



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN DE BOVINOS EN EL TRÓPICO

**EFFECTO DE LA INCLUSIÓN DE SUPLEMENTOS
PROTEICOS CON NIVELES CRECIENTES DE
VAINA DE PAROTA (*Enterolobium cyclocarpum*)
EN LA ALIMENTACIÓN DE BECERROS**

TESINA

QUE PRESENTA:

M.V.Z. ULISES CARBAJAL MÁRQUEZ

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN PRODUCCIÓN DE BOVINOS EN EL TRÓPICO

CUAJINICUILAPA, GUERRERO, AGOSTO DE 2020.



LA TESINA TITULADA: **EFFECTO DE LA INCLUSIÓN DE SUPLEMENTOS PROTEICOS CON NIVELES CRECIENTES DE VAINA DE PAROTA (*Enterolobium cyclocarpum*) EN LA ALIMENTACIÓN DE BECERROS** REALIZADA POR EL ALUMNO: **M.V.Z. ULISES CARBAJAL MÁRQUEZ**, BAJO LA DIRECCIÓN DEL COMITÉ TUTORAL INDICADO Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN PRODUCCIÓN DE BOVINOS EN EL TRÓPICO

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR



DR. PAULINO SÁNCHEZ SANTILLÁN

CODIRECTOR



DR. MARCO ANTONIO AYALA MONTER

ASESOR



DR. ADELAIDO RAFAEL ROJAS GARCÍA

ASESOR



DR. DANIEL HERNÁNDEZ VALENZUELA

ASESOR



MC. MARIO ANTONIO MENDOZA NÚÑEZ

DEDICATORIAS

A mis padres

Claudia Márquez Urrutia y Ruperto Carbajal Sánchez, este logro se los dedico porque son y serán mi ejemplo; gracias por regalarme la vida, por brindarme todo su apoyo en cada decisión que he tomado, por ser los mejores padres, esto es para ustedes, los amo.

A mi hermana

Ayari, “chaparra” eres la mejor hermana que pude tener, siempre pendiente de las cosas que hago o dejo de hacer, aportando tu opinión sobre mis decisiones, pero respetándolas. Este logro también es tuyo, sabes que te quiero mucho y que siempre contarás conmigo.

A mis dos amores

Dulce, mi esposa y Abril, mi princesa; ustedes llegaron no hace mucho a mi vida, pero se convirtieron en lo más importante, son mi prioridad, mi motor, mi combustible, las amo mis dos mujeres y dedico con mucho cariño este logro cumplido.

Familia

Tías: Ana, Norma, María Concepción, Juana, Lorena, Ramona, Filiberta; Tíos: Bernardo, José, Ramiro, Oscar, Carlos; Primos: Brian, Tatiana, Yair, Jerónimo, Bertín, Patricio. Ustedes también son parte de este logro, así que, también les dedico este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Si bien es cierto que las oportunidades se crean y que cada persona construye su propio destino, existen factores externos a las posibilidades del individuo que tendrán que pasar para que la planificación de un objetivo, un proyecto o un propósito de vida se pueda realizar. Por esto, agradezco a la vida por darme la oportunidad de estar vivo y poder concluir esta etapa de formación en mi carrera profesional.

Al Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca No. 928725 otorgada para realizar mis estudios de maestría.

A la Universidad Autónoma de Guerrero que me permitió realizar mis estudios de posgrado en la Maestría en Producción de Bovinos en el Trópico.

Al Dr. Paulino Sánchez Santillán por compartir sus conocimientos y experiencias, por su apoyo, por toda la paciencia que tuvo, por sus consejos y amistad, gracias doctor.

A los integrantes de mí comité tutorial: Dr. Marco Antonio Ayala Monter, Dr. Adelaido Rafael Rojas García, Dr. Daniel Hernández Valenzuela y M. C. Mario Antonio Mendoza Núñez, por compartir su experiencia y conocimiento en cada observación.

A Jonathan, Marcelino, Alberto, Iván, Gustavo y Adán por apoyarme en el trabajo de campo; así como a Conchis y Daniel por el apoyo en el laboratorio.

CONTENIDO

DEDICATORIAS	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
CAPÍTULO 1	1
INTRODUCCIÓN.....	1
JUSTIFICACIÓN	3
HIPÓTESIS	5
OBJETIVOS	6
General	6
Específicos.....	6
ANEXO. Carga parasitaria de nematodos y coccidias en becerros en etapa de desarrollo suplementados con vaina de parota.....	7
Introducción	7
Materiales y métodos.....	7
Resultados	9
Conclusión	10
LITERATURA CITADA.....	11
CAPÍTULO 2. Intake, digestibility and ruminal characteristics of calves supplemented whit <i>Enterolobium cyclocarpum</i> pod	16
ABSTRACT	17
INTRODUCTION	18

MATERIALS AND METHODS.....	19
Experimental site and animal care	19
Animals, management and treatment	19
Control of intake and collection of feces	20
Chemical analysis	21
Apparent digestibility of nutrients	21
Rumen characteristics.....	22
Statistical analysis.....	24
RESULTS AND DISCUSSION	25
CONCLUSION.....	29
CONFLICT OF INTEREST	30
REFERENCES	30
CAPÍTULO 3	40
CURSO-TALLER A PRODUCTORES.....	40
Resumen.....	40
Introducción	40
Objetivo.....	41
Desarrollo de las actividades efectuadas.....	42
Conclusión	42
Recomendaciones e implicaciones.....	42
Literatura citada	43
Evidencias.....	45
PRIMER ESTANCIA PROFESIONAL	46
Resumen.....	46
Introducción	46

Objetivo.....	47
Desarrollo de las actividades efectuadas.....	47
Conclusión	48
Recomendaciones e implicaciones.....	48
Literatura citada	48
Evidencias.....	50
SEGUNDA ESTANCIA PROFESIONAL.....	51
Resumen.....	51
Introducción	51
Objetivo.....	52
Desarrollo de las actividades efectuadas.....	52
Conclusión	56
Recomendaciones e implicaciones.....	56
Literatura citada	56
Evidencias.....	58
TERCERA ESTANCIA PROFESIONAL	59
Resumen.....	59
Introducción	59
Objetivo.....	60
Desarrollo de las actividades efectuadas.....	60
Conclusión	61
Recomendaciones e implicaciones.....	61
Literatura citada	61
Evidencias.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Carga parasitaria de nematodos y coccidias en becerros alimentados con base en pasto mulatto II y 1% de un suplemento proteico con niveles crecientes de parota.	9
Table 2. Composition of protein supplements including increasing levels of <i>Enterolobium cyclocarpum</i> pod and chemical composition of hay mulatto II grass.	36
Table 3. Effect of the inclusion of 1% of the live weight of protein supplements with increasing levels of <i>Enterolobium cyclocarpum</i> pod in the diet of calves based on hay mulatto II grass on intake variables.	37
Table 4. Effect of the inclusion of 1% of the live weight of protein supplements with increasing levels of <i>Enterolobium cyclocarpum</i> pod in the diet of calves based on hay mulatto II grass on the apparent digestibility of the nutrients.	38
Table 5. Effect of the inclusion of 1% of the live weight of protein supplements with increasing levels of <i>Enterolobium cyclocarpum</i> pod in the diet of calves based on hay mulatto II grass on ruminal characteristics.	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Platica con productores en campo en donde manifiestan su interés por buscar estrategias que ayuden a mejorar los parámetros productivos de sus hatos.....	45
Figura 2. Lista de asistencia de productores.....	45
Figura 3. Charla a productores sobre estrategias de alimentación en bovinos...	45
Figura 4. Pesaje de los ingredientes que se utilizaron en la elaboración del suplemento.	45
Figura 5. Elaboración de suplementos con ingredientes de la región.	45
Figura 6. Proposición de sistemas de registro y calendarios de vacunación.	45
Figura 7. Construcción de corraletas.	50
Figura 8. Baño de aspersión y aplicación de vitaminas.	50
Figura 9. Recolección de heces para prueba de digestibilidad de nutrientes.	50
Figura 10. Sondeo esofágico para toma de muestra de fluido ruminal.	50
Figura 11. Preparación de medios de cultivo e inoculación de la muestra de fluido ruminal para conteo de bacterias celulolíticas.....	50
Figura 12. Medición de la producción de biogás y metano.	50
Figura 13. Transferencia de embrión.	58
Figura 14. Proceso de identificación, selección y descorne de becerros.	58
Figura 15. Aplicación de vacunas y desparasitación.....	58
Figura 16. Aplicación de vitaminas y minerales.	58
Figura 17. Entrevista para el programa La Finca de Hoy.....	58

Figura 18. Participación en el Segundo Simposio Agropecuario y Agroindustrial SI AGRO 2019.....	58
Figura 19. Palpación rectal para diagnóstico de gestación y evaluación del aparato reproductor de la hembra bovina.	63
Figura 20. Aplicación de PF2 α para sincronización de estro.	63
Figura 21. Preparando aplicador para realizar la inseminación.	63
Figura 22. Inseminación artificial a tiempo fijo.....	63
Figura 23. Realizando diagnóstico de gestación por palpación rectal a partir de 60 días.	63
Figura 24. Descorne y tatuado de becerros mediante calor.....	63

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

La producción bovina en el trópico basa su alimentación en forraje; el cual tiene una gran producción de biomasa en época de lluvias (Palma, 2006; Correa et al., 2009). Sin embargo, su calidad nutricional disminuye considerablemente en la época de seca, ya que su contenido de carbohidratos solubles es bajo, su contenido de carbohidratos estructurales hasta 68.91% (Ortega-Aguirre et al., 2015), proteína cruda menor a 7% y digestibilidades menores a 55% (Cuartas et al., 2013) por su alto contenido de pared celular (Cabrera et al., 2000; Rojo et al., 2004). En México, las zonas tropicales se clasifican en trópico seco y trópico húmedo; estas se constituyen por 24 y 32 millones de hectáreas respectivamente, de las cuales 24 millones se utilizan en la ganadería, lo que equivale a 12% de la superficie del país (Cano et al., 2003). El inventario nacional de bovinos es de 34'820,271 cabezas, de las cuales 67.2% se encuentran en el trópico (SIAP, 2018).

El principal sistema de producción de bovinos en el trópico es de doble propósito. Los parámetros productivos son de 55 a 60 becerros por cada 100 vacas, peso promedio al destete de 180 a 200 kg a una edad de 8 a 10 meses (Carrera et al., 2014). El 24.9% de los becerros que se producen en el trópico se engordan en corrales de la región templada del país, 5.53% se traslada a Chihuahua y 10.81% es finalizado en Jalisco. Cabe destacar, las ciudades de Guadalajara, Monterrey y Ciudad de México son las principales zonas de comercio de la carne de los becerros que se producen en el trópico (Martínez et al., 2015).

Los becerros que se engordan en el trópico se alimentan con base en pastoreo mediante potreros con abundantes forrajes (Carrera et al. 2014); aunque con limitaciones de algunos nutrientes (proteína, minerales y energía). Sin embargo, la eficiencia de la producción de bovinos en el trópico depende de la disponibilidad de la energía, la digestibilidad y el consumo de forraje (Rojo et al., 2004; Correa et al., 2009; Cuartas et al., 2013). Ante estas necesidades, se buscan estrategias que complementen las deficiencias nutricionales de los forrajes aprovechando los

recursos disponibles en el trópico. La vaina de parota (*Enterolobium cyclocarpum*) es una alternativa que se emplea en la alimentación de bovinos como suplemento (Navas y Restrepo, 2001; Delgado et al., 2014). Esta vaina contiene 19.5% de proteína cruda, 28.3% de fibra detergente neutro, 20.4% de fibra detergente ácido, degradaciones *in vitro* de 76.06% de materia seca y 38.68% de fibra detergente neutro (Hernández-Morales et al., 2018). Además, contienen compuestos secundarios como taninos condensados; estos forman complejos con glicoproteínas salivares que se precipitan y se adhieren a la membrana mucosa de la boca provocando astringencia, lo que resulta en una reducción de consumo y palatabilidad de la ración (Otero e Hidalgo, 2004; Rojas et al., 2006; Márquez y Suarez, 2008; Vázquez-Flores et al., 2012; Santacoloma y Granados, 2014; Abdullah et al., 2018). Así mismo, contiene saponinas que confiere un sabor amargo que ocasiona irritación a nivel de boca y garganta, que se refleja en la disminución de la palatabilidad y consumo voluntario (Carmona, 2007; Santacoloma y Granados, 2014). Sin embargo, niveles entre 2 y 4% de taninos en la ración no afecta el consumo y digestibilidad de los nutrientes que componen la ración (Otero e Hidalgo, 2004; Márquez y Suarez, 2008; Santacoloma y Granados, 2014; Attia-Ismail, 2015; Abdullah et al. 2018). La presencia de taninos muestra ventajas en el control de las parasitosis decrementando las cargas parasitarias (García-Hernández et al., 2017; Hidalgo et al., 2016); por lo que se obtienen beneficios como el mejoramiento de la producción láctea, la ganancia de peso y la eficiencia reproductiva. Cabe destacar, el uso de vaina de parota disminuye costos por concepto de alimentación (Armijo-Nájera et al., 2019).

JUSTIFICACIÓN

La producción bovina en las regiones tropicales se desarrolla bajo diferentes contextos tecnológicos y de manejo. Así, los sistemas ganaderos para producción de carne son intensivo (corrales de engorda) que representa 21.5% y extensivo (engorda en praderas y agostaderos) que representa 78.5% (Hernández et al., 2011). Este sistema produce 7.5 millones de bovinos; de estos se exportan alrededor de 1.5 millones de cabezas en pie y 6.0 millones se sacrifican para el abasto del mercado nacional y la exportación en canal (Román, Aguilera y Patraca, 2012).

La producción bovina en el trópico es la cría de becerros con climas y condiciones de producción variable; este sistema de producción se conoce como “vaca-becerro”. Aquí, las vacas se mantienen en praderas de pastos naturales o inducidos, con poca o nula suplementación alimenticia. Una parte de los becerros producidos en las regiones tropicales son finalizados en la misma unidad de producción (Palma, 2014). Sin embargo, esta actividad es limitada principalmente por la baja eficiencia reproductiva de las hembras, causada por la abundancia de pastos en la época de lluvias y escasez durante la época seca, así como la presencia de enfermedades. Los becerros pesan menos de 160 kg al destete con 240 días de edad. En época seca, los bovinos presentan pérdida de peso por escasez de alimento (Garmendia, 1994; Ariasa, Mader y Escobar, 2008). Los parámetros productivos de los sistemas en pastores se asumen a la deficiente alimentación, mal manejo de los recursos forrajeros, estacionalidad (Ariasa, Mader y Escobar, 2008) y uso limitado de suplementos alimenticios (Román et al. 2012). De modo que, se requiere buscar alternativas alimenticias para asegurar el requerimiento diario, mínimo de proteína cruda para tener una adecuada población de bacterias ruminales, necesarias para la digestión del forraje altamente lignificado.

Diversas especies de leguminosas se adaptan a las condiciones edafoclimáticas del trópico, mismas que producen vainas con características nutritivas para usarse en la alimentación de bovinos. La parota (*Enterolobium cyclocarpum*) se presenta como una alternativa viable, ya que produce vainas durante la época seca (Piñeiro-

Vázquez et al., 2013) con un rendimiento aproximado de 720 kg árbol⁻¹. Las vainas contienen 19.5% de proteína cruda, 28.3% de fibra detergente neutro (Hernández-Morales et al., 2018) y 63.0% de extractos libres de nitrógeno (Piñeiro-Vázquez et al., 2013); por lo que representa una alternativa para su uso en la alimentación bovina mediante la elaboración de un suplemento proteico. Sin embargo, por su contenido de metabolitos secundarios, se requiere precisar cuánta vaina de parota se puede utilizar en la elaboración de suplementos proteicos sin que se vea afectado el consumo de materia seca.

HIPÓTESIS

La inclusión de hasta 75% de vaina de parota (*Enterolobium cyclocarpum*) en un suplemento proteico que se ofrece al 1% del peso vivo no modifica el consumo, la digestibilidad aparente de los nutrientes y las características ruminales en becerros alimentados con base en heno de pasto mulato II.

OBJETIVOS

General

Evaluar consumo, digestibilidad aparente de los nutrientes y características ruminales de becerros en etapa de desarrollo alimentados con base en heno de pasto mulato II (*Brachiaria Híbrido Ciat 36087*) complementados con 1% del peso vivo de un suplemento proteico con niveles crecientes de vaina de parota (*Enterolobium cyclocarpum*).

Específicos

- ❖ Estimar consumo de heno, suplemento, total y de nutrientes en becerros en etapa de desarrollo alimentados con heno a libre acceso y 1% de su peso vivo con suplementos proteicos que contienen niveles crecientes de parota.
- ❖ Determinar digestibilidad aparente de materia seca, materia orgánica, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y proteína cruda en becerros en etapa de desarrollo alimentados con heno a libre acceso y 1% de su peso vivo con suplementos proteicos que contienen niveles crecientes de parota.
- ❖ Estimar pH ruminal, nitrógeno amoniacal, ácidos grasos volátiles, actividad enzimática celulolítica, conteo de bacterias celulolíticas y totales, así como, conteo de protozoarios totales en fluido ruminal de becerros en etapa de desarrollo alimentados con heno a libre acceso y 1% de su peso vivo con suplementos proteicos que contienen niveles crecientes de parota.
- ❖ Cuantificar la carga parasitaria de nematodos y ooquistes de coccidias en becerros en etapa de desarrollo alimentados con heno a libre acceso y 1% de su peso vivo con suplementos proteicos que contienen niveles crecientes de parota.

ANEXO. Carga parasitaria de nematodos y coccidias en becerros en etapa de desarrollo suplementados con vaina de parota

Introducción

La parasitosis causada por nematodos gastrointestinales en rumiantes es un problema a nivel mundial; ya que, afecta a su hospedador, puede causar reducciones en las tasas de crecimiento en animales jóvenes, bajar la condición corporal, reducir la fertilidad, aumentar la susceptibilidad a otro tipo de infecciones e incrementar la mortalidad. Esto ocasiona pérdidas económicas importantes en la producción pecuaria (Hernández-Alvarado et al., 2018).

Una alternativa para el control de nematodos gastrointestinales es el uso de leguminosas, pues contienen compuestos secundarios (saponinas y taninos). Cabe señalar, los taninos intervienen en funciones vitales de los nematodos afectando la movilidad, la nutrición y posiblemente su reproducción (Medina et al., 2014). La propiedad antiparasitaria de los metabolitos secundarios depende de su estructura molecular, nivel de ingestión del metabolito por el animal y su disponibilidad en el tracto gastrointestinal de los animales (Hernández-Alvarado et al., 2018). En ese sentido, la inclusión de leguminosas a la dieta de rumiantes tiene efectos benéficos como el control de parásitos gastrointestinales; ya que, disminuye la carga parasitaria y/o la viabilidad de huevos y larvas (Galina et al., 2016; García-Hernández et al., 2017).

Materiales y métodos

En el experimento se usaron ocho becerros suiz-bú en etapa de crecimiento (157.6 ± 8.5 kg). Los becerros estaban albergados en corraletas individuales con un área de 5 m^2 , provistos de sombra y equipados con comedero y bebedero. Los animales recibieron un tratamiento profiláctico con antiparasitario ivermectina (VECOL®, 0.2 mg kg^{-1} peso vivo, vía subcutánea), baño de aspersion con Bovitraz (Bayer®, 2 mL L^{-1} de agua y vitaminas ADE + B12 (Riverfarma®, $10 \text{ mL animal}^{-1}$ vía IM). La

alimentación de los becerros fue con base en heno molido de pasto mulato II suplementados con 1% de su peso vivo (PV) de un concentrado proteico. Los tratamientos experimentales fueron la inclusión de 0 (T0), 25 (T25), 50 (T50) y 75% (T75) de vaina de parota en el suplemento proteico. El diseño experimental fue un cuadrado latino 4 x 4 repetido. La evaluación consistió en cuatro periodos experimentales de 30 d.

En los días 15 y 30 de cada periodo se determinó la carga parasitaria de nematodos y coocidias mediante el conteo de huevos y ooquistes. La muestra de heces (50 g animal⁻¹) se colectó directamente del recto del animal con un guante de exploración durante tres días consecutivos a las 0700 horas para obtener un promedio de las tres muestras. Las heces se colocaron en una bolsa de polipapel y se guardaron en una hielera para su traslado al Laboratorio Multidisciplinario de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2 de la Universidad Autónoma de Guerrero para su análisis.

Los huevos y ooquistes se identificaron y cuantificaron mediante la técnica de McMaster usando solución saturada de sacarosa (Figuroa et al., 2015). En una báscula analítica (Ohaus E12140, Alemania) se pesaron 3 g de muestra fecal, se colocaron en un vaso de precipitados (Kimax[®]) y se homogenizaron con 27 mL de solución saturada de sacarosa [350 g de azúcar de mesa (Zulca[®]), 6 mL de Formol al 10% (Sigma-Aldrich[®]) y 355 mL de agua destilada], finalmente la muestra se filtró a través de una gasa para eliminar las partículas de los residuos de alimento que contenían las heces.

Con el filtrado se llenaron ambos campos de la cámara de McMaster (Chalex[®]) y reposaron por 10 min para que las estructuras parasitarias flotaran. El conteo se hizo con ayuda de un microscopio óptico (Ve-lab[®]) a un aumento de 100X y se expresó como huevos (HPG) y ooquistes (OPG) por g de heces (Cringoli et al., 2004; Figuroa et al., 2015). Los datos de los conteos entre tratamientos en cada tiempo de toma de muestra se analizaron con la prueba estadística no paramétrica de Friedman (SAS, 2011).

Resultados

No se observaron diferencias ($p>0.05$) en el conteo de HPG y OPG entre tratamientos a los 15 y 30 d del muestreo en cada periodo (Tabla 1). Esto sugiere que, la vaina de parota no tiene efecto antiparasitario sobre la ovoposición de los nematodos adultos y la producción de ooquistes de coccidias. Esto se asume que únicamente se complementó con 1% del peso vivo de un suplemento proteico con niveles crecientes de parota; por lo que la concentración de taninos y saponinas que llegaron libres al tracto digestivo no fue suficiente para ocasionar daños en los parásitos adultos. Cabe destacar, en el presente trabajo aumentar la concentración de vaina de parota no fue opción porque los resultados de consumo mostraron que conforme aumentó su inclusión en el suplemento disminuyó el consumo voluntario de materia seca. Así mismo, la inclusión de plantas ricas en taninos y/o saponinas en la alimentación de rumiantes afecta la viabilidad de huevos y larvas, por lo que es necesario evaluar el efecto de la vaina de parota en la eclosión y viabilidad de los huevos y ooquistes.

Tabla 1. Carga parasitaria de nematodos y coccidias en becerros alimentados con base en pasto mulato II y 1% de un suplemento proteico con niveles crecientes de parota.

Tipo huevecillo (Huevos g ⁻¹ heces)	Tiempo de muestreo (días)	Tratamientos*				Probabilidad
		T0	T25	T50	T75	
Nematodos	15	504	485	446	400	0.602
	30	419	768	594	475	0.930
Coccidias	15	215	254	317	321	0.866
	30	358	254	367	473	0.966

*0, 25, 50 y 75% de inclusión de la vaina de parota en el suplemento proteico.

Conclusión

La inclusión de hasta 75% de vaina de parota en un suplemento proteico ofrecido a 1% del peso vivo de becerros no mostró disminución de la carga parasitaria determinada mediante el conteo de huevos de nemátodos y ooquistes de coccidias por gramo de heces.

LITERATURA CITADA

- Abdullah, M. A. M., Farghaly, M. M., y Youssef, I. M. I. (2018). Effect of feeding *Acacia nilotica* pods to sheep on nutrient digestibility, nitrogen balance, ruminal protozoa and rumen enzymes activity. *Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102 (3), 662-669. <https://doi.org/10.1111/jpn.12874>
- Ariasa, R. A., Mader, T. L., y Escobar, P. C. (2008). Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 40, 7-22.
- Armijo-Nájera, M. G., Moreno-Reséndez, A., Blanco-Contreras, E., Borroel-García, V. J., Reyes-Carrillo, J. L. (2019). Vaina de mezquite (*Prosopis* spp.) alimento para el ganado caprino en el semidesierto. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1 (10), 113-122. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i1.1728>
- Attia-Ismail, S.A. (2015). Plant Secondary metabolites: Deleterious Effects, Remediation. En: Öztürk, M., Ashraf, M., Aksoy, A., Ahmad, M., Hakeem, K. (eds.), *Plants, Pollutants and Remediation*. Springer, Dordrecht. (pp.157-178).
- Cabrera, I. P. E., Mendoza, M. G. D., Aranda, I. E., Garcia-Bojalil, C., BaÂrcena, G. R., y Ramos, J. J. A. (2000). *Saccharomyces cerevisiae* and nitrogenous supplementation in growing steers grazing tropical pastures. *Animal Feed Science and Technology*. 83(2): 49-85. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(99\)00109-1](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(99)00109-1)
- Cano, A. L., Aranda, I. E. M., Mendoza, M. G. D., Pérez, P. J., y Ramos, J. J. A. (2003). Comportamiento de toretes en pastos tropicales suplementados con caña de azúcar y enzimas fibrolíticas. *Técnicas Pecuarias en México*, 2 (41), 153-164.

-
- Carmona, A. J. C. (2007). Efecto de la utilización de arbóreas y arbustivas forrajeras sobre la dinámica digestiva en bovinos. *Revista Lasallista de Investigación*, 4 (1), 40-50.
- Carrera, C. B., Gómez, C. M. A., y Schwentesius, R. R. (2014). *La ganadería bovina de carne en México: un recuento necesario después de la apertura comercial*. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
- Correa, C. H. J., Pabón, R. M. L., y Carulla, F. J. E. (2009). Estimación del consumo de materia seca en vacas Holstein bajo pastoreo en el trópico alto de Antioquia. *Livestock Research for Rural Development*, 21 (4), 1-20.
- Cringoli, G., Rinaldi, L., Veneziano, V., Capelli, G. and Scala, A. (2004). The influence of flotation solution, sample dilution and the choice of McMaster slide area (volume) on the reliability of the McMaster technique in estimating the faecal egg counts of gastrointestinal strongyles and *Dicrocoelium dendriticum* in sheep. *Veterinary parasitology*, 123 (1), 121-131.
- Cuartas, C. C. A., Naranjo, R. J. F., Tarazona, M. A. M., y Barahona, R. R. (2013). Uso de la energía en bovinos pastoreando sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* y su relación con el desempeño animal. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 8 (1), 70-81.
- Delgado, D. C., Hera, R., Cairo, J., y Orta, Y. (2014). *Samanea saman*, árbol multipropósito con potencialidades como alimento alternativo para animales de interés productivo. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 3 (48), 205-212.
- Figueroa, C. J. A., Jasso V. C., Liébano H. E., Martínez L. P., Rodríguez V. R. I., y Zárate R. J. J. (2015). Examen coproparasitoscópico. En R. I. V. Rodríguez (Ed.), *Técnicas para el diagnóstico de parásitos con importancia en salud pública y veterinaria* (pp. 78-120). AMPAVE
- Galina, H. M. A., Pineda, L. J., Olvera, E., Ortiz, R. M., Cuellar, A. and Galinado, E. (2016). Effect of tannins-rich plants to control gastrointestinal nematodes in

Zebu cows grazing in a sub-tropical sylvopastoral system. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 24 (4), 241-252.

García-Hernández, C., Arece-García, J., Rojo-Rubio, R., Mendoza-Martínez, G. D., Albarrán-Portillo, B., Vázquez-Armijo, J. F., Avendaño-Reyes, L., Olmedo-Juárez, A., Marie-Magdeleine, C. and López-Leyva, Y. (2016). Nutraceutic effect of free condensed tannins of *Lysiloma acapulcensis* (Kunth) benth on parasite infection and performance of Pelibuey sheep. *Tropical Animal Health and Production*, 49, 55-61. <https://doi.org/10.1007/s11250-016-1157-8>

Hernández-Alvarado, J., Zaragoza-Bastida, A., López-Rodríguez, G., Peláez-Acero, A., Olmedo-Juárez A. y Rivero-Pérez, N. (2018). Actividad antibacteriana y sobre nematodos gastrointestinales de metabolitos secundarios vegetales: enfoque en Medicina Veterinaria. *Abanico veterinario*, 8 (1), 14-27. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2018.81.1>

Hernández, M. J., Rebollar, R. S., González, R. F. J., Guzmán, S. E., Albarrán, P. B. G., y García, M. A. (2011). La cadena productiva de ganado bovino en el sur del estado de México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 5 (29), 672-680.

Hernández-Morales, J., Sánchez-Santillán, P., Torres-Salado, N., Herrera-Pérez J., Rojas-García, A. R., Reyes-Vázquez, I., y Mendoza-Núñez, M. A. (2018). Composición química y degradaciones *in vitro* de vainas y hojas de leguminosas arbóreas del trópico seco de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 1 (9), 105-120. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i1.4332>

Márquez, L. D., Suárez, L. A. (2008). El uso de taninos condensados como alternativa nutricional y sanitaria en rumiantes. *Revista de Medicina Veterinaria*, 16, 87-109.

Martínez, D. M. A., Mora, F. J. S., y Téllez, D. R. (2015). Precio de ganado en pie y precio de insumos en la producción de carne bovino. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7 (6), 1689-1694.

-
- Medina, P., Guevara, F., La O, M., Ojeda, N. y Reyes, E. (2014). Resistencia antihelmíntica en ovinos: una revisión de informes del sureste de México y alternativas disponibles para el control de nemátodos gastrointestinales. *Pastos y Forrajes*, 37 (3), 257-263.
- Navas, C. A., y Restrepo, S. C. (2003). Frutos de leguminosas arbóreas: una alternativa nutricional para ganaderías en el trópico. En M. D. Sánchez y M. R. Méndez (Ed.), *En Agroforestería para la Producción Animal en América Latina - II - Memorias de la Segunda Conferencia Electrónica (agosto de 2000-marzo de 2001)*. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. (pp. 155). Dirección de Producción y Sanidad Animal FAO.
- Ortega-Aguirre, C. A., Lemus-Flores, C., Bugarín-Prado, J. O., Alejo-Santiago, G., Ramos-Quirarte, A., Grageola-Núñez, O., y Bonilla-cárdenas, J. A. (2015). Características agronómicas, composición bromatológica, digestibilidad y consumo animal en cuatro especies de pastos de los generos *Brachiaria* y *Panicum*. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 18, 291-301.
- Otero, M., y Hidalgo, L. (2004). Condensed tannins in temperate forages species: effects on the productivity of ruminants infected with internal parasites (a review). *Livestock Research for Rural Development*, 16 (2), 18-36.
- Palma, G. J. M. (2014). Escenarios de sistemas de producción de carne de bovino en México. Avances en Investigación Agropecuaria. *Revista de Investigación y Difusión Científica Agropecuaria*, 1 (18), 53-62.
- Palma, J. M. (2006). Los sistemas silvopastoriles en el trópico seco mexicano. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 14(3), 95-104.
- Piñeiro-Vázquez, A. T., Ayala-Burgos, A. J., Chay-Canul, A. J. y Ku-Vera, J. C. (2013). Dry matter intake and digestibility of rations replacing concentrates with graded levels of *Enterolobium cyclocarpum* in Pelibuey lambs. *Tropical Animal Health Production*, 45, 577-583. <https://doi.org/10.1007/s11250-012-0262-6>

-
- Rojas, A. K., López, J., Tejada, I., Vázquez, V., Shimada, A., Sanchez, D., y Ibarra, F. (2006). Impact of condensed tannins from tropical forages on *Haemonchus contortus* burdens in Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*) and Pelibuey lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 128: 218-228. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.10.008>
- Rojo, R., Mendoza, G. D., Bárcena, J. R., Pinos, J. M., Montañéz, O., y Arece, J. (2004). Consumo y digestibilidad de pastos tropicales en toretes suplementados con nitrógeno y *Saccharomyces cerevisiae*. *Pastos y Forrajes*, 4 (27), 361-368.
- Román, P. H., Aguilera, S. R., y Patraca, F. A. (2012). *Producción y comercialización de ganado y carne de bovino en el estado de Veracruz*. Comité Nacional del Sistema Producto Bovinos Carne. https://www.nuttropic.com/publicaciones/produccion_y_comercializacion_de_la_carne_veracruz_vf.pdf
- SAS (2011). SAS/STAT Software. Versión 9.3. Cary, NC SAS, USA: Institute INC.
- Santacoloma, V. L. E., y Granados, M. J. E. (2014). Fitometabolitos secundarios que inciden en el valor nutricional de *Lotus corniculatus* como forraje para rumiantes. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 5 (1), 131-146.
- SIAP (2018, junio). *Bovinos de carne y leche producción ganadera*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/516353/Inventario_2018_Bovinos.pdf.
- Vázquez-Flores, A. A., Alvarez-Parrilla, E., López-Díaz, J. A., Wall-Medrano, A., De La Rosa, L. A. (2012). Taninos hidrolizables y condensados: naturaleza química, ventajas y desventajas de su consumo. *Tecnociencia Chihuahua*, 6 (2), 84-93.

CAPÍTULO 2. Intake, digestibility and ruminal characteristics of calves supplemented whit *Enterolobium cyclocarpum* pod

Ulises Carbajal-Márquez¹, Paulino Sánchez-Santillán^{2*}, Adelaido R. Rojas García², Marco A. Ayala-Monter², Mario A. Mendoza-Núñez², Daniel Hernández-Valenzuela³

***Corresponding Author: Paulino Sánchez-Santillán**

Tel: +52-749-106-30-63, E-mail: sanchezsanillanp@gmail.com

¹Master Program in Bovine Production in the Tropic, Autonomus University of Guerrero, Guerrero 41940, Mexico.

²School of Veterinary Medicine and Animal Production No. 2, Autonomus University of Guerrero, Cuajinicuilapa, Guerrero, 41940, Mexico.

³School of Agricultural and Environmental Science, Autonomus University of Guerrero, Guerrero 40040, México.

ORCID

Ulises Carbajal-Márquez: <https://orcid.org/0000-0001-5630-0131>

Paulino Sánchez-Santillán: <https://orcid.org/0000-0001-8639-1476>

Adelaido R. Rojas García: <https://orcid.org/0000-0002-5617-5403>

Marco A. Ayala-Monter: <https://orcid.org/0000-0001-9072-1407>

Mario A. Mendoza-Núñez: <https://orcid.org/0000-0002-3532-6217>

Daniel Hernández-Valenzuela: <https://orcid.org/0000-0001-9004-5402>

Title of the manuscript: Intake, digestibility and ruminal characteristics of calves supplemented with *Enterolobium cyclocarpum* pod.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the productive response, apparent digestibility of the nutrients and ruminal characteristics of calves in development stage fed with hay based on mulatto II grass and a protein supplement with increasing levels of *Enterolobium cyclocarpum* pod.

Methods: Eight suiz-bú calves in growth stage were used, with an average age of 11 months and initial average weight of 157.6 ± 8.5 kg. They were distributed in a repeated 4 x 4 Latin square design with 4 treatments: 0% (T0), 25% (T25), 50% (T50) and 75% (T75) of *E. cyclocarpum* pod. The response variables that were measured were intake of the nutrients, apparent digestibility of the nutrients and ruminal characteristics.

Result: Intake of dry matter (DMI), dry matter intake of hay (DMIH) and of supplements (DMIS) of T0 and T25 higher than T50 and T75; intake organic matter (OMI) of T75 was lower than T0 and T25 ($p < 0.05$); intake crude protein (CPI) for T0 and T25 was higher than T50 and T75 ($p < 0.05$). The apparent digestibility of dry matter (DM), organic matter (OM) and detergent fibers did not show differences between treatments; while the crude protein (CP) did not show differences between T0, T25 and T50 ($p > 0.05$). The total bacteria count, cellulolytic bacteria count, cellulase enzymatic activity, volatile fatty acids and the acetate / propionate ratio did not show differences between treatments ($p > 0.05$). The count of protozoa and ammoniacal nitrogen did not show differences between T0, T25 and T50.

Conclusion: The inclusion of *E. cyclocarpum* pod in protein supplementation for forage-fed calves is a feeding alternative if used up to 25%.

Keywords: Calves; Supplementation; Intake; *Enterolobium cyclocarpum*; Digestibility; Pod.

INTRODUCTION

In tropical regions, bovine production systems are based on grazing grasses whose productivity varies in quantity and quality depending on the time of the year in which it is found, the physiological age, time of grazing or harvest, species and variety of pastures, degree of contamination and botanical fraction [1,2]. In this sense, the digestibility of pastures is directly related to their protein and energy content, influencing animal behavior, with low quality forages, generally deficient in protein and digestible energy. Protein intake is limited in cattle grazing tropical forages with less than 7% crude protein, which affects feed consumption and digestibility, and results in low animal productivity [1,2]. In Mexico, an estimated 24 million hectares are used for livestock, equivalent to 12% of the country's surface. The national inventory of bovines is 34.8 million heads, of which 67.2% are located in the tropics with a dual-purpose production system [3].

So, the efficiency of bovine production in the tropics depends on the availability of protein, energy, digestibility and forage consumption. Given these needs, strategies are sought to supplement the nutritional deficiencies of the forage, taking advantage of the resources available in each region. *Enterolobium cyclocarpum* pod is an alternative that is used in cattle feed as a supplement [4]. This pod contains 19.5% CP, 28.3% of neutral detergent fiber (NDF), 20.4% of acid detergent fiber (ADF), *in vitro* degradations of 76.06% of DM and 38.68% of NDF [2]. In addition, they contain secondary compounds such as condensed tannins, which form complexes with salivary glycoproteins that precipitate and adhere to the mucous membrane of the mouth, causing astringency and reducing consumption and palatability of the ration [5,6,7,8]; and saponins that give it a bitter taste that causes irritation at the level of the mouth and throat, which is reflected in the decrease

in palatability and voluntary consumption [7,9]. Although, levels between 2 and 4% of tannins in the ration do not affect the consumption and digestibility of the nutrients that make up the ration [5,6,7,8,9]. At the same time that these secondary components can alter the number of rumen microorganisms, such as archaea, protozoa and fibrolytic bacteria, which affect the fermentation process in rumen just as fiber digestibility, time that increases the supply of protein and energy available to the animal [5,9]. Therefore, the objective was to evaluate the consumption, apparent digestibility of the nutrients and ruminal characteristics of calves in development stage fed with hay based on mulatto grass and a protein supplement with increasing levels of *Enterolobium cyclocarpum* pod.

MATERIALS AND METHODS

Experimental site and animal care

The study was carried out from February to June, 2019 at 2, Faculty of Veterinary Medicine and Animal Husbandry, of Autonomous University of Guerrero, in Cuajinicuilapa, Guerrero, Mexico. Located at 16° 28' north latitude and 98° 25' west longitude, at an altitude of 51 masl, the annual temperature range and precipitations are from 27 to 29 °C and 1338.2 to 2033.2 mm respectively, the climate is warm sub-humid [10]. The experiment was executed in accordance with the internal regulations of bioethics and welfare of the Institution according to the protocols of the Federal Animal Health Law and NOM-062-ZOO-1999.

Animals, management and treatment

Eight suiz-bú calves in growth stage were used, whit an average age of 11 months and initial average weight of 157.6 ± 8.5 kg. The calves were housed in individual pens with an area of 5 m², provided with shade and equipped with a feeders and waterers. Animals received prophylactic treatment with ivermectin antiparasitic (VECOL[®], 0.2 mg kg⁻¹ live

weight, subcutaneous route), spray bath with Bovitraz (Bayer[®], 2 mL L⁻¹ of water and vitamins ADE + B12 (Riverfarma[®], 10 mL animal-1 via IM).

The calves were fed with ground hay from mulatto II grass (*Brachiaria hybrid-CIAT 36087*) and supplemented with 1% of their live weight (LW) of a protein concentrate (Table 1). Hay had 150 days of regrowth and was milled with a tractor hammer mill (Swissmex[®], No. 20, Turbo 610400). Protein supplements were made with increasing levels of *E. cyclocarpum* pod according to the requirements of the calves [11]. The experimental treatments were the inclusion of 0 (T0), 25 (T25), 50 (T50) and 75% (T75) of *E. cyclocarpum* pod. Hay and supplement were provided in separate feeders and two meals a day, at 0800 and 1600 h. Hay and water were offered freely.

The experimental design was a repeated 4 x 4 Latin square. Four experimental periods of 30-d, each consisted of 10-d of adaptation and 20-d of data collection. In each experimental period, the animals were weighed on a scale (Revuelta Maza[®], Model RG-323-V-DV, Mexico), after a 10-h fast of solid food to adjust the amounts of supplement.

Control of intake and collection of feces

The daily intake of hay and supplements was carried out from day 11 to day 30 of each experimental period, weighing the quantities offered and rejected. Dry matter intake of hay (DMIH) and of supplements (DMIS) were estimated by the difference between the offered and the rejected. Total dry matter intake (DMI) was calculated with the sum of DMIH and DMIS. The intake of the nutrients organic matter (OMI), neutral detergent fiber (NDFI), acid detergent fiber (ADFI), crude protein (CPI), total tannins (TTI), condensed tannins

(CTI) and total phenols (TPI) were estimated from DMIH, DMIS and the chemical composition of hay mulatto II grass and supplements [12].

Stool collection was performed on the 25th day of each period, 30 g of direct feces were collected from the anus of each calf by rectal stimulation, they were dehydrated for 48 h at 60 °C in a stove (Riossa[®] HCF-41, Mexico) and they were ground using a 1 mm screen in a Thomas-Wiley Mill (Thomas Scientific, Swedesboro, NJ, USA). In each treatment, the feces collected during the five days within the period were homogenized.

Chemical analysis

The analysis of the chemical composition of hay mulatto II grass, supplements and feces was implemented according to the guidelines of the Association of Official Agricultural Chemists [13] with method 950.02 for grinding the sample, method 967.03 for DM, method 976.05 for CP, method 942.05 for ash and OM. The NDF and ADF content according to with the ANKOM Technology[®] methodology [14]. The acid insoluble ash content (AIA) according to the method Van Keulen and Young [15].

A sample of *E. cyclocarpum* pod was sent to the Animal Nutrition laboratory of the Autonomous University of Yucatan to determine the concentration of total phenols with the folin-ciocalteu technique [16], total tannins by the fonil + pvpp method [17] and condensed tannins by the vanillin technique [18].

Apparent digestibility of nutrients

The AIA were used as an internal marker and the apparent digestibility of the DM (DDM), OM (DOM), NDF (DNDF), ADF (DADF) and CP (DCP) were estimated with the formulas described by Van-Keulen and Young [15].

Rumen characteristics

On day 30 of each period, in animals with a 10-h fast from solid food, 20 mL of ruminal fluid was removed using an esophageal probe and filtered through a double layer of gauze. Immediately the pH was measured with a potentiometer (Hanna[®] HI2211, Romania, calibration: pH 7 and 4).

Cellulase enzyme activity was measured using the reducing sugars method described by Miller [19]. The substrate was 0.5% carboxymethyl cellulose (CMC; Sigma-Aldrich[®]) {2.5 g of carboxymethyl cellulose graduated at 500 mL with 50 mM citrate buffer and pH 4.8 [10.507 g citric acid (Merk[®]) graduated in 1 L distilled water at pH 4.8]}. The reaction mixture of each sample contained 0.9 mL of 0.5% CMC and 0.1 mL of ECE (each sample was run in duplicate). Subsequently, they were incubated 30 minutes at 50 °C, 1.5 mL of DNS solution [14 g NaOH (Sigma-Aldrich[®]) + 5.9 g Na metabisulfite (Sigma-Aldrich[®]) + 29 g Na and K tartrate were added (Sigma-Aldrich[®]) + 1 g of dinitrosalicylic acid (Sigma-Aldrich[®]) + 5.8 mL of liquid phenol (Merk[®]) graduated at 1 L with distilled water] and boiled for 5 min, and immediately put in a container of ice water. For each sample a blank was prepared with 0.9 mL of 0.5% CMC, incubated 30 min at 50 °C, 1.5 mL of DNS solution and 0.1 mL of ECE were added; it was boiled for 5 min, and shortly they were placed in an ice water container. Samples and blanks were measured at an absorbance of 540nm on a UV-VIS spectrophotometer (Jenway[®] 6850, USA). One unit was defined as the number of enzymes released by 1 $\mu\text{mol min}^{-1}$ of glucose. The standard curve was prepared with a 10 mM glucose solution [0.18 g dextrose (Merk[®]) graduated with 100 mL of 50 mM citrate buffer and pH 4.8].

In the count of total bacterial (TBC) and protozoa (TPC), a micropipette (Corning[®], USA) was used to place 1 mL ruminal fluid in a test tube (Pirex[®], Mexico) with 0.25 mL of 10% formaldehyde (Sigma Aldrich[®]). In the TBC, a direct count was used in a Petroff-Hausser camera (Hausser # 39000, Electron Microscopy Sciences, USA) with a microscope (BX31, Olympus[®], USA) at a magnification of 1,000X; the formula CBT = (average) (dilution factor, 2×10^7) was operated [20]; while for TPC a direct count was made in a Neubauer camera (Bright line Brand[®]) with a microscope at a magnification of 400X; the formula TPT = (average) (dilution factor, 1×10^4) was employed.

The cellulolytic bacteria count (CB) was with the technique of the most probable number (MPN) with three repetitions [21]. In sterile test tubes (Pirex[®]; 13 x 100 mm) 4.5 mL of a sterile anaerobic culture medium were added [22], where the carbon source was exchanged for a strip of Whatman[®] No. 541 paper and it was inoculated with 0.5 mL of rumen fluid. The ruminal fluid was diluted to 10^{-10} and dilutions from 10^{-8} to 10^{-10} were utilized to inoculate 3 tubes with culture medium, under CO₂ flux to maintain anaerobic conditions. The tubes were incubated 10 d at 39 ° C in an incubator (Ecoshel[®], 9082, Mexico); after incubation, a turbidity reading was made in the culture medium contained in the tubes, so those with turbidity were taken as positive. The technique considers dilutions 10^1 , 10^{-1} and 10^{-2} , so the value obtained in the table was adjusted to the dilutions worked in the present study [23].

Ammoniacal nitrogen (N-NH₃) was determined using the McCullough methodology [24]. One mL of ruminal fluid was placed in an Eppendorf tube with 0.25 mL of 25% metaphosphoric acid (4: 1 ratio) and centrifuged 25 min at 3,500 \times g in a centrifuge (Cence[®], H1650R, C) and the supernatant was recovered in centrifuge tubes. A volume of 20 μ L of

this supernatant was mixed with 1 mL of phenol solution [10 mg of $\text{Na}_2(\text{NO})\text{Fe}(\text{CN})_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (Meyer[®]) + 10 g of phenol crystals (Meyer[®]) graduated in 1 L of distilled water] and 1 mL of hypochlorite solution [7.5 g of NaOH (Reasol[®]) + 21.3 g of Na_2HPO_4 (Meyer[®]) + 15 mL of hypochlorite (5%; Reasol[®]) graduated at 1 L with distilled water]. The mixture was incubated 30 min at 37 °C in a water bath. Subsequently, 5 mL of distilled water was added to dilute and stirred with a vortex (Genie 2 G-560, USA) and the absorbance was measured at 630 nm in a UV-VIS spectrophotometer (Jenway[®] 6850, USA). For the standard curve, a solution of ammonium sulfate [0.471 g of $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, in 100 mL of distilled water, Meyer[®]] was prepared.

Volatile fatty acids (VFA) were determined by depositing 1 mL of rumen fluid in a microcentrifuge tube (Neptune[®], Mexico; 2 mL) with 0.25 mL of 25% metaphosphoric acid (4:1 ratio). The tubes were centrifuged 18,800 $\times g$ for 10 min (Hettich Zentrifugen EBA21, Germany); the supernatant was recovered and 1 μL was injected into a gas chromatograph (PerkinElmer[®], Clarus 500) equipped with a flame ionization detector and a capillary column (Elite FFAP PerkinElmer[®]). The oven temperature was 115 °C for 0.25 min, 125 °C for 0.5 min and 130 °C for 5.25 min; the column temperature was 250 °C; nitrogen was used as the carrier gas and air and hydrogen to generate the flame. Retention times were 1.3, 1.6, and 2.15 min for acetic acid, propionic acid, and butyric acid.

Statistical analysis

Consumption data, apparent digestibility and ruminal characteristics were analyzed using the GLM procedure of SAS[®] [25] with a repeated 4 x 4 Latin square design. The means of the treatments were separated using Tukey's multiple comparison test and the differences of $p < 0.05$ were considered significant. And the statistical model was: $Y_{ijkl} = \mu + S_i + H_j +$

$C_{k:i} + \tau_{(l)} + \epsilon_{ijkl}$; where: Y_{ijkl} = Response variable in the i-th Latin square, j-th row, k-th column within each Latin square, l-th treatment; μ = General mean; S_i = effect of the i-th Latin square; H_j = effect of the i-th row; $C_{k:i}$ = effect of the k-th column within each Latin square; $\tau_{(l)}$ = effect of the l-th treatment.

RESULTS AND DISCUSSION

The present study aims to establish the best level of inclusion of *E. cyclocarpum* pod in a supplement for calves without affectations due to the effect of secondary metabolites. The DMI, DMIS and DMIH of T0 and T25 were 38.0, 159.6 and 14.2% higher than T50 and T75 ($p < 0.05$). In the case of nutrient intake, the OMI of T75 was 47.3% lower than the average of T0 and T25 ($p < 0.05$). The NDFI and ADFI of T0 and T25 were 38.7 and 35.7% higher than T50 and T75 ($p < 0.05$). Similarly, the average CPI for T0 and T25 was 75.0% higher than T50 and 150.0% higher than T75 ($p < 0.05$). TTI, CTI, and TPI showed no difference between T25, T50, and T75, treatments that included *E. cyclocarpum* pod ($p > 0.05$; Table 2). Thus, a 200 kg live weight (LW) calf requires consuming 4 kg DM d^{-1} , of which 16.26% must be CP to have a gain of 750 g d^{-1} [11]. In this sense, the DMI of T0 was 14.50% higher than required, but they only consumed 83.14% CP required; while the T25 DMI was 12.25% higher than required, but they only consumed 78.60% of the required CP. Although these differences are presented in the CP contributions, there are no statistical differences ($p > 0.05$) between T0 and T25, which allows us to predict that the intake variables were not affected by the addition of 25% of *E. cyclocarpum* pod in supplementation of 1% of the LW of calves. This is because at levels between 2 and 4% of tannins in the ration it does not affect the intake and digestibility of the nutrients that make up the ration [6,7,8].

The DMI of T50 and T75 represented 82.00% of the required; they also covered only 46.12% and 31.36% of the required CP (Table 2). Furthermore, the decrease in DMI, DMIS, DMIH, OMI, NDFI, ADFI and CPI can be assumed to the secondary components that the *E. cyclocarpum* pod contains [7,9]; since, this was ground and in the process of chewing and ruminating about 60% of the cells of the pod were broken releasing CT [6], which were mixed with saliva to form complexes with salivary glycoproteins [5], likewise salivary proteins probably precipitated and adhered to the mucous membranes of the mouth causing astringency, which was reflected in a reduction in consumption and palatability of the ration [5,6,8]. Furthermore, this pod contains saponins [9] that gives it a bitter taste that causes irritation at the level of the mouth and throat, which was reflected in the decrease in palatability and voluntary intake.

The results of intake of both DM and nutrients in the present study were lower than those reported in heifers fed an integral diet that included 22.50% of *E. cyclocarpum* pod [9] and 30% of *Samanea saman* pod [1]. In the first, they used heifers of 218 kg LW, fed with 46% of *Brachiaria brizantha* hay and the rest of a concentrate that included *E. cyclocarpum* pod, *Gliricidia sepium*, soybean paste, wheat bran, cane molasses and mineral mix (11.9% CP and 17 MJ kg⁻¹ of ME) which showed 24.05, 2.25, 14.4, 24.38% higher DMI, OMI, NDFI, ADFI and CPI than the T25 treatment of the present study [9]. In the second, they used heifers of 216.5 kg LW and were fed 66.5% green and chopped *Pennisetum purpureum* with a concentrate that included *S. saman* pod, soybean paste, wheat bran, molasses and mineral mix (9.8% CP and 16.3 MJ kg⁻¹ of ME), among their results, they published 6.49 kg DMI, 5.47 kg OMI, 670.33 g CPI, 3.58 kg NDFI, 2.25 kg ADFI and 23.3 g CTI [1], values greater than the four treatments evaluated in this study. These differences are assumed that in this

experiment only 1% of daily BW was supplemented, controlling the consumption of the concentrate, while the aforementioned authors fed a comprehensive diet *ad libitum*.

The apparent digestibility of DDM, DOM, DNDF and DADF did not show differences between treatments ($p > 0.05$); however, the DCP did not show differences between T0, T25 and T50 ($p > 0.05$) and they showed 29.5% greater DCP than T75 ($p < 0.05$; Table 3). Digestibility and intake are variables that define the quality of a food, in addition the presence of secondary metabolites in the diet can reduce the digestibility of the food [9,17]. This was not observed in the present study, since DDM, DOM, DNDF and DADF did not present differences between treatments ($p > 0.05$) that are based on an increasing inclusion of *E. cyclocarpum* pod. Likewise, digestibility is associated with rumen degradability and passage rate, which are associated with NDF content, that here decreased as the content of *E. cyclocarpum* pod increased and decreased of hay mulatto II grass in the composition of the treatments (Table 1), in addition the digestibility of the NDF in *in vitro* studies was 38.68% for the *E. cyclocarpum* pod [2]. This allowed us to deduce that the composition and content of the *E. cyclocarpum* pod do not affect the digestibility of protein supplements for calves.

The DCP was reduced when the calves were fed with T75, compared to the calves that were fed with T0 ($p < 0.05$), this can be assumed to the amount of *E. cyclocarpum* pod that the treatment contains (Table 1) and by consequence the CT content; since these create complexes with food proteins [8,9,26] and inhibit rumen microbial enzymes (proteases) and decrease protein availability for digestion to level of the intestines [9,27]. The DDM and DNDF of the supplements evaluated in the current study, showed similar values of DNDF and higher in DDM in an *in vitro* study evaluating the same supplements [28]. Molina-Botero et al. [9] reported lower percentages of DDM, DOM, DNDF, DADF and DCP to the present

study in heifers of 216 kg fed with a comprehensive diet that included 22.50% of *E. cyclocarpum* pod. Furthermore, Albores-Moreno et al. [29] reported that the DDM, DOM and DNDF in 27 kg lambs fed *Pennisetum purpureum* with a supplement of cane molasses with *E. cyclocarpum* pod (80: 450 g DM) showed similar values to the given experiment. This indicates that the inclusion of *E. cyclocarpum* pod in the ruminant diet does not modify the digestibility of DM and nutrients, so at the digestive level there are no problems with the incorporation of these pods in the preparation of protein supplements for calf feeding.

Total bacteria count, cellulolytic bacteria count, cellulase enzyme activity, volatile fatty acids (VFA), acetate, propionate, butyrate and the acetate/propionate ratio did not show differences between treatments ($p > 0.05$). The ruminal pH of the calves fed the T0, T50 and T75 supplement did not show a difference ($p > 0.05$); while the pH of the calves that consumed the T25 supplement was 7.68% lower than the calves fed with T0 ($p < 0.05$). The protozoan and N-NH₃ count of the calves fed T0, T25 and T50 did not show differences ($p > 0.05$); however, calves fed T75 reduced protozoan and N-NH₃ counts by 111.46 and 94.11% compared to calves fed T0 ($p < 0.05$, Table 4).

The ruminal environment is important for carrying out the fermentative processes of ruminal digestion. In this sense, the ruminal pH of cattle fluctuates between 5.5 to 7, the concentration of bacteria ranges from 5,000 to 20,000 million cells / mL of ruminal content, the content of protozoa from 100,000 to 2 million / mL of ruminal fluid [29,30]. In addition, the ideal concentration of N-NH₃ in the rumen varies between 5 to 25 mg / dL of rumen fluid and the maximum microbial efficiency occurs when the concentration of rumen N-NH₃ is between 5 and 8 mg / dL. These values are influenced by the type and quantity of food offered [30]. In this sense, the rumen pH of the calves in each treatment evaluated in this study is

within the range established in the rumen [30]. However, the concentration of protozoa decreased as the *E. cyclocarpum* sheath level was increased, this can be attributed to the CT and sapins contained in the sheath, which exert a defaunant effect on these microorganisms and which helped to improve the nutrient digestibility [29,31]. In addition, CT scans have the ability to inhibit the growth of some rumen bacteria due to the interactions they exert with the bacteria and enzymes produced by them, which constrain the transport of nutrients in the cell [32]; this could be the reason why bacteria concentrations. In this study, they were lower than the ideal ranges mentioned [29,30] although this did not affect the digestibility of the nutrients except for the DCP of T75. On the other hand, the N-NH₃ of T25, T50 and T75 were below the necessary limits. Therefore, the concentration of VFA in the rumen is strongly influenced by the composition of the ration, the microbial activity, the pH, the frequency of food intake, the texture of the ingredients and the predominant substrate that make up the ration. [31] fed 27 kg LW sheep with 30% *E. cyclocarpum* leaf and 67% *Pennisetum clandestinum* hay and reported bacteria concentrations of 11.1 X10⁸ / mL cells, 0.48 X10⁵ / mL cells of protozoa, pH of 6.99 and 25.2 mg 100 mL⁻¹ of N-NH₃, these results vary with this work because the experimental units were different; In addition, in the present study, *E. cyclocarpum* pod and Navas-Camacho et al. [31] used the leaves of the tree as a food source. Likewise, Carbajal-Márquez et al. [28] in an *in vitro* experiment with the same supplements used for this study reported average concentrations of 22.12 mg / dL for T25 and T50 and of 16.96 mg / dL⁺ for T75 of N-NH₃, values higher than this investigation.

CONCLUSION

The inclusion of *E. cyclocarpum* pod in protein supplementation for forage-fed calves is a feeding alternative if used up to 25%, since a higher inclusion of this pod reduces the dry

matter intake of calves. Likewise, the use of pod up to 75% in supplements does not affect the apparent digestibility of the nutrients, nor the ruminal characteristics, but its use is limited by the decrease in the intake of dry matter due to the effect of metabolites that contains the *E. cyclocarpum* pod.

CONFLICT OF INTEREST

We certify that there is no conflict of interest with any financial organization regarding the material discussed in the manuscript.

REFERENCES

1. Valencia SSS, Piñeiro VAT, Molina BIC, et al. Potential of *Samanea saman* pod meal for enteric methane mitigation in crossbred heifers fed low-quality tropical grass. *Agric For Meteorol* 2017; 258: 108-116. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.12.262>.
2. Hernández-Morales J, Sánchez-Santillán P, Torres-Salado N, et al. Composición química y degradaciones *in vitro* de vainas y hojas de leguminosas arbóreas del trópico seco de México. *Rev Mex Cienc Pec* 2018; 9 (1): 105-120. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i1.4332>.
3. SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Bovinos de carne y leche producción ganadera [Internet]. SIAP; 2018 [cited 2020 Jan 06]. Available from: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/516353/Inventario_2018_Bovinos.pdf.
4. Molina-Botero IC, Montoya-Flores MD, Zavala-Escalante LM, Barahona-Rosales R, Arango J, Ku-Vera JC. Effects of long-term diet supplementation with *Gliricidia*

-
- sepium* foliage mixed with *Enterolobium cyclocarpum* pods on enteric methane, apparent digestibility, and rumen microbial population in crossbred heifers. Anim Feed Sci Tech 2019; 97: 1619-1633. <http://doi.org/10.1093/jas/skz067>.
5. Rojas AK, Lopez J, Tejada I, et al. Impact of condensed tannins from tropical forages on *Haemonchus contortus* burdens in Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*) and Pelibuey lambs. Anim Feed Sci Technol 2006; 128: 218-228. <http://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.10.008>.
6. Márquez LD, Suárez LA. El uso de taninos condensados como alternativa nutricional y sanitaria en rumiantes. Rev Med Vet 2008; 16: 87-109.
7. Attia-Ismai SA. Plant Secondary metabolites: Deleterious Effects, Remediation (Special Reference to Forage) Springer Science+Business Media Dordrecht 2015; 157-178. http://doi.org/10.1007/978-94-017-7194-8_8.
8. Abdullah MAM, Farghaly MM, Youssef IMI. Effect of feeding *Acacia nilotica* pods to sheep on nutrient digestibility, nitrogen balance, ruminal protozoa and rumen enzymes activity. J Anim Physiol Anim Nutr 2018; 102 (3): 662-669. <https://doi.org/10.1111/jpn.12874>.
9. Molina-Botero IC, Arroyave-Jaramillo J, Valencia-Salazar S, et al. Effects of tannins and saponins contained in foliage of *Gliricidia sepium* and pods of *Enterolobium cyclocarpum* on fermentation, methane emissions and rumen microbial population in crossbred heifers. Anim Feed Sci Technol 2019; 252: 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.01.011>.

-
10. INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [Internet]. INEGI; 2017 [cited 2020 Mar 15]. Available from: http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/1290/702825155971/702825155971_1.pdf.
 11. NRC. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Subcommittee on Beef Cattle Nutrition, Committee on Animal Nutrition, National Research Council. 7ta ed. Washington, D.C; 1996.
 12. Villanueva-Partida CR, Díaz-Echeverría VF, Chay-Canul AJ, Ramírez-Avilés L, Casanova-Lugo F, Oros-Ortega I. Comportamiento productivo e ingestivo de ovinos en crecimiento en sistemas silvopastoriles y de engorda en confinamiento. *Rev Mex Cienc Pecu* 2019; 10 (4): 870-884. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i4.4724>.
 13. AOAC. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemist. 18th Ed. Washington, DC, USA: AOAC International; 2005. 70 p.
 14. Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dair Sci* 1991; 74 (10): 3583-3597. [http://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](http://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2).
 15. Van Keulen J, Young BA. Evaluation of acid-insoluble ash a natural marker in ruminant digestibility studies. *J Anim Sci* 1977; 44 (2): 282-287. <https://doi.org/10.2527/jas1977.442282x>.
 16. Singleton VL, Rossi JA. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic* 1965; 16 (3): 144-158.

-
17. Makkar HPS. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. *Small Rum Res* 2003; 49 (3): 241-256. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(03\)00142-1](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(03)00142-1).
 18. Price ML, Van Scoyoc S, Butler LG. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. *J Agr Food Chem* 1978; 26 (5): 1214-1218. <https://doi.org/10.1021/jf60219a031>.
 19. Miller GL. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal Chem* 1959; 31(3): 426-428.
 20. Sánchez-Santillán P, Cobos-Peralta MA, Hernández-Sánchez D, Álvarado-Iglesias A, Espinosa-Victoria D, Herrera-Haro JG. Use of activated carbon to preserve lyophilized cellulolytic bacteria. *Agrociencia* 2016; 50(5): 575-582.
 21. Harrigan WF, McCance EM. *Métodos de laboratorio en microbiología de alimentos y productos lácteos*. Ed. Academia. León, España; 1979.
 22. Torres-Salado N, Sánchez-Santillán P, Rojas-García RA, et al. *In vitro* gas production and fermentative characteristics of ruminal cellulolytic bacterial consortia of water buffalo (*Bubalus bubalis*) and Suiz-bu cow. *Agrociencia* 2019; 53 (2): 145-159.
 23. Christense D, Crawford C, Szabo R. Enumeration of coliforms, faecal coliforms and of *E. coli* in foods using the MPN. Health products and food branch, MFHPB-19. Vol. 2. Canada; 2002.

-
24. McCullough H. The determination of ammonia in whole blood by a direct colorimetric method. *Clínica Chimica* 1967; 17 (2): 297-304. [https://doi.org/10.1016/0009-8981\(67\)90133-7](https://doi.org/10.1016/0009-8981(67)90133-7).
25. SAS. Institute Inc., SAS/STAT. Software, Ver 9.3. Cary, NC, USA: SAS Inc.; 2011.
26. Aung M, Kyawt YY, Thida HM, Mu SK, Aung A. Effect of Inclusion of *Albizia saman* Pods in the Diet on the Performances of Dairy Cows. *Ame J of Ani and Vet. Sci* 2016; 11 (1):41-46. <http://doi.org/10.3844/ajavssp.2016.41.46>.
27. Min BR, Attwood GT, McNabb WC, Molan AL, Barry TN. The effect of condensed tannins from *Lotus corniculatus* on the proteolytic activities and growth of rumen bacteria. *Anim Feed Sci Technol* 2005; 121: 45-58. <http://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.02.007>.
28. Carbajal-Márquez U, Sánchez-Santillán P, Rojas-García AR, Mendoza-Núñez MA, Ayala-Monter M, Hernández-Valenzuela D. Fermentación *in vitro* de complementos para becerros con niveles crecientes de vaina de parota (*Enterolobium cyclocarpum*). *Rev Mex Agroec* 2019; 6 (2):205-212.
29. Albores-Moreno S, Alayón-Gamboa JA, Ayala-Burgos AJ, et al. Effects of feeding ground pods of *Enterolobium cyclocarpum* Jacq. Griseb on dry matter intake, rumen fermentation, and enteric methane production by Pelibuey sheep fed tropical grass. *Trop Anim Health Prod* 2017; 49: 857-866. <http://doi.org/10.1007/s11250-017-1275-y>.

-
30. Kumar CP, Mohamed SAZ, Jena R, Kumar S. Rumen microbiology: An overview. In: Kumar AP, Singh R, Nandan KD editors. Rumen Microbiology: From Evolution to Revolution. New Delhi: Springer; 2015. p. 3-16. doi: <http://doi.org/10.1007/978-81-322-2401-3>.
31. Navas-Camacho A, Laredo MA, Cuesta A, Anzola H, León JC. Efecto de la suplementación con un forraje de leguminosas arbóreas sobre la función del rumen. *Investigación ganadera para el desarrollo rural* 1993; 5 (2): 1-13.
32. McSweeney CS, Palmer B, McNeill DM, Krause DO. Microbial interactions with tannins: nutritional consequences for ruminants. *Anim Feed Sci Technol* 2001; 91: 83-93.

Table 2. Composition of protein supplements including increasing levels of *Enterolobium cyclocarpum* pod and chemical composition of hay mulatto II grass.

Ingredients (g kg ⁻¹ MS)	Protein supplements				Hay	Ingredient costs MXN \$ kg ⁻¹
	T0	T25	T50	T75		
<i>E. cyclocarpum</i> pod	0	250	500	750	-	2.6
Soybean paste	280	217	152	85	-	11.5
Urea	40	40	40	40	-	9.0
Ground corn	70	70	70	70	-	6.5
Hay mulatto II grass	560	373	188	0	-	2.0
^a Mineral salt	50	50	50	50	-	9.1
Costs (MXN \$ kg ⁻¹)	6.11	4.91	3.69	2.50		
Chemical composition (g kg ⁻¹ MS)						
DM	974.3	987.5	989.9	983.9	988.2	
OM	993.3	988.7	996.6	940.7	934.1	
CP	300.3	297.5	303.0	281.4	33.7	
NDF	630.8	513.2	416.8	332.3	768.9	
ADF	327.8	254.9	205.9	149.9	465.1	
Ash	6.70	11.30	3.40	59.30	65.9	
AIA	4.20	6.50	1.40	8.80	18.2	
TT	0	2.33	4.65	6.98	-	
CT	0	4.52	9.05	13.58	-	
TP	0	4.67	9.35	14.02	-	

^aContaining = phosphorus, 6%; calcium, 15.5%; sodium, 7%; magnesium, 1%; zinc, 3,500 mg; manganese, 2,000 mg; copper, 500 mg; iodine, 12 mg; cobalt, 6 mg; selenium, 12 mg. DM = dry matter; OM = organic matter; CP = crude protein; NDF = neutral detergent fiber; ADF = acid detergent fiber; AIA = acid insoluble ash; TT = total tannins; CT = condensed tannins; TP = total phenols; MXN \$ = Mexican pesos.

Table 3. Effect of the inclusion of 1% of the live weight of protein supplements with increasing levels of *Enterolobium cyclocarpum* pod in the diet of calves based on hay mulatto II grass on intake variables.

Intake	Treatments				SEM
	T0	T25	T50	T75	
DMI (kg d ⁻¹)	4.58 ^a	4.49 ^a	3.44 ^b	3.13 ^b	129.71
DMIS (kg d ⁻¹)	1.45 ^a	1.38 ^a	0.67 ^b	0.42 ^b	90.85
DMIH (kg d ⁻¹)	3.13 ^a	3.11 ^a	2.77 ^b	2.71 ^b	62.36
OMI (kg d ⁻¹)	4.36 ^a	4.27 ^a	3.26 ^b	2.93 ^c	126.80
NDFI (kg d ⁻¹)	3.32 ^a	3.10 ^a	2.41 ^b	2.22 ^b	93.14
ADFI (kg d ⁻¹)	1.93 ^a	1.80 ^a	1.43 ^b	1.32 ^b	52.08
CPI (g d ⁻¹)	540.87 ^a	511.33 ^a	300.58 ^b	210.49 ^c	28.22
TTI (g d ⁻¹)	0.00 ^b	3.19 ^a	3.10 ^a	3.96 ^a	0.32
CTI (g d ⁻¹)	0.00 ^b	6.24 ^a	6.06 ^a	5.77 ^a	0.62
TPI (g d ⁻¹)	0.00 ^b	6.42 ^a	6.24 ^a	5.95 ^a	0.64

^{a,b,c}Mean in a row with different literal are different ($p < 0.05$); SEM = standard error of the mean; DMI = total dry matter intake; DMIS = dry matter intake of the supplement; DMIH = dry matter intake of hay; OMI = organic matter intake; NDFI = neutral detergent fiber intake; ADFI = acidic detergent fiber intake; CPI = crude protein intake; TTI = total tannin intake; CTI = condensed tannin intake; TPI = total phenolic intake.

Table 4. Effect of the inclusion of 1% of the live weight of protein supplements with increasing levels of *Enterolobium cyclocarpum* pod in the diet of calves based on hay mulatto II grass on the apparent digestibility of the nutrients.

Digestibility (%)	Treatments				SEM
	T0	T25	T50	T75	
DDM	66.80	70.43	69.75	62.54	1.82
DOM	66.94	70.35	70.03	61.97	1.87
DNDF	66.44	68.55	68.02	60.46	1.86
DADF	62.26	63.99	63.92	55.10	2.13
DCP	88.43 ^a	89.65 ^a	84.11 ^{ab}	67.48 ^b	2.66

^{a,b}Mean in a row with different literal are different ($p < 0.05$); SEM = standard error of the mean; DDM = digestibility of dry matter; DOM = digestibility of organic matter; DNDF = digestibility of neutral detergent fiber; DADF = digestibility of the acid detergent fiber; DCP = digestibility of crude protein.

Table 5. Effect of the inclusion of 1% of the live weight of protein supplements with increasing levels of *Enterolobium cyclocarpum* pod in the diet of calves based on hay mulatto II grass on ruminal characteristics.

Ruminal activity	Treatments				SEM
	T0	T25	T50	T75	
pH	6.87 ^a	6.38 ^b	6.50 ^{ab}	6.67 ^{ab}	0.07
N-NH ₃ (mg / dL)	2.97 ^a	2.71 ^{ab}	2.20 ^{ab}	1.53 ^b	0.24
Protozoa (10 ⁵ cells / mL)	3.32 ^a	2.96 ^{ab}	2.45 ^{ab}	1.57 ^b	0.34
Total bacteria (10 ⁹ cells / mL)	4.21	4.27	4.38	4.22	0.08
Cellulolytic bacteria (10 ⁷ cells / mL)	4.80	3.63	3.90	3.79	0.45
Cellulases (mU / mg protein)	15.63	15.63	15.63	15.54	1.63
VFA (mmol / L)	35.06	43.31	43.02	35.56	1.62
Acetate (mmol / L)	22.23	26.96	26.99	22.34	1.00
Propionate (mmol / L)	8.02	10.21	9.71	8.07	0.37
Butyrate (mmol / L)	4.82	6.14	6.32	5.15	0.28
Acetate/propionate ratio	2.76	2.66	2.68	2.76	0.03

^{a,b}Mean in a row with different literal are different (p <0.05); SEM = standard error of the mean; N-NH₃ = ammoniacal nitrogen; VFA = volatile fatty acids.

CAPÍTULO 3

CURSO-TALLER A PRODUCTORES

Resumen

El curso-taller se impartió en la comunidad de Omitlán, Juan R. Escudero, Guerrero. El objetivo fue capacitar a productores de la comunidad de Omitlán sobre la alimentación de bovinos mediante la elaboración de suplementos con base en ingredientes de la región y un concentrado comercial. Los ingredientes que se usaron para elaborar los suplementos fueron maíz molido, sales minerales, vainas de *Enterolobium cyclocarpum* y concentrado comercial (Abamel plus 40% proteína Api-Aba®). El evento inició con una plática sobre los problemas de alimentación que enfrenta la ganadería en época de secas y cómo afecta la parte productiva y reproductiva de los bovinos. Además, las estrategias de alimentación para mitigar las deficiencias de proteína de los pastos mediante la utilización de vainas como fuente de proteína. Por último, se habló sobre prevención de enfermedades mediante la elaboración de un calendario de vacunación, desparasitación, aplicación de vitaminas y minerales. El curso-taller concluyó con la elaboración de suplementos y la forma de ofrecerlos a los bovinos.

Palabras clave: alimentación, suplementos, vainas, *E. cyclocarpum*, productores

Introducción

La ganadería bovina tropical de México cambió poco en los anteriores 50 años, a pesar de que las limitaciones técnicas están plenamente identificadas; tales como: planificación parcializada y discontinuada, decremento de explotaciones de cría, adopción de tecnologías, altos costos de producción, baja eficiencia productiva, bajos precios en el mercado de productos y subproductos. Aun así, México exporta más de un millón de cabezas de ganado bovino al año; por ejemplo, en 2018 exporto 1.25 millones a los Estados Unidos. En México, la producción de bovinos finalizados es menos eficiente energéticamente que otras especies. México cuenta con 110 millones de hectáreas; de las cuales 56 millones se ubican en el trópico dedicadas

a la producción ganadera y/o cultivo de forrajes para la alimentación animal (Ku Vera, 2018). El inventario nacional de bovinos es aproximadamente de 34.8 millones de cabezas (SIAP, 2018). En las regiones tropicales de México hay alrededor de 500 mil unidades de producción bovina; de estas, aproximadamente 80% cuenta con menos de 30 vacas y cerca de 60% de las unidades, basan la alimentación en pastoreo (Ku Vera, 2018).

El sistema ganadero predominante es doble propósito semi-intensivo. Hay unidades de producción asociadas a cultivos agrícolas, pasturas nativas y mejoradas en monocultivo sin árboles; aquí la calidad de las gramíneas se cuestiona no cubre sus requerimientos del ganado, lo que repercute en la rentabilidad de la unidad de producción y deterioro de los recursos naturales (Gómez et al., 2002; Cuartas et al., 2013).

Sin embargo, en la vegetación arbustiva natural existe un recurso forrajero disponible para la alimentación del ganado. La parota (*Enterolobium cyclocarpum*) es un árbol que permanece con follaje y vainas durante la época seca (mayo a junio), con altura de 20 a 30 metros y producciones de vaina de hasta 725 kg por árbol (Cecconello et al., 2003; Alvares et al., 2003). Aunque el potencial de las vainas de leguminosas en la alimentación de bovinos es conocido, pocos productores usan las vainas en forma sistemática para la alimentación de los animales. Esto se atribuye a la escasa información sobre el manejo y el valor nutritivo de las vainas de leguminosas (Zamora et al., 2001). Con el fin de mejorar la adopción de tecnologías de alimentación con el uso de vainas de leguminosas arbóreas, se capacitó a productores en el uso de estas vainas para elaborar suplementos y ofrecerlo a rumiantes durante la época seca.

Objetivo

Capacitar a productores en la alimentación de bovinos mediante la elaboración de suplementos con base en ingredientes de la región y un concentrado comercial.

Desarrollo de las actividades efectuadas

El curso-taller se desarrolló el 11 de abril del 2020 en la comunidad de Omitlán, Juan R. Escudero, Guerrero. Este se ofreció por la inquietud de algunos productores por buscar estrategias que ayuden a mejorar los parámetros productivos de sus hatos durante la época de secas (Figura 1). El curso-taller se impartió a 10 productores de la comunidad (Figura 2); estos se caracterizaron por tener entre 30 y 40 cabezas bovinas en sistema de producción extensivo, con el fin zootécnico de producir becerros.

Al inicio, se impartió una plática sobre la importancia de complementar la alimentación de los animales en la época de secas y como se mejora la parte productiva y reproductiva. Esto porque los productores mencionaron que sus parámetros productivos son bajos, con edades al primer parto de vaquillas de 3.5 años, intervalos entre partos de 15 a 18 meses, peso al destete de 180 a 200 kg con una edad de 9 meses (Figura 3) y uso de concentrados comerciales como suplementos, mismos que elevan los costos de sus unidades de producción.

Bajo estas circunstancias, se explicó y enseñó a elaborar suplementos con recursos naturales de la región como una alternativa que ayude a mejorar la producción y bajar los costos. Por lo que se elaboró un suplemento con base en maíz molido (40%), sales minerales (2%), un concentrado comercial (12%; Abamel plus 40% proteína Api-Aba[®]) y vainas de parota (25%; Figura 4 y Figura 5).

Conclusión

El curso-taller resultó de gran apoyo a los productores; ya que, a pesar de conocer el uso de las vainas en la alimentación de bovinos, desconocían sus propiedades nutricionales y de cómo al molerlas favorece y mejora su aceptación por los animales.

Recomendaciones e implicaciones

Si bien la alimentación es la parte más importante dentro de un sistema de producción, otros factores que deben considerarse en la unidad de producción es el

manejo sanitario y administrativo. Así, se recomendó a los productores dentro de la plática el establecer calendarios de vacunación, desparasitación y aplicación de vitaminas y minerales. Además del uso de sistemas de registro de su unidad de producción para que el productor detecte donde puede hacer mejoras en su manejo para mejorar los parámetros productivos, lo que repercutirá en mejores ingresos (Figura 6).

Literatura citada

Álvarez, M. G., Melgarejo, V. L., Castañeda, N. Y. (2003). Ganancia de peso, conversión y eficiencia alimentaria en ovinos alimentados con frutos (semillas con vainas) de parota (*E. cyclocarpum*) y pollinaza. *Veterinaria Mexicana*, 34 (1), 39-46.

Armijo-Nájera, M. G., Moreno-Reséndez, A., Eduardo Blanco-Contreras, E., Borroel-García, V. J., y Reyes-Carrillo, J. L. (2019). Vaina de mezquite (*Prosopis* spp.) alimento para el ganado caprino en el semidesierto. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10 (1), 113-122.

Cecconello, C. G., Benezra, S. M., y Obisp, N. E. (2003). Composición química y degradabilidad ruminal de los frutos de algunas especies forrajeras leñosas de un bosque seco tropical. *Zootecnia Tropical*, 21 (2), 149-165.

Cuartas, C. C. A., Naranjo, R. J. F., Tarazona, M. A. M., y Barahona, R. R. (2013). Uso de la energía en bovinos pastoreando sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* y su relación con el desempeño animal. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 8 (1), 70-81.

Gómez, C. H., Tewolde, M. A., y Nahed, T. J. (2002). Análisis de los sistemas ganaderos de doble propósito en el centro de Chiapas, México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 10 (3), 175-183.

Hernández-Morales, J., Sánchez-Santillán, P., Torres-Salado, N., Herrera-Pérez J., Rojas-García, A. R., Reyes-Vázquez, I., y Mendoza-Núñez, M. A. (2018).

Composición química y degradaciones *in vitro* de vainas y hojas de leguminosas arbóreas del trópico seco de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 1 (9), 105-120. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i1.4332>

Ku Vera, J. C. (2018, 13 de junio). *Crisis de la ganadería bovina en el trópico de México: opciones para mejorar la eficiencia productiva* [ponencia]. XLV Reunión Científica de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria, Michoacán, México. https://issuu.com/joseherreracamacho/docs/crisis_de_la_ganader_a_bovina_en_m

SIAP. (2018, julio). *Bovinos de carne y leche producción ganadera*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/516353/Inventario_2018_Bovinos.pdf.

Zamora, S., García, J., Bonilla, G., Aguilar, H., Harvey, C. A., y Ibra, M. (2001). ¿Cómo utilizar los frutos de Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*), genízaro (*Pithecellobium saman*) y jícaro (*Crescentia alata*) en alimentación animal?. *Agroforestería en las Américas*, 8 (31), 45.49.

Evidencias



Figura 1. Platica con productores en campo en donde manifiestan su interés por buscar estrategias que ayuden a mejorar los parámetros productivos de sus hatos

Lista de asistencia

No. Nombre	Lugar	Firma
1 Custodio Salcedo Huesca	Amatitlan	[Firma]
2 Rutilo Garibay Ojeda	"	[Firma]
3 Bernabeo Carrasjal Salcedo	"	[Firma]
4 Roberto Carrasjal Salcedo	"	[Firma]
5 Felix Ojeda Hernandez	"	[Firma]
6 Bernardo Carrasjal Hernandez	"	[Firma]
7 Yair Carrasjal Gonzalez	"	[Firma]
8 Gabriel Ruiz Hernandez	"	[Firma]
9 Ricardo Carrasjal	"	[Firma]
10 Jaime MORA	"	[Firma]
11		

Figura 2. Lista de asistencia de productores.



Figura 3. Charla a productores sobre estrategias de alimentación en bovinos.



Figura 4. Pesaje de los ingredientes que se utilizaron en la elaboración del suplemento.



Figura 5. Elaboración de suplementos con ingredientes de la región.



Figura 6. Proposición de sistemas de registro y calendarios de vacunación.

PRIMER ESTANCIA PROFESIONAL

Resumen

La estancia se realizó en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2 de la Universidad Autónoma de Guerrero. El objetivo fue evaluar el efecto de inclusión de suplementos proteicos con niveles crecientes de vaina de *E. cyclocarpum* en la alimentación de becerros en etapa de desarrollo alimentados con base en heno de pasto mulato II. Se usaron ocho becerros en un diseño experimental cuadrado latino 4x4 repetido, cada periodo constó de 30 días. Se ofreció 1.5 kg de suplemento por animal en dos raciones y heno a libre acceso. Los tratamientos fueron la inclusión de 0, 25, 50 y 75% de vaina de *E. cyclocarpum* en los suplementos. Se tomaron muestras de heces para determinar la digestibilidad de los nutrientes a través del análisis químico proximal. Al finalizar cada periodo se tomó una muestra de fluido ruminal para determinar las características ruminales. A la par, en el laboratorio de nutrición animal se evaluaron los suplementos usando la técnica de producción de gas *in vitro* para determinar las características fermentativas y producción de biogás y metano.

Palabras clave: suplemento, alimentación, vaina, *Enterolobium cyclocarpum*, bovinos.

Introducción

El uso de recursos forrajeros arbóreos como suplemento es una práctica común en los sistemas de producción de rumiantes en el trópico. La finalidad es mejorar el aporte de energía y proteína, dado que los sistemas de producción dependen de la cantidad y calidad del forraje disponible (Hernández-Morales et al., 2018). En el trópico de México existen leguminosas arbóreas como la parota (*Enterolobium cyclocarpum*) que se consideran recursos alimenticios no convencionales. La parte utilizable de la parota es el fruto; que consiste en una vaina en forma de oreja que contiene semillas envueltas en una matriz blanda semifibrosa (Serratos-Arévalo et al., 2008). Las vainas de parota contienen 19.5% de proteína (Hernández-Morales et al., 2018) y 2.8 Mcal de energía metabolizable (Bonilla-Cárdenas, 1999). En forma

natural, la vaina cae al suelo en los meses de abril a junio (Piñeiro-Vázquez et al., 2013).

Objetivo

Evaluar el efecto de inclusión de suplementos proteicos con niveles crecientes de vaina de parota en la alimentación de becerros en etapa de desarrollo alimentados con base en heno de pasto mulato II.

Desarrollo de las actividades efectuadas

La estancia se realizó con el Cuerpo Académico en Consolidación Producción Sustentable de Rumiantes en el Trópico de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2. La investigación fue bajo la supervisión del coordinador Dr. Paulino Sánchez Santillán. El periodo fue de febrero a junio del 2019. Las actividades consistieron en la puesta en marcha del trabajo de investigación “Efecto de la inclusión de suplementos proteicos con niveles crecientes de vaina de parota en la alimentación de becerros”.

La estancia inició con la construcción de ocho corraletas de cinco metros cuadrados cada una (Figura 8). Los animales se compraron e introdujeron en las corraletas; posteriormente se asignó un tratamiento. Los becerros se desparasitaron interna y externamente, así como una inyección intramuscular con vitaminas ADE (Figura 9). Los suplementos se elaboraron con ingredientes de la región: maíz molido, pasta de soya, urea, sales minerales y heno de pasto mulato.

El estudio se desarrolló bajo un diseño experimental cuadrado latino 4x4 repetido; el cual consistió en someter a los animales por 4 periodos de 30 días. La estrategia de alimentación fue ofrecer 1.5 kg de suplemento animal⁻¹ día⁻¹ dividido en dos raciones al día y heno a libre acceso. En el transcurso del experimento se levantó un registro del alimento ofrecido y rechazado para determinar los consumos.

Cinco días antes de finalizar cada periodo se tomaron muestras de heces para determinar la digestibilidad de los nutrientes a través del análisis químico proximal (Figura 10): materia seca, cenizas, cenizas insolubles en ácido, fibra detergente

neutro, fibra detergente ácido y proteína cruda. Al finalizar cada periodo (30 días) se pesaron los animales y se tomó muestra de fluido ruminal (Figura 11) para determinar: pH, nitrógeno amoniacal, conteo de bacterias totales y celulolíticas, actividad enzimática celulasas, protozoarios totales y ácidos grasos volátiles.

Otra actividad, fue determinar la producción de biogás y metano de manera *in vitro* de los suplementos y heno de pasto mulato II usados en la prueba *in vivo* (Figura 12). Las mediciones de los gases fueron a las 24, 48 y 72 horas de fermentación ruminal. Al término de la fermentación, el contenido de los biodigestores se usó para determinar: pH, nitrógeno amoniacal, degradación de la materia seca y degradación de la fibra detergente neutro (Figura 13).

Conclusión

En esta estancia se logró seguir el proceso de un proyecto de investigación y comprender cada etapa del desarrollo de este. Así mismo, se logró practicar con las técnicas para calcular la composición química de un alimento; además, de la técnica de producción de gas *in vitro*.

Recomendaciones e implicaciones

En el desarrollo del proyecto de investigación se observó que cinco metros cuadrados no son suficientes para el confort del animal; ya que el exceso de humedad causado por la orina generó estrés. Por lo que se recomienda, proporcionar un espacio mayor o bien, un piso con suficiente arena (grosor 30 cm) que ayude a absorber la humedad y cambio de la arena cada 5 días.

Literatura citada

Piñeiro-Vázquez, A. T., Ayala-Burgos, A. J., Chay-Canul, A. J. y Ku-Vera, J. C. (2013). Dry matter intake and digestibility of rations replacing concentrates with graded levels of *Enterolobium cyclocarpum* in Pelibuey lambs. *Tropical Animal Health Production*, 45, 577-583. <https://doi.org/10.1007/s11250-012-0262-6>

-
- Hernández-Morales, J., Sánchez-Santillán, P., Torres-Salado, N., Herrera-Pérez J., Rojas-García, A. R., Reyes-Vázquez, I., y Mendoza-Núñez, M. A. (2018). Composición química y degradaciones *in vitro* de vainas y hojas de leguminosas arbóreas del trópico seco de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 1 (9), 105-120. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i1.4332>
- Serratos-Arévalo, J. C., Carreón-Amaya, J., Castañeda-Vázquez, H., Garzón-De la Mora, P., y García-Estrada, J. (2008). Composición químico-nutricional y de factores antinutricionales en semillas de parota (*Enterolobium cyclocarpum*). *Interciencia*, 33 (11), 850-854.
- Bonilla-Cárdenas, J. A. (1999). *Uso de vaina de parota en dietas para finalización de ovinos*. INIFAP-SAGAR.

Evidencias



Figura 8. Construcción de corraletas.



Figura 9. Baño de aspersión y aplicación de vitaminas.



Figura 10. Recolección de heces para prueba de digestibilidad de nutrientes.



Figura 11. Sondeo esofágico para toma de muestra de fluido ruminal.



Figura 12. Preparación de medios de cultivo e inoculación de la muestra de fluido ruminal para conteo de bacterias celulolíticas.



Figura 13. Medición de la producción de biogás y metano.

SEGUNDA ESTANCIA PROFESIONAL

Resumen

La estancia se realizó en hacienda “La Ponderosa” ubicada en La Dorada, Caldas, Colombia; bajo la supervisión del Dr. Roberto Arturo Ángulo Arroyave, Profesor del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). El objetivo fue identificar estrategias alimenticias, reproductivas, sanitarias y tecnológicas empleadas en un sistema de producción bovina de carne especializado y tecnificado en regiones tropicales de Colombia para su aplicación y adaptación a unidades de producción del trópico mexicano. La hacienda “Ponderosa” es una empresa que se especializa en la producción de ganado Brahmán gris y rojo. Los productos que generan son ganado en pie, pajillas y embriones que comercializan en la región y otras zonas ganaderas de Colombia. Además, la agricultura es otra actividad que se realiza con la siembra de pastos mejorados y maíz, mismos que son utilizados para la alimentación de los animales, a través de pastoreo, cosecha de heno y ensilados, mismos que en temporadas de abundancia una parte es puesta en venta.

Palabras clave: bovinos de carne, trópico, ensilado, Colombia.

Introducción

En Colombia, la ganadería bovina ocupa la mayor parte del área agropecuaria y es una actividad importante en el sector rural desde el punto de vista económico y social (Astaíza et al., 2017). El área dedicada a la ganadería es nueve veces mayor que la agrícola; constituye 67% del valor de la producción pecuaria y 30% del valor de la producción agropecuaria, pues ocupa 38.3 millones de hectáreas. En 2016, el hato colombiano fue de 24 millones de cabezas de ganado; de los cuales 58.7% se dedica a la producción de carne, 35% al doble propósito y 6.4% a la lechería (Cuenca et al., 2008; Astaíza et al., 2017; FEDEGAN, 2018). En la actualidad la ganadería colombiana, participa con 3.6% del PIB nacional (Cuenca et al., 2008). La estructura de producción ganadera en Colombia está lejos de ser homogénea, han mejorado en nuevas razas, pastos forrajeros, nutrientes, entre otros. La producción se caracteriza según la siguiente estructura: extractivo (6.2%), pastoreo

extensivo tradicional (61.4%), pastoreo extensivo mejorado (28.4%), pastoreo intensivo mejorado (3.5%) y confinamiento (menor 1%; Cuenca et al., 2008).

Objetivo

Identificar estrategias alimenticias, reproductivas, sanitarias y tecnológicas empleadas en un sistema de producción bovina de carne especializado y tecnificado en regiones tropicales de Colombia para su aplicación y adaptación a unidades de producción del trópico mexicano.

Desarrollo de las actividades efectuadas

Alimentación y manejo

La mayor parte de ganado basa su alimentación en pastoreo suplementado con sales minerales. Además, hacen un proceso de selección en el cual tuvo participación; aquí los animales con mejores características fenotípicas y vacas con potencial lechero son utilizadas como nodrizas cuando las madres biológicas no cubren los requerimientos del becerro. Posteriormente, los becerros son instalados en establos de forma individual y su alimentación es una dieta integral.

La dieta está compuesta por 80% de ensilado de maíz, 10% de concentrado comercial (concentrados del campo[®]), 5% de heno (estrella, colosuana, angleton o pangola), 3% de sal mineral (Somex[®]) y 2% de un buferizante (bicarbonato de calcio). Cabe mencionar, se manejan cuatro tipos de concentrado comercial, los cuales están formulados para las distintas etapas de crecimiento en que se encuentren los animales (inicio 20%, crecimiento 18%, musculatura 17% y leche 11.77% de proteína).

Manejo reproductivo

En la parte reproductiva, se practica inseminación artificial (IA), transferencia de embriones (TE) y monta directa (MD). La IA se basa principalmente en detección de celos con toros celadores (desviación de pene). Posteriormente, participe con el vaquero en recorridos diarios por los potreros para monitorear la entrada al celo de algún animal y realizar la inseminación.

Así mismo, participe en el proceso de TE, el cual consistió en un protocolo de sincronización que llevó un proceso de 16 días dividido en las siguientes etapas; etapa uno, día cero, aplicación de dispositivo intravaginal con una concentración de 1% de progesterona más 2 mL de benzoato de estradiol a vacas receptoras; etapa dos, día 8, retiro de dispositivo y aplicación de 1.5 mL de gonadotropina coriónica equina (eCG), más 2 mL de prostaglandina F2 alfa (PgF2 α) y 1 mL de cipionato de estradiol; etapa tres, día nueve, aspiración y selección de ovocitos a hembras donadoras; etapa cuatro, día dieciséis, se realizó la TE. Por último, la MD se utiliza en vacas que han recibido más de 3 servicios de IA y no se han podido preñar (Figura 14).

Identificación, selección y descorne de animales

A los 15 días de nacidos los becerros se realizó el tatuado en la oreja derecha de acuerdo al número progresivo y fecha de nacimiento; mientras que, en la oreja izquierda se tatuó el número y fecha de nacimiento de la madre, en seguida se realizó una primera selección donde se evaluaron las características morfológicas y descendencia de la progenie, posteriormente se procedió al descorne (Figura 15).

Para animales de entre 3 y 4 meses se realizó un nuevo proceso de identificación y selección, que consistió en el tatuado con fuego de los códigos mencionados anteriormente en las orejas y un segundo proceso de selección que consistió en evaluar la estructura músculo esquelética y el andar del animal. Los seleccionados fueron alojados en establos para recibir una alimentación y manejo especial; ya que, son candidatos para participar en diferentes competencias de exposiciones de ganado del país. El resto de los animales se dividieron en pequeños lotes y se trasladaron a potreros para ser engordados y puesto en venta como pie de cría o para consumo.

Manejo sanitario

El manejo sanitario inicia desde el nacimiento de los becerros con la desinfección del ombligo por 3 a 5 días con yodo al 7%. A los becerros débiles por inanición se aplicó un suero energizante (Fortemil®) durante los tres primeros días de nacidos.

Vacunación

Las vacunas que se usaron fue contra *Brucella abortus* y fiebre aftosa; las cuales fueron coordinadas por la Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN) y el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Así mismo se aplicó una vacuna contra carbón sintomático. Para *Brucella*, la vacunación inicia a partir de los 3 a 8 meses de edad con Cepa 19 sin costo o con RB51 con costo; mientras, para fiebre aftosa los periodos de vacunación son en mayo-junio y noviembre–diciembre. Por último, para carbón sintomático la vacunación inicia a partir de los tres meses de edad anualmente (Figura 16).

Desparasitación

La desparasitación se realiza dos veces por año, iniciando al mes de nacidos (Figura 16); esta es con el antihelmíntico ivermectina.

Vitaminas y minerales

Estas se aplicaron en animales que presentaron debilitamiento causado por desnutrición, vacas paridas y posquirúrgicos. El tratamiento consiste en la aplicación de vitaminas del complejo B, adicionadas con calcio y fosforo (Fortemil® o Belamil®, Figura 17).

Otras enfermedades

Anaplasmosis y babesiosis causadas por picadura de garrapata, son dos enfermedades que se presentaron con frecuencia; sin embargo, no se realizan análisis de laboratorio para confirmar dichas enfermedades; ya que, el diagnóstico se hace mediante la sinología de los animales (anemia hemolítica, disminución del peso y aborto principalmente). El tratamiento que se aplicó fue una combinación de oxitetraciclina-diminazene diaceturato y antipirina (Diacegan-oxi®), más soluciones intravenosas de (Fortemil®) de tres a cinco días (Figura 17).

La presencia de la mosca *Dermatobia hominis* es un problema porque deposita sus larvas en la piel del ganado, causando que estos se infesten del gusano barrenador

o noche que se alimenta de materia orgánica provocando molestia y dolor a los animales. El tratamiento fue la aplicación de ivermectinas.

Cultivo de maíz y heno

La empresa tiene un potencial importante en la producción de forraje sobre otros ranchos de la zona, esta ventaja es porque sus tierras son 95% planas y cuenta con la maquinaria necesaria para cultivar grandes cantidades de forraje al año. Además, hay dos épocas de lluvias (marzo-mayo y septiembre-noviembre). Los pastos que se cultivan son estrella (*Cynodon nlemfuensis*), colosuana (*Bothriochloa pertusa*), angleton (*Dichantium aristatum*) y pangola (*Digitaria ciliaris*). Estos se usan para pastoreo y cosecha de heno. El manejo es control de maleza a través fumigaciones con herbicidas. La producción es de 60 mil pacas año⁻¹ aproximadamente.

El maíz se cultiva en 15 hectáreas por temporada, es decir, 30 hectáreas al año tomando en cuenta las dos épocas de lluvias. El proceso es: a) arado y aplicación de un abono orgánico; b) siembra de maíz, alrededor de 8 granos por metro y aplicación de abono comercial; c) aplicación de tres abonadas con intervalos de 10 días; d) fumigación contra el gusano cogollero; y e) cosecha 60 días después para hacer silos en forma de chorizo.

Sistema de registros

Los controles de las actividades diarias fueron archivados en un software ganadero en donde se registraron actividades productivas, reproductivas, sanitarias, alimentación, economía, genealogía consanguinidad, inventario de productos etc.

Estrategias de comercialización

Las redes sociales (Facebook, YouTube, Instagram, WhatsApp y Twitter) son tecnologías utilizadas como una estrategia de comercialización. Además, usan la televisión colombiana con su programa “La Finca de Hoy”, mediante reportajes. Cabe señalar, se dio la oportunidad de participar y dar una entrevista en una sección que se llama “habla el experto” donde expliqué las principales vías de administración de un medicamento (Figura 18). Otra estrategia es la visita de productores; a estos

se da una pequeña plática del producto en venta, un recorrido por las instalaciones y una pasarela del ganado de establo para exponer sus características raciales.

Otras actividades

Como actividades complementarias, se participó en el Segundo Simposio Agropecuario y Agroindustrial SI AGRO 2019. En las instalaciones del Tecnoparque Nodo la Granja en el Espinal, departamento de Tolima. El tema fue producción de metano y degradaciones *in vitro* de suplementos para becerros de levante con niveles crecientes de vaina de parota (*Enterolobium cyclocarpum*, Figura 19). Así mismo, se trabajó en la elaboración de un protocolo para desarrollar un estudio sobre el cálculo de producción de forraje mediante la utilización de imágenes satelitales y con esto determinar la carga animal en una determinada área.

Conclusión

Por la tecnología con la que cuenta la hacienda “Ponderosa”, mi estancia fue de gran provecho porque practique inseminación artificial, observe y participe del proceso de transferencia de embriones, conocí acerca del cultivo de maíz y del manejo en general de una unidad de producción de bovinos.

Recomendaciones e implicaciones

Aunque la hacienda “La Ponderosa” cuenta con las instalaciones adecuadas para la producción de bovinos; algo que se observó fue que carece de instalaciones para terneros recién nacidos. Aquí se propone asignar un lugar especial para estos animales, un lugar libre de humedad y con limpieza constante para evitar problemas de infecciones de ombligo. Esto porque la desinfección de ombligos con yodo no significa asepsia total.

Literatura citada

Astaíza, M. J. M., Muñoz, O. M. R., Benavides, M. C. J., Vallejo, T. D. A., y Chaves, V. C. A. (2017). Caracterización técnica y productiva de los sistemas de producción lechera del valle de Sibundoy, Putumayo (Colombia). *Revista de Medicina Veterinaria*, 34, 31-43.

Cuenca, J. N. J., Chavarro, M. F., y Díaz, G. O. H. (2008). El sector de ganadería bovina en Colombia. Aplicación de modelos de series de tiempo al inventario ganadero. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas*, 24 (1), 165-177.

FEDEGAN. (2018, noviembre). *Hoja de ruta 2018-2022*.
http://static.fedegan.org.co.s3.amazonaws.com/publicaciones/Hoja_de_ruta_Fedegan.pdf

Evidencias



Figura 14. Transferencia de embrión.



Figura 15. Proceso de identificación, selección y descorne de becerros.



Figura 16. Aplicación de vacunas y desparasitación.



Figura 17. Aplicación de vitaminas y minerales.



Figura 18. Entrevista para el programa La Finca de Hoy.



Figura 19. Participación en el Segundo Simposio Agropecuario y Agroindustrial SI AGRO 2019.

TERCERA ESTANCIA PROFESIONAL

Resumen

La estancia se realizó en el Rancho Santa Isaura, en la comunidad de Santiago Llano Grande la Banda, Oaxaca. El objetivo fue evaluar el estado reproductivo del hato bovino. Las actividades consistieron en diagnosticar gestaciones a partir de 60 días post inseminación artificial mediante palpación rectal y palpación de cuerpos lúteos para posterior sincronización de estros con prostaglandina $f2\alpha$ (Pf2 α) e inseminación artificial a tiempo fijo. Así mismo, se realizaron descornes e identificación mediante tatuado con fuego. Se concluye, en esta estancia se consiguió mejorar la técnica de palpación rectal; ya que, se identificaron cada una de las estructuras del aparato reproductor de la hembra bovina, gestaciones de 60 días y se mejoró en la técnica de inseminación artificial.

Palabras clave: reproducción, diagnóstico, gestación, inseminación artificial.

Introducción

La preñez o no de una vaca representa un considerable valor económico porque se requiere de un diagnóstico temprano para detectar a las hembras no gestantes después de la monta o la inseminación artificial (IA). Esto para disminuir el tiempo entre partos. También, sirve para detectar hembras vacías y evitar vender vacas gestantes para rastro (Gauna et al., 2000).

La palpación rectal es un método físico utilizado para la exploración del aparato reproductor de la hembra bovina para determinar estados fisiológicos (funcionalidad ovárica, momento del ciclo estral, gestación o sin gestación) o patológicos (endometritis, metritis, piómetras, quistes ováricos). Un diagnóstico eficaz depende de la sensibilidad desarrollada en las manos por el examinador con práctica (Bavera. y Peñafort, 2000; Avila y Cruz, 2019).

La IA es la biotecnología para la aplicación de semen en el tracto genital de una hembra para la fecundación. Esta técnica permite dispersar genes de valor con el fin de mejorar la calidad genética de los hatos. El éxito en campo de la IA depende

de la detección adecuada del estro y de la habilidad en la inseminación. El principio clásico para la IA es el sistema AM-PM y PM-AM. Este establece, para mejor fertilidad las vacas a las que se detecta estro en la mañana, deben ser inseminadas durante la tarde del mismo día; en contraste, las vacas detectadas en estro por la tarde, deben ser inseminadas en la mañana del siguiente día (Giraldo, 2007).

Objetivo

Realizar el programa reproductivo del hato bovino en Rancho Santa Isaura que consiste en sincronizaciones de estros, palpación rectal e inseminaciones artificiales a tiempo fijo.

Desarrollo de las actividades efectuadas

Las actividades se realizaron en las instalaciones del Rancho Santa Isaura, localizado en la comunidad de Santiago Llano Grande la Banda, Oaxaca. La supervisión estuvo a cargo del Ing. Pedro Salinas Soto. La duración fue de un mes y medio, del 20 de junio al 5 de agosto del 2020.

Entre las actividades realizadas fue el diagnóstico de gestaciones en vacas mediante palpación rectal, con la finalidad de disminuir el intervalo entre partos y sincronizar el estro a vacas vacías para posterior inseminación artificial a tiempo fijo (Figura 20). La regla de decisión para sincronizar una vaca se tomó a partir del diagnóstico de la presencia de un cuerpo lúteo. La hormona que se utilizó para esta sincronización fue prostaglandina a una dosis de 3 mL por animal en el día 0 (Figura 21) y 72 horas después se inseminó a la vaca (Figura 22Figura 23).

Otra actividad fue diagnosticar gestaciones de 60 días, a partir de la palpación del tono o dureza del útero, asimetría cornual y de cuerpos lúteos mayores a 17 milímetros (Figura 24). Así mismo, se diagnosticó presencia de quistes luteínicos y el tratamiento utilizado fue PF2 α a una dosis de 25 mg vía intramuscular. Como actividades complementarias, se realizaron descornes e identificación mediante el tatuado con fuego en becerros (Figura 25).

Conclusión

La realización de esta estancia me permitió mejorar la técnica de palpación rectal; ya que, se identificó cada una de las estructuras del aparato reproductor de la hembra bovina; así como, identificar gestaciones a partir de 60 días, a la vez que, se mejoró mi capacitación en la técnica de inseminación artificial.

Recomendaciones e implicaciones

Después de convivir durante mes y medio en el rancho, se identificó que hace falta un calendario de aplicación de vitaminas y minerales; un programa de estrategias de alimentación que permitan cubrir los requerimientos nutricionales en cada etapa de desarrollo de los bovinos para mejorar los parámetros productivos y reproductivos del hato. Esto se recomienda porque el rancho tiene porcentajes de producción de becerros de 55 a 60% por cada 150 vacas. Así mismo, se propone dar seguimiento a las hembras inseminadas para evaluar la efectividad de las inseminaciones.

Literatura citada

Bavera, G. A., y Peñafort, C. (2000). Práctica de la palpación rectal. *Sitio Argentino de Producción Animal*.

http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria/31-practica_de_la_palpacion_rectal.pdf

Gauna, C., Morini, L., Yaful, G., Fiorucci, G., Canela, F., Frank, E., y Lacolla, D. (2000). Diagnóstico de gestación por tacto rectal y ecografía en llama (*Lama glama*). *Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Pampa*.

<http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/pubpdf/anuavet/n2000a28gauna.pdf>

Giraldo, G. J. J. (2007). Una mirada al uso de la inseminación artificial en bovinos. *Revista Lasallista de Investigación*, 4(1), 51-57.

Avila, G. J y Cruz, H. G. E. (2019, agosto). Práctica 5. Técnica de palpación rectal para el diagnóstico de gestación e infertilidad en ganado bovino. En Avila GJ, Cano CJP, Olguín BA (eds.), *Manual de prácticas de clínica de los bovinos 1* (pp. 62-78), Universidad Autónoma de México. http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/licenciatura/coepa/archivos/manuales_2013/Manual%20de%20Practicas%20de%20Reproduccion%20Animal.pdf

Evidencias



Figura 20. Palpación rectal para diagnóstico de gestación y evaluación del aparato reproductor de la hembra bovina.



Figura 21. Aplicación de PF2 α para sincronización de estro.

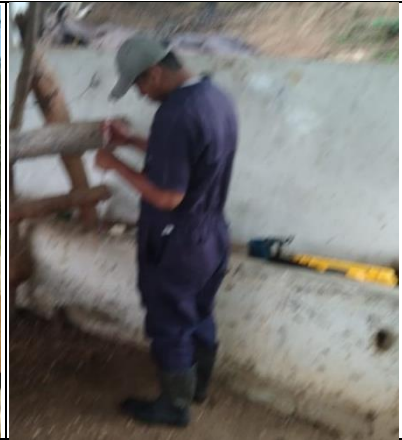


Figura 22. Preparando aplicador para realizar la inseminación.



Figura 23. Inseminación artificial a tiempo fijo.



Figura 24. Realizando diagnóstico de gestación por palpación rectal a partir de 60 días.



Figura 25. Descorne y tatuado de becerros mediante calor.