



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y GESTIÓN LOCAL

**CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN BOVINA Y
EVALUACIÓN DE LEGUMINOSAS TROPICALES EN
DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA Y EDAD AL
CORTE**

JOSUÉ JONATHAN RÍOS HILARIO

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. ELÍAS HERNÁNDEZ CASTRO
DR. HÉCTOR RAMÓN SEGURA PACHECO
DR. JUAN ELIAS SABINO LÓPEZ**

IGUALA DE LA INDEPENDENCIA, GUERRERO. MARZO DE 2022

LA PRESENTE TESIS TITULADA: **CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN BOVINA Y EVALUACIÓN DE LEGUMINOSAS TROPICALES EN DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA Y EDAD AL CORTE**, REALIZADA POR EL ALUMNO **JOSUÉ JONATHAN RÍOS HILARIO**, BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR INDICADO, HA SIDO APROBADA POR EL MISMO Y ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y GESTIÓN LOCAL

DIRECTOR



Dra. María de los Ángeles Maldonado Peralta

CODIRECTOR



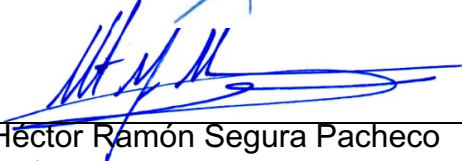
Dr. Adelaido Rafael Rojas García

ASESOR




Dr. Elías Hernández Castro

ASESOR



Dr. Héctor Ramón Segura Pacheco

ASESOR



Dr. Juan Elías Sabino López

IGUALA DE LA INDEPENDENCIA, GUERRERO. MARZO 2022

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, deseo expresar mi agradecimiento a CONACYT por el apoyo económico para la realización del presente trabajo de investigación, pero sobre todo por promover el desarrollo de la ciencia y la tecnología en México.

A la Universidad Autónoma de Guerrero y el programa de la Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local, pero particularmente al equipo de profesores – investigadores por las herramientas brindadas para incursionar en el vasto mundo de la investigación y ayudarme a comprender la importancia de la participación social para atender la problemática multidimensional que nos aqueja.

También quiero agradecer a mis padres por el apoyo incondicional, comprensión y todo lo que han hecho durante tres décadas para conducirme y ayudarme a ser quien soy.

A la Dra. María de los Ángeles Maldonado Peralta y al Dr. Adelaido Rafael Rojas García, primeramente, por aceptar el enorme compromiso de conducirme y estar al pendiente durante cada etapa de este proyecto, así también por su dedicación, paciencia, por haberme auxiliado y compartido sus conocimientos, experiencias y comunicarme los consejos necesarios para el desarrollo profesional.

Al Dr. Elías Hernández Castro, el Dr. Juan Elías López Sabino, la Dra. María Guzmán Martínez, el Dr. Héctor Ramón Segura Pacheco, la Dra. Mirna Vázquez Villamar, la Dra. Teolincacihuatl Romero Rosales y el Dr. Antonio Hernández Pólito por su colaboración, paciencia y compartir su valioso conocimiento y tiempo para instruirme y construir este trabajo de investigación.

Igualmente agradecer a los productores del municipio de Tepecoacuilco de Trujano por su participación y compartir conmigo sus saberes sobre la ganadería bovina y la agricultura.

En general quiero agradecer a todos y cada una de las personas que han estado conmigo y que no necesito nombrar porque tanto ellas como yo sabemos que les agradezco todo el apoyo, ánimo, cariño y sobre todo la amistad brindada.

DEDICATORIA

Seré un tanto breve y dedico este manuscrito con demasiado aprecio a todo aquel que tenga la oportunidad de leerlo.

RESUMEN

La ganadería bovina posee un papel importante en la obtención de carne y leche para la alimentación humana. Sin embargo, la heterogeneidad de los sistemas productivos que dificulta la gestión de las estrategias de desarrollo rural y la estacionalidad climática, generan condiciones desafiantes que obstaculizan la producción.

En el presente estudio, a través de un análisis multivariado y la asignación de rangos, se realizó la tipificación del sistema de producción bovino e identificación de las limitantes de esta actividad en Tepecoacuilco de Trujano, Guerrero, México. Se entrevistaron 143 ganaderos seleccionados al azar sobre las características generales de la unidad productiva pecuaria y del hato, tecnología empleada, alimentación y su perspectiva de la problemática que afecta la producción ganadera. Se identificaron tres tipos de ganadería bovina: especializada en venta de becerros engordados (EVE), doble propósito (EDP) y especializada en la venta de becerros destetados (EVP). La EVE presentó las mejores condiciones tecnológicas, económicas y de alimentación del ganado respecto a los otros grupos. El problema general de mayor importancia fue la alimentación animal. La identificación de los problemas que enfrenta la actividad ganadera apoyada de la caracterización y tipificación contribuyen al conocimiento de la dinámica de los sistemas pecuarios y la gestión de políticas de investigación y desarrollo que garanticen el desarrollo sustentable.

Para la evaluación del comportamiento productivo y composición morfológica de crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) a los 30, 38, 45, 52, 60, 68 y 75 días de crecimiento y sembrada a cuatro densidades (400,000, 200,000, 100,000 plantas ha⁻¹ y chorrillo) se observó que, en promedio independientemente de la edad de corte, se obtuvo el siguiente orden descendente en los resultados de rendimiento de materia seca (MS) en las densidades de siembra: 400,000 > chorrillo > 200,000 > 100,000 plantas ha⁻¹

¹. En los inicios de crecimiento se obtuvo el mayor valor de relación hoja:tallo con

un promedio de 1.69 en el día 30 de corte, disminuyendo considerablemente hasta el menor valor que fue cuando la planta se cortó en el día 75 con 0.23 de relación hoja:tallo. Por lo tanto, se recomienda sembrar la crotalaria a una densidad de 400,000 plantas ha⁻¹ y cortar a los 45 días de crecimiento.

En la soya forrajera (*Glycine max* L.) el rendimiento fue superior cuando la siembra fue a altas densidades (400,000 plantas ha⁻¹, chorillo) con 4,462 y 2,958 kg MS ha⁻¹, respectivamente. No hubo diferencias entre densidades para la relación hoja:tallo. En la edad de corte, los mayores valores se obtuvieron con un promedio superior a la unidad en los días 30 a 52. La soya interceptó mayor radiación durante el día 60. Por lo que, la mejor densidad de siembra fue 250,000 plantas ha⁻¹ y cortar a los 60 días de edad para la producción de forraje en cantidad y calidad morfológica de soya variedad Salcer.

ABSTRACT

Cattle systems production plays an important role in obtaining meat and milk for human consumption. However, the heterogeneity of production systems that makes it difficult to manage rural development strategies and climatic seasonality, generates challenging conditions that hinder production.

In the present study, through a multivariate analysis and the assignment of ranges, the typification of the bovine production system was carried out and the constraints of this activity were identified in Tepecoacuilco de Trujano, Guerrero, Mexico. One hundred and forty-three randomly selected livestock farmer were interviewed about the general characteristics of their animal husbandry units and cattle herds, technology used, feeding and their perspective of the problems that affect livestock production. Three types of cattle farming were identified: specialized in the sale of fattened calves (EVE), dual purpose (EDP) and specialized in the sale of weaned calves (EVP). The EVE presented the best technological, economic and feeding conditions for the cattle compared to the other groups. The most important general problem was animal feeding. The identification of the problems faced by the livestock

activity supported by the characterization and typification contribute to the knowledge of the dynamics of the livestock systems and the management of research and development policies that warrant sustainable development.

For the evaluation of the productive behavior and morphological composition of crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) at 30, 38, 45, 52, 60, 68 and 75 days of growth and planted at four densities (400,000, 200,000, 100,000 plants ha⁻¹ and *chorrillo* or steady flow of seeds) it was observed that, on average, regardless of the cutting age, the following descending order was obtained in the results of dry matter (DM) yield in the planting densities: 400,000 > *chorrillo* > 200,000 > 100,000 plants ha⁻¹. At the beginning of growth, the highest value of the leaf:stem ratio was obtained with a mean value of 1.69 on day 30 of cutting, decreasing considerably to the lowest value, when the plants were cut on day 75 with a leaf:stem ratio of 0.23. Therefore, the best sowing density was 400,000 plants ha⁻¹ and cut after 45 days of growth in crotalaria.

In forage soybean (*Glycine max* L.), the yield was higher when sowing was at high densities, with 4,462 and 2,958 kg DM ha⁻¹, respectively. There were no differences between densities for the leaf:stem ratio. At the cutting age, the highest for that ratio were obtained with an average greater than 1.0 on days 30 to 52. Soybean intercepted more radiation during day 60. Therefore, for the production of forage in quantity and morphologic quality of soybean variety Salcer, to sow 250,000 plants ha⁻¹ and cutting time at 60 days after sowing.

CONTENIDO GENERAL

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA.....	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
CONTENIDO GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
3. OBJETIVOS	5
3.1. Objetivo general.....	5
3.2. Objetivos específicos.....	5
4. HIPÓTESIS.....	6
4.1. Hipótesis general.....	6
4.2. Hipótesis específicas	6
5. TIPOLOGÍA Y PROBLEMÁTICA PRIORITARIA DE LA GANADERÍA BOVINA EN TEPECOACUILCO DE TRUJANO, GUERRERO, MÉXICO.....	8
5.1 Resumen.....	8
5.2. Abstract.....	9
5.3. Introducción	9
5.4. Materiales y métodos.....	11

5.4.1.	Área de estudio.....	11
5.4.2.	Tamaño de la muestra.....	11
5.4.3.	Instrumento de recolección de información.....	11
5.4.4.	Caracterización y tipificación de la ganadería bovina.....	12
5.4.5.	Asignación de rangos para la problemática de la ganadería bovina	13
5.5.	Resultados y discusión.....	14
5.5.1.	Caracterización y tipificación de la ganadería bovina.....	14
5.5.2.	Asignación de rangos de los problemas de la ganadería bovina.....	22
5.6.	Conclusión.....	24
5.7.	Literatura citada.....	24
6.	RENDIMIENTO, CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y COMPOSICIÓN MORFOLÓGICA DE CROTALARIA (<i>CROTALARIA JUNCEA</i> L.) A DIFERENTES DENSIDADES Y EDAD DE LA PLANTA.....	31
6.1.	Resumen.....	32
6.2.	Abstract.....	32
6.3.	Introducción.....	33
6.4.	Materiales y métodos.....	35
6.4.1.	Localización.....	35
6.4.2.	Manejo de la parcela.....	35
6.4.3.	Variables evaluadas.....	36
6.4.4.	Análisis estadístico.....	37
6.5.	Resultados y discusión.....	38
6.6.	Conclusión.....	46
6.7.	Literatura citada.....	46

7. RENDIMIENTO Y CALIDAD MORFOLÓGICA DEL CULTIVO DE SOYA FORRAJERA A DIFERENTES COSECHAS	51
7.1. Resumen.....	52
7.2. Abstract.....	52
7.3. Introducción	53
7.4. Materiales y métodos.....	55
7.4.1. Localización	55
7.4.2. Manejo de la parcela	55
7.4.3. Variables evaluadas	56
7.4.4. Diseño experimental	57
7.5. Resultados y discusión	57
7.6. Conclusión	66
7.7. Literatura citada	66
8. DISCUSIÓN	73
9. CONCLUSIONES	76
10. LITERATURA CITADA.....	77

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 5.1. Autovalores entre variables, variabilidad absoluta y acumulativa de los componentes principales (primeros cinco).....	17
Cuadro 5.2. Variables principales por tipo de ganadería bovina en Tepecoacuilco de Trujano, Guerrero.....	19
Cuadro 5.3. Ranking de los problemas generales de la actividad ganadera bovina en el municipio de Tepecoacuilco de Trujano, Guerrero, México	22
Cuadro 5.4. Ranking para los problemas asociados con la alimentación del ganado bovino	23
Cuadro 6.1. Relación hoja: tallo de crotalaria a diferentes densidades de siembra y edad al corte	41
Cuadro 7.1. Altura de planta de soya (<i>G. max</i> L.) sembrada en el trópico seco, a diferentes densidades de siembra y edad de rebrote	61
Cuadro 7.3. Radiación interceptada (%) de soya (<i>G. max</i> L.) a diferentes densidades de siembra y edad al corte	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 5.1. Tipos de ganadería bovina en Tepecoacuilco de Trujano, Guerrero...	18
Figura 6.1. Temperatura máxima, media y mínima, precipitación acumulada semanal registrada durante el experimento	35
Figura 6.2. Rendimiento (a) y tasa de crecimiento (b) de crotalaria (<i>Crotalaria juncea</i> L.) a diferente densidad de siembra y edad de corte	39
Figura 6.3. Radiación interceptada en cultivo de crotalaria (<i>C. juncea</i> L.) sembrada a diferente densidad y edad de rebrote	42
Figura 6.4. Altura de la planta de crotalaria (<i>C. juncea</i> L.) sembrada a diferente densidad y edad de rebrote	43
Figura 6.5. Composición morfológica de crotalaria (<i>Crotalaria juncea</i> L.) cultivada a diferente densidad de siembra y edad al corte	45
Figura 7.1. Temperatura máxima, media y mínima, precipitación acumulada semanal registrada durante el experimento	55
Figura 7.2. Rendimiento de forraje (a) y tasa de crecimiento (b) de soya (<i>Glycine max</i> L.) a diferente densidad de siembra y edad de corte.....	59
Figura 7.3. Relación hoja: tallo de soya (<i>G. max</i> L.) a diferente densidad de siembra y edad al corte	62
Figura 7.4. Composición morfológica de soya (<i>G. max</i> L.) cultivada a diferente densidad de siembra y edad al corte	65

1. INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina representa una de las principales actividades del sector agropecuario, tanto por su participación en la economía y su contribución a la oferta de carne y leche para la alimentación humana. El hato nacional es de 35 millones de cabezas de ganado bovino y genera anualmente 1,023,784 litros de leche y 171,606 toneladas de carne en canal y aporta el 10.7 % de divisas al producto interno bruto (SIAP, 2021).

En México, la diversidad ecológica, tecnológica y socioeconómica determina la existencia de una amplia diversidad de sistemas de producción agropecuaria, de tal manera que cada uno posee necesidades y problemas específicos (Borja *et al.*, 2018). Particularmente, en las regiones de trópico seco del país, zona ecológica predominante en el estado de Guerrero, la ganadería bovina se desarrolla principalmente de manera extensiva bajo condiciones de rusticidad en pequeñas unidades de producción familiar donde se combinan las actividades agrícolas con la producción de becerros y leche. La base de la alimentación de los animales es el pastoreo en agostaderos o praderas con zacates nativos y residuos de cosecha. En lo que respecta a los registros de producción y programas reproductivos, estas son prácticas poco comunes, así como la asistencia técnica y la adopción de innovaciones tecnológicas, atributos que ponen en riesgo la autosuficiencia y su permanencia en el tiempo debido a las bajas tasas de productividad y rentabilidad (Magaña *et al.*, 2006; Rojo *et al.*, 2009).

De acuerdo con Martínez *et al.* (2015), estos sistemas deberían tener prioridad en las políticas públicas, ya que cumplen diversas funciones como proporcionar ingresos y empleo para la sociedad, amortiguan la pobreza y reducen la inseguridad alimentaria en áreas rurales, muestran elevada capacidad de resiliencia y versatilidad. Por lo anteriormente expuesto, la caracterización y la tipificación parecen ser las herramientas que a través de la obtención de criterios medibles y observables contribuyen al conocimiento sobre la dinámica de las unidades

productivas a través del tiempo, conocer sus componentes, el potencial y limitantes respecto a otros sistemas y optimizar la gestión de políticas de investigación y desarrollo para un subsector agropecuario, región o nación en particular (Escobar y Berdegué, 1990; Granados *et al.*, 2019). Sin embargo, los trabajos dirigidos al estudio de los sistemas ganaderos bovinos se han enfocado en regiones tropicales muy específicas como el estado de Veracruz (Vilaboa y Díaz, 2009; Méndez *et al.*, 2019; Granados *et al.*, 2019), Chiapas (Orantes *et al.*, 2014; Ruiz *et al.*, 2021), Sinaloa (Cuevas *et al.*, 2013, Cuevas *et al.*, 2016) y la península de Yucatán (Osorio *et al.*, 1999; Díaz *et al.*, 2014), mientras que no se encontraron estudios publicados sobre esta actividad en el estado de Guerrero.

Por otra parte, considerando que la alimentación del ganado juega un papel importante en la rentabilidad y la productividad animal y que adicionalmente durante la época de sequía, la disponibilidad y el valor nutritivo de los forrajes disminuyen, el Instituto Internacional de Investigación en Ganadería señala que es necesario establecer estrategias tecnológicas como la promoción de cultivos y nuevas variedades de forrajes de calidad y alimentos para el ganado producidos en la propia unidad productiva que garanticen la provisión de alimento para los animales que tienen una demanda relativamente fija a lo largo del año (Thornton *et al.*, 2009; Hill *et al.*, 2015; Sollenberger *et al.*, 2020).

Al respecto, las leguminosas forrajeras han demostrado tener un mayor contenido de proteína cruda y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (Alatorre *et al.*, 2018). Su uso en la suplementación de dietas de baja calidad para la alimentación de bovinos garantiza una reducción en el déficit alimenticio y nutritivo de los animales en los periodos de escasez (Gulwa *et al.*, 2018), incrementando la ganancia diaria de peso, producción de leche y conversión alimenticia (Steinshamn, 2010; Kholif *et al.*, 2016; Sun *et al.*, 2017). No obstante, el uso de especies de leguminosas forrajeras en los sistemas de producción es reducido, a causa del desconocimiento o la poca información que existe entre los ganaderos en cuanto a su manejo agronómico (Enríquez y Quero, 2006).

Adicionalmente, teniendo en cuenta que la densidad de siembra asociada al estado de madurez al momento del corte tiene efecto directo sobre la producción de biomasa, la proporción de las diferentes fracciones botánicas y el valor nutritivo del forraje (Elizondo y Boschini, 2001; Oliveira *et al.*, 2020), surge como una necesidad indispensable el estudio de estrategias de manejo agronómico de leguminosas forrajeras tropicales, que faciliten su incorporación a los sistemas productivos ganaderos.

Por esta razón, el objetivo de la presente investigación fue realizar una tipificación e identificación de la problemática presente en el sistema de producción bovino y la evaluación del efecto de diferentes densidades de siembra y edades de corte sobre el rendimiento, características estructurales y composición morfológica de la crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) y de soya forrajera (*Glycine max* L.) en Tepecoacuilco de Trujano, Guerrero, México.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La actividad ganadera tropical atraviesa por diversos problemas de productividad y rentabilidad debido al limitado conocimiento sobre sus características y limitaciones, lo cual dificulta la toma de decisiones y la gestión de las estrategias de desarrollo (Borja *et al.*, 2018), aunado a esto, las condiciones ambientales de la región provocan una disminución en el valor nutritivo de los forrajes durante la época estiaje (Carrera *et al.*, 2014; Rodríguez *et al.*, 2014; Tinsley *et al.*, 2019).

De acuerdo con esta problemática, es importante identificar las características y necesidades de los productores de estos sistemas productivos, con la finalidad de generar un mayor impacto del uso de innovaciones tecnológicas (Cuevas *et al.*, 2016), sin embargo, los estudios de la actividad ganadera se han enfocado en regiones tropicales muy específicas, mientras que en el estado de Guerrero no se encontraron estudios publicados al respecto sobre esta actividad.

Por otra parte, a pesar que la inclusión de leguminosas en la alimentación de rumiantes, incrementa la calidad del alimento y benefician al ecosistema (Douxchamps *et al.*, 2014), se debe considerar que existe una relación entre la densidad de siembra, el estado fenológico y los parámetros de calidad física y nutricional; lo anterior indica que el rendimiento puede ser contradictorio a la calidad (Matthew *et al.*, 2001; Castro *et al.*, 2012), por lo cual para contribuir al conocimiento sobre el manejo agronómico de especies adaptadas a las condiciones edáficas y climatológicas, es necesario conocer la distribución estacional del rendimiento que conlleva a buscar un equilibrio entre la cantidad y la calidad de las especies forrajeras y facilitar su utilización en los sistemas productivos de Guerrero.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

- Caracterizar los sistemas de producción de ganado bovino y evaluar el comportamiento productivo de leguminosas a diferente densidad de siembra y edad al corte en el municipio de Tepecoacuilco de Trujano, Guerrero.

3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar los tipos de ganadería bovina y su problemática en el municipio de Tepecoacuilco de Trujano, Guerrero.
- Identificar la problemática prioritaria de la actividad ganadera bovina en Tepecoacuilco de Trujano, Guerrero.
- Evaluar el rendimiento, características estructurales y composición morfológica de crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) a diferentes densidades de siembra y edades de corte.
- Evaluar el comportamiento productivo, características estructurales y composición morfológica de la soya forrajera (*Glycine max* L.) a diferentes densidades de siembra y edad de corte.

4. HIPÓTESIS

4.1. Hipótesis general

Existen diferentes tipos de sistemas de producción bovina en Tepecoacuilco de Trujano, Guerrero y cada uno de ellos posee características y necesidades particulares, además, el momento óptimo de corte para las leguminosas forrajeras dependerá de la densidad de siembra y edad de la planta.

4.2. Hipótesis específicas

- Existen diferentes tipos de sistemas ganaderos en el municipio de Tepecoacuilco de Trujano, cada uno asociado a problemas particulares, sin embargo, la limitante común a ellos es la alimentación de los animales.
- Para las especies de leguminosas forrajeras evaluadas, la densidad de siembra y edad al corte modificaran el rendimiento y composición morfológica del cultivo, se espera que la productividad forrajera aumente con la densidad de siembra y etapa fenológica, sin embargo, la calidad y composición morfológica del forraje disminuirá.

5. TIPOLOGÍA Y PROBLEMÁTICA PRIORITARIA DE LA GANADERÍA BOVINA EN TEPECOACUILCO DE TRUJANO, GUERRERO, MÉXICO

TIPOLOGY AND PRIORITY PROBLEMS OF THE CATTLE PRODUCTION SYSTEMS IN TEPECOACUILCO DE TRUJANO, GUERRERO, MEXICO

5.1 Resumen

El objetivo fue realizar la tipificación del sistema de producción bovino e identificar las limitantes de esta actividad en Tepecoacuilco de Trujano, Guerrero, México. Se realizó una entrevista a 143 ganaderos, seleccionados al azar, según un muestro para poblaciones finitas. La entrevista incluyó las características generales de la unidad productiva pecuaria (UPP) y del hato, tecnología empleada, alimentación y perspectiva de la problemática que limita la actividad ganadera bovina. Para la tipificación se utilizó un análisis multivariado y una asignación de rangos para identificar la problemática prioritaria. El agrupamiento jerárquico aglomerativo con base en los primeros tres componentes principales y su correlación a las variables permitió identificar tres tipos de ganadería bovina: especializada en venta de becerros engordados (EVE), doble propósito (EDP) y especializada en la venta de becerros destetados (EVP). La EVE presentó las mejores condiciones tecnológicas, económicas y de alimentación del ganado respecto a los otros grupos. La EDP posee el mayor número de animales por hato, sin embargo, tanto la relación ternero:vaca, número de sementales y superficie es similar a EVP. El problema general de mayor importancia fue la alimentación animal y el menos importante fue la genética, para la problemática específica el precio de insumos y disponibilidad de forraje obtuvo la misma prioridad. La identificación de los problemas que enfrenta la actividad ganadera apoyada de la caracterización y tipificación contribuyen al conocimiento de la dinámica de los sistemas pecuarios y la gestión de políticas de investigación y desarrollo que garanticen el desarrollo sustentable.

Palabras clave: tipificación, ganadería bovina, asignación de rangos, trópico seco.

5.2. Abstract

The objective was to define the typology of the cattle production systems and to identify their constraints in Tepecoacuilco de Trujano, Guerrero, Mexico. A sampling survey procedure was carried out with 143 randomly selected farmers, based upon the model for sampling from finite populations. The survey included the general characteristics of the livestock production unit and the herd, technology used, feeding and perspective of the problems that limits this activity. The agglomerative hierarchical grouping based on the first three main components and their correlation to the variables allowed the identification of three types of cattle farming: cattle farming specialized in the sale of fattened calves (EVE), dual purpose (EDP) and specialized in the sale of weaned calves (EVP). The EVE presented the best technological, economic and livestock feeding conditions compared to the other groups. The EDP has the highest number of animals per herd, however, both the RTV (calf: cow ratio), number of stallions and surface area is similar to EVP. The most important general problem was animal feeding and the least important was genetics. For the specific constrain, the price of inputs as well as the availability of forage obtained the same priority. The identification of the constrains on cattle production supported by the characterization and typification contribute to the knowledge of the dynamics of the livestock systems and the management of research and development policies.

Key words: typology, cattle production system, rank assignment, ranking, problematic, dry tropics.

5.3. Introducción

La diversidad ecológica, tecnológica y socioeconómica determina la heterogeneidad de los sistemas de producción agropecuaria, de tal manera que cada uno posee necesidades y problemas que dificultan la toma de decisiones y la gestión de estrategias de desarrollo transversales (Borja *et al.*, 2018), por lo cual,

es importante identificar las características de los productores de estos sistemas productivos, con la finalidad de generar un mayor impacto del uso de innovaciones (Cuevas *et al.*, 2016).

La caracterización es la descripción de la diversidad de particularidades y las interrelaciones de los sistemas productivos, mientras que la tipificación permite agrupar a los diferentes sistemas agropecuarios según rasgos similares observados en la realidad (Bolaños, 1999). Estas herramientas, a través de la obtención de criterios medibles y observables, contribuyen al conocimiento sobre la dinámica de las unidades productivas a través del tiempo, así como para conocer sus componentes, el potencial y limitantes respecto a otros sistemas y para optimizar la gestión de políticas de investigación y desarrollo para un subsector agropecuario, región o nación en particular (Escobar y Berdegué, 1990; Granados *et al.*, 2019).

La diferenciación de grupos utilizando las técnicas de análisis multivariado logran capturar la realidad multidimensional del medio rural en comparación con aquellas que utilizan únicamente un criterio predominantemente (Santos *et al.*, 2014). Los trabajos dirigidos al estudio de los sistemas ganaderos bovinos se han enfocado en regiones tropicales muy específicas como el estado de Veracruz (Vilaboa y Díaz, 2009; Méndez *et al.*, 2019; Granados *et al.*, 2019), Chiapas (Orantes *et al.*, 2014; Ruiz *et al.*, 2021), Sinaloa (Cuevas *et al.*, 2013, Cuevas *et al.*, 2016) y la península de Yucatán (Osorio *et al.*, 1999; Díaz *et al.*, 2014), mientras que no se encontraron estudios publicados sobre esta actividad en el estado de Guerrero.

Considerando lo anterior, y que dentro de los programas y acciones gubernamentales para el desarrollo rural sustentable se debe reconocer la heterogeneidad de los productores, el objetivo del presente estudio fue hacer una tipificación e identificación de la problemática presente en el sistema de producción bovino de Tepecoacuilco de Trujano, Guerrero, México.

5.4. Materiales y métodos

5.4.1. Área de estudio

La investigación se realizó en el municipio de Tepecoacuilco de Trujano, localizado en la región norte del estado de Guerrero, localizado a 17° 92´ y 18° 34´ LN, -99° 63´ y -99° 32´ LO, a 870 m.s.n.m.). El clima de la región es cálido subhúmedo con lluvias en verano, precipitación pluvial y temperatura media anual de 790 mm y 26 °C (García, 2004).

5.4.2. Tamaño de la muestra

Se determinó con base en el muestreo para poblaciones finitas (Cochran, 1977) considerando un marco muestral de 892 unidades de producción pecuaria (UPP) representada cada una por un ganadero, registradas en el municipio. Se utilizó la ecuación:

$$n = \frac{(p)(q)(N)(z^2)}{E^2(N - 1) + z^2 (p)(q)}$$

donde N es el tamaño de la población, p es el porcentaje estimado de variabilidad positiva (50 %), q es el porcentaje de variabilidad negativa (50 %), z es el nivel de confianza (92.5 %) y E la precisión de estimación (0.075). Se seleccionaron 143 ganaderos al azar y una cantidad adicional de 22 elementos de la población para sustituir aquellos casos con quienes en tres intentos no hubiera sido posible establecer contacto. La muestra final ($n = 165$) incluyó a ganaderos de las 23 localidades del área de estudio.

5.4.3. Instrumento de recolección de información

Para las entrevistas, se utilizó un cuestionario semiestructurado constituido por preguntas cerradas y abiertas relacionadas con las características generales de la UPP y del hato, tecnología empleada y alimentación, así como preguntas para establecer la percepción de los ganaderos sobre los problemas de la UPP y aquellos asociados a la alimentación de los animales que obstaculizan la productividad

ganadera. El cuestionario se aplicó por el método de entrevista personal al productor. Se concretó la entrevista con el ganadero visitándolo en su domicilio o telefónicamente. Previamente a su uso, el cuestionario se ensayó con otros ganaderos que no se incluyeron en el estudio, para evaluar su diseño, grado de comprensión de cada pregunta y tiempo de realización, así como para permitir el adiestramiento del investigador.

5.4.4. Caracterización y tipificación de la ganadería bovina

Los datos recolectados fueron capturados en hojas de cálculo del programa Microsoft Excel 2019 ®. La base de datos digital fue utilizada para el análisis estadístico, por medio del programa estadístico R (R Core Team, 2016). Las variables cuantitativas (16) fueron sometidas a análisis de correlación de Pearson ($\alpha = 0.05$) para identificar la relación o asociación y se seleccionaron aquellas con una aportación aceptable. Por lo anterior, se seleccionaron 10 variables: edad del productor, tamaño del hato, número de sementales, relación ternero:vaca (RTV), ingreso promedio bruto anual (IpBA), becerros o terneros vendidos por año (BeVA), mano de obra, superficie destinada a la actividad ganadera, índice tecnológico (IT) e índice de manejo de alimentación del ganado (IMAG). Posteriormente, se realizó un análisis de componentes principales con objeto de reducir la dimensionalidad y se generaron las matrices correspondientes. Se consideró el criterio de Kaiser (1960) para determinar la significancia de los autovalores y el número de componentes.

El IT (Vilaboa y Díaz, 2009) e IMAG (Juárez *et al.*, 2015, Cuevas *et al.*, 2016) fueron elaborados designando una escala nominal arbitraria a las variables que los componen. Estos indicadores sintéticos buscan resumir un conjunto de características o variables de interés y proporcionan información acerca de una cuestión de relevancia que permitan percibir una tendencia no directamente detectable (Schuschy y Soto, 2009). Para el cálculo del IT se utilizaron las siguientes variables: tipo de sistema de manejo (extensivo = 1, semi intensivo = 2, intensivo = 3); raza de animales (criollas = 1, cruce europeo y cebuinos = 2, una raza pura 3,

dos o más razas puras = 4); uso de registros productivos (no = 0, si = 1); recibe asesoría técnica (no = 0, si = 1); empleo de técnicas reproductivas (no = 0, si = 1); equipo y maquinaria como tractor, remolque, carga pacas, dispensador de alimento, revolvedora, báscula, ordeñadora, molino, (ninguno = 0, uno = 1, dos = 2, tres = 3, cuatro o más = 4); tipo de ordeño (manual = 0, mecánico = 1) y especialización en venta de becerros con base en los ingresos derivados (crías = 1, becerros destetados = 1, becerros engordados = 3). El IMAG se construyó a partir de las variables: tipo de sistema de alimentación de los animales (extensivo = 1, semi intensivo = 2, intensivo = 3); método de pastoreo (continuo = 0, rotacional = 2, racional = 3, racional intensivo = 4); empleo de especies forrajeras introducidas (no = 0, si = 1); número de especies forrajeras introducidas (grama nativa = 0, una especie = 1, dos especies = 2, tres especies = 3, cuatro o más especies = 4); suplementación (no = 0, si = 1); uso de técnicas especializadas de alimentación y conservación de forrajes (no = 0, si = 1); origen de insumos (1 = adquiridos, 2 = adquiridos y propios, 3 = propios) y tipo de agua (no potable = 0, no potable y potable = 1, solo potable = 3).

La identificación de los tipos de ganadería bovina se logró utilizando la información obtenida a partir del análisis de componentes principales, posteriormente, se realizó un agrupamiento jerárquico aglomerativo, con el método de vinculación de Ward para maximizar la homogeneidad y la distancia euclidiana como medida de disimilitud dentro de los grupos. Una vez identificados los tipos, el análisis y caracterización se realizó mediante la comparación de las medias con ayuda de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

5.4.5. Asignación de rangos para la problemática de la ganadería bovina

En la entrevista, se pidió que cada productor ordenara jerárquicamente de acuerdo a su percepción dos grupos de problemas señalados como los más importantes y que dificultan la producción bovina: siete problemas generales de la actividad ganadera (enfermedades, reproducción, comercialización, producción, atención veterinaria y capacitación técnica, alimentación y genética) y cuatro

asociados a la alimentación del ganado (precio de los insumos, la poca disponibilidad de forraje durante el periodo de sequía, forraje poco nutritivo y calidad sanitaria de los insumos). Para los problemas generales, se asignó un valor de 7 al problema de mayor importancia, 6 para el segundo más importante y así sucesivamente, siendo 1 el problema menos importante. Para los problemas de alimentación, la asignación fue 4 para el problema de mayor importancia y 1 al menos importante. Posteriormente, se realizó la suma de los valores asignados a cada problema por grupo (Fielding *et al.*, 1998). En virtud de que el nivel de medición de los datos fue ordinal y estos siguen una distribución libre, la prueba de Friedman (Conover, 1999) se utilizó para comparar la suma de valores asignados a los problemas para cada grupo ($\alpha = 0.05$). Si la prueba fue significativa, demostró que al menos dos de los problemas de entre los comparados fueron diferentes, pero no indicó cuales, esto implicó realizar una comparación por pares de Wilcoxon con corrección de Holm para determinar las diferencias entre problemas y ordenarlos ($\alpha = 0.05$).

5.5. Resultados y discusión

5.5.1. Caracterización y tipificación de la ganadería bovina

En el presente estudio, el 97 % de los ganaderos entrevistados, son hombres y 3 % mujeres, similar a lo reportado en el estado de Veracruz (Méndez *et al.*, 2019), destacando que la ganadería sigue siendo una actividad mayoritariamente practicada por hombres. La edad promedio de los ganaderos fue de 62 años, mientras que en Morelos (Chalate *et al.*, 2010), Estado de México (Ortiz *et al.*, 2010) y Veracruz (Juárez *et al.*, 2015) reportaron edades de 50 a 56 años. Esto indica que los sistemas pecuarios son manejados en su mayoría por personas de la tercera edad y abandonados por las nuevas generaciones que emigran a las zonas urbanas en busca de oportunidades laborales, comportamiento que ha sido reportado en otros sistemas productivos en el estado de Guerrero, como el cultivo de maíz y agave (Morales *et al.*, 2018; Barrientos *et al.*, 2020).

La ganadería bovina predominante es doble propósito (DP), en donde la familia representa la principal fuerza laboral, similar a lo encontrado en otras regiones tropicales de México (Vilaboa y Díaz, 2009; Bautista *et al.*, 2019) y la producción especializada de carne o leche representa el 12 %. Esta práctica ganadera junto con la agricultura son las actividades principales; sin embargo, no representan la principal fuente de ingresos, el 35 % de los ganaderos combina estas actividades con la elaboración de artesanías y desarrollan otros negocios de bienes y servicios no relacionados con el sector primario; comportamiento repetido en el sistema DP (Granados *et al.*, 2019), esto debido a la percepción empresarial que los productores tienen sobre la ganadería bovina en los sistemas DP, quienes la consideran una fuente de ahorro (Díaz *et al.*, 2011).

La superficie promedio destinada a la ganadería es de 12 ha y el régimen de tenencia de la tierra es alquilada en 45 %, comunal y ejidal en 32 % y privada en 23 %; en contraste, Gutiérrez y Mendieta (2018) y Bautista *et al.* (2019), reportan que en Nicaragua y tres regiones tropicales de México, respectivamente, tienen una superficie promedio de 20 a 142 ha dedicadas a la actividad ganadera. De acuerdo con estos estudios, estas UPP se caracterizan por emplear un modelo extensivo de pastoreo que poseen especies forrajeras cultivadas y prácticas agroecológicas relacionadas con el manejo de praderas que favorecen la productividad; innovaciones tecnológicas que el 92 % de los ganaderos entrevistados en este estudio indicó no emplear a causa del desconocimiento en el manejo agronómico de gramíneas y leguminosas (87 %), no ser necesario su empleo (10 %) y el elevado precio y la poca disponibilidad de la semilla en el mercado (3 %).

El tamaño promedio del hato es 21 bovinos, compuesto en su mayoría de vacas y terneras de reemplazo; que garantiza el nacimiento estacional y repetido de becerros y producción de leche (Chuncho *et al.*, 2012). Los genotipos predominantes son las cruzas de animales cebuinos con animales de raza europea y pequeñas poblaciones de bovino criollo mexicano ubicado en la zona montañosa del municipio; este último grupo racial continuamente sustituido por razas especializadas a causa del desconocimiento y falta de difusión de sus

características adaptativas y potencial para el desarrollo sostenible de las comunidades rurales del país (McIntosh *et al.*, 2020). Se emplea el sistema de alimentación semi intensivo (76 %) a base de gramas nativas y rastrojo de maíz, adicionalmente, durante la ordeña y en ocasiones por las tardes se les ofrece en un comedero o un “morral” una ración a base de alimento comercial, mazorca molida, forraje verde (caña de azúcar, maíz forrajero o forraje de jícama) y suplemento mineral que disminuye los efectos negativos del pobre aporte nutricional y la poca disponibilidad de forraje durante la época de estiaje (Rojo *et al.*, 2009). La desparasitación, vacunación y aplicación de vitaminas son las prácticas sanitarias más difundidas entre los productores, por otro lado, no se emplean técnicas reproductivas, solamente la monta abierta. De acuerdo con Ruiz *et al.* (2021), esta práctica de manejo disminuye los indicadores productivos y reproductivos del hato debido al servicio continuo de los sementales que incrementa la azoospermia y mortalidad de espermatozoides, aunado a la baja condición corporal.

Los primeros tres componentes principales (CP) explican el 67 % de la varianza total en los sistemas ganaderos del municipio. El CP1 aporta el 36.3 % de la variabilidad, además esta correlacionado positivamente con las variables IpBA, BeVA, RTV e IT. En este componente se distinguen variables que manifiestan el funcionamiento económico y tecnológico de los productores. El CP2 contribuye a la varianza acumulada con 17.5 %, se correlaciona con el tamaño del hato, mano de obra, número de sementales e IMAG, que denotan principalmente las características estructurales y de alimentación, además de la cantidad de personas empleadas para su manejo, mientras que el CP3 representa el 12.9 % de la varianza total, para este componente las variables corresponden a la modalidad de sistema productivo bajo el cual se desarrolla la actividad pecuaria (Cuadro 5.1).

Cuadro 5.1. Autovalores entre variables, variabilidad absoluta y acumulativa de los componentes principales (primeros cinco).

Variable	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
Edad del productor	-0.3981	-0.0134	0.2375	0.6678	0.5377
Superficie	-0.3178	0.3898	0.6517	-0.2709	0.2687
Hato	0.1130	0.7458	0.4093	-0.0858	-0.2367
Número de sementales	-0.0554	0.5862	-0.0856	0.6096	-0.4067
RTV	0.8492	-0.3348	0.2011	0.1263	0.1018
BeVA	0.8926	-0.0771	0.3474	0.0787	0.0156
IpBA	0.9048	0.0668	0.2921	0.0005	-0.0081
Mano de obra	0.0720	0.6234	-0.4062	-0.1328	0.4106
IT	0.8111	0.0649	-0.3026	0.1674	0.0636
IMAG	0.6028	0.4343	-0.3646	-0.1344	0.2146
Autovalor	3.6389	1.7562	1.2922	0.9844	0.8123
Variabilidad (%)	36.3894	17.5624	12.9229	9.8445	8.1235
Variabilidad acumulativa (%)	36.3894	53.9519	66.8748	76.7194	84.8429

CP: componente principal; RTV: relación ternero:vaca; BeVA: becerros vendidos al año; IpBA: ingreso promedio anual bruto anual; IT: índice tecnológico; IMAG: índice de manejo de alimentación del ganado

El agrupamiento jerárquico aglomerativo, con base en los primeros tres componentes principales y su correlación a las variables, permitió identificar tres tipos de ganadería bovina y se denominaron: ganadería bovina especializada en venta de becerros engordados (EVE), doble propósito (EDP) y especializada en la venta de becerros destetados (EVP) (Figura 1). La cantidad de categorías obtenidas fue similar a lo reportado por Milán *et al.* (2006) en el sureste de España, Sandoval *et al.* (2007) en Venezuela y Méndez *et al.* (2019) en la zona norte de Veracruz. En el estado de Chiapas, zona centro de Veracruz y sureste de Burkina Faso se identificaron cuatro grupos (Orantes *et al.*, 2014; Juárez *et al.*, 2015; Zoma- Traoré *et al.*, 2020). La diferencia en el número de tipologías obtenidas confirma la

multiplicidad entre tipos de ganaderos como consecuencia de la diversidad ecológica, social y tecnológica a escala local, regional y nacional, además ofrece nuevas formas de evaluar la interacción de estos factores sobre las prácticas agropecuarias para el diseño y gestión de estrategias de desarrollo respecto a la ganadería y el entorno (Morgan *et al.*, 2014).

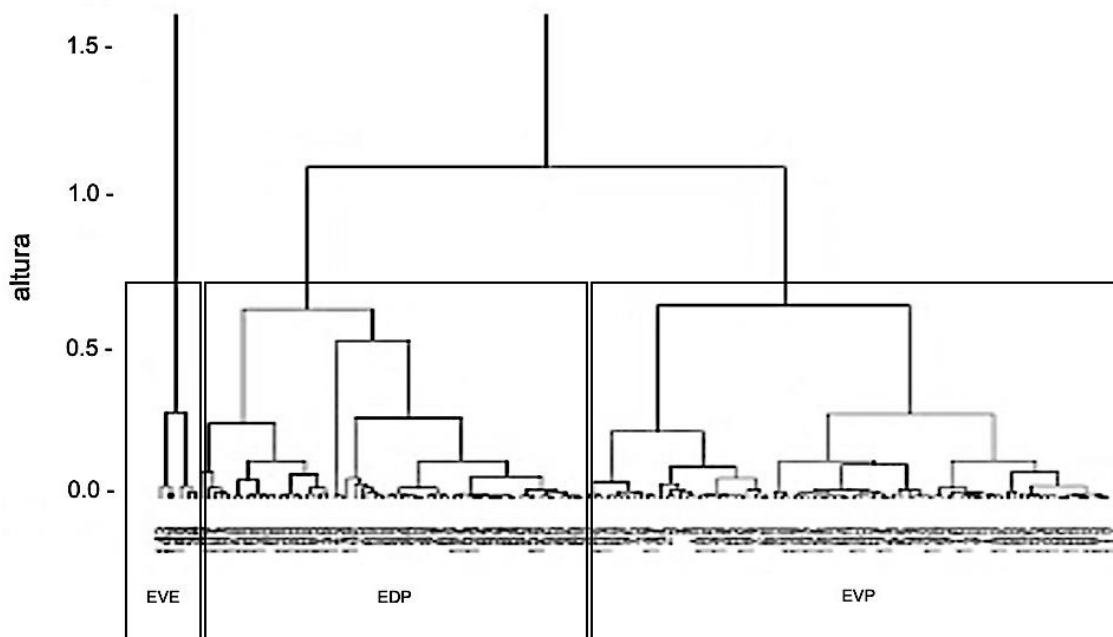


Figura 5.1. Tipos de ganadería bovina en Tepecoacuilco de Trujano, Guerrero, México.

En el Cuadro 5.2 se muestran las variables principales por tipología. La EVE representa el 4 % de las unidades productivas. La edad promedio de los ganaderos en EVE es menor en comparación con EDP y EVP ($p < 0.05$), lo que coincide con lo encontrado en sistemas ganaderos bovinos de zonas tropicales subhúmedas y húmedas de México y Latinoamérica (Chalate *et al.*, 2010, Cuevas *et al.*, 2016, Granados *et al.*, 2018; Gutiérrez y Mendieta, 2018). Se desarrolla en una superficie promedio de 2.2 hectáreas y emplea el sistema de manejo y alimentación intensivo. El hato está constituido por una media de 9.5 cabezas de ganado, los genotipos predominantes son Simmental y Pardo Suizo. Se especializa en la venta de becerros engordados al mercado local. Esta tipología presentó condiciones

tecnológicas, de manejo alimenticio del ganado y económicas superiores respecto a los otros grupos ($p < 0.05$). Bautista *et al.* (2019) y Cuevas *et al.* (2013) consignan que la adopción tecnológica ocasiona un incremento promedio en la producción de la UPP debido al uso eficiente de los recursos disponibles, que se ve reflejado en mayores ganancias económicas. La mano de obra es contratada, empleando una persona en promedio, similar a EVP. Este tipo de ganadería no combina la producción bovina con la agricultura.

Cuadro 5.2. Variables principales por tipo de ganadería bovina en Tepecoacuilco de Trujano, Guerrero.

Variable	Tipos de ganadería bovina		
	EVP (n = 92)	EDP (n = 45)	EVE (n = 6)
Edad del productor	65 a	56 b	46 c
Superficie	11.50 a	14.10 a	2.20 b
Tamaño del hato	15.64 b	33.02 a	9.50 c
Número de sementales	0.38 a	0.80 a	0.00 b
RTV	0.13 b	0.09 b	9.50 a
BeVA	2.66 c	4.53 b	21.5 a
IpBA (pesos)	32,301 c	79,242 b	296,883 a
Mano de obra	1.16 b	1.80 a	1.00 b
IT	5.85 c	6.84 b	10 a
IMAG	5.27 c	6.84 b	7.50 a

EVP: ganadería especializada en venta de becerros destetados; EDP: ganadería doble propósito; EVE: ganadería especializada en venta de becerros engordados; RTV: relación ternero: vaca; BeVA: becerros vendidos al año; IpBA: ingreso promedio bruto anual; IT: índice tecnológico; IMAG: índice de manejo de alimentación del ganado.

Valores con distinta letra en la misma fila son diferentes (Tukey, $\alpha = 0.05$)

La ganadería EDP constituyó el 32 % de la muestra, posee el mayor número de animales por hato (33 bovinos), respecto a EVE y EVP ($p < 0.05$), sin embargo, tanto la RTV, número de sementales y superficie es similar a EVP ($p > 0.05$). Los animales son Suizo y Simmental y sus cruza con Cebú. Los corrales están contruidos de postes de madera y alambre de púa, los comederos y bebederos son metálicos, de plástico o concreto. El sistema de alimentación empleado es el semi-intensivo. Los principales productos obtenidos son el becerro destetado y la leche, que son vendidos en un 93 % a compradores ajenos al municipio y el porcentaje restante está representado por la venta local, el procesamiento de la leche para la obtención de queso y el autoconsumo. El esquema de comercialización reportado en este estudio pone en evidencia que el productor posee limitaciones sociales, económicas y tecnológicas que dificultan la organización e integración para vender con la mínima participación de intermediarios (Vilaboa *et al.*, 2009). Por otra parte, la disminución en el consumo de leche proveniente de las UPP locales es atribuida a la sustitución en la alimentación por leche pasteurizada y en polvo que se venden en las tiendas de conveniencia (Martínez *et al.*, 2012). La cantidad de personas utilizadas para el manejo de la UPP es mayor en comparación con las demás tipologías (1.80 personas) y combina la mano de obra familiar y contratada eventual y permanente. En la ganadería de DP no es frecuente encontrar que los productores tengan una dedicación exclusiva a esta actividad (Vilaboa y Díaz, 2009; Juárez *et al.*, 2015); los resultados del presente estudio corroboran este tipo de comportamiento.

En la EVP se encontraron el 64% de los productores con mayor edad, 65 años, al respecto Jiménez *et al.* (2014) señalan que esto posiblemente les impide que tengan una alternativa de empleo remunerado fuera de la localidad y utilizan la producción agrícola y pecuaria para generar su empleo y complementar sus ingresos con la satisfacción de permanecer en su comunidad y con sus familias. Bernués y Herrero (2008) señalan que la edad del productor está asociada con la receptividad y adopción hacia el uso de innovaciones y propuestas de cambio tecnológico; consignando así que a mayor edad será menor la adopción de tecnología. Si bien es cierto que la adopción depende de una serie de factores personales, sociales,

culturales y económicos, también se relaciona con las características de la propia innovación. La adopción ocurre cuando el propietario percibe que la innovación en cuestión mejorará el logro de sus metas personales (Pannel *et al.*, 2006).

La superficie promedio fue de 11.50 ha con un hato que varia de 7 a 24 bovinos, 16 cabezas en promedio, con predominio de vacas como lo confirma la RTV que fue de 0.13. Se especializa en la venta de becerros destetados a acopiadores, sin embargo, presentó el número de becerros al año más bajo en comparación a EDP y EVE ($p < 0.05$), como consecuencia de la existencia dentro del hato de vacas que producen un becerro cada dos años, así como de la edad avanzada al primer parto y el bajo peso de las hembras al primer servicio (Orantes *et al.*, 2014; Ruiz *et al.*, 2021). Este grupo mostró los más bajos valores de nivel tecnológico y manejo alimenticio de los animales, lo cual denota problemas relacionados con la ausencia de infraestructura y asistencia técnica que ocasionan un desarrollo desigual entre los sistemas, manejo con poco criterio empresarial y baja productividad de las unidades de producción (Díaz *et al.*, 2011). Los animales son producto de cruza raciales no controladas y criollo mexicano. Este último, a pesar de tener un tamaño menor respecto a las razas cárnicas ha demostrado una mejor adaptabilidad a la región y los efectos asociados al cambio climático debido a su conducta de pastoreo reportado en estudios previos (McIntosh *et al.*, 2021). La familia representa la única fuerza de trabajo y emplea en promedio a 1.16 personas, característica que tiene repercusiones económicas positivas sobre la actividad pecuaria al emplear a personas de edad avanzada o con pocas expectativas de ser contratadas, pero que influye negativamente sobre la generación de ganancias (Jiménez *et al.*, 2014). Este tipo de ganadería se desarrolla bajo un esquema de manejo extensivo en pastoreo con suplementación mineral con tequesquite; material amorfo y sólido, cristalizado o en polvo, que presenta colores variados que van del blanco al gris oscuro, que contiene 81% de sales, predominando el bicarbonato de sodio (45%) y el cloruro de sodio (34%) (Flores y Martínez, 2016), o sal de grano de origen industrial durante la gestación y lactancia que puede ofrecer una complementación nutricional en estas etapas fisiológicas de los bovinos y puede resultar en un incremento de la eficiencia productiva y reproductiva (Ku *et al.*, 2015). En la

ganadería EVP y EDP fue frecuente encontrar que los productores no tienen una dedicación exclusiva a esta actividad, pues parte de su tiempo lo utilizan en actividades productivas no ganaderas, las cuales les permitan obtener ingresos complementarios (Juárez *et al.*, 2015).

5.5.2. Asignación de rangos de los problemas de la ganadería bovina

La importancia asignada a los problemas generales en la ganadería bovina fue diferente ($p < 0.001$). El 46 % de los ganaderos indican claramente que la alimentación de los animales es el principal problema que obstaculiza el desarrollo de la ganadería en el municipio ($p \leq 0.001$). El segundo problema más importante fue la productividad de los animales, seguido de la comercialización, reproducción, enfermedades, atención veterinaria y capacitación técnica. La genética de los animales fue el problema menos importante para el 62 % de los productores (Cuadro 5.3).

Cuadro 5.3. Ranking de los problemas generales de la actividad ganadera bovina en el municipio de Tepecoacuilco de Trujano, Guerrero, México.

Problema	PB1	PB2	PB3	PB4	PB5	PB6	PB7
Suma de rangos	481 e	619 d	680 c	763 b	343 f	842 a	275 g
Ranking	5	4	3	2	6	1	7
Friedman's test							
Chi-squared		408.61					
<i>p</i> value		< 0.001					

PB1: enfermedades; PB2: reproducción; PB3: comercialización; PB4: producción; PB5: atención veterinaria - capacitación técnica; PB6: alimentación; PB7: genética. Valores con distinta letra en una hilera son diferentes (Wilcoxon, $\alpha = 0.05$).

El precio de los insumos y la disponibilidad de forraje durante la época de sequía fueron las dificultades relacionadas a la alimentación animal más importantes, mientras que la calidad sanitaria fue la menos importante (Cuadro 5.4).

Cuadro 5.4. Ranking para los problemas asociados con la alimentación del ganado bovino

Problema	Disponibilidad de forraje	Valor nutritivo del forraje	Calidad sanitaria	Precio de insumos
Suma de rangos	450 a	371 b	155 c	454 a
Ranking	1	2	3	1
Friedman's test				
Chi-squared	247.79			
<i>p</i> value	< 0.001			

Valores con distinta letra en una hilera son diferentes (Wilcoxon, $\alpha = 0.05$).

Los resultados obtenidos derivados de la investigación confirman la existencia de limitaciones para la producción ganadera y se suman a la evidencia que la falta de alimento, la escasez de agua para los animales, las enfermedades y los parásitos, el alto costo de los medicamentos, la restringida atención veterinaria y el robo de animales son las principales limitaciones de alimentación, salud y producción del ganado (López *et al.*, 2009; Chatikobo *et al.*, 2013; Zoma- Traoré *et al.*, 2020).

En general, los problemas muestran la estrecha vinculación de factores ambientales, sociales y económicos. Los problemas relacionados con la alimentación, particularmente la disminución en la disponibilidad de forraje, se ha explicado principalmente por las bajas precipitaciones como consecuencia del cambio climático. Al respecto, la adopción de prácticas silvopastoriles con leguminosas arbóreas o arbustivas y la implementación de estrategias de alimentación que mejoren el patrón de fermentación ruminal, pueden hacer frente a esta problemática e incrementar la rentabilidad de la UPP, generar mayor empleo, disminuir el impacto ambiental y la dependencia de los insumos externos como alimentos comerciales y suplementos minerales (Chuncho *et al.*, 2012; Díaz *et al.*, 2014; Fajardo *et al.*, 2014). Fajardo *et al.* (2014) determinaron que la implementación de bancos forrajeros y plantar árboles dispersos en potreros

ayudan con el incremento de la producción y mayor cantidad de biomasa forrajera disponible en época seca, además de mitigar el estrés calórico del ganado.

Es importante señalar que los resultados obtenidos del estudio pueden impactar positivamente sobre el conocimiento de la dinámica a través del tiempo de los sistemas pecuarios, así también, ayudar en la planificación e implementación de políticas públicas o privadas de desarrollo rural en función de las características, necesidades y problemas de cada tipo de productor y unidad de producción pecuaria, adicionalmente apoyar a los productores (individuales u organizados) a tomar decisiones y elegir aquellas innovaciones tecnológicas que se ajusten a su modelo productivo con la finalidad de incrementar la capacidad productiva y mejorar la eficiencia en la utilización de los recursos involucrados y alcanzar el desarrollo sustentable de la actividad ganadera bovina. (Santos *et al.*, 2014; Cuevas *et al.*, 2016).

5.6. Conclusión

Se identificaron tres tipos de ganadería bovina en el municipio de Tepecoacuilco de Trujano, Guerrero. Las diferencias entre grupos radican en la edad del productor, superficie empleada para la actividad ganadera, mano de obra, el tamaño del hato, número de sementales, relación ternero:vaca, becerros vendidos al año, ingreso promedio bruto anual, índice tecnológico e índice de manejo de la alimentación del ganado. Los sistemas de producción de bovinos, se enfrentan a la presión de los problemas de alimentación debido a la escasez de materia seca y el aumento en el precio de los insumos. La identificación de los problemas que enfrenta la actividad ganadera apoyada de la caracterización y tipificación contribuyen al conocimiento de la dinámica de los sistemas pecuarios y la gestión de políticas de investigación y desarrollo que garanticen el desarrollo sustentable.

5.7. Literatura citada

Barrientos, R. G., Hernández, C. E., Sampedro, R. M. L. y Segura, P. H. R. (2020).

Conocimiento tradicional y academia: productores de maguey y mezcal de pequeña escala en las regiones Norte y Centro de Guerrero, México. *Sociedad y Ambiente*, 23, 1–28. <https://doi.org/10.31840/sya.vi23.2173>

Bautista, M. Y., Herrera, H. J. G., Espinosa, G. J. A., Martínez, C. F. E., Vaquera, H. H., Morales, A. y Aguirre, G. G. (2019). Caracterización económico-productiva del sistema bovino doble propósito en tres regiones tropicales de México. *Información Técnica Económica Agraria*, 115(2), 134–148. <https://doi.org/10.12706/itea.2018.028>

Bernués, A. y Herrero, M. (2008). Farm intensification and drivers of technology adoption in mixed dairy-crop systems in Santa Cruz, Bolivia. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 6(2), 279–293. <https://doi.org/10.5424/sjar/2008062-319>

Borja, B.M., Vélez, I.A. y Ramos, G.J.L. (2018). Tipología y diferenciación de productores de guayaba (*Psidium guajava* L.) en Calvillo, Aguascalientes, México. *Región y Soc.* 30(71), 1-22.

Chalate, M. H., Gallardo, L. F., Pérez, H. P., Lang, O. F. P., Ortega, J. E. y Vilaboa, A. J. (2010). Características del sistema de producción bovinos de doble propósito en el estado de Morelos, México. *Zootecnia Tropical*, 28(3), 329–339.

Chatikobo, P., Choga, T., Ncube, C. y Mutambara, J. (2013). Participatory diagnosis and prioritization of constraints to cattle production in some smallholder farming areas of Zimbabwe. *Preventive Veterinary Medicine*, 109, 327–333. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2012.10.013>

Chuncho, G., Sepúlveda, C., Ibrahim, M., Chacon, A., Benjamin, T. y Tobar, D. (2012). Percepción y medidas de adaptación al cambio climático implementadas en época seca por productores de leche en Río Blanco y Paiwas, Nicaragua. *CEDAMAZ*, 2(1), 750–755.

- Cochran, G.W. (1977). Sampling techniques, 3^a Edition. Wiley, New York. 72-86 pp.
- Conover, W.J. (1999). Practical non-parametric statistics. 3rd Edition. Wiley, New York. 175-179 pp
- Cuevas, R. V., Baca, D. M. J., Cervantes, E. F., Espinosa, G. J. A., Aguilar, Á. J. y Loaiza, M. A. (2013). Factores que determinan el uso de innovaciones tecnológicas en la ganadería de doble propósito en Sinaloa, México. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 4(1), 31–46.
- Cuevas, R. V., Loaiza, M. A., Espinosa, G. J. A., Vélez, I. A. y Montoya, F. M. D. (2016). Tipología de las explotaciones ganaderas de bovinos doble propósito en Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 7(1), 69–83. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v7i1.4150>
- Díaz, C., Sardiñas, L. Y., Castillo, C. E., Padilla, C. C., Jordán, V. H., Martínez, Z. R. O., Ruiz, V. T. E., Díaz, S. M. F., Moo, C. A. F., Gómez, C. O., Alpide, T. D., Arjona, R. M. R., & Ortega, G. G. (2014). Caracterización de ranchos ganaderos de Campeche, México. Resultados de proyectos de transferencia de tecnologías. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 18(2), 41–61.
- Díaz, R. P., Oros, N. V., Vilaboa, A. J., Martínez, D. J. P. y Torres, H. G. (2011). Dinámica del desarrollo de la ganadería doble propósito en Las Choapas, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(1), 191–199.
- Fajardo, M. Y., Facundo, V. G. y Vargas, M. L. A. (2014). Costos de conversión en los procesos de producción de ganadería tradicional al sistema silvopastoril en fincas ganaderas del Municipio de Florencia, Morelia y Belén del Departamento del Caquetá. *Momentos de Ciencia*, 11(1), 50–57. <http://www.udla.edu.co/revistas/index.php/faccea/article/view/322>
- Fielding, W.J., Riley, J. and Oyejola, B.A. (1998). Ranks are statistics: some advice for their interpretation. *PLA Notes* 32. IIED. London.

- García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen (4th ed.). Universidad Nacional Autónoma de México, México. 217 pp.
- Granados, R. L. D., Quiroz, V. J., Maldonado, J. J. A., Granados, Z. L., Díaz, R. P. y Oliva, H. J. (2019). Caracterización y tipificación del sistema doble propósito en la ganadería bovina del Distrito de Desarrollo Rural 151, Tabasco, México. *Acta Universitaria*, 28(6), 47–57. <https://doi.org/10.15174/au.2018.1916>
- Gutiérrez, C. y Mendieta, B. (2018). Caracterización de sistemas ganaderos en seis municipios de Rivas y Carazo, Nicaragua. *La Calera*, 18(30), 14–25. <https://doi.org/10.5377/calera.v18i30.7734>
- Jiménez, J. R. A., Espinosa, O. V. y Soler, F. D. M. (2014). El costo de oportunidad de la mano de obra lechera de Michoacán, México. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 5(1), 47–56.
- Juárez, B. J. M., Herman, L. E., Soto, E. A., Ávalos, de la C. A., Vilaboa, A. J. y Díaz, R. P. (2015). Tipificación de sistemas de doble propósito para producción de leche en el Distrito de Desarrollo Rural 008, Veracruz, México. *Revista Científica*, 25(4), 317–323.
- Keiser, H. F. (1960). The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*. 20(1),141-151.
- Ku, J. C., Juárez, F. I., Mendoza, G. D., Romano, J. L., y Shimada, A. S. (2015). Alimentación del ganado bovino en las regiones tropicales de México. En: E. González., J. L., Daválos, y O. Rodríguez. (Coords.) Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en ganadería bovina tropical. D.F., México: Red de investigación e innovación tecnológica para la ganadería bovina tropical y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. pp. 69-98.
- López, R. M., Solís, G. G., Murrieta, S. J. y López, E. R. (2009). Percepción de los ganaderos respecto a la sequía: viabilidad de un manejo de los agostaderos que prevenga sus efectos negativos. *Estudios Sociales (Hermosillo, Sonora)*,

17, 221–241.

- Martínez, C., Cotera, J. y Abad, J. (2012). Características de la producción y comercialización de leche bovina en sistemas de doble propósito en Dobladero, Veracruz. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 16, 816–824.
- McIntosh, M. M., Cibils, A. F., Estell, R. E., Nyamuryekung'e, S., González, A. L., Gong, Q., Cao, H., Spiegel, S. A., Soto-Navarro, S. A. y Blair, A. D. (2021). Weight gain, grazing behavior and carcass quality of desert grass-fed Rarámuri Criollo vs. crossbred steers. *Livestock Science*, 249(3-4),1-12. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104511>
- McIntosh, M. M., Gonzalez, A., Cibils, A., Estell, R., Nyamuryekung'e, S., Rodriguez, A. F. y Spiegel, S. (2020). A phenotypic characterization of Rarámuri Criollo cattle introduced into the Southwestern United States. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 28(3–4), 111–119. <https://doi.org/10.53588/alpa283406>
- Méndez, C. V., Mora, F. J. S., García, S. J. A., Hernández, M. O., García, M. R. y García, S. R. C. (2019). Typology of cattle growers in the northern zone of the state of Veracruz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 22(2), 305–314.
- Milán, M. J., Bartolomé, J., Quintanilla, R., García-Cachán, M. D., Espejo, M., Herráiz, P. L., Sánchez-Recio, J. M. y Piedrafita, J. (2006). Structural characterisation and typology of beef cattle farms of Spanish wooded rangelands (dehesas). *Livestock Science*, 99, 197–209. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.06.012>
- Morales, J. J., Bustamantes, G. A., Vargas, L. S. y Cano, C. U. (2018). Agricultura y migración colectiva en la región Montaña de Guerrero, México. *Agro Productividad*, 11(10), 87–92. <https://doi.org/10.32854/agrop.v11i10.1250>
- Morgan, D. J., Morgan, D. C., Pollock, M. L., Holland, J. P. y Waterhouse, A. (2014). Characterization of extensive beef cattle systems: Disparities between

opinions, practice and policy. *Land Use Policy*, 38, 707–718.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.01.016>

Orantes, Z. M. Á., Platas, R. D., Córdova, A. V., De los Santos, L. M. del C. y Córdova, A. A. (2014). Caracterización de la gandería de doble propósito en una región de Chiapas, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 1(1), 49–58.

Ortiz, R. A., García, M. A., Rojo, R. R., Esparza, J. S. y Albarrán, P. B. (2010). Caracterización socioeconómica del sistema de producción bovino en Zacazonapan, Estado de México. En V. B. A. Cavalloti, Á. C. F. Macof y V. B. Ramírez (Eds.), *Los grandes retos para la ganadería: hambre, pobreza y crisis ambiental*. pp: 191–201.

Pannell D. J., Marshall G. R., Barr N., Curtis A., Vanclay F. y Wilkinson R. (2006) Understanding and promoting adoption of conservation practices by rural landholders. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 46, 1407-1424.
<https://doi.org/10.1071/EA05037>

R Core Team. (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2-16 pp.

Rojo, R. R., Vázquez, A. J. F., Pérez, H. P., Mendoza, M. G. D., Salem, A. Z. M., Albarrán, P. B., González, R. A., Hernández, M. J., Rebollar, R. S., Cardoso, J. D., Dorantes, C. E. J. y Gutiérrez, C. J. G. (2009). Dual purpose cattle production in Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 41(5), 715–721.
<https://doi.org/10.1007/s11250-008-9249-8>

Ruiz, S. B., Herrera, H. J. G., Rojas, M. R. I., Mendoza, N. P., Ruiz, S. H. y Ruiz, H. H. (2021). Caracterización del sistema doble propósito bovino y evaluación reproductiva de toros en el estado de Chiapas. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(2), 1–10. <https://doi.org/10.19136/era.a8nii.2811>

Sandoval, E., Morales, G., Jiménez, D., Pino, L., Urdaneta, J. y Araque, C. (2007).

Caracterización de las diferentes modalidades de producción del sistema de ganadería bovina de doble propósito del Municipio José Antonio Páez del estado Yaracuy, Venezuela. *Revista de La Facultad de Agronomía*, 24, 501–521.

Vilaboa, A. J. y Díaz, R. P. (2009). Caracterización socioeconómica y tecnológica de los sistemas ganaderos en siete municipios del estado de Veracruz, México. *Zootecnia Tropical*, 27(4), 427–436.

Vilaboa, A. J., Díaz, R. P., Platas, R. D. E., Ruiz, R. O., González, M. S. S. y Juárez, L. F. (2009). Estructura de comercialización de bovinos destinados al abasto de carne en la región del Papaloapan, Veracruz, México. *Economía, Sociedad y Territorio*, 9(31), 831–854.
<http://www.scielo.org.mx/pdf/est/v9n31/v9n31a9.pdf>

Zoma-Traoré, B., Soudré, A., Ouédraogo-Koné, S., Khayatzadeh, N., Probst, L., Sölkner, J., Mészáros, G., Burger, P. A., Traoré, A., Sanou, M., Ouédraogo, G. M. S., Traoré, L., Ouédraogo, D., Yougbaré, B. y Wurzinger, M. (2020). From farmers to livestock keepers: a typology of cattle production systems in south-western Burkina Faso. *Tropical Animal Health and Production*, 52(4), 2179–2189. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02241-6>

6. RENDIMIENTO, CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES Y COMPOSICIÓN MORFOLÓGICA DE CROTALARIA (*CROTALARIA JUNCEA* L.) A DIFERENTES DENSIDADES Y EDAD DE LA PLANTA

YIELD, STRUCTURAL CHARACTERISTICS AND MORPHOLOGICAL COMPOSITION OF CROTALARIA (*CROTALARIA JUNCEA* L.) AT DIFFERENT DENSITIES AND PLANT AGE



Texcoco, Estado de México, 22 de junio del 2021

Dra. María de los Ángeles Maldonado Peralta
Universidad Autónoma de Guerrero
Presente

Por este medio le agradezco y acuso de recibido su manuscrito intitulado: "Rendimiento, características estructurales y composición morfológico de crotalaria (*Crotalaria Juncea* L.) a diferentes densidades y edad de la planta" cuyos autores (as) Josué Jonathan Ríos-Hilario, Adalberto Rafael Rojas-García, María de los Ángeles Maldonado-Peralta, Elías Hernández-Castro, Juan Elías Sabino-López y Héctor Segura-Pacheco, que fue enviado para su posible publicación a la Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Le notificamos que el texto inicial del manuscrito, autores(as) principal y los coautores(as), autor(a) para correspondencia no podrán alterarse y quedarán como se envía en esta versión.

Asimismo, me permito informarle que su contribución será sometida a revisión técnica por los árbitros que se designen en caso de ser aceptado, se le notificará sobre las observaciones correspondientes.

Agradezco su colaboración y le envío un cordial saludo.

Atentamente

JSAPtPWpRZGXw=VhUyyg==EN0Xfy5BnMRYwvITzOd3FD5FPc==

Dra. Dora Ma. Sangerman-Jarquín
Editora en Jefa de la Revista
Mexicana de Ciencias Agrícolas

C.c.p. * Archivo
DdSLUgap

Carretera Los Reyes- Texcoco, km 13.5. Coatlincán, Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56250
E-mail: revista_atm@yahoo.com.mx. Tel. 01 800 084 2222 Ext. 85353

6.1. Resumen

Las leguminosas actualmente son las especies más importantes en la alimentación de rumiantes por su alta calidad y la capacidad de mejorar los suelos degradados, con la fijación de nitrógeno atmosférico. El objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento y calidad física de crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) a diferentes densidades de siembra, en el trópico seco del estado de Guerrero, México. Los tratamientos fueron: cuatro densidades de siembra a 400,000, 200,000, 100,000 plantas ha⁻¹ y a chorrillo. También se evaluó un análisis de crecimiento a los 30, 38, 45, 52, 60, 68 y 75 días de crecimiento, comprendiendo que la vaina estuviera completamente desarrollada. Las variables evaluadas fueron: rendimiento de materia seca, relación hoja:tallo, tasa de crecimiento, altura de la planta, radiación interceptada y composición morfológica. En promedio independientemente de la edad de corte se obtuvo el siguiente orden descendente en los resultados de rendimiento de materia seca en las densidades de siembra con; 400,000 > chorrillo > 200,000 > 100,000 plantas ha⁻¹ con 19837, 17918, 8786 y 4074 kg MS ha⁻¹, respectivamente ($p > 0.05$). En los inicios de crecimiento se obtuvo el mayor valor de relación hoja: tallo con un promedio de 1.69 en el día 30 de corte disminuyendo considerablemente hasta el menor valor que fue cuando la planta se corta en el día 75 con 0.23 de relación hoja:tallo ($p > 0.05$). Como conclusión se recomienda sembrar a una densidad de 400,000 plantas ha⁻¹ y cortar a los 45 días de crecimiento en crotalaria ya que ahí se encuentran las mejores características estructurales de la pradera y el 95 % de radiación interceptada.

Palabras clave: leguminosa, rendimiento, días de corte, radiación interceptada.

6.2. Abstract

Legumes are currently the most important species in ruminant feeding due to their high quality and the ability to improve degraded soils, with the fixation of atmospheric nitrogen. The objective of this study is to evaluate the yield and physical quality of crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) at different planting densities, in the dry

tropics of the state of Guerrero, Mexico. The treatments were: four planting densities at 400,000, 200,000, 100,000 plants ha⁻¹ and a stream. A growth analysis was also evaluated at 30, 38, 45, 52, 60, 68 and 75 days of growth, understanding that the pod was fully developed. The variables evaluated were: dry matter yield, leaf: stem ratio, growth rate, plant height, intercepted radiation and morphological composition. On average, regardless of the cutting age, the following descending order was obtained in the results of dry matter yield in the sowing densities: 400,000 > *chorrillo* > 200,000 > 100,000 plants ha⁻¹ with 19837, 17918, 8786 and 4074 kg DM ha⁻¹, respectively (p > 0.05). In the early stages of growth, the highest leaf: stem ratio value was obtained with an average of 1.69 on cutting day 30, decreasing considerably to the lowest value that was when the plant was cut on day 75 with 0.23 leaf:stem ratio (p > 0.05). Therefore, the best sowing density was 400,000 plants ha⁻¹ and cut after 45 days of growth in crotalaria, since there are the best structural characteristics of the meadow and 95% of intercepted radiation.

Keywords: legume, yield, cutting days, intercepted radiation

6.3. Introducción

En el trópico seco de México, la estacionalidad climática genera condiciones ambientales desafiantes para la ganadería (Castro-Rincón *et al.*, 2018); siendo una actividad primaria importante, por su contribución en la alimentación (SIAP, 2019). Actualmente, la sociedad requiere seguridad alimentaria, producir más con recursos limitados (FAO, 2020), incluyendo la disminución del recurso hídrico. Lo anterior promueve la aceleración de los sistemas productivos, por medio de la búsqueda de alternativas que mejoren la eficiencia alimentaria en el ganado (Burbano-Erazo *et al.*, 2019), con poca tecnología que permita el desarrollo sustentable de las comunidades rurales (García *et al.*, 2018).

En las regiones ganaderas del estado de Guerrero, la producción es extensiva y la alimentación se basa en rastrojos de gramíneas nativas, con bajo aporte nutricional (SIAP, 2021); siendo una opción, utilizar especies de corte, anuales y transformarlas

en harina o ensilados para emplearse como suplemento en la época seca (Castro-Rincón *et al.*, 2013; Tui *et al.*, 2015). La inclusión de leguminosas en la alimentación de rumiantes, incrementa la calidad del alimento; además, está demostrado que estas especies benefician al ecosistema (Douxchamps *et al.*, 2014), por ejemplo, en la recuperación de suelos devastados, ya sea como cobertura, abono verde o fijadoras de nitrógeno atmosférico, reduciendo los gases de efecto invernadero (McSorley, 2001; Prudhomme *et al.*, 2017).

En la mayoría de los sistemas ganaderos el uso de leguminosas, como abonos verdes o alimento es poco común, a pesar de los beneficios que aportan (Peters y Lascano, 2003; Russelle *et al.*, 2007; Castro *et al.*, 2017). La crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) es una especie anual que pertenece a la familia Fabaceae, originaria de la India; *Crotalaria* es un género con 350 especies, que desarrollan en climas de trópico húmedo y seco (Cook y White, 1996; Santana y Ascencio, 2011). Estudios en diferentes condiciones de producción, mencionan que ésta especie tiene rendimientos de materia seca entre 5000 y 12,500 kg ha⁻¹ (Akanvou *et al.*, 2001; Jiménez *et al.*, 2005), e indican que ésta leguminosa es un excelente material como abono verde y cobertura vegetal (Cherr *et al.*, 2006; Almeida-Santos *et al.*, 2019), cuando se adiciona al suelo, resulta en calidad y rendimiento de diferentes especies, principalmente gramíneas, cultivadas en asociación o rotación (Muraoka *et al.*, 2002; Lemaire *et al.*, 2014).

En las especies vegetales, existe una relación entre el estado fenológico y los parámetros de calidad física y nutrimental; pues, a mayor cantidad de hojas mayor calidad, caso contrario al momento en que aumenta el tamaño y número de tallos (Lemaire, 2001), lo anterior indica que el rendimiento puede ser contradictorio a la calidad, en etapas tardías mayor rendimiento y menor calidad, conocer la distribución estacional del rendimiento conlleva a buscar un equilibrio entre la cantidad y la calidad de las especies forrajeras (Matthew *et al.*, 2001; Castro-Rivera *et al.*, 2012). Por lo anterior el objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento y calidad física de crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) a diferentes densidades de siembra, en el trópico seco del estado de Guerrero, México.

6.4. Materiales y métodos

6.4.1. Localización

El estudio se realizó durante los meses de julio a octubre de 2020 en una parcela experimental en Tecucontitlán, perteneciente al municipio de Tepecoacuilco de Trujano, Guerrero, la cual está situada a 18° 08' N y -99°33' O, a 782 m.s.n.m. El clima del lugar es cálido subhúmedo con lluvias en verano con una precipitación anual media de 790 mm y temperatura media de 26 °C (García, 2004). Los datos de temperatura máxima, media y mínima, precipitación acumulada semanal durante el periodo de estudio se obtuvieron de la estación meteorológica 12092 ubicada en Tonalapa del Sur localizada a 5.1 km de la parcela experimental (Figura 6.1). El suelo tiene un pH de 7.3 y CE de 0.3 dS m⁻¹, con poca materia orgánica de 2.1.

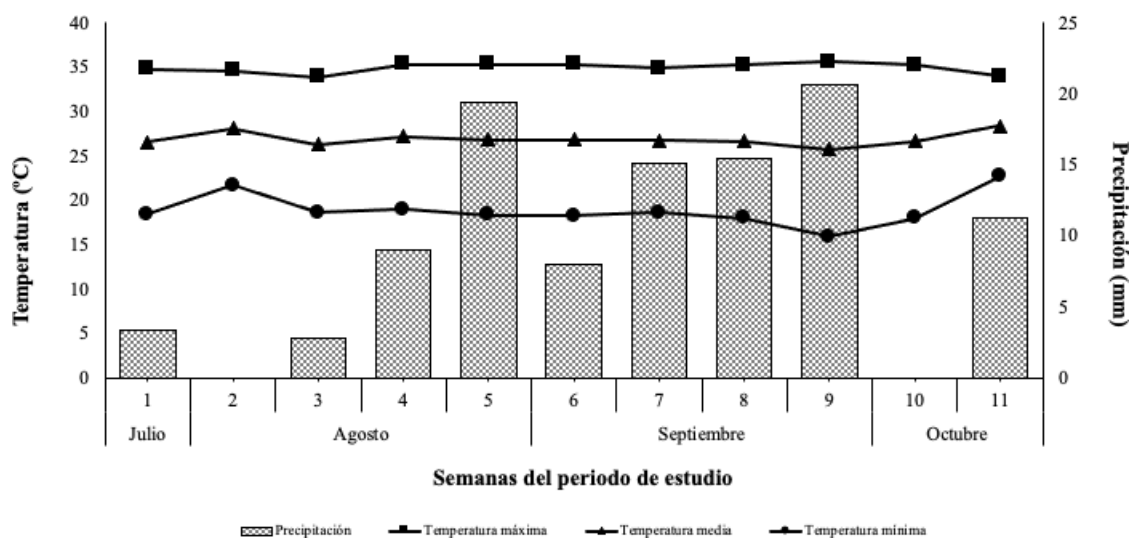


Figura 6.1. Temperatura máxima, media y mínima, precipitación acumulada semanal registrada durante el experimento.

6.4.2. Manejo de la parcela

La parcela experimental se estableció el 30 de julio de 2020, durante la época de lluvias. La preparación del terreno consistió en las labores tradicionales de barbecho, rastreo y surcado. Se utilizó una parcela de 40 x 10 m y se dividió en

cuatro parcelas de 100 m², las cuales constituyeron las unidades experimentales, estas subdividas en tres repeticiones. Se evaluaron cuatro densidades de siembra (tratamientos), se sembró de forma manual depositando la semilla en el surco a una profundidad de dos veces su tamaño a una separación entre surco de 50 cm y 5, 10 y 20 cm entre planta, dando 400,000, 200,000, 100,000 plantas ha⁻¹, respectivamente y como testigo la siembra a chorrillo. No se realizaron riegos, ni fertilizaciones y el control de la maleza fue manual. A partir de los 30 días después de la germinación, con intervalos de ocho días hasta llegar a la etapa reproductiva con la semilla completamente desarrollada las variables de comportamiento productivo, características estructurales y de composición morfológica fueron evaluadas.

6.4.3. Variables evaluadas

6.4.3.1. Rendimiento de materia seca

Para el rendimiento forrajero (kg de MS ha⁻¹) se realizaron muestreos destructivos al azar de cada unidad experimental y repetición por el método de cuadrado de 0.25 m². 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.

6.4.3.2. Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento, se determinó al dividir el valor de rendimiento de materia seca entre el tiempo de corte transcurrido entre un corte y el siguiente.

6.4.3.3. Relación hoja:tallo

La relación hoja:tallo fue determinada al dividir el peso seco expresado en kg MS ha⁻¹ de las fracciones botánicas hoja entre tallo, obtenidos de la submuestra utilizada para estimar la composición morfológica.

6.4.3.4. Radiación interceptada

Para medir la radiación interceptada, un día previo al corte, se realizaron cinco lecturas instantáneas al azar en cada repetición. Se midió los centímetros de sombra proyectados por el dosel vegetal sobre una regla graduada de 100 cm colocada en la superficie del suelo entre los surcos (debajo del dosel vegetal) a las 13:00 horas (Rojas *et al.*, 2016).

6.4.3.5. Altura de la planta

Un día antes de cada corte, la altura de la planta, se midió con la ayuda de una regla de madera graduada en centímetros, considerando desde la superficie del suelo hasta el componente con mayor longitud u hoja bandera. Se registró la altura de 20 plantas seleccionadas aleatoriamente por repetición.

6.4.3.6. 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 con una balanza (OHAUS® TJ2611), se colocó dentro de bolsas de papel y se secó en una estufa eléctrica (RIOSSA ® S.A. HCF32D) a una temperatura de 60 °C, hasta peso constante. y posteriormente se secó a 60 °C en una estufa eléctrica

6.4.4. Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante un diseño en bloques completamente al azar con arreglo en parcelas divididas y tres repeticiones. El procedimiento utilizado fue PROC GLM de SAS (2011), donde los efectos de frecuencia y sus interacciones se consideraron como fijos. La comparación múltiple de medias de los tratamientos se realizó mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

6.5. Resultados y discusión

En la figura 6.2 se observa la producción de biomasa en materia seca de crotalaria al variar las densidades de siembra y edad al corte. En promedio independientemente de la edad de corte, se obtuvo el siguiente orden descendente en los resultados de rendimiento de materia seca en las densidades de siembra; 400,000 > chorrillo > 200,000 > 100,000 plantas ha⁻¹ con 19,837, 17,918, 8,786 y 4,074 kg MS ha⁻¹, respectivamente ($p < 0.05$). En cuanto a la edad de corte, el día 75 obtuvo el mayor rendimiento de materia seca con 28,363 kg MS ha⁻¹ y el menor fue el corte del día 30 con 527 kg MS ha⁻¹ independientemente de las densidades de siembra ($p < 0.05$). Se observó un crecimiento lento en todas las densidades hasta el día 45 donde posteriormente fue acelerado para el día 60 y aumentó hasta el día 75 de evaluación.

El rendimiento de materia seca en densidades de siembra puede ser muy variable como en esta investigación y depende de la competencia inter-específica por nutrientes y luz principalmente (Mattera *et al.*, 2013). Por su parte Abdul-Baki *et al.* (2001) al evaluar la crotalaria al variar diferentes alturas de corte de 30, 60 y 90 cm de altura del suelo a los 100 días de rebrote obtuvieron un promedio de 24,500 kg MS ha⁻¹ superior a los de los resultados obtenidos, sin embargo, el corte máximo en esta investigación fue en el día 75 de siembra. Algunos investigadores (Santos *et al.*, 2011; Mosjidis *et al.*, 2013) mencionan que la crotalaria tiene rendimiento de 1,800 a 10,000 kg MS ha⁻¹, esto depende del manejo, densidad de siembra (Jiménez *et al.*, 2005) y las condiciones climáticas, principalmente precipitación y temperatura. Misma tendencia de crotalaria al aumentar el rendimiento de materia seca conforme transcurre el corte y densidad de siembra lo reporta Miranda *et al.* (2020).

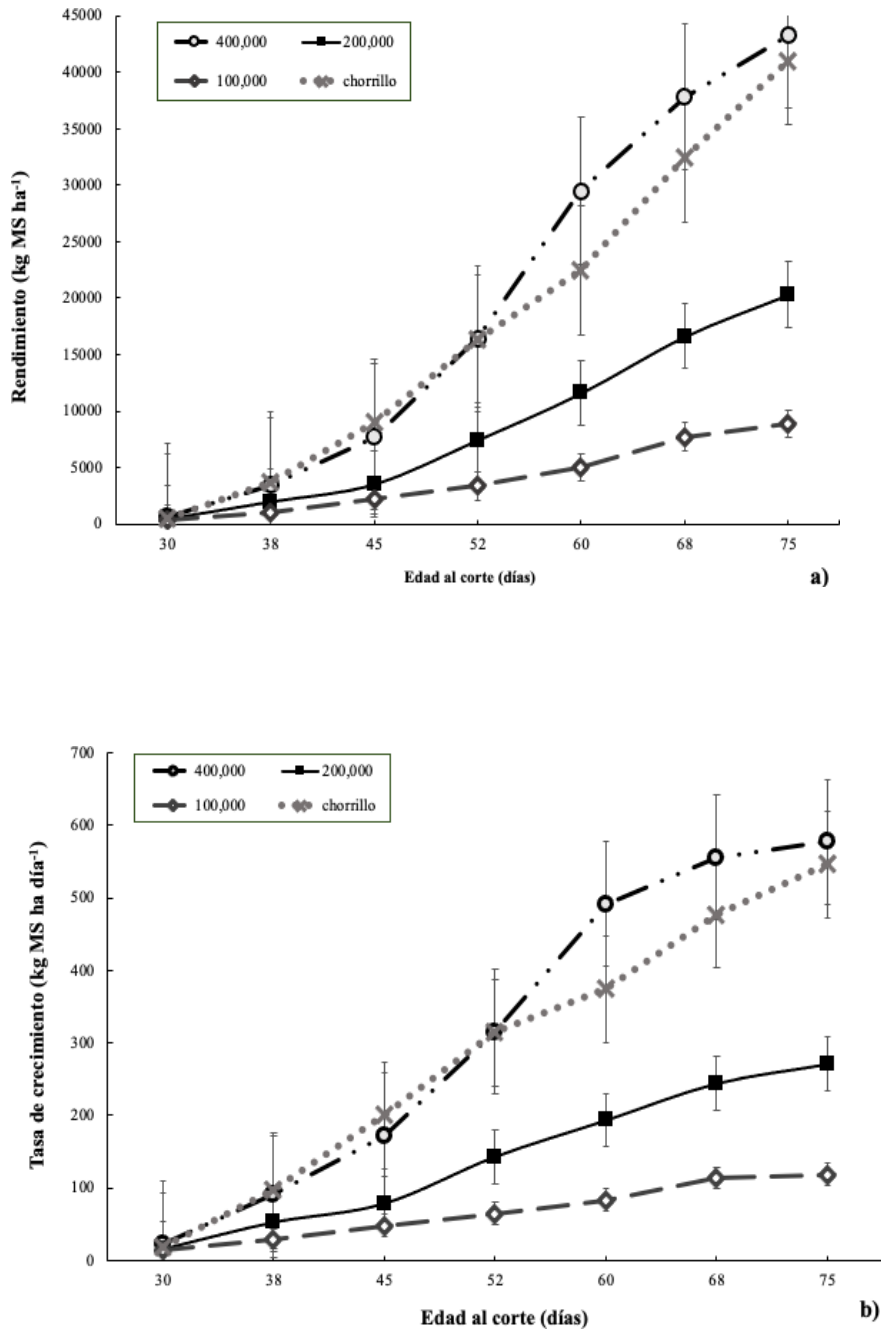


Figura 6.2. Rendimiento (a) y tasa de crecimiento (b) de crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) a diferente densidad de siembra y edad de corte. Las barras representan el error estándar de la media de cada tratamiento.

La tasa de crecimiento de crotalaria cultivada a diferentes densidades de siembra y edad al corte se observa en la Figura 6.2. El comportamiento de la tasa de crecimiento llevó la misma tendencia que el rendimiento de materia seca existiendo diferencias en el promedio en las densidades de siembra independientemente de la edad al corte, siendo la mayor y menor tasa la densidad de 400,000 y 100,000 plantas ha^{-1} con 317 y 66 $\text{kg MS ha}^{-1} \text{d}^{-1}$, respectivamente ($p < 0.05$). Por otra parte, las densidades de siembra que obtuvieron la mayor tasa en edad del corte fue la de 400,000 plantas ha^{-1} a los 68 y 75 días con 556 y 577 $\text{kg MS ha}^{-1} \text{d}^{-1}$ junto con la siembra a chorrillo con 546 $\text{kg MS ha}^{-1} \text{d}^{-1}$ en el día 75 de corte y menor la densidad de 200,000 y 100,000 plantas ha^{-1} con 16 y 13 $\text{kg MS ha}^{-1} \text{d}^{-1}$, respectivamente ($p > 0.05$).

La tasa de crecimiento es el reflejo del rendimiento de materia seca como lo consignan Sánchez-Santillán *et al.* (2019), reportando en leguminosas una tasa de crecimiento a los 45 días de rebrote de 25 $\text{kg MS ha}^{-1} \text{d}^{-1}$ en invierno y 70 $\text{kg MS ha}^{-1} \text{d}^{-1}$ en verano, correspondiendo a la temperatura más baja y alta, respectivamente. Resultados menores a lo reportado en esta investigación, sin embargo, aquí se dejó más tiempo de evaluación al día 75.

La relación hoja:tallo de crotalaria a diferentes densidades de siembra y edad al corte se observa en el cuadro 6.1. Caso contrario al rendimiento de materia seca con las densidades de siembra en la relación hoja: tallo, se obtuvo el siguiente orden descendiente, independientemente de la edad al corte: 100,000 > chorrillo > 200,000 > 40,000 plantas ha^{-1} con 0.65, 0.60, 0.59 y 0.55, respectivamente de relación hoja: tallo ($p > 0.05$). En los inicios de crecimiento se obtuvo el mayor valor de relación hoja: tallo con un promedio de 1.69 en el día 30 de corte, disminuyendo considerablemente hasta el menor valor que fue cuando la planta se cortó en el día 75 con 0.23 de relación hoja:tallo ($p > 0.05$). El mayor y menor valor de relación hoja: tallo se obtuvo en la densidad de siembra de 100,000 plantas ha^{-1} en el día 30 y 75 de corte con un valor de 2 y 0.13 en la relación hoja: tallo, respectivamente ($p > 0.05$). 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. Rojas-García *et al.* (2017) en diferentes variedades de alfalfa reportan una relación hoja:tallo de 0.88 a 1.55 de acuerdo a la temperatura del año.

Cuadro 6.1. Relación hoja:tallo de crotalaria a diferentes densidades de siembra y edad al corte.

Densidad (plantas ha ⁻¹)	Edad al corte (días)							Promedio
	30	38	45	52	60	68	75	
400 000	1.27 ^{Ba}	0.85 ^{Ab}	0.49 ^{ABc}	0.45 ^{Ac}	0.28 ^{Bd}	0.27 ^{Bd}	0.27 ^{Ad}	0.55 ^C
200 000	1.66 ^{ABa}	0.80 ^{Ab}	0.44 ^{ABc}	0.36 ^{Bc}	0.32 ^{Ac}	0.33 ^{Ac}	0.25 ^{Ac}	0.59 ^B
100 000	2.00 ^{Aa}	0.72 ^{Cb}	0.69 ^{Ab}	0.47 ^{Ac}	0.30 ^{ABcd}	0.26 ^{Bcd}	0.13 ^{Bd}	0.65 ^A
Chorrillo	1.83 ^{Aa}	0.70 ^{Bb}	0.40 ^{Bbc}	0.36 ^{Bbc}	0.32 ^{Ac}	0.32 ^{Ac}	0.28 ^{Ac}	0.60 ^B
Promedio	1.69 ^a	0.76 ^b	0.50 ^c	0.41 ^c	0.30 ^c	0.29 ^c	0.23 ^d	

Medias con la misma literal minúscula en una misma hilera, no son diferentes (Tukey, $p > 0.05$).

Medias con la misma literal mayúscula en una misma columna, no son diferentes (Tukey, $p > 0.05$).

La radiación interceptada es una medida que define el momento óptimo de cosecha, siendo este cuando se obtiene el 95 % de radiación; en este caso en la crotalaria al variar las densidades de siembra y edades al corte se reporta a los 45 días de corte con una densidad de siembra de 400,000 plantas ha⁻¹, seguido de la densidad de 200,000 plantas ha⁻¹ y a chorrillo con un promedio de 93 % de radiación interceptada igualmente a los 45 días de edad de rebrote ($p > 0.05$). Antes y después de los 45 días al corte la radiación interceptada es menor, al inició del rebrote en el día 30 se obtiene 26 % de radiación interceptada y al día 75 se interceptó hasta un 57 % de luz ($p > 0.05$) (Figura 6.3).

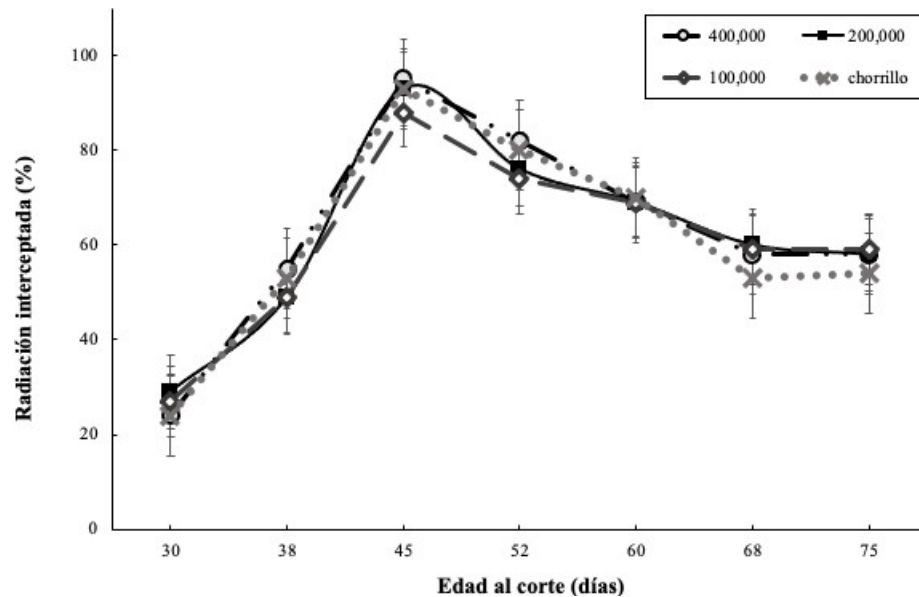


Figura 6.3. Radiación interceptada en cultivo de crotalaria (*C. juncea* L.) sembrada a diferente densidad y edad de rebrote. Las barras representan el error estándar de la media de cada tratamiento.

Han reportado varios autores (Maldonado *et al.*, 2017; Rojas *et al.*, 2018) en especies tropicales un 95 % de radiación interceptada que coincide con el mejor momento de cosecha, ya que se encuentran los mejores atributos de calidad y cantidad de forraje. Por lo tanto, en crotalaria en promedio se obtuvo en el día 45 después de la siembra en todas las densidades de siembra el 92 %, lo más cercano a 95 %, demostrando que depende de la densidad de siembra, encontrando un punto de competitividad entre plantas. Por otra parte, Jiménez *et al.* (2011) en la densidad de siembra de crotalaria con 172,000 plantas ha⁻¹ presenta la mayor radiación interceptada con 97 %.

Para la altura de planta, tanto la densidad de siembra de 400,000 plantas ha⁻¹ y a chorrillo la altura fue aumentando considerablemente del día 30 al 68 de rebrote de 63 a 274 cm, respectivamente y mantenerse en el día 75 de rebrote con 279 cm en promedio ($p > 0.05$). Se obtuvo la menor altura en el día 75 de rebrote las

densidades de siembra de 200,000 y 100,000 plantas ha^{-1} con 276 y 265 cm, respectivamente ($p > 0.05$). En estas dos densidades el crecimiento fue aumentando significativamente desde el día 30 hasta terminar el día 75 de rebrote como se observa en la figura 6.4.

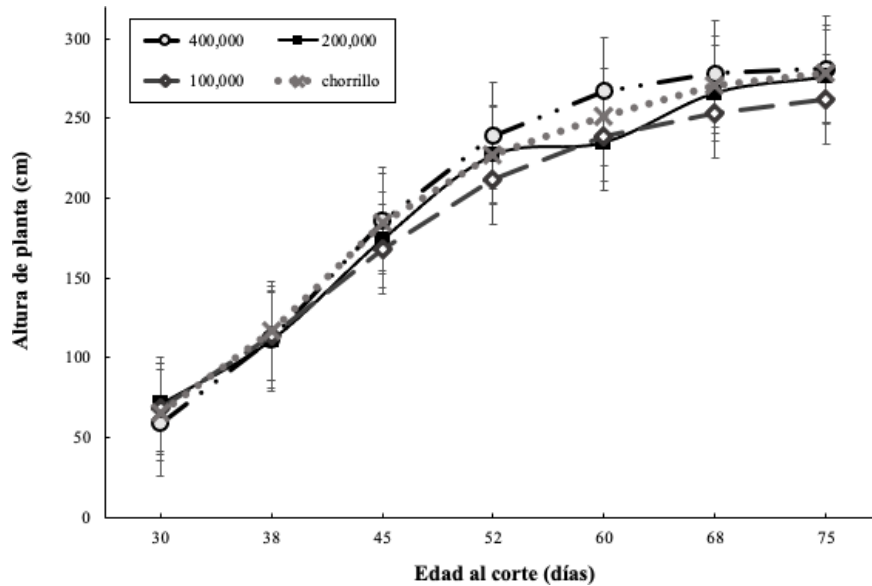


Figura 6.4. Altura de la planta de crotalaria (*C. juncea* L.) sembrada a diferente densidad y edad de rebrote. Las barras representan el error estándar de la media de cada tratamiento.

Por su parte Dubeux *et al.* (2019) al evaluar crotalaria en densidades de siembra e inoculantes reportan alturas de 2 a 3 m a los 75 días de la siembra, similar a los de esta investigación. Sosa *et al.* (2008) reportan en leguminosas tropicales una relación entre altura de la planta con el rendimiento de materia seca y porcentaje de cobertura como lo observado en este ensayo. Abdul-Baki *et al.* (2001) al evaluar la altura de corte en crotalaria reporta una altura promedio de 220 a 320 cm a los 100 días de siembra parecido a lo reportado en esta investigación.

La composición morfológica de crotalaria en diferentes densidades de siembra y edad al corte se observa en la figura 6.5. El mayor componente tallo

independientemente de las densidades de siembra se reportó en el día 60 después del corte, con un promedio de 75 % y el menor a los 30 días de rebrote de la planta, con un promedio de 37 % de tallo ($p > 0.05$). La densidad de siembra que obtuvo el mayor y menor componente de tallo fue a 100,000 plantas ha^{-1} a los días 68 y 30 con 77 y 33 %, respectivamente ($p > 0.05$). El componente hoja independientemente de las densidades de siembra fue mayor en el día 30 de rebrote y menor en el día 75 con 62 y 15 %, respectivamente ($p = 0.05$). La densidad de 100,000 plantas ha^{-1} obtuvo la mayor cantidad de hoja al inicio de la investigación día 30 con 66 %, sin embargo, también fue la que obtuvo la menor cantidad en el último corte de 75 días con 10 % de hoja ($p > 0.05$).

En el componente flor se inició en la edad al corte de 52 días en las densidades de siembra de 200,00 plantas ha^{-1} y a chorrillo con 3.1 y 0.6 %, aumentando hasta el día 75 con 4.8 y 3.9 % de flor, respectivamente. Sin embargo, las densidades de siembra de 400,000 y 100,000 plantas ha^{-1} fueron las que obtuvieron mayor porcentaje de flor en la edad de corte de 75 días con 7.2 y 6.6 %, respectivamente ($p > 0.05$). Por último, el componente vaina o fruto de crotalaria inició dos semanas después de la aparición de la flor correspondiente al día 68, siendo la densidad de 200,000 plantas ha^{-1} con mayor contenido de vaina en el día 75 con 22.1 % ($p > 0.05$).

■ Tallo ■ Hoja ■ Flor ■ Vaina

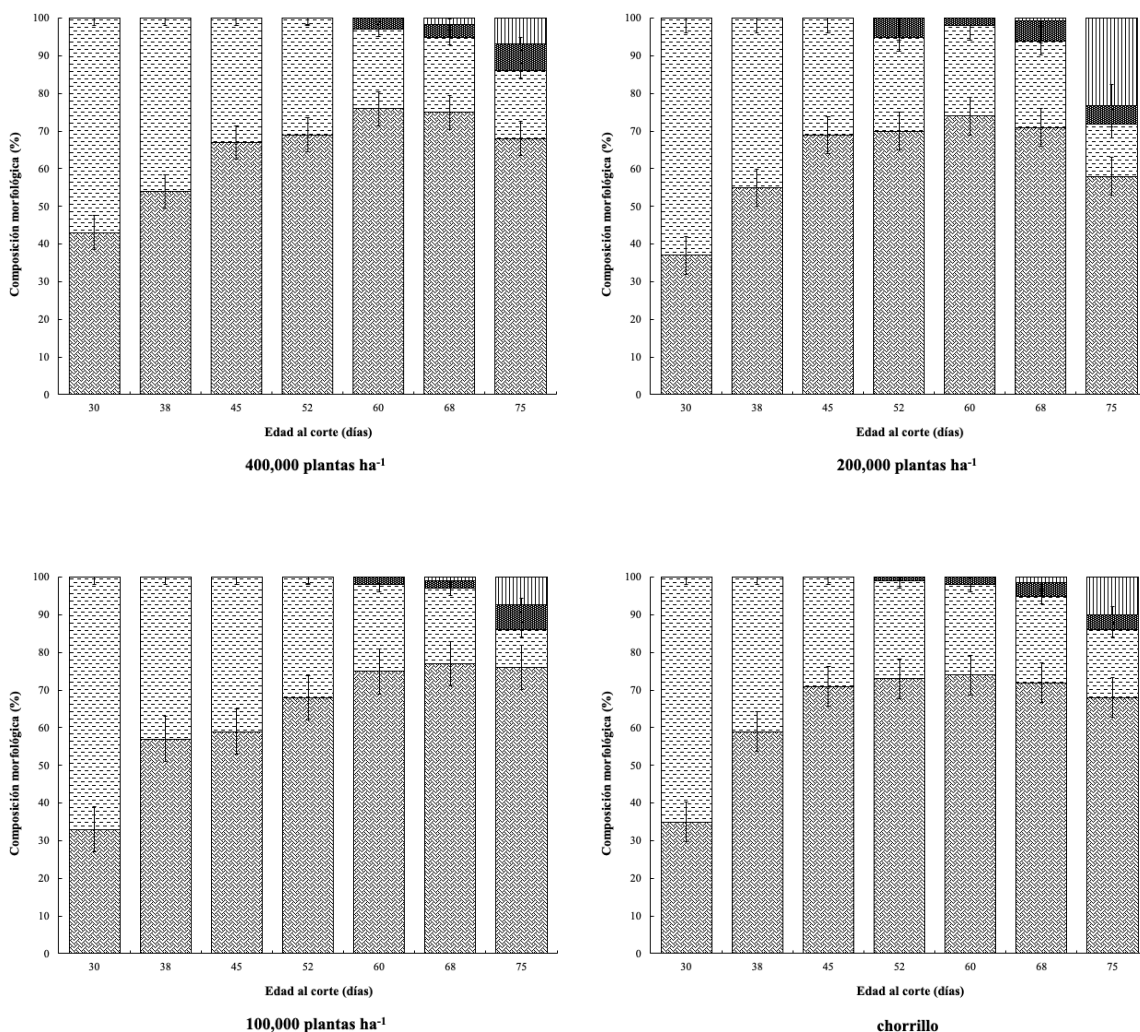


Figura 6.5. Composición morfológica de crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) cultivada a diferente densidad de siembra y edad al corte. Las barras representan el error estándar de la media de cada componente botánico.

Oliveira *et al.* (2020) mencionan que la densidad de siembra es un factor determinante en la composición morfológica de crotalaria ya que al aumentar la densidad aumenta el rendimiento de biomasa y disminuye la producción de vaina factor que se presentó en este ensayo. Por otro lado, Abdul-Baki *et al* (2001) consignan que la composición morfológica está dada por el tiempo de rebrote ya

que al inició se encuentra mayor porcentaje de hoja disminuyendo con el tiempo y aumentado el tallo, flor y vaina como lo reportado en esta investigación.

6.6. Conclusión

Como conclusión, en crotalaria a una densidad de siembra de 400,000 plantas ha⁻¹ y corte a los 45 días de crecimiento, se encuentran las mejores características estructurales de la pradera y el 95 % de radiación interceptada para producción de forraje, sin embargo, para mayor producción de vaina o semilla es a 100,000 plantas ha⁻¹.

6.7. 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.

Akanvou, R.; Bastiaans, L.; Kropff, MJ.; Goudriaas, J. y Becker, M. (2001). Characterization of growth, nitrogen accumulation and competitive ability of six tropical legumes for potential use in intercropping systems. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 187(2): 111-120.

Almeida-Santos, L. E.; Obrador-Olán, J. J.; García-López, E.; Castelán-Estrada, M. y Carrillo-Ávila, E. (2019). Cultivation and incorporation of *Crotalaria juncea* L. in a sugarcane culture soil in the Chontalpa, Tabasco, Mexico. *Agroproductividad*. 12(7): 87-93.

Burbano-Erazo, E.; Mojica-Rodríguez, J. E.; Brochero-Aldana, G. A.; Cardona-Iglesias, J. L. y Castro-Rincón, E. (2019). Producción de forraje en leguminosas tropicales, en el Caribe seco colombiano. *Pastos y Forrajes*. 42(1): 143-151

Castro, R. E.; Sierra-Alarcón, A.; Mojica, J. E.; Carulla, J. y Lascano, C. E. (2017). Efecto de especies y manejo de abonos verdes de leguminosas en la

producción y calidad de un cultivo forrajero utilizado en sistemas ganaderos del trópico seco. Archivos de Zootecnia. 66(253): 99-106.

Castro-Rincón, E.; Mojica-Rodríguez, E.; Carulla-Fornaguera, J. E. y Lascano-Aguilar, C. E. (2018). Abonos verdes de leguminosas: integración en sistemas agrícolas y ganaderos del trópico. Agronomía Mesoamericana. 29(3): 711-728.

Castro, R. R.; Hernández, G. A.; Vaquera, H. H.; Hernández, G. J. de la P.; Quero, C. A. R.; Enríquez, Q. J. F. y Martínez, H. P. A. (2012). Comportamiento productivo de asociaciones de gramíneas con leguminosas en pastoreo. Rev. Fitotec. Mex. 35(1): 87-95.

Douxchamps, S.; Rao, I. M.; Peters, M.; Van-Der-Hoek, R.; Schmidt, A.; Martens, S.; Polania, J.; Mena, M.; Binder, C. R.; Schöll, R.; Quintero, M.; Kreuzer, M.; Frossard, E. and Oberson. A. (2014). Farm-scale tradeoffs between legume use as forage versus green manure: The case of *Canavalia brasiliensis*. Agroecol. Sustain. Food Syst. 38:25-45.

Dubeux, J.; Vendramini, J.; Garcia, L.; Jaramillo D.; Santos, E. and Van Cleef, F. (2019). Sunn Hemp: A fast growing anual forege legume. 1-4 pp.

FAO, (2020). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Animal-producción. www.fao.org.mx

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

García, E.; Siles, P.; Eash, L.; Van Der Hoek, R.; Kearney, S. P.; Smukler, S. M. and Fonte, S. (2018). Participatory evaluation of improved grasses and forage legumes for smallholder livestock production in Central America. Experimental Agriculture. 55(5): 776-792.

- 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.
- Lemaire, G. (2001). Ecophysiology of grasslands: dynamics aspects of forage plant populations in grazed swards. *In: Proc. XIX International Grassland Congress*. Brazilian Society of Animal Husbandry, Sociedade Brasileira de Zootecnia (eds). São Pedro, São Paulo. Brazil. 29-37 pp.
- Lemaire, G.; Franzluebbers, A.; Carvalho, P. C. F.; and Dedieu, B. (2014). Integrated crop-livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. *Agric. Ecosyst. Environ.* 190(1): 4-8.
- Maldonado-Peralta, M. A.; Rojas-García, A. R.; Sánchez-Santillán, P.; Bottini-Luzardo, M. B.; Torres-Salado, N.; Ventura-Ríos, J.; Joaquín-Cancino, S. y Luna-Guerrero, M. J. (2019). Growth analysis of Cuba grass OM-22 (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) in the dry tropics. *Agroproductividad*. 12(8): 17-22.
- Matthew, C. G.; Val Loo, E. N.; Tom, E. R.; Dawson, L. A. and Care, D. A. (2001). Understanding shoot and root development. *In: Proc. XIX International Grassland Congress*. Brazilian Society of Animal Husbandry, Sociedade Brasileira de Zootecnia (eds). São Pedro, São Paulo. Brazil. 19-27 pp.
- McSorley, R. (2001). Multiple cropping systems for nematode management: A review. *Soil Crop Sci. Soc. Florida Proc.* 60(1):132-142.
- 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.

- Muraoka, T.; Ambrosano, E.; Zapata, F.; Bortoletto, N.; Martins, A. L. M.; Trivelin, P. C. O.; Boaretto, A. E. y Scivittaro, W. B. (2002). Eficiencia de abonos verdes (crotalaria y mucuna) y urea, aplicados solos o juntamente, como fuentes de n para el cultivo de arroz. *Terra*. 20(1):17-23.
- 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.
- Peters, M. and Lascano, C. E. (2003). Forage technology adoption: linking on-station research with participatory methods. *Tropical Grasslands*. 37(4):197-203.
- Prudhomme, R.; Brunelle, T.; Dumas, P. and Zhang, X. (2017). Legume's production in Europe to mitigate agricultural emissions in a global perspective. *4ème Conférence annuelle de la FAERE*. Nancy, France: LeF, BeTA. 16 p.
- 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.
- Rojas-García, A. R.; Torres-Salado, N.; Maldonado-Peralta, M. A.; Sánchez-Santillán, P.; García-Balbuena, A.; Mendoza-Pérez, S. I.; Álvarez-Vázquez, P.; Herrera-Pérez, J. y Hernández-Garay, A. (2018). Curva de crecimiento y calidad del pasto cobra (*Brachiaria Híbrido BR02/1794*) a dos densidades de corte. *Agroproductividad*. 11(5):34-38
- Russelle, M. P.; Entz, M. H. and Franzluebbers, A. J. (2007). Reconsidering integrated crop-livestock systems in North America. *Agronomy Journal*. 99(2):325-334.

- Sánchez, S. P.; Maldonado, P. M. A.; Rojas, G. A. R.; Torres, S. N.; Herrera, P. J.; Bottini, L. M. B.; Wilson, G. C. Y. y Quero, C. A. R. (2019). Productividad de variedades de alfalfa en el valle de México. *Acta Universitaria*. 29: 1-11.
- Santana, M. G. y Ascencio, J. (2011). Capacidad de crecimiento de *Crotalaria juncea* L. en condiciones de deficiencia de Fósforo. *Agronomía Trop*. 61(3-4): 221-230.
- 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, (2011). The SAS 9.2 for Windows. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina. USA.
- SIAP, (2019). Servicio de Información Agroalimentaria y pesquera. Información sobre el número de animales que se crían en el país con fines de producción. www.siap.gob.mx
- SIAP, (2021). Servicio de Información Agroalimentaria y pesquera. Avance mensual de la producción pecuaria en el estado de Guerrero.
- 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.
- Tui, S. H.; Valbuena, D.; Masikati, P.; Descheemaeker, K.; Nyamangara, J.; Claessens, L.; Erenstein, O.; Van-Rooyen, A. and Nkomboni, D. (2015). Economic trade-offs of biomass use in crop-livestock systems: Exploring more sustainable options in semi-arid Zimbabwe. *Agricultural Systems*. 134:48-60.

7. RENDIMIENTO Y CALIDAD MORFOLÓGICA DEL CULTIVO DE SOYA FORRAJERA A DIFERENTES COSECHAS

YIELD AND MORPHOLOGICAL QUALITY THE CULTIVATION OF FORAGE SOYBEAN AT DIFFERENT HARVESTS



Chapingo, Estado de México, 17 de diciembre de 2021

MARÍA DE LOS ÁNGELES MALDONADO PERALTA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO

Con la presente se hace constar que se ha recibido el manuscrito propuesto para su publicación en la **REVISTA FITOTECNIA MEXICANA** titulado:

RENDIMIENTO Y CALIDAD MORFOLÓGICA DEL CULTIVO DE SOYA FORRAJERA A DIFERENTES COSECHAS

Autores: JOSUÉ JONATHAN RÍOS HILARIO, MARÍA DE LOS ÁNGELES MALDONADO PERALTA*, ADELAIDO RAFAEL ROJAS-GARCÍA, ELÍAS HERNÁNDEZ CASTRO, JUAN ELÍAS SABINO LÓPEZ, HÉCTOR RAMÓN SEGURA PACHECO.

Para su evaluación, el manuscrito con clave: **R2021098** será enviado a dos revisores técnicos y a un editor, cuyo dictamen se hará de su conocimiento tan pronto esté disponible.

Para facilitar la comunicación del caso, le agradeceré que en toda correspondencia relacionada con este manuscrito anote la clave asignada. En adición, es necesario que oportunamente nos avise de cualquier cambio de domicilio y que nos proporcione su número telefónico, y correo electrónico.

Sin otro particular por el momento, me es grato enviarle un cordial saludo.

Atentamente

Dr. Amalio Santacruz Varela
Director

ASV*gr

7.1. Resumen

La soya (*Glycine max* L.) es un recurso forrajero de alta calidad, por sus características nutricionales y producción de biomasa, pero la adopción y establecimiento en praderas es limitado debido al poco conocimiento sobre el manejo agronómico. El propósito del estudio fue evaluar el efecto de diferentes densidades de siembra y edades de corte sobre el rendimiento, características estructurales y composición morfológica de la variedad de soya Salcer, en el trópico seco. Se evaluaron cuatro densidades (250,000, 125,000, 62,500 y 41,250 plantas ha⁻¹) cada ocho días a partir de los 30 días hasta los 75 posteriores a la germinación, bajo un diseño en bloques completamente al azar, con tres repeticiones. La producción de forraje, tasa de crecimiento, altura de planta, relación hoja:tallo, radiación interceptada y composición morfológica fueron evaluadas. El rendimiento fue superior cuando la siembra fue a altas densidades con 4,462 kg MS ha⁻¹ ($p < 0.05$). No hubo diferencias entre densidades para la relación hoja: tallo ($p > 0.05$), respecto a la edad de corte, se obtuvieron los mayores valores con un promedio superior a la unidad en los días 30 a 52, (1.93 y 1.20). La soya interceptó mayor radiación durante el día 60 (82 %). Por lo tanto, la mejor densidad de siembra fue de 250,000 plantas ha⁻¹ y cortar entre los 60 días de edad para la producción de forraje en cantidad y calidad morfológica de soya variedad Salcer.

Palabras clave: cultivo forrajero, leguminosa, calidad morfológica, manejo agronómico, edad de corte.

7.2. Abstract

Soybean (*Glycine max* L.) is a high-quality alternative forage, due to its nutritional characteristics and biomass production, but adoption and establishment in grasslands is limited due to the little know about the agronomic management. The purpose of this study was to evaluate the effect of different plant densities and harvesting stages on the yield, structural characteristics and morphological composition of the soybean variety Salcer, in the dry tropics. Four plant densities

(250,000, 125,000, 62,500 and 41,250 plants ha⁻¹) were evaluated every eight days from 30 days to 75 after germination, under a completely randomized block design, with three repetitions. Forage production, growth rate, plant height, leaf: stem ratio, intercepted radiation and morphological composition were evaluated. Forage yield was higher at high densities than at low densities with 4,462 and 2,958 kg DM ha⁻¹, respectively ($p < 0.05$). There was no difference between densities for the leaf: stem ratio ($p > 0.05$), whit respect to cutting age, the highest values were obtained with an average greater than one on days 30 to 52 (1.93 and 1.20). Soybean intercepted more radiation during day 60 (82%). Therefore, the best planting density was 250,000 plants ha⁻¹ and cut between 60 days of age for the production of forage in quantity and morphological quality of soybean variety Salcer.

Key words: forage crop, legume, morphological quality, agronomic practice, harvest stages.

7.3. Introducción

En la alimentación de rumiantes, las leguminosas forrajeras utilizadas como suplemento en dietas de baja calidad, solas o asociadas con gramíneas, en los periodos de escasez han demostrado mantener o incrementar la ganancia diaria de peso (González *et al.*, 2012, Reyes *et al.*, 2012; Torres *et al.*, 2020) y producción de leche (Azzaz *et al.*, 2016; Castro Montoya *et al.*, 2019).

En adición, las leguminosas forman parte de los ecosistemas naturales y cultivados (Fraile *et al.*, 2007; Garduza *et al.*, 2020), tienen la habilidad de establecer una relación simbiótica con bacterias del genero *Rhizobium* que permite la fijación de nitrógeno atmosférico al suelo (Gulwa *et al.*, 2018; Pratap *et al.*, 2021), son vitales en la resiliencia de los efectos del cambio climático y participan en la seguridad alimentaria (Liew *et al.*, 2014); sin embargo, la adopción y establecimiento de praderas de leguminosas forrajeras y su uso en la alimentación del ganado es poco común (Schultze-Kraft *et al.*, 2018), debido al desconocimiento o la falta de información del manejo agronómico como es el caso de la densidad de siembra de

especies de calidad, adaptadas a las condiciones edafoclimáticas del trópico seco (Enríquez y Quero, 2006; Sosa *et al.*, 2008).

La soya es una leguminosa que se utiliza a nivel mundial en la alimentación, como fuente de proteína vegetal (Kim *et al.*, 2016), se adapta a diferentes condiciones ambientales, manejo agronómico (Asekova *et al.*, 2014) y se cultiva principalmente para la obtención de grano (Cruz *et al.*, 2016; Novelli *et al.*, 2011). En condiciones de escasez de forraje, esta especie representa un excelente recurso alimenticio, debido a sus características nutricionales y producción de biomasa (Tobía y Villalobos, 2004). Al usarse como forraje puede ensilarse en combinación con gramíneas y melaza, o en heno para raciones balanceadas (Tobía *et al.*, 2006).

Estudios realizados en soya forrajera, en condiciones de clima mediterráneo, reportan rendimientos de entre 9,300 y 11,300 kg MS ha⁻¹ en los estadios R₄ (vaina llena) y R₆ (semilla desarrollada), respectivamente (Acikgoz *et al.*, 2007), mientras que, en Costa Rica se evaluó en condiciones de alta precipitación y temperatura y se obtuvieron 4,800 kg MS ha⁻¹, cuando la planta fue cosechada en el estadio R₆ (Tobía y Villalobos, 2004).

En las especies forrajeras, el manejo de la densidad de siembra y el estado de madurez al corte son factores determinantes del rendimiento y calidad física del cultivo, pues existe correlación directa entre la edad de corte y la producción de materia seca, esto indica que a medida que se incrementa la edad al corte también lo hace la producción de biomasa (Elizondo y Boschini, 2006; Acikgoz *et al.*, 2007; Alatorre *et al.*, 2018; Burbano *et al.*, 2019; Rojas *et al.*, 2019).

Considerando lo anterior y que la información disponible sobre el manejo en la densidad de siembra y edad al corte para la obtención de forraje de soya, según la condición ambiental, es limitada, el objetivo del presente estudio fue evaluar el potencial productivo y las características morfológicas de soya a diferentes densidades de siembra y edad al corte, en el trópico seco.

7.4. Materiales y métodos

7.4.1. Localización

La evaluación del potencial forrajero y las características morfológicas de soya forrajera, se llevó a cabo durante los meses de julio a octubre de 2020, en una parcela experimental en Tecuescontitlán, perteneciente al municipio de Tepecoacuilco de Trujano, Guerrero, localizada a 18° 08' LN y -99°33' LO a 782 m. La zona posee un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano con una precipitación anual promedio de 790 mm y temperatura media de 26 °C (García, 2004). Los datos de temperatura máxima, media y mínima, precipitación acumulada semanal durante el periodo de estudio se obtuvieron de la estación meteorológica 12092 ubicada en Tonalapa del Sur localizada a 5.1 km de la parcela experimental (Figura 7.1). El suelo tiene un pH de 7.3 y CE de 0.3 dS m⁻¹, con poca materia orgánica de 2.1.

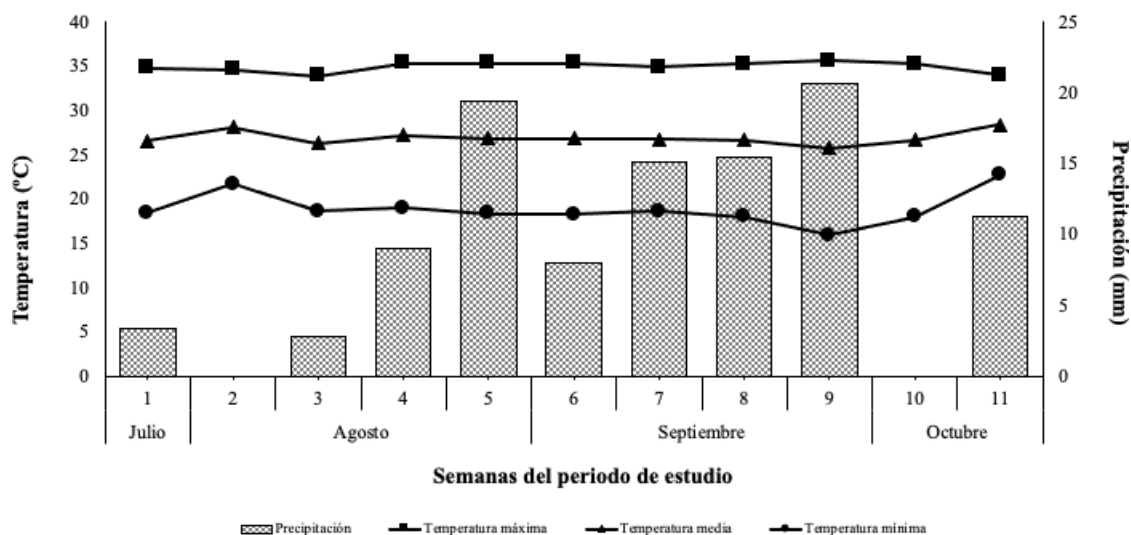


Figura 7.1. Temperatura máxima, media y mínima, precipitación acumulada semanal registrada durante el experimento.

7.4.2. Manejo de la parcela

La parcela experimental se estableció el 30 de julio de 2020, durante la época de lluvia. El terreno, antes de la siembra, se barbechó, rastreó y surcó. Se utilizaron

cuatro parcelas de 10 x 4 m, cada una; las cuales constituyeron las unidades experimentales y fueron divididas en tres repeticiones. La semilla de soya empleada fue de la variedad Salcer, generada por el Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGro). Se evaluaron cuatro densidades de siembra: 250,000, 125,000, 62,500 y 41,250 plantas ha⁻¹, considerando una separación entre surco de 80 cm y 5, 10, 20 y 30 cm entre planta, respectivamente. La siembra y el control de la maleza fue manual, no se realizaron riegos, ni fertilización. A partir de los 30 días después de la germinación, con intervalos de ocho días, hasta llegar a la etapa reproductiva R6 (semilla completamente desarrollada), se valoraron las siguientes variables.

7.4.3. Variables evaluadas

7.4.3.1. Rendimiento forrajero

Para el rendimiento forrajero (kg MS ha⁻¹) se realizaron muestreos destructivos al azar de cada unidad experimental y repetición, utilizando un cuadrante metálico de 0.5 x 0.5 m. La altura de corte fue a 10 cm sobre el nivel del suelo. El material vegetativo colectado se depositó en bolsas de papel, se pesó con una balanza (OHAUS® TJ2611) y posteriormente se secó a 60 °C en una estufa eléctrica (RIOSSA ® S.A. HCF32D) de aire forzado hasta alcanzar un peso constante.

7.4.3.2. Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento, se determinó al dividir el valor de rendimiento de materia seca entre el tiempo de corte transcurrido entre un corte y el siguiente.

7.4.3.3. Altura de la planta

Un día antes de cada corte, la altura de 20 plantas seleccionadas aleatoriamente por densidad y repetición se midió con una regla de madera graduada en centímetros desde el suelo hasta el componente de mayor altura u hoja bandera.

7.4.3.4. Relación hoja:tallo

La relación hoja:tallo fue determinada al dividir el peso seco expresado en kg MS ha⁻¹ de la hoja entre tallo, obtenidos de la submuestra utilizada para estimar el rendimiento de forraje.

7.4.3.5. Radiación interceptada

Para medir la radiación interceptada, un día previo al corte, se realizaron cinco lecturas instantáneas al azar en cada repetición. Se midió los centímetros de sombra proyectados por el dosel vegetal sobre una regla graduada de 100 cm colocada en la superficie del suelo entre los surcos (debajo del dosel vegetal) a las 13:00 horas (Rojas *et al.*, 2016).

7.4.3.6. 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 (RIOSSA ® S.A. HCF32D) a una temperatura de 60 °C, hasta peso constante.

7.4.4. Diseño experimental

Se utilizó un diseño en bloques completamente al azar con arreglo en parcelas divididas y tres repeticiones. El procedimiento utilizado fue PROC GLM de SAS (2011), donde los efectos de frecuencia y sus interacciones se consideraron como fijos. La comparación múltiple de medias de los tratamientos se realizó mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

7.5. Resultados y discusión

Se encontraron diferencias estadísticas entre las densidades de siembra y edad al corte para el rendimiento forrajero ($p < 0.05$). La producción de forraje

incrementó en promedio 11 % al aumentar la densidad de siembra. Independientemente de la edad de corte se obtuvo que la producción de forraje fue superior cuando la siembra fue a altas densidades ($250,000 > 125,000 > 62,500 > 41,250$ plantas ha^{-1}) ($p < 0.05$), que a densidades bajas. Respecto a la edad al corte, el día 75 mostró el mayor rendimiento de materia seca con $5,763$ kg MS ha^{-1} y el menor el corte del día 30, con 585 kg MS ha^{-1} , independientemente de las densidades de siembra ($p < 0.05$), se observó un crecimiento acelerado a partir de la evaluación del día 30 hasta el día 60 (Figura 7.2).

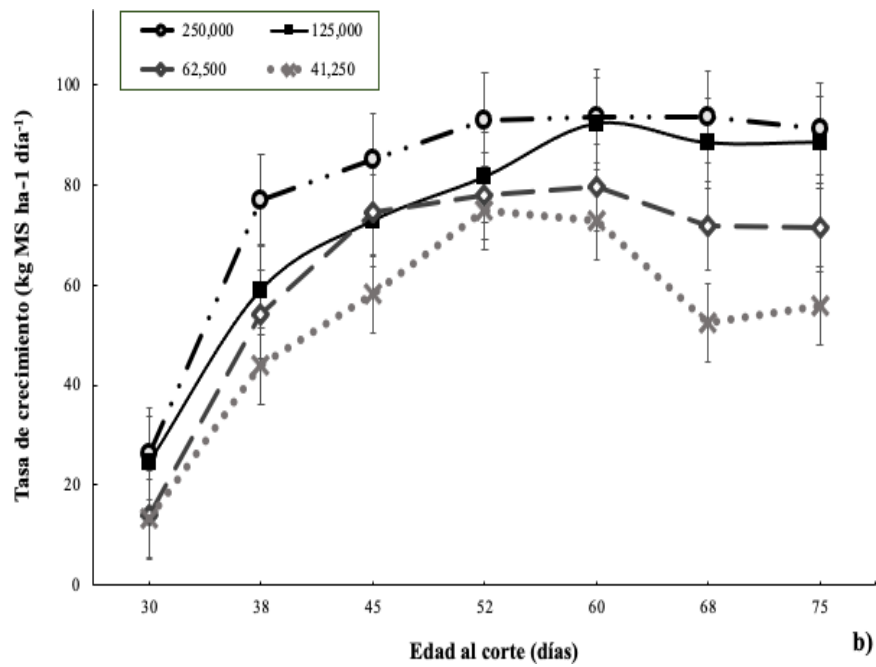
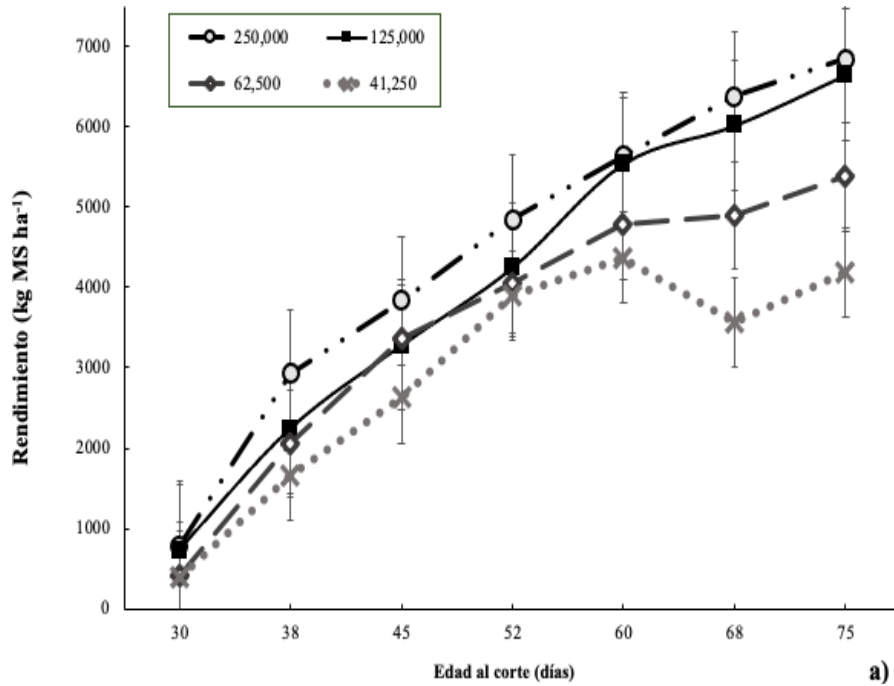


Figura 7.2. Rendimiento de forraje (a) y tasa de crecimiento (b) de soya (*Glycine max* L.) a diferente densidad de siembra y edad de corte. Las barras representan el error estándar de la media de cada tratamiento.

Estudios realizados en soya, sembrada en condiciones de mediterráneo (Acikgoz *et al.*, 2007) demostraron un efecto positivo en el rendimiento al incrementar la densidad de siembra de 50 a 200 kg de semilla ha⁻¹, sin embargo, los rendimientos obtenidos fueron superiores, oscilando entre los 6,801 a 7,394 kg MS ha⁻¹ en comparación a los reportados en esta investigación. Resultados similares fueron observados por Gan *et al.* (2002); ellos reportan que la producción de forraje aumento un 72 % al incrementar la densidad de siembra. Por otra parte, al evaluar 10 genotipos de soya en el trópico seco venezolano, en estado de desarrollo R₆ y 15 plantas por metro lineal, reportan una producción promedio de 10,888 kg MS ha⁻¹ (Hernández *et al.*, 2013), la diferencia entre el rendimiento y densidades puede ser atribuida a la competencia inter-específica por nutrientes y luz, principalmente (Mattera *et al.*, 2013); mientras que, la menor producción forrajera obtenida en comparación con otras investigaciones posiblemente depende de la distancia entre surco (Acikgoz *et al.*, 2007; Sheaffer *et al.*, 2001), además del genotipo utilizado (Gan *et al.*, 2002; Reta *et al.*, 2018) aunado a las condiciones de clima y suelo (Tobía *et al.*, 2006).

La tasa de crecimiento y el rendimiento mostraron comportamiento similar. La densidad de 250,000 plantas ha⁻¹ presentó la mayor tasa de crecimiento, independientemente de la edad al corte ($p < 0.05$); en ésta densidad, los valores mayores se obtuvieron entre los días 52 a 75, análogo a lo obtenido entre los 60 y 75 días, en la densidad de 125,000 plantas ha⁻¹.

La tasa de crecimiento es el reflejo inmediato del rendimiento, la similitud en comportamiento entre estas dos variables es debido a que esta es el resultado de dividir los valores de producción de materia seca entre los días al corte; el incremento en la acumulación de materia seca conforme avanza el tiempo de rebrote es la causa del crecimiento del tejido vegetal al utilizar eficientemente la energía que incide sobre el área foliar (Warren, 1981); mientras que, las diferencias entre densidades están íntimamente relacionadas a la competencia entre plantas que afecta el crecimiento, siendo mayor la competencia en altas densidades; Escalante *et al.*, (2014), evaluaron la tasa de crecimiento en función del nitrógeno

durante el crecimiento del cultivo de frijol y encontraron que esta fue superior durante las primeras etapas de desarrollo, lo que sugiere una mayor cobertura del dosel y radiación interceptada.

Para la altura de planta, no se encontraron diferencias entre densidades ($p > 0.05$), pero sí para la edad de corte ($p < 0.05$); indicando que, la altura de la planta aumenta conforme avanza la edad de rebrote. La altura mayor se obtuvo en los días 60, 68 y 75 después de la siembra con un promedio de 72.5 cm, mientras que el menor fue a los 30 días con 29 cm, independientemente de la densidad de siembra (Cuadro 7.1).

Cuadro 7.1. Altura de planta de soya (*G. max* L.) sembrada en el trópico seco, a diferentes densidades de siembra y edad de rebrote.

Densidad (plantas ha ⁻¹)	Edad al corte (días)							Promedio
	30	38	45	52	60	68	75	
250 000	28 ^{Ce}	39 ^{Bd}	55 ^{ABc}	61 ^{Bb}	71 ^{Ba}	72 ^{ABa}	71 ^{Ba}	57 ^A
125 000	27 ^{Ce}	40 ^{Bd}	56 ^{Ac}	60 ^{Bb}	70 ^{Ba}	71 ^{Ba}	72 ^{Aba}	57 ^A
62 500	29 ^{Be}	43 ^{Ad}	54 ^{Bc}	61 ^{Bb}	72 ^{ABa}	72 ^{ABa}	72 ^{Aba}	58 ^A
41 250	30 ^{Ae}	42 ^{Ad}	57 ^{Ac}	63 ^{Ab}	74 ^{Aa}	74 ^{Aa}	75 ^{Aa}	59 ^A
Promedio	29 ^d	41 ^c	56 ^b	61 ^b	72 ^a	72 ^a	73 ^a	

Medias con la misma literal minúscula en una misma hilera, no son diferentes (Tukey, $p > 0.05$).

Medias con la misma literal mayúscula en una misma columna, no son diferentes (Tukey, $p > 0.05$).

Los valores reportados en este estudio para la altura de planta fueron menores a los mencionados por otros investigadores (Acikgoz *et al.*, 2007; Cavalheiro *et al.*, 2002; Hernández *et al.*, 2013), quienes determinaron alturas de 67 a 88 cm para diversos cultivares de soya. Board (2000) encontró un efecto positivo en la altura de planta de soya conforme incrementó la densidad de siembra, de 77 cm a bajas densidades hasta 103 cm cuando la densidad fue de 390,000 plantas ha⁻¹.

En la figura 7.3, se muestra la relación hoja:tallo de la soya a diferentes densidades de siembra y días al corte. Se obtuvo en orden descendente independientemente de la edad: 250,000 > 125,000 > 62,500 > 41,250 plantas ha⁻¹ con 1.33, 1.27, 1.18 y 1.05, respectivamente ($p > 0.05$). Se observó una disminución de la relación hoja:tallo conforme incrementó la edad al corte en las densidades de siembra evaluadas, se obtuvieron valores superiores a la unidad en los días 30 a 52, y para el día 60 el índice de relación hoja:tallo disminuyó a un valor inferior, para las cuatro densidades, causado por la consecuente pérdida de hojas debida la edad de la planta y al inicio de la floración.

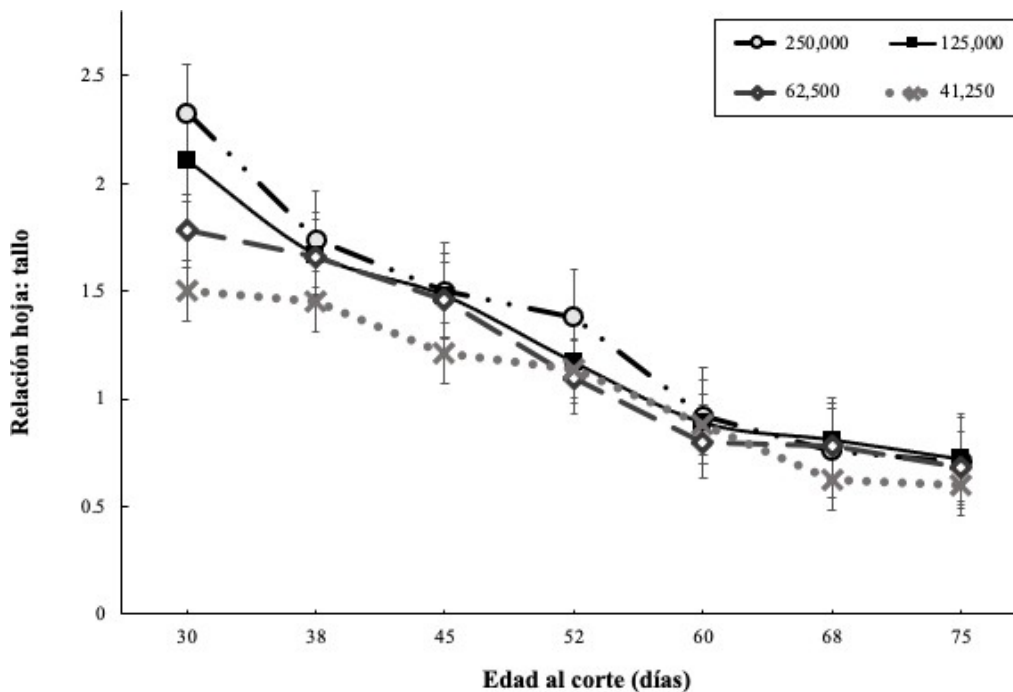


Figura 7.3. Relación hoja:tallo de soya (*G. max* L.) a diferente densidad de siembra y edad al corte. Las barras representan el error estándar de la media de cada tratamiento.

Este comportamiento en la relación hoja:tallo también se ha reportado en varias leguminosas tropicales (Sosa *et al.*, 2008) y de clima templado (Rojas *et al.*, 2019), con un promedio de 1.2, 1.86 a 0.60, respectivamente, en función del intervalo de corte, época del año y la temperatura. En ésta investigación, el índice de relación

hoja:tallo más bajo, corresponde a la densidad menor y está asociado al engrosamiento en el diámetro del tallo principal y aparición de ramas secundarias como respuesta a la distancia entre plantas y que contribuyen al cociente del índice calculado; sin embargo, la capacidad compensatoria de la soya al manejo agronómico resultó en que no se encontraran diferencias estadísticas entre las densidades evaluadas (Tobía *et al.*, 2006) y que también tuvo efecto sobre la composición morfológica del cultivo.

En el cuadro 7.2, se observa la radiación interceptada por el dosel vegetal de soya al variar las densidades de siembra y edades al corte. La radiación interceptada es una medida que define el momento óptimo de cosecha, siendo este cuando se obtiene el 95 % de radiación debido a que se obtienen los mejores atributos de calidad y cantidad de forraje (Maldonado *et al.*, 2019; Rojas *et al.*, 2018). En este cultivo se observó un incremento acelerado en la intercepción de la luz, independientemente de la densidad de siembra a partir del día 30 al 68, siendo 82 % el valor máximo para posteriormente disminuir hasta el término del estudio ($p < 0.05$).

Cuadro 7.2. Radiación interceptada (%) de soya (*G. max* L.) a diferentes densidades de siembra y edad al corte.

Densidad (plantas ha ⁻¹)	Edad al corte (días)							Promedio
	30	38	45	52	60	68	75	
250 000	12 ^{Ae}	29 ^{Ad}	53 ^{Ac}	86 ^{Aa}	86 ^{Aa}	82 ^{Aab}	78 ^{Ab}	61 ^A
125000	13 ^{Ae}	29 ^{Ad}	47 ^{Ac}	72 ^{Bb}	85 ^{Aa}	83 ^{Aa}	74 ^{Ab}	58 ^B
62 500	14 ^{Ad}	29 ^{Ac}	50 ^{Ab}	72 ^{Ba}	78 ^{Ba}	78 ^{Aa}	74 ^{Aa}	56 ^B
41 250	9 ^{Bd}	31 ^{Ac}	50 ^{Ab}	77 ^{Ba}	77 ^{Ba}	76 ^{Aa}	74 ^{Aa}	56 ^B
Promedio	12 ^e	30 ^d	50 ^c	77 ^b	82 ^a	80 ^a	75 ^b	

Medias con la misma literal minúscula en una misma hilera, no son diferentes (Tukey, $p > 0.05$).

Medias con la misma literal mayúscula en una misma columna, no son diferentes (Tukey, $p > 0.05$).

La densidad de 250,000 plantas ha^{-1} mostró el mayor valor de radiación interceptada, con 86 %, entre los 52 y 60 días de rebrote ($p < 0.05$), este valor fue menor a lo reportado al sembrar la soya a una densidad de 300,000 plantas ha^{-1} y cosechar el forraje en un estado fenológico R_5 , durante dos años de cultivo, consecutivos (Board, 2000), y a lo obtenido al evaluarla en cuatro genotipos distintos (Girón *et al.*, 2016). Por otra parte, Pengelly *et al.*, (1999), consigan que el cultivo de soya interceptó el 80 % de la radiación a los 49 días hasta alcanzar 95 % entre los 80 y 100 días, diferencia atribuida al manejo de la parcela durante el estudio, principalmente la distancia entre surcos (Mattera *et al.*, 2013).

Se encontraron diferencias significativas en los componentes tallo, hoja, flor y fruto ($p < 0.05$). El mayor componente de la planta, fue el tallo, independientemente de la densidad de siembra. Entre el día 60 y 68 se obtuvo 48 %, y la menor cantidad fue a los 30 días, con 35 % de tallo, en promedio, respectivamente (Figura 7.4). El componente hoja disminuyó conforme aumentó la edad del forraje. En todas las densidades de siembra, fue mayor en el día 30 de desarrollo, alcanzando un 65 % y menor en el día 75, con 22 %.

La aparición de flores en el forraje fue a partir del día 52, con 1.9 %, e incrementó conforme la edad, alcanzando 5.6 %. La menor y mayor fracción de flor fue en la densidad de 250,000 plantas ha^{-1} . Por último, los frutos de soya forrajera aparecieron una semana posterior a la floración, correspondiente al día 60, alcanzando la mayor cantidad de vainas a los 75 días de edad. El comportamiento de la composición morfológica en el cultivo de soya entre las densidades de 62,500 y 41,250 plantas ha^{-1} fue similar.

■ Tallo ■ Hoja ■ Flor ■ Vaina

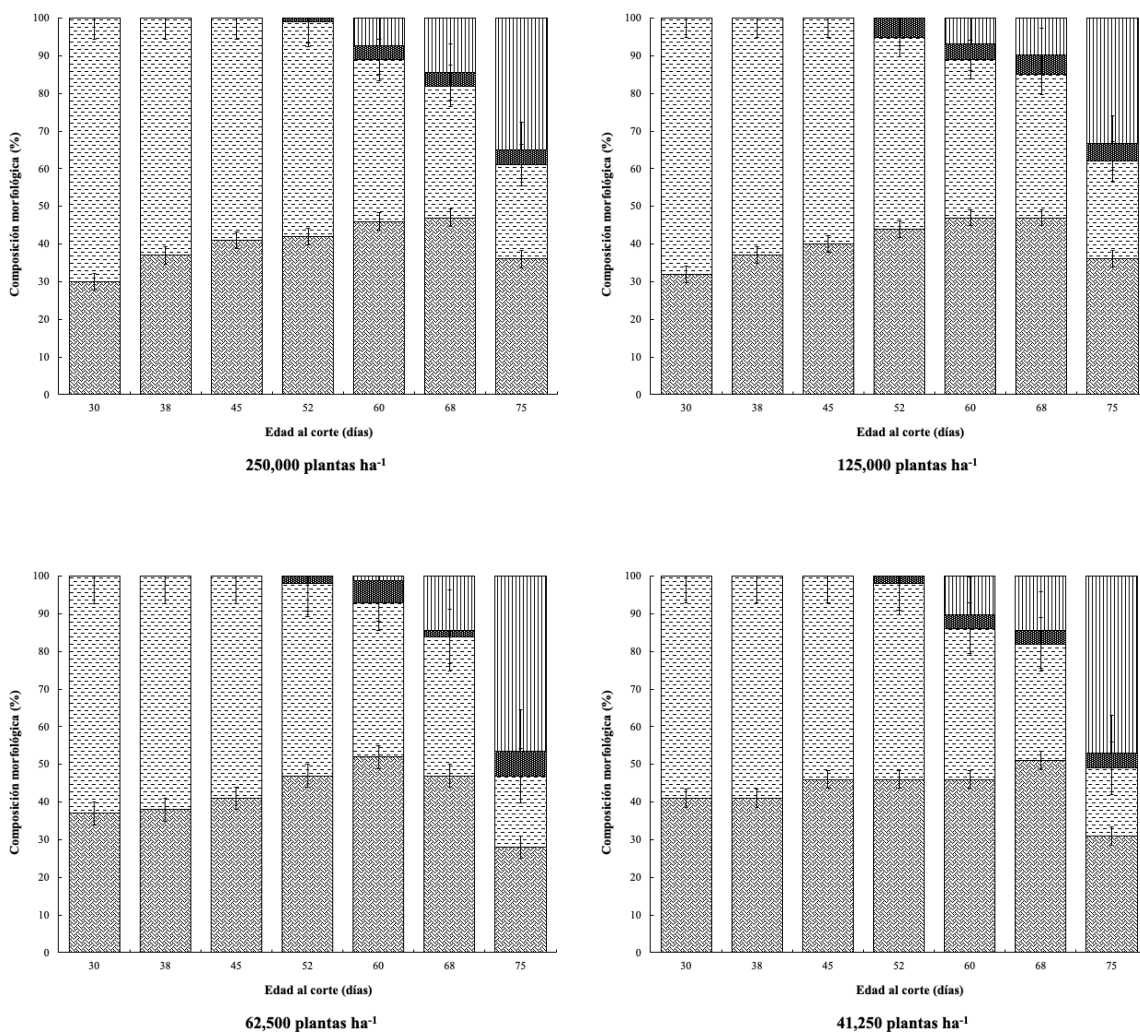


Figura 7.4. Composición morfológica de soja (*G. max* L.) cultivada a diferente densidad de siembra y edad al corte. Las barras representan el error estándar de la media de cada componente botánico.

Hintz y Albrecht (1994), al evaluar el efecto de la densidad de siembra de 280,000 y 890,000 plantas ha⁻¹, cultivada en espacio entre surcos de 20 y 75 cm y estados de madurez al corte de R₁, R₃, R₅ y R₇, sobre la repartición de materia seca en los componentes morfológicos, en tres variedades de soja, consigan que la fracción hoja disminuyó conforme avanzaron los estadios reproductivos, de 708 g kg⁻¹ en R₁

a 168 g kg⁻¹ en R₇; mientras que, la cantidad de tallos aumentó, alcanzando el máximo valor en R₅ y posteriormente disminuyó a causa de la aparición de flores y frutos, ocurriendo la formación de vaina en la etapa de madurez R₅, comportamiento igual con lo reportado en este trabajo. Varios investigadores (Acikgoz *et al.*, 2007; Hintz y Albrecht, 1994) mencionan que el efecto de la densidad de siembra es de mínima magnitud en los componentes vegetales hoja y tallo de la planta.

7.6. Conclusión

La densidad de siembra y la edad al corte son determinantes en el rendimiento de materia seca en soya forrajera; donde a mayor densidad, la radiación interceptada fue mejor alcanzada y la floración fue menor, que en las densidades bajas. Por lo cual, para la producción de forraje de soya en el trópico seco mexicano se recomienda sembrar a 250,000 plantas ha⁻¹ y la fecha de corte óptima debe ser entre el día 60 y 68. No obstante, es necesario incluir en investigaciones posteriores la evaluación de la composición química y digestibilidad de la planta con la finalidad de contribuir a determinar la mejor densidad y edad de corte óptima en la cual se garantice tanto cantidad y calidad en el forraje para la alimentación animal.

7.7. Literatura citada

Acikgoz, E., Sincik, M., Oz, M., Albayrak, S., Wietgreffe, G., Turan, Z. M., Goksoy, A. T., Bilgili, U., Karasu, A., Tongel, O., and Canbolat, O. (2007). Forage soybean performance in mediterranean environments. *Field Crops Research*, 103, 239–247. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.06.006>

Alatorre, H. A., Guerrero, R. J. de D., Olvera, H. J. I., Aceves, R. E., Vaquera, H. H., y Vargas, L. S. (2018). Productividad, características fisicoquímicas y digestibilidad in vitro de leguminosas forrajeras en trópico seco de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 9(2), 296–315. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i2.4361>

Asekova, S., Shannon, J. G., and Lee, J.-D. (2014). The current status of forage

soybean. *Plant Breeding and Biotechnology*, 2(4), 334–341.
<https://doi.org/10.9787/pbb.2014.2.4.334>

Azzaz, H. H., Farahat, E. S. A., Morsy, T. A., Aziz, H. A., Hadhoud, F. I., and Abd-Alla, M. S. (2016). *Moringa oleifera* and *Echinacea purpurea* as supplements for Rhamani lactating ewe's diets and their effect on rumen characteristics, nutrients digestibility, blood parameters, milk production, composition and its fatty acid profile. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 11(11), 684–692. <https://doi.org/10.3923/ajava.2016.684.692>

Board, J. (2000). Light interception efficiency and light quality affect yield compensation of soybean at low plant populations. *Crop Science*, 40(5), 1285–1294. <https://doi.org/10.2135/cropsci2000.4051285x>

Burbano, E. E., Mojica, R. J. E., Brochero, A. G., Cardona, I. J. L., y Castro, R. E. (2019). Producción de forraje en leguminosas tropicales, en el Caribe seco colombiano. *Pastos y Forrajes*, 42(2), 143–151.

Castro Montoya, J., Gownipuram, R., Mendoza, M., Solano, N., López, F., Dickhöfer, U., and Corea, E. E. (2019). Effects of feeding tropical forage legumes on nutrients digestibility, nitrogen partitioning and performance of crossbred milking cows. *Animal Feed Science and Technology*, 247, 32–40. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.10.017>

Cavalheiro, T. M. C., Milanez, D. R. P., e Salvador, N. (2002). Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 37(8), 1071–1077. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2002000800004>

Cruz, L. A., Álvarez, H. U., Grillo, R. H., Ortega, C. R. A., y Cárdenas, M. M. (2016). Entomofauna asociada a la soya [*Glycine max* (L.) Merr.] en sistemas de siembra directa y convencional. *Centro Agrícola*, 43(1), 77–84.

Elizondo, J., y Boschini, C. (2006). Efecto de la densidad de siembra sobre el

rendimiento y calidad del forraje de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 12(2), 181–187. <https://doi.org/10.15517/am.v12i2.17231>

Enríquez, Q. J. F., y Quero, C. A. R. (2006). Producción de semillas de gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales (Issue 11). INIFAP CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. 3-8 pp. <https://doi.org/10.13140/2.1.4622.3686>.

Escalante, E. J. A. S., Rodríguez, G. M. T., y Escalante, E. Y. (2014). Tasa de crecimiento de biomasa y rendimiento de frijol en función del nitrógeno. *Ciencia y Tecnología Agrop. México*, 2(1), 1–8.

Fraile, M. E., García, S. M. D., Martínez, B. A., y Slomianski, R. (2007). Nutritivas y apetecibles: conozca de leguminosas comestibles. *ContactoS*, 66(1), 27–35.

Gan, Y., Stulen, I., Kuiper, P. J. C., and van Keulen, H. (2002). Physiological response of soybean genotypes to plant density. *Field Crops Research*, 74, 231–241. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(01\)00212-X](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(01)00212-X)

García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (4th ed.). Universidad Nacional Autónoma de México. 217 p.

Garduza, A. B., Lagunes, E. L. C., Bautista, M. C. C., García, D. S. G., Zaldívar, Cruz, J. M., and Hernández, F. A. (2020). Germination of *Crotalaria* and *Lupinus* (Fabaceae) seeds submitted to different pre-germination treatments and their effect on enzymatic activity during early germination. *Brazilian Journal of Biology*, 80(1), 23–29. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.185813>

Girón, P., Miranda, W., Barraco, M., y Lardone, A. (2016). Evaluación de distintas fechas de siembra de soja en función de grupos de madurez y espaciamiento entre hileras. *Estación Experimental Agropecuaria General Villegas, INTA*, 1, 43–48.

González, A. M., Valles, de la M. B., Alonso, D. M. Á., Castillo, G. E., Ocaña, Z. E., and Jarillo, R. J. (2012). Effect of grazing *Cratylia argentea* associated with

Brachiaria bizanta- Toledo on quality pasture and weight gain in Holstein x Zebu heifers. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 15(2), 1–11.

Gulwa, U., Mgujulva, N., and Beyen, S. (2018). Benefits of grass-legume intercropping in livestock systems. *African Journal of Agricultural Research*, 13(26), 1311–1319. <https://doi.org/10.5897/ajar2018.13172>

Hernández, A., Guerra, R., Tobía, C., and Villalobos, E. (2013). Evaluación del potencial forrajero de diez cultivares de soya (*Glycine max* (L) Merr) en Venezuela. *Agronomía Costarricense*, 37(2), 45–54. <https://doi.org/10.15517/rac.v37i2.12761>

Hintz, W. R., and Albrecht, A. K. (1994). Dry matter partitioning and forage nutritive value of soybean plant components. *Agronomy Journal*, 86(1), 59–62. <https://doi.org/10.2134/agronj1994.00021962008600010011x>

Kim, E., Hwang, S., and Lee, I. (2016). SoyNet: A database of co-functional networks for soybean *Glycine max*. *Nucleic Acids Research*, 1–8. <https://doi.org/10.1093/nar/gkw704>

Liew, L. C., Singh, M. B., and Bhalla, P. L. (2014). Unique and conserved features of floral evocation in legumes. *Journal of Integrative Plant Biology*, 56(8), 714–728. <https://doi.org/10.1111/jipb.12187>

Maldonado, P. M. de los Á., Rojas, G. A. R., Sánchez, S. P., Bottoni, L. M. B., Torres, S. N., Ventura, R. J., Joaquín, C. S., and Luna, G. M. (2019). Growth analysis of Cuba grass OM-22 (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) in the dry tropics. *AgroProductividad*, 12(8), 17–22. <https://doi.org/https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1445> Growth

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

- Novelli, L. E., Caviglia, O. P., and Melchiori, R. J. M. (2011). Impact of soybean cropping frequency on soil carbon storage in Mollisols and Vertisols. *Geoderma*, 167–168, 254–260. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.09.015>
- Pengelly, B. C., Blamey, F. P. C., and Muchow, R. C. (1999). Radiation interception and the accumulation of biomass and nitrogen by soybean and three tropical annual forage legumes. *Field Crops Research*, 63, 99–112. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(99\)00029-5](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(99)00029-5)
- Pratap, A., Das, A., Kumar, S., and Gupta, S. (2021). Current perspectives on introgression breeding in food legumes. *Frontiers in Plant Science*, 11(1), 1–18. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.589189>
- Reta, S. D. G., Castellanos, G. P. C., Olague, R. J., Quiroga, G. H. M., Serrato, C. J. S., y Gaytán, M. A. (2018). Potencial forrajero de cuatro especies leguminosas en el ciclo de verano en la Comarca Lagunera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(5), 659–671. <https://doi.org/10.29312/remexca.v4i5.1166>
- Reyes, S. N., Rodríguez, R., Mendieta, A. B., Mejía, S. L., y Mora, T. A. P. (2012). Efecto de la suplementación con *Moringa oleífera* sobre el comportamiento productivo de ovino alimentados con una dieta basal de pasto Guinea (*Panicum maximum* Jacq.). *La Calera*, 9(13), 60–69.
- Rojas, G. A. R., Hernández, G. A., Quero, C. A. R., Guerrero, R. J. D. D., Ayala, W., Zaragoza, R. J. L., y Trejo, L. C. (2016). Persistencia de *Dactylis glomerata* L. solo y asociado con *Lolium perenne* L. y *Trifolium repens* L. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(4), 885–895. <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i4.262>
- Rojas, G. A. R., Mendoza, P. S. I., Maldonado, P. M. D. los Á., Álvarez, V. P., Torres, S. N., Cruz, Hernández, A., Vaquera, H. H., y Joaquín, C. 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>
- Rojas, G. A. R., Torres, S. N., Maldonado, P. M. de los Á., Sánchez, S. P., García, B. A., Mendoza, P. S. I., Álvarez, V. P., Herrera, P. J., y Hernández, G. A. (2018). Curva de crecimiento y calidad del pasto Cobra (*Brachiaria* híbrido BR02/ 1794) a dos intensidades de corte. *AgroProductividad*, 11(5), 34–38.
- SAS. (2011). *The SAS 9.2 for Windows*. SAS Institute Inc.
- Schultze-Kraft, R., Rao, I. M., Peters, M., Clements, R. J., Bai, C., and Liu, G. (2018). Tropical forage legumes for environmental benefits: An overview. *Tropical Grasslands-Forrajeros Tropicales*, 6(1), 1–14.
[https://doi.org/10.17138/TGFT\(6\)1-14](https://doi.org/10.17138/TGFT(6)1-14)
- Sheaffer, C. C., Orf, H. J., Devine, E. T., and Jewett, G. J. (2001). Yield and quality of forage soybean. *Agronomy Journal*, 93(1), 99–106.
<https://doi.org/10.2134/agronj2001.93199x>
- Sosa, R. E. E., Cabrera, T. E., Pérez, Rodríguez, 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 México*, 46(4), 413–426. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v46i4.1795>
- Tobía, C., y Villalobos, E. (2004). Producción y valor nutricional del forraje de soya en condiciones tropicales adversas. *Agronomía Costarricense*, 28(1), 17–25.
- Tobía, C., Villalobos, E., y Rico, E. (2006). Uso de forraje de soya (*Glycine max* L. Merr.) variedad CIGRAS 06 en la nutrición de rumiantes. *X Seminario de Pastos y Forrajeros*, 77–86.
- Torres, S. N., García, R., Oscar, D., Maldonado, P. M. A., Rojas, G. A. R., Ayala, M. M. A., and Sánchez, S. P. (2020). Productive behavior of sheep fed with soy (*Glycine max* L.) forage. *Agro Productividad*, 13(12), 63–67.

<https://doi.org/10.32854/agrop.v13i12.1893>

Warren, W. J. (1981). Analysis of growth, photosynthesis and light interception for single plants and stands. *Annals of Botany*, 48(1), 507–512.
<https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a086154>

8. DISCUSIÓN

La tipificación busca agrupar a productores con características similares de manejo y producción agropecuaria y contribuye para diseñar estrategias de desarrollo e investigación resilientes y socialmente justas (Altieri y Nicholls, 2013; Rocha *et al.*, 2016). En el presente estudio, el agrupamiento jerárquico aglomerativo; con base en los primeros tres componentes principales y su correlación a las variables permitió identificar tres tipos de ganadería bovina y se denominaron: ganadería bovina especializada en venta de becerros engordados, doble propósito y especializada en la venta de becerros destetados. El número de tipologías obtenidas fue similar a lo reportado por Milán *et al.* (2006) en el sureste de España, Sandoval *et al.* (2007) en Venezuela y Méndez *et al.* (2019) en la zona norte de Veracruz., sin embargo, es diferente a lo encontrado en el estado de Chiapas y zona centro de Veracruz y sureste de Burkina Faso, en donde fueron identificados cuatro grupos (Orantes *et al.*, 2014; Juárez *et al.*, 2015; Zoma- Traoré *et al.*, 2020).

La diferencia en el número de tipologías obtenidas confirma la multiplicidad entre tipos de productores, sus características, prioridades y limitantes como consecuencia de la diversidad ecológica, social y tecnológica a escala local, regional y nacional, además ofrece nuevas formas de evaluar la interacción de estos factores sobre las prácticas agropecuarias, adicionalmente, garantiza que las políticas públicas y de investigación para el desarrollo rural puedan tener un mayor alcance si se parte de una identificación de los componentes, prioridades o limitantes por tipo de productor (Morgan *et al.*, 2014; Santos *et al.*, 2014). Al respecto, Díaz *et al.* (2014) encontraron un incremento de la producción láctea y cárnica en bovinos debido al diseño y gestión de innovaciones tecnológicas con base en la caracterización y tipificación de ranchos ganaderos de Campeche.

Por otro lado, el 46 % de los ganaderos indicaron que la alimentación de los animales es el principal problema que obstaculiza el desarrollo de la ganadería en el municipio, del cual, el precio de los insumos y la disponibilidad de forraje durante

la época de sequía fueron las dificultades más importantes. Los problemas de alimentación, particularmente la disminución en la disponibilidad de forraje se ha explicado principalmente por las bajas precipitaciones como consecuencia del cambio climático, al respecto, la adopción de prácticas silvopastoriles con leguminosas arbóreas o arbustivas y la implementación de estrategias de alimentación que mejoren el patrón de fermentación ruminal pueden hacer frente a esta problemática e incrementar la rentabilidad de la UPP, generar mayor empleo, disminuir el impacto ambiental y la dependencia a los insumos externos como alimentos comerciales y suplementos minerales (Chuncho *et al.*, 2012; Díaz *et al.*, 2014; Fajardo *et al.*, 2014). Fajardo *et al.* (2014) determinaron que la implementación de bancos forrajeros y plantar árboles dispersos en potreros ayudan con el incremento de la producción y mayor cantidad de biomasa forrajera disponible en época seca, además de mitigar el estrés calórico del ganado. Sin embargo, el establecimiento de bancos forrajeros es limitado debido a que el 92 % de los ganaderos entrevistados en este estudio mencionaron no emplear especies forrajeras introducidas a causa del desconocimiento en su manejo agronómico (87 %), no ser necesario su empleo (10 %) y el elevado precio y la poca disponibilidad de la semilla en el mercado (3 %), lo cual pone en evidencia y sustenta la necesidad del estudio sobre la densidad de siembra y edad al corte de especies forrajeras adaptadas a las condiciones climatológicas de la región trópico seco.

La crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) es una especie anual que pertenece a la familia Fabáceas, que se desarrolla en climas de trópico húmedo y seco (Santana y Ascencio, 2011). Estudios en diferentes condiciones de producción, mencionan que ésta especie tiene rendimientos de materia seca entre 5000 y 12,500 kg MS ha⁻¹ (Akanvou *et al.*, 2001; Jiménez *et al.*, 2005). Los resultados de esta investigación, independientemente de la edad de corte, demostraron una mayor producción de biomasa forrajera a altas densidades (400,000 plantas ha⁻¹ y chorrillo). En los inicios de crecimiento se obtuvo el mayor índice de relación hoja: tallo con un promedio de 1.69 en el día 30 de corte, disminuyendo considerablemente hasta 0.23 de relación en el día 75 posterior a la siembra.

Así también, la soya es una leguminosa que se utiliza a nivel mundial en la alimentación, como fuente de proteína vegetal (Kim *et al.*, 2016), se adapta a diferentes condiciones ambientales, manejo agronómico (Asekova *et al.*, 2014) y se cultiva principalmente para la obtención de grano (Cruz *et al.*, 2016; Novelli *et al.*, 2011). En condiciones de escasez de forraje, esta especie representa un excelente recurso alimenticio, debido a sus características nutricionales y producción de biomasa (Tobía y Villalobos, 2004). El rendimiento reportado fue superior en 250,000 plantas ha⁻¹ con 4,462 kg MS ha⁻¹. No hubo diferencias entre densidades para la relación hoja: tallo, respecto a la edad de corte, se obtuvieron los mayores valores con un promedio superior a la unidad en los días 30 a 52. La soya interceptó el 82 % de la radiación durante el día 60.

Para ambas especies, la diferencia en el rendimiento y densidades puede ser atribuida a la competencia inter-específica por nutrientes y luz (Mattera *et al.*, 2013); mientras que, la menor producción forrajera obtenida en comparación con otras investigaciones posiblemente depende de la distancia entre surco (Acikgoz *et al.*, 2007; Sheaffer *et al.*, 2001), el genotipo utilizado en el cultivar de soya (Gan *et al.*, 2002; Reta *et al.*, 2018) aunado a las condiciones de clima y suelo (Tobía *et al.*, 2006). El índice de relación hoja:tallo más bajo, corresponde a la densidad menor y está asociado al engrosamiento en el diámetro del tallo principal y aparición de ramas secundarias como respuesta a la distancia entre plantas y que contribuyen al cociente del índice calculado (Tobía *et al.*, 2006). Este comportamiento en la relación hoja:tallo, también se ha reportado en varias leguminosas tropicales (Sosa *et al.*, 2008) y de clima templado (Rojas *et al.*, 2019), con un promedio de 1.2, 1.86 a 0.60, respectivamente, que también esta influenciado por el intervalo de corte, época del año y la temperatura.

9. CONCLUSIONES

Las investigaciones realizadas en la presente tesis permiten identificar los tipos de ganadería bovina en el municipio de Tepecoacuilco de Trujano, Guerrero, los cuales, se enfrentan a la presión de los problemas de alimentación debido a la escasez de materia seca y el aumento en el precio de los insumos. La identificación de los problemas que enfrenta la actividad ganadera apoyada de la caracterización y tipificación contribuyen al entendimiento de la dinámica de los sistemas pecuarios y la gestión de políticas de investigación y desarrollo que garanticen el desarrollo sustentable, confirmando de esta manera la necesidad de introducir y realizar estudios sobre el manejo de la densidad de siembra y edad al corte de especies adaptadas a la región.

Adicionalmente, la determinación del momento óptimo de corte y la densidad de siembra de la crotalaria y soya forrajera contribuyen a encontrar un equilibrio entre la distribución estacional del rendimiento y su relación con los parámetros de calidad física y nutrimental, lo que conlleva a la obtención de un producto forrajero de calidad y en cantidad disponible para la época de sequía en el trópico seco. No obstante, es necesario incluir en investigaciones posteriores la evaluación de la composición química y digestibilidad de ambas especies con la finalidad de contribuir al conocimiento de su comportamiento productivo.

10. LITERATURA CITADA

- Acikgoz, E., Sincik, M., Oz, M., Albayrak, S., Wietgreffe, G., Turan, Z. M., Goksoy, A. T., Bilgili, U., Karasu, A., Tongel, O., and Canbolat, O. (2007). Forage soybean performance in mediterranean environments. *Field Crops Research*, 103, 239–247. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.06.006>
- Akanvou, R.; Bastiaans, L.; Kropff, MJ.; Goudriaas, J. y Becker, M. (2001). Characterization of growth, nitrogen accumulation and competitive ability of six tropical legumes for potential use in intercropping systems. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 187(2): 111-120.
- Alatorre, H.A., Guerrero R. J. Olvera H.J.I., Aceves R. E., Vaquera H.H., Vargas L.S. (2018). Productividad, características fisicoquímicas y digestibilidad *in vitro* de leguminosas forrajeras en trópico seco de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 9 (2): 296- 315.
- Almeida, S. L. E., J. J. Obrador, O. E. García, L. M. Castelán, E. E. Carrillo, A. (2019). Cultivo e incorporación de *Crotalaria juncea* L. en el suelo cañero de la Chontalpa, Tabasco, México. *Agroproductividad*, 12(7): 87-93.
- Altieri, M. y Nicholls, C. (2013). Agroecología: Única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecologica, 7(2), 65-83.
- Borja, B.M., Vélez, I.A. y Ramos, G.J.L. (2018). Tipología y diferenciación de productores de guayaba (*Psidium guajava* L.) en Calvillo, Aguascalientes, México. *Región y Soc.* 30(71),1-22.
- Carrera, C.B., Gómez, C.A., Schwentesius, R.R. (2014). La ganadería bovina de carne en México: un recuento necesario después de la apertura comercial. 1º edición. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. México. 34-38 pp.
- Castro, R. R.; Hernández, G. A.; Vaquera, H. H.; Hernández, G. J. de la P.; Quero, C. A. R.; Enríquez, Q. J. F. y Martínez, H. P. A. (2012). Comportamiento

productivo de asociaciones de gramíneas con leguminosas en pastoreo. Rev. Fitotec. Mex. 35(1): 87-95.

Chuncho, G., Sepúlveda, C., Ibrahim, M., Chacon, A., Benjamin, T. y Tobar, D. (2012). Percepción y medidas de adaptación al cambio climático implementadas en época seca por productores de leche en Río Blanco y Paiwas, Nicaragua. CEDAMAZ, 2(1), 750–755.

Cruz, L. A., Álvarez, H. U., Grillo, R. H., Ortega, C. R. A., y Cárdenas, M. M. (2016). Entomofauna asociada a la soya [*Glycine max* (L.) Merr.] en sistemas de siembra directa y convencional. Centro Agrícola, 43(1), 77–84.

Cuevas, R. V., Baca, D. M. J., Cervantes, E. F., Espinosa, G. J. A., Aguilar, Á. J. y Loaiza, M. A. (2013). Factores que determinan el uso de innovaciones tecnológicas en la ganadería de doble propósito en Sinaloa, Mexico. Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias, 4(1), 31–46.

Cuevas, R. V., Loaiza, M. A., Espinosa, G. J. A., Vélez, I. A. y Montoya, F. M. D. (2016). Tipología de las explotaciones ganaderas de bovinos doble propósito en Sinaloa, México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 7(1), 69–83.
<https://doi.org/10.22319/rmcp.v7i1.4150>

Díaz, C., Sardiñas, L. Y., Castillo, C. E., Padilla, C. C., Jordán, V. H., Martínez, Z. R. O., Ruiz, V. T. E., Díaz, S. M. F., Moo, C. A. F., Gómez, C. O., Alpide, T. D., Arjona, R. M. R., & Ortega, G. G. (2014). Caracterización de ranchos ganaderos de Campeche, México. Resultados de proyectos de transferencia de tecnologías. Avances en Investigación Agropecuaria, 18(2), 41–61.

Douxchamps, S.; Rao, I. M.; Peters, M.; Van-Der-Hoek, R.; Schmidt, A.; Martens, S.; Polania, J.; Mena, M.; Binder, C. R.; Schöll, R.; Quintero, M.; Kreuzer, M.; Frossard, E. and Oberson, A. (2014). Farm-scale tradeoffs between legume use as forage versus green manure: The case of *Canavalia brasiliensis*. Agroecol. Sustain. Food Syst. 38:25-45.

- Elizondo, J. y Boschini, C. (2001). Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del forraje de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 12 (2): 181-187.
- Enríquez, Q. J. F., Quero, C. A. R. (2006). Producción de semillas de gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales. Libro Técnico Núm. 11. Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, México. 3-8 pp.
- Fajardo, M. Y., Facundo, V. G. y Vargas, M. L. A. (2014). Costos de conversión en los procesos de producción de ganadería tradicional al sistema silvopastoril en fincas ganaderas del Municipio de Florencia, Morelia y Belén del Departamento del Caquetá. *Momentos de Ciencia*, 11(1), 50–57.
- Gan, Y., Stulen, I., Kuiper, P. J. C., and van Keulen, H. (2002). Physiological response of soybean genotypes to plant density. *Field Crops Research*, 74, 231–241. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(01\)00212-X](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(01)00212-X)
- Granados, R. L. D., Quiroz, V. J., Maldonado, J. J. A., Granados, Z. L., Díaz, R. P. y Oliva, H. J. (2019). Caracterización y tipificación del sistema doble propósito en la ganadería bovina del Distrito de Desarrollo Rural 151, Tabasco, México. *Acta Universitaria*, 28(6), 47–57. <https://doi.org/10.15174/au.2018.1916>
- Gulwa, U., Mgujulwa N., Beyene S.T. (2018). Benefits of grass- legume intercropping in livestock systems. *African Journal of Agricultural Research*, 13 (26): 1311 – 1319.
- Hills, J.L., Walces, W.J., Dunshea, F.R., García, S.C., and Roche, J.R. (2015). An evaluation of the likely effects of individualized feeding of concentrate supplements to pasture-based dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98: 1363-1401.

- 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.
- Juárez, B. J. M., Herman, L. E., Soto, E. A., Ávalos, de la C. A., Vilaboa, A. J. y Díaz, R. P. (2015). Tipificación de sistemas de doble propósito para producción de leche en el Distrito de Desarrollo Rural 008, Veracruz, México. *Revista Científica*, 25(4), 317–323.
- Kholif A.E., Morsy T.A., Gouda G.A., Anele U.Y., Galyean M.L. (2016). Effect of feeding diets with processed *Moringa oleifera* meal as protein source in lactating Anglo-Nubian goats. *Animal Feed Science and Technology* 217: 45-55.
- Kim, E., Hwang, S., and Lee, I. (2016). SoyNet: A database of co-functional networks for soybean *Glycine max*. *Nucleic Acids Research*, 1–8. <https://doi.org/10.1093/nar/gkw704>
- Magaña, M.J.G., Ríos, A.G. y Martínez, G.C. (2006). Los sistemas de doble propósito y los desafíos en los climas tropicales de México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 14: 105-114.
- Martínez, G.C., Rayas, A.A., Anaya, O.J.P., Martínez, C.F.E., Espinoza-, O.A., Prospero, B.F. and Arriaga-Jordan, C.M. (2015). Performance of small-scale dairy farms in the highlands of central Mexico during the dry season under traditional feeding strategies. *Tropical Animal Health and Production*, 47: 331-337.
- Mattera, J., Romero, L. A., Cuatrín, A. L., Cornaglia, P. S., and Grimoldi, A. A. (2013). Yield components, light interception and radiation use efficiency of lucerne (*Medicago sativa* L.) in response to row spacing. *European Journal of Agronomy*, 45, 87–95. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.10.008>

- Matthew, C. G.; Val Loo, E. N.; Tom, E. R.; Dawson, L. A. and Care, D. A. (2001). Understanding shoot and root development. *In: Proc. XIX International Grassland Congress*. Brazilian Society of Animal Husbandry, Sociedade Brasileira de Zootecnia (eds). São Pedro, São Paulo. Brazil. 19-27 pp.
- Méndez, C. V., Mora, F. J. S., García, S. J. A., Hernández, M. O., García, M. R. y García, S. R. C. (2019). Typology of cattle growers in the northern zone of the state of Veracruz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 22(2), 305–314.
- Milán, M. J., Bartolomé, J., Quintanilla, R., García-Cachán, M. D., Espejo, M., Herráiz, P. L., Sánchez-Recio, J. M. y Piedrafita, J. (2006). Structural characterisation and typology of beef cattle farms of Spanish wooded rangelands (dehesas). *Livestock Science*, 99, 197–209. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.06.012>
- Morgan, D. J., Morgan, D. C., Pollock, M. L. ., Holland, J. P. y Waterhouse, A. (2014). Characterisation of extensive beef cattle systems: Disparities between opinions, practice and policy. *Land Use Policy*, 38, 707–718. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.01.016>
- Novelli, L. E., Caviglia, O. P., and Melchiori, R. J. M. (2011). Impact of soybean cropping frequency on soil carbon storage in Mollisols and Vertisols. *Geoderma*, 167–168, 254–260. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.09.015>
- 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.
- Orantes, Z. M. Á., Platas, R. D., Córdova, A. V., De los Santos, L. M. del C. y Córdova, A. A. (2014). Caracterización de la gandería de doble propósito en una región de Chiapas, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 1(1), 49–58.

- Reta, S. D. G., Castellanos, G. P. C., Olague, R. J., Quiroga, G. H. M., Serrato, C. J. S., y Gaytán, M. A. (2018). Potencial forrajero de cuatro especies leguminosas en el ciclo de verano en la Comarca Lagunera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(5), 659–671. <https://doi.org/10.29312/remexca.v4i5.1166>
- Reyes, S. N., Rodríguez, R., Mendieta, A. B., Mejía, S. L., y Mora, T. A. P. (2012). Efecto de la suplementación con *Moringa oleífera* sobre el comportamiento productivo de ovino alimentados con una dieta basal de pasto Guinea (*Panicum maximum* Jacq.). *La Calera*, 9(13), 60–69.
- Rocha, C., Mora, J. y Romero, J. (2016). Tipología de sistemas de producción en la zona rural del municipio de Ibagué, Colombia. *Agronomía Mesoamericana* 27(2), 253–264. doi: 10.15517/am.v27i2.24360
- Rodríguez R., González, Alonso J., Domínguez M., Sarday L. (2014). Valor nutritivo de harinas de follaje de cuatro especies arbóreas tropicales para rumiantes. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 48: 371-378
- Rojas, G. A. R., Mendoza, P. S. I., Maldonado, P. M. D. los Á., Álvarez, V. P., Torres, S. N., Cruz, Hernández, A., Vaquera, H. H., y Joaquín, C. 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>
- Rajo, R. R., Vázquez, A. J. F., Pérez, H. P., Mendoza, M. G. D., Salem, A. Z. M., Albarrán, P. B., González, R. A., Hernández, M. J., Rebollar, R. S., Cardoso, J. D., Dorantes, C. E. J. y Gutierrez, C. J. G. (2009). Dual purpose cattle production in Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 41(5), 715–721. <https://doi.org/10.1007/s11250-008-9249-8>
- Ruiz, S. B., Herrera, H. J. G., Rojas, M. R. I., Mendoza, N. P., Ruiz, S. H. y Ruiz, H. H. (2021). Caracterización del sistema doble propósito bovino y evaluación

reproductiva de toros en el estado de Chiapas. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 8(2), 1–10. <https://doi.org/10.19136/era.a8nii.2811>

Santana, M. G. y Ascencio, J. (2011). Capacidad de crecimiento de *Crotalaria juncea* L. en condiciones de deficiencia de Fósforo. *Agronomía Trop.* 61(3-4): 221-230.

Santos, C.V.M., Zuñiga, E.M., Leos, R.J.A. y Álvarez, M.A. Tipología de productores agropecuarios para la orientación de políticas públicas: Aproximación a partir de un estudio de caso en la región Texcoco, Estado de México, México. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente.* 14(28),47-69.

Sheaffer, C. C., Orf, H. J., Devine, E. T., and Jewett, G. J. (2001). Yield and quality of forage soybean. *Agronomy Journal*, 93(1), 99–106. <https://doi.org/10.2134/agronj2001.93199x>

SIAP, (2021). Producción anual ganadera. Anuario estadístico de la producción pecuaria. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. México. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria/> [5 de febrero de 2022].

Sollenberger, E.L., Aiken E. G., 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.

Sosa, R. E. E., Cabrera, T. E., Pérez, Rodríguez, 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 México*, 46(4), 413–426. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v46i4.1795>

Steinshamn, H. (2010). Effect of forage legumes on feed intake, milk production and milk quality-a review. *Animal Science Papers and Reports*, 28: 195-206.

Sun J., Zeng B., Chen Z., Yan S., Huang W., Sun B., Xi Q. (2017). Characterization

of faecal microbial communities of dairy cows fed diets containing ensiled *Moringa oleifera* fodder. *Scientific Reports* 7: 41403.

Thornton, P.K., Van De Steeg, J., Notenbaert, A. and Herrero, M. (2009). The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know. *Agricultural Systems*, 101: 113-127.

Tinsley T.L., Chumbley S., Mathis C., Mache R., 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.

Tobía, C., Villalobos, E., y Rico, E. (2006). Uso de forraje de soya (*Glycine max* L. Merr.) variedad CIGRAS 06 en la nutrición de rumiantes. *X Seminario de Pastos y Forrajes*, 77–86.

Tobía, C., y Villalobos, E. (2004). Producción y valor nutricional del forraje de soya en condiciones tropicales adversas. *Agronomía Costarricense*, 28(1), 17–25.

Vilaboa, A. J. y Díaz, R. P. (2009). Caracterización socioeconómica y tecnológica de los sistemas ganaderos en siete municipios del estado de Veracruz, Mexico. *Zootecnia Tropical*, 27(4), 427–436.

Zoma-Traoré, B., Soudré, A., Ouédraogo-Koné, S., Khayatzaeh, N., Probst, L., Sölkner, J., Mészáros, G., Burger, P. A., Traoré, A., Sanou, M., Ouédraogo, G. M. S., Traoré, L., Ouédraogo, D., Yougbaré, B. y Wurzinger, M. (2020). From farmers to livestock keepers: a typology of cattle production systems in south-western Burkina Faso. *Tropical Animal Health and Production*, 52(4), 2179–2189. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02241-6>