (kg MS ha<sup>-1</sup>), altura de la planta (cm) y radiación interceptada (%) de chepil sembrado a 200,000 (A), 100,000 (B) y 50,000 (C) plantas ha<sup>-1</sup>.

En el Cuadro 1 se muestra la tasa de crecimiento de chepil al variar la densidad de plantas y estadios de corte. Se encontraron diferencias estadísticas entre las densidades de plantas ( $p < 0.05$ ), obteniendo la mayor tasa de crecimiento, la densidad de 50,000 plantas ha<sup>-1</sup> con 65 kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> y la densidad de 200,000 y 100,000 p ha<sup>-1</sup>, presentaron menor tasa de crecimiento con 59 kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. De la frecuencia de corte de 15 a los 36 días, las tres densidades de siembra mostraron un crecimiento lento disparándose en la frecuencia de corte de 43 días para

posteriormente disminuir conforme transcurrió el periodo experimental, este comportamiento de debe posiblemente al proceso de recuperación al realizar el corte de uniformización, dejando una altura de la planta remanente de 40 cm. Por otra parte, la mayor tasa de crecimiento se observa en el frecuencia de corte de 43 días en la densidad de siembra de 50,000 plantas ha<sup>-1</sup> con 91 kg MS ha<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> (p < 0.05). Sánchez *et al.* (2019), reportaron en alfalfa, a los 45 días de rebrote una tasa de crecimiento de 25 kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> en invierno y 70 kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> en verano; resultados similares a lo reportado en esta investigación.

Cuadro 6.1. Tasa de crecimiento (kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) en chepil (*Crotalaria longirostrata*) cultivado a diferentes densidades de plantas y frecuencias de corte.

Densidad de siembra (plantas ha <sup>-1</sup> )				
Edad de plantas	T1: 200,000	T2: 100,000	T3: 50,000	Promedio
15	6 F c	14 E b	17 F a	12 F
22	29 E b	32 DE a	25 E c	29 E
29	40 CD a	32 DE b	27 E c	33 DE
36	32 DE a	43 D a	31 E a	35 D
43	88 A ab	83 A b	91 A a	87 A
50	69 B b	71 B b	82 B a	74 B
57	51 C b	56 C b	67 C a	58 C

64	53 C b	54 C b	60 C a	56 C
71	52 C a	44 D b	50 D a	49 CD
79	42 D ab	37 DE b	45 D a	41 D
Promedio	59 b	59 b	65 a	

A, B, C= Medias con la misma literal mayúscula en una misma columna, no son diferentes ( $P > 0.05$ ); a, b, c= Medias con la misma literal minúscula en una misma hilera, no son diferentes ( $P > 0.05$ ).

La relación hoja:tallo de chepil al variar la densidad de siembra y frecuencia de corte se observa en el Cuadro 2. Se encontraron diferencias estadísticas entre el frecuencia de corte y las densidades de siembra ( $p < 0.05$ ). La relación hoja:tallo fue mayor en 50,000 y 100,000 plantas  $ha^{-1}$  con 0.70 y la densidad de 200,000 plantas  $ha^{-1}$  fue la que presentó menor porcentaje en relación hoja:tallo con 0.68 ( $p < 0.05$ ). Para el frecuencia de corte de 15 y 22 días las tres densidades presentaron la mayor relación hoja:tallo con 1.61 y 1.18, respectivamente; mientras que la densidad de 50,000 plantas  $ha^{-1}$  en el frecuencia 15 mostró la mayor relación hoja:tallo con 1.67 ( $p < 0.05$ ) y los estadios de corte 71 y 79 días presentaron la menor relación hoja:tallo, esto posiblemente por la pérdida de hojas inferiores del dosel vegetal, causado por la senescencia o el inicio de la floración.

Rojas *et al.* (2017) reportaron valores parecidos en la relación hoja:tallo de variedades de alfalfa en las estaciones de verano y otoño, 0.92 y 1.46, respectivamente. Otros investigadores como Lagunes *et al.* (2019) observaron valores de 1.36 de relación hoja:tallo, relacionado en esta investigación en los estadios de corte de 15 y 22 días.

Cuadro 6.2. Relación hoja:tallo en chepil (*Crotalaria longirostrata*) cultivado a diferentes densidades de plantas y frecuencias de corte.

Densidad de siembra (plantas ha <sup>-1</sup> )				
Edad plantas	T1: 200,000	T2: 100,000	T3: 50,000	Promedio
15	1.58 A b	1.57 A b	1.67 A a	1.61 A
22	1.17 A b	1.20 A a	1.16 A b	1.18 B
29	0.79 B b	0.82 B b	1.04 B a	0.88 C
36	0.80 B a	0.69 C b	0.67 C b	0.72 C
43	0.49 C b	0.52 C a	0.47 D b	0.49 D
50	0.34 C b	0.44 D a	0.44 D a	0.41 D
57	0.46 C a	0.45 E a	0.41 D b	0.44 D
64	0.41 C b	0.46 E a	0.42 D b	0.43 D
71	0.37 C b	0.41 E a	0.38 E b	0.39 E
79	0.36 C c	0.39 F a	0.37 E b	0.37 E
Promedio	0.68 b	0.70 a	0.70 a	

A, B, C= Medias con la misma literal mayúscula en una misma columna, no son diferentes ( $P>0.05$ ); a, b, c= Medias con la misma literal minúscula en una misma hilera, no son diferentes ( $P>0.05$ )

En el Cuadro 3 se observa el porcentaje de proteína cruda, fibra detergente ácida y fibra detergente neutra de chepil al variar la densidad de plantas y estadios de corte. La densidad de plantas con mayor promedio de proteína cruda fue la de 200,000 plantas  $ha^{-1}$  con un 24 % y las densidades de 100,000 y 50,000 plantas  $ha^{-1}$ , con el menor porcentaje con 23 % ( $p < 0.05$ ). Independientemente de las densidades de plantas, en las frecuencias de corte más jóvenes, de 15 a 22 días, la proteína cruda fue mayor con un promedio de 29 a 27 %, respectivamente, y en la frecuencia de corte de 71 días se observó el menor porcentaje con 17 % ( $p < 0.05$ ). Esto pudo estar dado por la pérdida de hojas inferiores del dosel vegetal y el aumento de tallos, el cual posee mayor porcentaje de celulosa, hemicelulosa y lignina, reduciendo la calidad de la planta.

Varios investigadores (Alonso y Paniagua, 2010; Godoy *et al.*, 2012; Romero *et al.*, 2013; Portillo *et al.*, 2019; Lagunes *et al.*, 2019) reportaron valores similares en leguminosas en porcentaje de proteína que oscilan de 28 a 14 % entre los estadios de corte de 30 a 75 días de edad, respectivamente con un comportamiento similar a la de esta investigación. Sin embargo, Balseca *et al.* (2015) reportó promedio de 8.26 % de PC en leguminosas inferior a esta investigación.

Cuadro 6.3. Porcentaje de proteína cruda, fibra detergente neutra, ácida de chepil (*Crotalaria longirostrata*) cultivado a diferentes densidades de plantas y frecuencias de corte.

(plantas ha <sup>-1</sup> )				
Proteína cruda (%)				
Edad de planta	T1: 200,000	T2: 100,000	T3: 50,000	Promedio
15	30A a	29A a	29A a	29 <sup>a</sup>
29	28A a	28A a	26AB b	27AB
43	25B a	21B b	20B b	22B
57	20C a	19B b	20B a	20B
71	19C a	19B a	19B a	19B
Promedio	24 a	23 b	23 b	
Fibra detergente neutra (%)				
15	41B b	42B a	41B b	41 C
29	48B a	42B b	48B a	46 B
43	53AB b	59A a	62A a	58 A
57	57A ab	61A a	62A a	60 A
71	60A a	60A a	60A a	60 A
Promedio	52 b	53 b	55 a	
Fibra detergente ácida (%)				
15	35B a	36AB ab	35B a	35B
29	38AB a	30B b	29C a	32C

43	33B a	37AB a	41AB a	37AB
57	38AB a	40A a	42A a	40 <sup>a</sup>
71	40A a	39A a	44A a	41 <sup>a</sup>
Promedio	37 b	37 b	38 a	

A, B, C= Medias con la misma literal mayúscula en una misma columna, no son diferentes ( $P > 0.05$ ); a, b, c= Medias con la misma literal minúscula en una misma hilera, no son diferentes ( $P > 0.05$ )

Por otra parte, la densidad de siembra con mayor porcentaje de fibra detergente neutra fue la de 50,000 plantas  $ha^{-1}$  con 55 % (Cuadro 3;  $p < 0.05$ ) y la densidad de 200,000 plantas  $ha^{-1}$ , fue la que presentó menor porcentaje con 52. Los estadios de corte, el día 43, 57 y 71 presentaron el mayor porcentaje de FDN con 58, 60 y 60, respectivamente ( $p < 0.05$ ). Romero *et al.* (2013) y Portillo *et al.* (2019) realizaron investigación en *Clitoria ternatea* y encontraron porcentaje inferiores a esta investigación, pero con el mismo comportamiento de aumentar conforme pasa el tiempo de rebrote de FDN de 25 y 40 % a los 30 y 60 días desde la siembra, respectivamente. Valles-De la Mora *et al.*, (2014) en investigación realizada en *Cratylia argentea*, encontraron valor promedio de 57.48 % de FDN relacionados con esta investigación al igual que Lagunes *et al.* (2019) reportaron un 64.25 % de FDN. Sin embargo, Balseca *et al.*, (2015) obtuvieron promedio superior de 71 de FDN.

Comportamiento similar se presentó en la fibra detergente ácida, teniendo que la densidad de siembra con mayor porcentaje de fibra detergente acida fue la de 50,000 plantas ha<sup>-1</sup> con 38 % (Cuadro 3;  $p < 0.05$ ) y las densidades de 100,000 y 200,000 plantas ha<sup>-1</sup> presentaron el menor porcentaje con un promedio de 37 %. Los estadios de corte con el mayor y menor porcentaje de fibra detergente asida fueron a los 71 y 15 días con 41 y 35 %, respectivamente.

Romero *et al.* (2013) realizaron investigación en *Clitoria ternatea* y encontraron porcentaje inferiores de FDA, que van de 18, 25 y 25 % a los 30, 60 y 75 días de edad de la planta, respectivamente comportamiento parecido a la de esta investigación. Valles-De la Mora *et al.* (2014) en investigación realizada en época de lluvia en *Cratylia argentea* encontraron valor promedio similar a esta investigación de 37.35 % de FDA. Portillo *et al.* (2019) en trébol blanco (*Trifolium repens* L.), trébol rojo (*Trifolium pratense* L.) y vicia (*Vicia sativa* L.) en época de baja precipitación encontraron porcentajes superiores de FDA, que oscilan de 30.1 a 38.2 % de FDA. Sin embargo, Lagunes *et al.* (2019) reportó valor promedio superior de 42.25 % de FDA.

El porcentaje de materia seca y cenizas de chepil al variar la densidad de plantas y frecuencia de corte se observa en el Cuadro 4. En general la densidad de siembra de 100,000 plantas ha<sup>-1</sup> obtuvo el mayor porcentaje promedio de materia seca con 22 % mientras que las densidades de 200,000 y 50,000 plantas ha<sup>-1</sup> los menores

con 21 % ( $p < 0.05$ ). En la frecuencia de corte de 71 días se obtuvo el mayor porcentaje de MS mientras que la frecuencia de corte en el día 15 el menor con 24 y 17 %, respectivamente ( $p < 0.05$ ). En cuanto a ceniza en chepil, se encontraron diferencias estadísticas entre la frecuencia de corte disminuyendo conforme paso la frecuencia de corte con el mayor porcentaje en el día 29 (7 %) y menor en el día 71 con 5 % de cenizas, sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticas entre densidades de plantas con un promedio de 6 % de cenizas ( $p < 0.05$ ). Promedios similares lo reportaron Fernández y Sánchez (2017) en frijol encontraron porcentajes en promedio de 8 % de cenizas.

Cuadro 6.4. Porcentaje de materia seca y cenizas de chepil (*Crotalaria longirostrata*) cultivado a diferentes densidades plantas y frecuencias de corte.

Densidad de plantas (plantas ha-1)				
Materia seca (%)				
Edad de planta	T1: 200,000	T2: 100,000	T3: 50,000	Promedio
15	17B	18B	17C	17B
29	18B	18B	19B	18B
43	22AB	24A	23a	23 <sup>a</sup>
57	22AB	24A	21AB	22AB
71	24A	25A	24a	24 <sup>a</sup>
Promedio	21b	22a	21b	

Cenizas (%)				
15	6AB b	6AB a	6A a	6AB
29	7A a	7A a	6A b	7a
43	4B b	7A a	6ABb	6B
57	7A a	5B c	5B b	6B
71	5ABa	5B b	5ABb	5C
Promedio	6 a	6 a	6 a	

A, B, C= Medias con la misma literal mayúscula en una misma columna, no son diferentes ( $P>0.05$ ); a, b, c= Medias con la misma literal minúscula en una misma hilera, no son diferentes ( $P>0.05$ ).

## 6.5 CONCLUSIÓN

Se concluye que el momento óptimo de corte para forraje es cuando el chepil se siembra a una densidad de 100,000 plantas  $ha^{-1}$  y cosechada en la frecuencia de 36 días después del corte de uniformidad rebrote ya que se obtiene el 95 % de radiación interceptada y una buena calidad entre características del rendimiento y composición bromatológica principalmente proteína. Se recomienda seguir con investigaciones futuras con altura remanente, más tiempo de cosechas y ganancia de peso en rumiantes.

## 6.6 LITERATURA CITADA

- Almeida-Santos, L. E., J. Obrador-Olán J., E. García-López, M. Castelán-Estrada, y E. Carrillo-Ávila. 2019. Cultivation and incorporation of *Crotalaria juncea* L. in a sugarcane culture soil in the Chontalpa, Tabasco, México. *Agroproductividad* 12: 87-93. <https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1475>
- Alonso, G. L.A., y P. L. Paniagua, A. 2010. Efectos de dosis de calcáreo sobre el comportamiento productivo y calidad de la alfalfa. *Investigación Agraria* 12: 35-39. <https://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/17/15>
- AOAC (Association of Official Analytic Chemists). 2005. Official methods of analysis. 18 th ed. Association of Official Analytic Chemists, Washington, D. C., USA. 1094 p.
- Arias, L., H. Losada, A. Rendón, D. Grande, J. Vieyra, R. Soriano, J. Rivera and J. Cortés. 2003. Evaluation of Chipilín (*Crotalaria longirostrata*) as a forage resource for ruminant feeding in the tropical areas of Mexico. *Livestock Research for Rural Development* 15: 1-9. <https://lrrd.cipav.org.co/lrrd15/4/aria154.htm>
- Avendaño, N. 2011. Revisión taxonómica del género *Crotalaria* L. (Faboideae-Crotalarieae) en Venezuela. *Acta Botanica Venezuelana* 34: 13-78. <http://ve.scielo.org/pdf/abv/v34n1/art02.pdf>
- Balseca, D. G., G. Cienfuegos, E., B. López, H., P. Guevara, H. y C. Martínez, J. 2015. Valor nutricional de Brachiarias y leguminosas forrajeras en el trópico

húmedo del Ecuador. Ciencia e Investigación Agraria 42: 57-63. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202015000100006>

Camarillo-Castillo, F., and F. Mangan. X. 2020. Biological nitrogen fixation in chipilín (*Crotalaria longirostrata* Hook. & Arn), a sustainable nitrogen source for commercial production. Revista Chapingo Serie Horticultura 26: 125-141. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2020.01.002>.

Chávez-Quiñones, E., J. Roldan-Toriz, B. E. Sotelo-Ortiz, J. Ballinas-Díaz, y E. J. López-Zúñiga. 2009. Plantas comestibles no convencionales en Chiapas, Mexico. Revista Salud Publica y Nutricion 10: 1-11. <https://www.medigraphic.com/pdfs/revsalpubnut/spn-2009/spn092g.pdf>

Fernández, V. A. F., y E. Sánchez, C. 2017. Estudio de las propiedades fisicoquímicas y calidad nutricional en distintas variedades de frijol consumidas en México. Nova scientia 9: 133-148. <https://doi.org/10.21640/ns.v9i18.763>

Galindo, J., D. Delgado, R. Pedraza, y D. García E. 2005. Impacto de los árboles, los arbustos y otras leguminosas en la ecología ruminal de animales que consumen dietas fibrosas. Pastos y Forrajes 28: 59–68. <https://www.redalyc.org/pdf/2691/269121628005.pdf>

García E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 4 (ed). Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 217 p.

- Godoy E. V., A. Barrera, A., R. Vivas, M., J. Quintana, Z., M. Peña, G., L. Villota, G., L. Casanova, F. y J. Avellaneda, C. 2012. Evaluación fenológica y digestibilidad *in vivo* de la leguminosa forrajera (*Arachis pintoii*) en diferentes edades de corte. Ciencia y Tecnología 5: 7-16. <https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/124/138>
- Jiménez-Aguilar, D. M., and M. Grusak A. 2015. Evaluation of minerals, phytochemical compounds and antioxidant activity of Mexican, Central American and African green leafy vegetables. Plant Foods Hum Nutr. 70: 357-364. doi: 10.1007/s11130-015-0512-7.
- Kamireddy, S. R., J. Li, S. Abbina, M. Berti, M. Tucker, Y. Ji. 2013. Converting forage sorghum and sunn hemp into biofuels through dilute acid pretreatment. Industrial Crops and Products 49: 598–609. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.06.018>
- Lagunes, R. S. A., J. D. Guerrero, R., J. O. Hernández, V., J. J. M. Ramírez, G., D. V. García, B. y A. Alatorre, H. 2019. Rendimiento de materia seca y valor nutritivo de cuatro leguminosas herbáceas en la zona tropical de Hueytamalco, Puebla, México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 10: 1042-1053. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i4.4660>
- Maldonado-Peralta, M. A., A. R. Rojas-García, P. Sánchez-Santillán, M. B. Bottini-Luzardo, N. Torres-Salado, J. Ventura-Ríos, S. Joaquín-Cancino, y M. J. Luna-Guerrero. 2019. Growth analysis of Cuba grass OM-22 (*Pennisetum*

*purpureum* x *Pennisetum glaucum*) in the dry tropics. *Agroproductividad* 12:17-22. <http://dx.doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1445>

Parenti, A., G. Capelli, W. Zegada-Lizarazu, C. Sastre M., M. Christou, A. Monti, and F. Ginaldi. 2021. SunnGro: A new crop model for the simulation of sunn hemp (*Crotalaria juncea* L.) grown under alternative management practices. *Biomass and Bioenergy* 146: 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.105975>

Pérez-Cornelio, B. A., L. C. Lagunes-Espinoza, E. C. Villarreal-Ibarra, G. I. Bolio, E. D. Bolaños-Aguilar, y M. Hernández-Villegas. 2016. Acumulación de biomasa, concentración de proteína y alcaloides totales en chipilín durante su crecimiento. En: *Innovación Tecnológica para la seguridad*. J H Martínez, MA Ramírez-Guillermo, J Cámara-Córdova (eds). Primera edición. Villahermosa Tabasco: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco e Instituto Nacional de Investigaciones forestales, Agrícolas y Pecuarias. 13 p.

Pincay-Ganchozo, R. A., R. A. Luna-Murillo, K. A. Espinosa C., y H. O. Espinales S. 2021. Escarificación química y biológica en la emergencia y crecimiento de *Clitoria ternatea*. *Centro Agropecuario* 48: 53-59. <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v48n3/0253-5785-cag-48-03-53.pdf>

Portillo, L. P.A., D. H. Meneses, B., S. P. Morales, M., M. M. Cadena, G., y E. Castro, R. 2019. Evaluación y selección de especies forrajeras de gramíneas y leguminosas en Nariño, Colombia. *Pastos y Forrajes* 42: 93-103.

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942019000200093](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942019000200093)

Renté-Martí, O., R. Pablos P, and V. Corrales Y. 2020. *Canavalia ensiformis* (L): en propiedades químicas de un suelo fluvisol diferenciado. Revista científica del Amazonas 3: 65-75. <https://doi.org/10.34069/RA/2020.6.05>

Rojas-García, A. R., M. A. Maldonado-Peralta, P. Sánchez-Santillán, M. A. Ayala-Monter, P. Álvarez-Vázquez, y O. Ramírez-Reynoso. 2021. Scarification treatments in chepil seeds (*Crotalaria longirostrata* Jook. & Arn.) used to improved their germination. Agroproductividad 14: 67-72. <https://doi.org/10.32854/agrop.v14i2.1966>

Rojas, G. A.R., N. Torres, S., J. Cansino, S., A. Hernández, G., M. A. Maldonado, P. y P. Sánchez, S. 2017. Componentes del rendimiento en variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). Agrociencia 51: 697-708. <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v51n7/1405-3195-agro-51-07-00697.pdf>

Romero, N., Leonard, I., L. Ramírez, J., y Córdova, A. 2013. Rendimiento y calidad de la *Clitoria ternatea* en un suelo arcilloso del estado Falcón, Venezuela. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria 14: 1-10. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63632377004.pdf>

Ruiz, T. E., G. Febles, y J. Alonso. 2015. Estudios con leguminosas, un informe a la ciencia durante los cincuenta años del Instituto de Ciencia Animal. Revista

Sánchez, S. P., M. A. Maldonado, P., A. R. Rojas, G., N. Torres, S., J. Herrera, P., M. B. Bottini, L., C. Y. Wilson, G. y A. R. Quero, C. 2019. Productividad de variedades de alfalfa en el valle de México. *Acta Universitaria* 29: 1-11.

<https://doi.org/10.15174/au.2019.2202>

SAS Institute, Inc. 2011. *Statistical Analysis Software (SAS/STAT)*. Version 9.33 Ed. Cary, NC. USA. 528 pp.

Sosa, R. E. E., E. Cabrera T., D. Pérez, R. y L. Ortega, R. 2008. Producción estacional de materia seca de gramíneas y leguminosas forrajeras con corte en el estado de Quintana Roo, México. *Técnica Pecuaria en México* 46: 413-426. <https://www.redalyc.org/pdf/613/61346406.pdf>

Sosa-Pérez, G., S. López-Ortiz, P. Pérez-Hernández, C. Cortez-Romero, J. Gallegos-Sánchez. 2017. Uso de frutos tropicales (Fabaceae) completo alimenticio de pequeños rumiantes. *Agroproductividad* 10: 37-41.

<https://revista->

[agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/950/809](https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/950/809)

Valles-De la Mora, B., E. Castillo, G., E. Ocaña, Z., y J. Jarillo, R. 2014. *Cratylia argentea*: un arbusto forrajero potencial en sistemas silvopastoriles: Rendimiento y calidad de accesiones según las edades de rebrote y

estaciones climáticas. Revista Chapingo 20: 277-293.  
<https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2013.11.040>

Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 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)

Voisin, A. S., J. Guéguen, C. Huyghe, M. H. Jeuffroy, M. B. Magrini, J. M. Meynard, C. Mougé, S. Pellerin, and E. Pelzer. 2014. Legumes for feed, food, biomaterials and bioenergy in Europe: a review. *Agronomy for Sustainable Development* 34: 361–380. DOI:10.1007/s13593-013-0189-y

Wang, K. H., B. S. Sipes, D. P. Schmitt. 2002. *Crotalaria* as a cover crop for nematode management: a review. *Nematropica* 32: 35–57.  
<https://journals.flvc.org/nematropica/article/view/69643>

Zegada-Lizarazu, W., H. Elbersen W., S. Cosentino L., A. Zatta, E. Alexopoulou, and A. Monti. 2010. Agronomic aspects of future energy crops in Europe. *Biofuels Bioproducts & Biorefining* 4: 674–691.  
<https://doi.org/10.1002/bbb.242>

## **7 Cualidades de forraje y proteína cruda de crotalaria (*Crotalaria Juncea* L.) cosechada en diferentes días y densidades de siembra**

### **Forage qualities and crude protein of crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) harvested on different days and planting densities**

#### **7.1 Resumen**

México y la mayoría de los países de Latinoamérica presentan manejo deficiente en la producción de forrajes, siendo un factor determinante en la alimentación animal. La presente investigación tiene por objetivo evaluar la producción de forraje y proteína cruda de *Crotalaria Juncea* L. sembrado a diferente densidad y cosechado a diferente tiempo, en la Costa Chica de Guerrero, México. Los tratamientos fueron: tres densidades de siembra a 400,000, 200,000 y 100,000 plantas ha<sup>-1</sup>. También se evaluó un análisis de crecimiento a los 30, 43, 50, 56, 63, 70, 77, 84, 91 y 98 días de crecimiento, comprendiendo que la vaina estuviera completamente desarrollada. Las variables evaluadas fueron: rendimiento de materia seca, relación hoja:tallo, composición morfológica y proteína cruda. En el comportamiento promedio independientemente de la edad de corte, mostró el siguiente orden descendente, según las densidades de siembra: 400,000 > 200,000 > 100,000 plantas ha<sup>-1</sup> con 9,107, 7,750 y 5,874 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente ( $p \leq 0.05$ ). Independientemente de las densidades de plantas, en los primeros días de corte, de 30 a 43 días, la proteína cruda fue mayor con un promedio de 15.58 a 10.70 %, respectivamente, y

en la frecuencia de corte de 56 días se observó el menor porcentaje con 8.30 % ( $p < 0.05$ ). La crotalaria se debe sembrar a una densidad de 400,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  y cortar a los 70 días de crecimiento ya que es cuando se encuentran los valores intermedios de rendimiento y calidad, además que es antes que inicie la producción de flor, sin embargo, para mayor producción de flor y consiguiente semilla es a 100,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ .

**Palabras clave:** leguminosa, días de corte, rendimiento, proteína cruda.

## 7.2 Abstract

Mexico and most of the Latin American countries present poor management in the production of forage, being a determining factor in animal feeding. The objective of this research is to evaluate the forage and crude protein production of *Crotalaria Juncea* L. planted at different densities and harvested at different times, in the Costa Chica of Guerrero, Mexico. The treatments were: three planting densities at 400,000, 200,000 and 100,000 plants  $\text{ha}^{-1}$ . A growth analysis was also evaluated at 30, 43, 50, 56, 63, 70, 77, 84, 91 and 98 days of growth, understanding that the pod was fully developed. The variables evaluated were: dry matter yield, leaf:stem ratio, morphological composition and crude protein. In the average behavior regardless of the cutting age, it showed the following descending order, according to the planting densities: 400,000 > 200,000 > 100,000 plants  $\text{ha}^{-1}$  with 9,107, 7,750 and 5,874 kg DM  $\text{ha}^{-1}$ , respectively ( $p > 0.05$ ). Regardless of the plant densities, in the first days of cutting, from 30 to 43 days, the crude protein was higher with an average of 15.58

to 10.70 %, respectively, and in the cutting frequency of 56 days the lowest percentage was observed. with 8.30% ( $p < 0.05$ ). The crotalaria should be planted at a density of 400,000 plants  $ha^{-1}$  and cut after 70 days of growth since it is when the intermediate values of yield and quality are found, in addition to the fact that it is before flower production begins, however, for greater flower production and consequent seed it is 100,000 plants  $ha^{-1}$ .

**Keywords:** legume, cutting days, intercepted radiation.

### 7.3 Introducción

México y la mayoría de los países de Latinoamérica presentan manejo deficiente en la producción de forrajes, siendo un factor determinante en la alimentación animal; por ello, en el periodo de “vacas flacas” se suministran alimentos a base de granos y concentrados importados, lo que hace que aumenten los costos de producción (Rivera *et al.*, 2010); por ello, es necesario buscar suplementos sustentables como especies vegetales leguminosas con calidad nutrimental, que se produzcan con bajos insumos y costos (La O *et al.*, 2003; Sosa-Pérez *et al.*, 2017).

Las leguminosas son una alternativa de proteína económica y sustituyen al uso de concentrados (Rubio y Molina, 2016), su producción en asociación con otras especies o bancos de proteína incrementa la calidad nutritiva de las dietas; presentan hojas y frutos que pueden utilizarse como complemento (Solomon, 2022).

Son especies que aportan y fijan nitrógeno (N) al suelo de forma biológica, reduciendo los costos económicos por la adquisición de fertilizantes químicos, la contaminación ambiental por desnitrificación, lixiviación o volatilización (Mascarenhas *et al.*, 2003; Mendes *et al.*, 2010; Siyal y Siyal, 2013); además, a largo plazo se genera N residual que beneficia el sistema de producción de cultivos posteriores (Hungria *et al.*, 2013; Neto *et al.*, 2017).

El género *Crotalaria* pertenece a la familia de las Fabaceae, con distribución en los trópicos y subtrópicos de todo el mundo (García *et al.*, 2013), presenta especies de crecimiento vigoroso, con alta producción de biomasa en un corto periodo de tiempo (Pereira, 2006). Ríos-Hilario *et al.* (2022), evaluaron *C. juncea* L. e indican que cuando la densidad de siembra es de 400,000 p ha<sup>-1</sup>, se presenta una producción promedio de 19,837 kg ha<sup>-1</sup>; sin embargo, esta especie se caracteriza por crecer de forma arbustiva y conforme pasa el tiempo, el tallo aumenta, pero las hojas disminuyen drásticamente, a la vez mencionan que la producción de vaina es mejor cuando la densidad es de 200,000 p ha<sup>-1</sup>. En cuanto al tiempo de cosecha Maldonado-Peralta *et al.* (2022), mencionan que la *C. juncea* L. a los 45 días después de la siembra presenta la mejor relación hoja:tallo, tasa de crecimiento y calidad morfológica.

Estudios realizados en otras especies como: *C. spectabilis* indican que tiene rendimientos hasta de 26.28 t ha<sup>-1</sup> y la *C. ochroleuca* 36.17 t ha<sup>-1</sup> de materia verde, respectivamente (Rovaris *et al.*, 2021). El rendimiento depende de las condiciones ambientales y edáficas en las que desarrolla el cultivo, considerando que en etapas tempranas de crecimiento la calidad es mejor a etapas tardías de desarrollo, lo anterior es considerado un factor determinante en la nutrición animal.

La presente investigación tiene por objetivo evaluar la producción de forraje y proteína cruda de *Crotalaria Juncea* L. sembrado a diferente densidad y cosechado a diferente tiempo, en la Costa Chica de Guerrero, México.

## **7.4 Materiales y métodos**

### **7.4.1 Localización del sitio experimental**

La investigación se realizó en las parcelas experimentales y en el laboratorio de Nutrición Animal, en la Facultad de Medicina Veterinaria No. 2 de la Universidad Autónoma de Guerrero, ubicada en Cuajinicuilapa, Guerrero, México (16° 28' 28" LN y 98° 25' 11.27" LO, a 46 msnm). El clima de la región está clasificado Aw y denominado trópico seco (García, 2004). La temperatura y precipitación fueron registradas en la estación agro-meteorológica de Conagua ubicada a 2 km de las parcelas experimentales, reportando una temperatura media anual en el periodo de estudio de 27.5 °C y una precipitación acumulada en el periodo de estudio de 668 mm.

#### **7.4.2 Manejo de la parcela**

La parcela experimental se estableció el 29 de junio, durante la época de lluvias. Cada parcela midió 3 x 3 m, y se estableció una para cada semana de evaluación (10 parcelas), en un diseño completamente al azar, con tres repeticiones. Los tratamientos fueron tres densidades de siembra: 400,000, 200,000, 100,000 plantas ha<sup>-1</sup>, con el arreglo topológico de, 5, 10 y 20 cm entre plantas y de 50 cm entre surcos. El control de malezas se realizó con ayuda de un azadón, cada vez que el cultivo lo necesitó. No se empleó fertilizantes ni agroquímicos, se aplicaron riegos de auxilio por goteo cada tercer día. La semilla se sembró de forma manual depositando la semilla en el surco a una profundidad de cuatro veces su tamaño. A partir de los 30 días después de la emergencia, se iniciaron las evaluaciones comprendiendo los días 30, 43, 50, 56, 63, 70, 77, 84, 91 y 98 después de la emergencia hasta que la vaina quedara completamente desarrollada, dejando un área foliar de 5 cm.

#### **7.4.3 Variables evaluadas**

##### **7.4.3.1 Rendimiento de materia seca**

Para el rendimiento de forraje (kg MS ha<sup>-1</sup>) se realizaron muestreos destructivos al azar de cada unidad experimental y repetición, por el método lineal de 1 m. El forraje se cosechó a 10 cm sobre el nivel del suelo. Posteriormente, se pesó y se colocó en bolsas de papel y se secó a 60 °C en una estufa eléctrica de aire forzado hasta alcanzar un peso constante.

#### **7.4.3.2 Relación hoja: tallo**

La relación hoja:tallo se determinó al dividir el peso seco expresado en kg MS ha<sup>-1</sup> de las fracciones morfológicas hoja entre tallo, obtenidos de la submuestra utilizada para estimar la composición morfológica.

#### **7.4.3.3 Composición morfológica**

Para determinar la composición morfológica, de la muestra obtenida del rendimiento de forraje, se tomó una submuestra de 20 % y se separó en sus componentes morfológicos: tallo, hoja, flor y vaina. Se pesó cada componente, se colocó dentro de bolsas de papel y se secó en una estufa eléctrica a una temperatura de 60 °C, hasta peso constante.

#### **7.4.3.4 Proteína cruda**

La proteína cruda se determinó con los métodos de AOAC (2005) con el método 984.13.

#### **7.4.4 Análisis estadístico**

El diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones. Los datos se analizaron con el procedimiento utilizado fue PROC GLM de (SAS, (2009), donde los efectos de densidad de siembra y frecuencia de corte, se consideraron como fijos. La comparación múltiple de Las medias de los tratamientos se realizó compararon con mediante la prueba de Tukey ( $\alpha = p < 0.05$ ).

#### **7.5 Resultados y discusión**

Se observa el rendimiento de materia seca de crotalaria al variar la densidad de siembra y edad al corte en el Cuadro 1; en esta variable el comportamiento promedio independientemente de la edad de corte, mostró el siguiente orden descendente, según las densidades de siembra: 400,000 > 200,000 > 100,000 plantas ha<sup>-1</sup> con 9,107, 7,750 y 5,874 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente ( $p \leq 0.05$ ). En cuanto a la edad de corte, el día 77 y 91 obtuvieron los mayores resultados en rendimiento de materia seca con 12,938 y 12,486 kg MS ha<sup>-1</sup> y el menor, el corte del día 30 (470 kg MS ha<sup>-1</sup>) independientemente de las densidades de siembra ( $p \leq 0.05$ ).

Santos *et al.* (2011) y Mosjidis *et al.* (2013) mencionan que la crotalaria tiene rendimiento de 15,831 y 10,000 kg MS ha<sup>-1</sup>, esto depende de la época de siembra, manejo, densidad de siembra (Jiménez *et al.*, 2005) y las condiciones climáticas,

principalmente precipitación y temperatura; resultados parecidos a los de esta investigación. Existen investigaciones de rendimiento de materia seca en densidades de siembra de leguminosas, y los autores consignan que puede ser variable, como en esta investigación y depende de la competencia inter-específica por nutrientes y luz principalmente (Mattera *et al.*, 2013). Ríos-Hilario *et al.* (2022) consignan que la densidad de siembra es un factor importante en el rendimiento de forraje en crotalaria como se demuestra en esta investigación.

Cuadro 7.1. Rendimiento de materia seca (kg MS ha<sup>-1</sup>) de crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) cultivado a diferentes densidades y edad al corte.

(días)	Densidad de siembra (plantas ha <sup>-1</sup> )			Promedio
	400,000	200,000	100,000	
30	436A b	536A c	436A f	470
43	1,870A b	2,003A bc	1,766A f	1,880
50	1,136A b	1,043A c	613A f	931
56	5,640AB ab	8,067A ab	4,573B de	6,093
63	6,720A ab	8,547A ab	6,400A cd	7,222
70	11,560A ab	12,760A a	9,627A ab	11,316
77	17,507A a	10,800A a	10,507A a	12,938
84	16,080A a	11,320A a	7,120A bcd	11,507
91	16,817A a	10,853A a	9,787A ab	12,486

98	13,307A ab	11,573A a	7,907B abc	10,929
Promedio	9,107	7,750	5,874	7,577

ABC= Medias con la misma literal mayúscula en una misma hilera, no son diferentes ( $P>0.05$ ); abc= Medias con la misma literal minúscula en una misma columna, no son diferentes ( $P>0.05$ ).

Maldonado-Peralta *et al.* (2022) consignan que la relación hoja:tallo en crotalaria es un referente de calidad al ser superior a 1 significa que la cantidad del componente hoja es superior al tallo. La relación hoja:tallo de crotalaria a diferentes densidades de siembra y edad al corte se observa en el Cuadro 2. En la variable relación hoja:tallo fue muy variable en el resultado independientemente de la edad de corte teniendo la mayor relación hoja:tallo en las densidades de siembra de 400,000 y 100,000 plantas  $ha^{-1}$  con 0.36 y menor en el densidad de 200,000 plantas  $ha^{-1}$  con 0.32 ( $p \leq 0.05$ ). A los 30 días del corte se obtuvo el valor mayor de relación hoja:tallo con un promedio de 0.82, el cual disminuyó 80 % (0.15) cuando el forraje se cortó a los 98 días ( $p \leq 0.05$ ).

Por otra parte, Maldonado-Peralta *et al.* (2022) obtuvo relaciones de hoja:tallo de 0.55 a 0.65 en crotalaria en diferentes estadios de corte y densidad de siembra parecidos a los de esta investigación. Esta tendencia de relación hoja:tallo se ha reportado en varias leguminosas tropicales (Sosa *et al.*, 2008) con un promedio de

1.2 dependiendo el corte y época del año. Por otro lado, En diferentes variedades de alfalfa Rojas-García *et al.* (2017) reportaron una relación hoja:tallo de 0.88 a 1.55; situación similar se encontró en ésta especie tropical en edades tempranas.

Cuadro 7.2. Relacion hoja:tallo de crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) cultivado a diferentes densidades y edad al corte.

(días)	Densidad de siembra (plantas ha <sup>-1</sup> )			
	400,000	200,000	100,000	Promedio
30	0.83A a	0.83A a	0.80A a	0.82
43	0.43A b	0.42A b	0.39A b	0.41
50	0.42B b	0.38B b	0.70A a	0.50
56	0.32A b	0.33A bc	0.26A b	0.30
63	0.29A b	0.27A bcd	0.37A b	0.31
70	0.26A b	0.27A bcd	0.31A b	0.28
77	0.22A b	0.24A bcd	0.23A b	0.23
84	0.21A b	0.18A cd	0.18A b	0.19
91	0.40A b	0.15A cd	0.20A b	0.25
98	0.18A b	0.13A d	0.13A b	0.15
Promedio	0.36	0.32	0.36	0.34

ABC= Medias con la misma literal mayúscula en una misma hilera, no son diferentes ( $P > 0.05$ ); abc= Medias con la misma literal minúscula en una misma columna, no son diferentes ( $P > 0.05$ ).

La composición morfológica de crotalaria en las diferentes densidades de siembra y edades al corte se observan en el Cuadro 3. El componente hoja fue menor en todos los días de corte; independientemente de la densidad de siembra, teniendo el mayor porcentaje el día 30 después de la emergencia, y menor en el día 98, con 45.34 y 13.08 %, respectivamente ( $p \leq 0.05$ ). Independientemente de las densidades y días de corte, el mayor componente fue el tallo, se reportó el día 98 la mayor proporción, con un promedio de 87 % y, el menor, cuando la planta presentó 30 días de desarrollo, con un promedio de 55.43 % de tallo ( $p \leq 0.05$ ).

El componente flor se inició en la edad al corte de 77 días, en las tres densidades de siembra teniendo la densidad mayor la de 100,000 plantas  $ha^{-1}$  con 0.46 % y menor las densidades de 400,000 y 200,000 plantas  $ha^{-1}$  con 0.41 % ( $p \leq 0.05$ ). Por lo tanto, entre menor sea la densidad de siembra es mayor la producción de flor y por consiguiente la vaina como lo consignan otros investigadores al evaluar diferentes densidades de siembra en crotalaria (Ríos-Hilario *et al.*, 2022)

En este sentido, Abdul-Baki *et al.* (2001) consignan que la composición morfológica está determinada por el ciclo de desarrollo vegetativo, ya que, al inicio se encuentra mayor porcentaje de hoja, disminuyendo con el tiempo y aumentando el tallo, flor y vaina, como lo reportado en esta investigación. Al respecto, Oliveira *et al.* (2020) mencionan que, en la crotalaria, la densidad de siembra es un factor determinante en la composición morfológica; e indican que, al aumentar la densidad, aumenta el rendimiento de biomasa y disminuye la producción de vaina. Factor que no se pudo observar en esta investigación, debido a que a los 98 días después de la emergencia estaba iniciando la producción de vaina y no se encontraron diferencias estadísticas entre la mayor menor densidad evaluada.

Cuadro 7.3. Composición morfológica (%) de crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) cultivado a diferentes densidades y edad al corte, en el trópico seco.

(días)	Densidad de siembra (plantas ha <sup>-1</sup> )									prom.
	400,000			200,000			100,000			
	hoja	tallo	flor	Hoja	tallo	flor	hoja	tallo	flor	
30	44.35 a	55.65 c	--	45.32 a	54.68 d	--	44.35 a	55.65 d	--	33.33
43	29.99 ab	70.01 bc	--	29.08 b	70.92 c	--	27.60 b	72.40 c	--	33.33
50	29.49 abc	70.51 abc	--	27.61 b	72.39 c	--	40.68 a	59.32 d	--	33.33
56	24.22 bc	75.78 ab	--	24.97 bc	75.02 bc	--	20.63 bcd	79.37 abc	--	33.33
63	22.64 bc	77.36 ab	--	20.79 bcd	79.21 abc	--	26.89 b	73.11 c	--	33.33
70	20.56 bc	79.74 ab	--	21.44 bcd	78.56 abc	--	23.78 bc	76.22 bc	--	33.37
						0.89				
77	17.93 bc	82.07 ab	0.81 a	19.08 bcd	80.92 abc	abc	18.58 bcd	81.42 abc	1.03 a	33.64
84	17.50 bc	82.50 ab	0.92 a	15.52 bc	84.48 ab	0.50 bc	15.31 cd	84.69 ab	0.95 a	33.60
91	26.20 bc	73.80 ab	1.18 a	13.23 d	86.77 a	1.52 a	16.65 bcd	83.35 abc	1.30 a	33.78
98	14.74 c	85.26 a	1.14 a	11.67 d	88.33 a	1.13 ab	11.66 d	88.34 a	1.27 a	33.73
prom.	24.76	75.27	0.41	22.87	77.13	0.40	24.61	75.39	0.46	33.48

abc= Medias con la misma literal minúscula en una misma columna, no son diferentes (P>0.05); prom.= promedio.

En el Cuadro 4 se observa el porcentaje de proteína cruda, de crotalaria al variar la densidad de plantas y días de corte. La densidad de plantas con mayor promedio de proteína cruda fue la de 400,000 plantas ha<sup>-1</sup> con 11.04 % y las densidades de 400,000 y 100,000 plantas ha<sup>-1</sup>, con el menor porcentaje con 10.80 % ( $p < 0.05$ ). Independientemente de las densidades de plantas, en los primeros días de corte, de 30 a 43 días, la proteína cruda fue mayor con un promedio de 15.58 a 10.70 %, respectivamente, y en la frecuencia de corte de 56 días se observó el menor porcentaje con 8.30 % ( $p < 0.05$ ). Esto pudo estar dado por la pérdida de hojas inferiores del dosel vegetal y el aumento de tallos, el cual posee mayor porcentaje de celulosa, hemicelulosa y lignina, reduciendo la calidad de la planta como se observa en el Cuadro 3.

Varios investigadores (Alonzo y Paniagua, 2010; Godoy *et al.*, 2012; Romero *et al.*, 2013; Portillo *et al.*, 2019; Lagunes *et al.*, 2019) reportaron valores mayores en leguminosas en porcentaje de proteína que oscilan de 28 a 14 % entre los estadios de corte de 30 a 75 días de edad. Sin embargo, Balseca *et al.* (2015) reporto promedio de 8.26 % de PC en leguminosas parecido al valor menor reportado en esta investigación.

Cuadro 7.4. Proteína cruda (%) de crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) cultivado a diferentes densidades y edad al corte.

días	Densidad de siembra (plantas ha <sup>-1</sup> )			Promedio
	400,000	200,000	100,000	
30	16.71A a	15.86A a	14.18A a	15.58
43	11.20A b	10.95A a	9.94A a	10.70
56	8.07A c	8.20A a	8.64A a	8.30
70	11.64A b	8.65A a	9.51A a	9.93
84	8.92A bc	11.83A a	11.76A a	10.84
98	9.72A bc	9.12A a	10.94A a	9.93
Promedio	11.04	10.77	10.83	10.88

ABC= Medias con la misma literal mayúscula en una misma hilera, no son diferentes (P>0.05); abc= Medias con la misma literal minúscula en una misma columna, no son diferentes (P>0.05).

## 7.6 Conclusión

La crotalaria se debe sembrar a una densidad de 400,000 plantas ha<sup>-1</sup> y cortar a los 70 días de crecimiento ya que es cuando se encuentran los valores intermedios de rendimiento y calidad, además que es antes que inicie la producción de flor, sin embargo, para mayor producción de flor y consiguiente semilla es a 100,000 plantas

ha<sup>-1</sup>. Se necesita seguir investigando en crotalaria el comportamiento productivo en ganado y fijación de nitrógeno como recuperación de suelos por ser una leguminosa.

## 7.7 Literatura citada

Abdul-Baki, A. A.; Bryan, H. H.; Zinati, G. M.; Klassen, W.; Codallo, M. and Heckert, N. 2001. Biomass yield and flower production in Sunn Hemp: Effect of. Cutting the main stem. *Journal of Vegetable Crop Production*. 7(1):83-104. Doi: [https://doi.org/10.1300/J068v07n01\\_10](https://doi.org/10.1300/J068v07n01_10)

Alonzo, G. L. A. y Paniagua, A. P. L. 2010. Efectos de dosis de calcáreo sobre el comportamiento productivo y calidad de la alfalfa. *Investigación Agraria* 12: 35-39. <http://scielo.iics.una.py/pdf/ia/v12n1/v12n1a06.pdf>

AOAC (Association of Official Analytic Chemists). 2005. Official methods of analysis. 18 th ed. Association of Official Analytic Chemists, Washington, D. C., USA. 1094 p.

Balseca, D. G.; Cienfuegos, E. G.; López, H. B.; Guevara, H. P. y Martínez, J. C. 2015. Valor nutricional de Brachiarias y leguminosas forrajeras en el trópico húmedo del Ecuador. *Ciencia e Investigación Agraria* 42: 57-63. Doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202015000100006>

- García, E. 2004 Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen. 4 (ed). Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 217 p.
- García, J. M.; Kawakita, K.; Miotto, S. T. S. and Souza, M. C. 2013. O gênero *Crotalaria* L. (Leguminosae, Faboideae, Crotalarieae) na planície de inundação do Alto Rio Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*. 11: 209-226. <https://www.seer.ufrgs.br/index.php/rbrasbioci/article/view/115531>
- Godoy, E. V.; Barrera, A. A.; Vivas, M. R.; Quintana, Z. J.; Peña, G. M.; Villota, G. L.; Casanova, F. L. y Avellaneda, C. J. 2012. Evaluación fenológica y digestibilidad *in vivo* de la leguminosa forrajera (*Arachis pintoii*) en diferentes edades de corte. *Ciencia y Tecnología* 5: 7-16. <https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/124/138>
- Hungria, M.; Mendes, I. C. y Mercante, F. M. A. 2013. Oxação biológica do nitrogênio como tecnologia de baixa emissão de carbono para as culturas do feijoeiro e da soja. Londrina: Embrapa Soja, 22 p.
- Jiménez, S. A. M.; Farfán, V. F. y Morales-Londoño, C. S. 2005. Biomasa seca y contenido de nutrientes de *Cajanus cajan*, *Crotalaria juncea* y *Tephrosia candida*, empleadas como abonos verdes en cafetales. *Cenicafé*. 56(2):93-109. <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc056%2802%29093-109.pdf>
- Lagunes, R. S. A.; Guerrero, R. J. D.; Hernández, V. J. O.; Ramírez, G. J. J. M.; García, B. D. V. y Alatorre, H. A. 2019. Rendimiento de materia seca y valor nutritivo de cuatro leguminosas herbáceas en la zona tropical de

Hueytamalco, Puebla, México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 10: 1042-1053. Doi: <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i4.4660>

Maldonado-Peralta, M. Á.; Ríos-Hilario, J. J.; Rojas-García, A. R.; Hernández-Guzmán, F. J.; Cruz-Hernández, A. y Ortega-Acosta, S. Á. 2022. Growth rate, leaf:stem ratio, and height of crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) at different planting densities. *Agroproductividad*. 15(7): 95-101. Doi: <https://doi.org/10.32854/agrop.v15i7.2317>

Mascarenhas, H. A. A.; Tanaka, R. T. y Wutke, E. B. 2003. Nitrogênio - soja aduba a lavoura. *Revista Cultivar*, Pelotas, n. 48, 18-20 pp. Disponível em: <[http://www.agrolink.com.br/colunistas/nitrogenio---soja-aduba-a-lavoura---\\_578.html](http://www.agrolink.com.br/colunistas/nitrogenio---soja-aduba-a-lavoura---_578.html)>. Acesso em: 16 jun. 2016.

Mattera, J., A. Romero L., L. Cuatrin A., S. Cornaglia P., and A. Grimoldi A. 2013. Yield components, light interception and radiation use efficiency of lucerne (*Medicago sativa* L.) in response to row spacing. *Eur. J. Agron.* 45: 87-95. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.10.008>

Mendes, I. C.; Reis, F. B. y Cunha, M. H. 2010. *20 perguntas e respostas sobre Oxação biológica de nitrogênio*. Planaltina: Embrapa Cerrados, (Documentos, 281). 17 p.

Mosjidis, A. J.; Balkcom, K. S.; Burke, J. M.; Casey P.; Hess, J. B. and Wehtje, G. 2013. Production of the Sunn Hemp Cultivars “AU Golden” and “AU Durbin”

Developed by Auburn University. General information on biomass, forage and seed production. Alabama Agricultural Experiment Station. 1-7 pp.

Neto, S. A. V.; Ribeiro, P. F.; Madalão, J. C. e Gomes, V. D. 2017. Evangelista de Menezes, Carlos César; Lara de Assis, Renato. Growth and yield performance of soybean with the application of *Bradyrhizobium* inoculant via furrow and seed. Semina: Ciências Agrárias, 38(4): 2387-2397. Doi: 10.5433/1679-0359.2017v38n4Supl1p2387

Oliveira de, M. N.; Morais, de S. V. G. M.; Costa, M. I. G. and Bezerra de G. G. 2020. Biomass of *Crotalaria juncea* as a function of plant densities in the semiarid region of Northeastern Brazil. Agronomía Colombiana. 38(1):148-155, Doi: <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v38n1.78957>

Pereira, A. R. 2006. Como seleccionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão. FAPI, Belo Horizonte, 239p.

Portillo, L. P.A.; Meneses, B. D. H.; Morales, M. S. P.; Cadena, G. M. M. y Castro, R. E. 2019. Evaluación y selección de especies forrajeras de gramíneas y leguminosas en Nariño, Colombia. Pastos y Forrajes 42: 93-103. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942019000200093](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942019000200093)

Ríos-Hilario, J. J.; Maldonado-Peralta M. Á.; Rojas-García, A. R.; Hernández-Castro, E.; Sabino-López, J. E. y Segura-Pacheco, H. 2022. Yield, intercepted radiation, and morphology of *crotalaria (Crotalaria juncea L.)* at

different densities. Agroproductividad. 15(7):177-185. Doi:  
<https://doi.org/10.32854/agrop.v15i7.2316>

Rojas-García, A. R.; Torres-Salado, N.; Joaquín-Cancino, S.; Hernández-Garay, A.; Maldonado-Peralta, M. A. y Sánchez-Santillán, P. 2017. Componentes del rendimiento en variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). Agrociencia. 51(7):697-708. Doi: <https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v51n7/1405-3195-agro-51-07-00697.pdf>

Romero, N.; Leonard, I.; Ramírez, J. L. y Córdova, A. 2013. Rendimiento y calidad de la *Clitoria ternatea* en un suelo arcilloso del estado Falcón, Venezuela. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria 14: 1-10. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63632377004.pdf>

Rivera, A. M. M.; González-Estopiñán. M.; Diomary, G. D. P.; García D. E. y Hernández. G. 2010. Producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) en condiciones de iluminación deficiente. Zootecnia Trop. 28(1):33-41. <http://ve.scielo.org/pdf/zt/v28n1/art05.pdf>

Rovaris, S. S. R.; Cunha-Gonçalves, G. M.; Carvalho.-Paulino. J. F.; Daneluz-Gobbi, S.; Fernando-Chiorato A. and Morais-Carbonell, S. A. 2021. IAC 201CS and IAC 201CO: *Crotalaria* cultivars with high fresh matter yield and seed production. Crop Breeding and Applied Biotechnology Brazilian Society of Plant Breeding. Printed in Brazil. 21(2): e36292129. <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332021v21n2c38>

- Rubio, L. A. y Molina, E. 2016. Las leguminosas en la alimentación animal. *Arbor*, 192 (779): 315-327. Doi: <https://doi.org/10.3989/arbor.2016.779n3005>
- Santos, A.; Valencia, E.; Román-Paoli, E. y Ramos-Santana, R. 2011. Época de siembra y fecha de corte y su efecto en la producción de biomasa y la contribución de nitrógeno de *Crotalaria juncea* L. "Tropic Sin" en el suroeste de Puerto Rico. *J. Agric. Univ. P.R.* 95(3-4):169-178.
- SAS. 2009. SAS/STAT® 9.2. Use's guide release. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA. 360 p.
- Siyal, A. A. and Siyal, A. G. Strategies to reduce nitrate leaching under furrow irrigation. *International Journal of Environmental Science and Development*, Singapore. 4 (4): 431-434. Doi: 10.7763/IJESD.2013.V4.387
- Solomon, J. K. Q. 2022. Legumes for animal nutrition and dietary energy. [Advances in Legumes for Sustainable Intensification](#). 227-244 pp.
- Sosa-Pérez, G.; López-Ortiz, S.; Pérez-Hernández, P.; Cortez-Romero, C. y Gallegos-Sánchez, J. 2017. Uso de frutos tropicales (fabaceae) para complemento alimenticio de pequeños rumiantes. *Agroproductividad*: 10 (2): 37-41. Doi: [http://www.colpos.mx/wb\\_pdf/Veracruz/2017/15.pdf](http://www.colpos.mx/wb_pdf/Veracruz/2017/15.pdf)
- Sosa, R. E. E.; Torres, C. E.; Pérez, R. D. y Ortega, R. L. 2008. Producción estacional de materia seca de gramíneas y leguminosas forrajeras con cortes en el estado de Quintana Roo. *Técnica Pecuaria Mexicana*. 46(4):413-426. Doi: <https://www.redalyc.org/pdf/613/61346406.pdf>