



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN DE BOVINOS EN EL TRÓPICO

## RESPUESTA PRODUCTIVA Y VARIABLES RUMINALES DE BECERRAS EN CONDICIONES DE PASTOREO SUPLEMENTADAS CON PASTA DE AJONJOLÍ

QUE PRESENTA:

**ANTONIO GONZÁLEZ JESÚS**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:  
**MAESTRO EN PRODUCCIÓN DE BOVINOS EN EL TRÓPICO**

CUAJINICUILAPA, GUERRERO, DICIEMBRE DE 2022.



LA TESINA TITULADA, RESPUESTA PRODUCTIVA Y VARIABLES RUMINALES DE BECERRAS EN CONDICIONES DE PASTOREO SUPLEMENTADAS CON PASTA DE AJONJOLÍ, REALIZADA POR EL ALUMNO M.V.Z. ANTONIO GONZÁLEZ JESÚS, 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

DIRECTOR



DR. NICOLÁS TORRES SALADO

CODIRECTOR



DR. JERÓNIMO HERRERA PÉREZ

ASESOR



DR. PAULINO SÁNCHEZ SANTILLÁN

ASESOR



DR. LUIS ALANIZ GUTIÉRREZ

ASESOR



DR. ADELAIDO RAFAEL ROJAS GARCÍA

---

## **DEDICATORIAS**

En primer lugar, a mis padres, hermanos y familiares que de una o de otra manera se vieron involucrados durante la realización de mis estudios de postgrado, gracias familia por su apoyo incondicional en todo momento.

En segundo lugar, a todos mis compañeros del programa de la maestría en producción de bovinos en el trópico por su apoyo y consideraciones.

En tercer lugar y no por eso menos importante, a cada uno de los que tengan oportunidad de leer esta tesina, que sea una motivación, porque si se puede.

---

## AGRADECIMIENTOS

Primero que nada, a mi hermosa **Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2**, por todos los momentos que viví dentro de esta institución.

A mi asesor el **Dr. Nicolás Torres Salado**, por sus enseñanzas, su paciencia y dedicación durante mis estudios de postgrado.

Al **Dr. Jerónimo Herrera Pérez**, por su valioso tiempo y dedicación en la revisión de la tesina y por formar parte de mi comité tutorial.

Al **Dr. Paulino Sánchez Santillán** por su valiosa participación en la fase experimental en el laboratorio de nutrición animal.

Al **Dr. Luis Alaniz Gutiérrez**, por su amistad, sus consejos y por formar parte de mi comité tutorial.

Al **Dr. Rafael Adelaido Rojas García**, por formar parte de mi comité tutorial.

A mis compañeros del programa de maestría, **Marcelino, Yair, Ismael, Cecilia, Bertha** y algunos otros que en estos momentos escapan de mi mente, gracias por su amistad, los llevo en mi corazón.

---

## CONTENIDO

DEDICATORIAS .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE CUADROS .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
CAPÍTULO 1 .....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
JUSTIFICACIÓN .....	2
HIPÓTESIS .....	3
OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS.....	4
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos .....	4
LITERATURA CITADA .....	5
CAPÍTULO 2 .....	7
EVALUACIÓN <i>in vitro</i> , <i>in situ</i> E <i>in vivo</i> DE UN SUPLEMENTO CON PASTA DE AJONJOLÍ EN BECERRAS EN PASTOREO .....	7
RESUMEN.....	7
INTRODUCCIÓN .....	7
MATERIALES Y MÉTODOS .....	8
Ubicación .....	8
Tratamientos.....	9
Prueba <i>in vitro</i> .....	9

---

Prueba <i>in situ</i> .....	11
Animales y Alimentación.....	12
Características ruminales .....	13
Análisis bromatológico .....	13
Análisis estadístico.....	14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	14
CONCLUSIONES.....	18
AGRADECIMIENTOS .....	18
LITERATURA CITADA .....	19
CAPÍTULO 3 .....	22
CURSO – TALLER A PRODUCTORES .....	22
Resumen .....	22
Introducción.....	22
Objetivos.....	23
General .....	23
Específicos.....	23
Desarrollo de las actividades efectuadas .....	23
Conclusiones .....	24
Recomendaciones e implicaciones .....	24
Literatura citada.....	25
Evidencias .....	26
PRIMERA ESTANCIA PROFESIONAL .....	27
Resumen .....	27
Introducción.....	27

---

Objetivo .....	28
General .....	28
Específicos.....	28
Desarrollo de las actividades efectuadas .....	28
Conclusiones .....	29
Recomendaciones e implicaciones .....	29
Literatura citada.....	30
Evidencias .....	31
SEGUNDA ESTANCIA PROFESIONAL .....	33
Resumen .....	33
Introducción.....	33
Objetivo .....	34
General .....	34
Específicos.....	34
Desarrollo de las actividades efectuadas .....	35
Conclusiones .....	36
Recomendaciones e implicaciones .....	36
Literatura citada.....	37
Evidencias .....	38
TERCERA ESTANCIA PROFESIONAL.....	40
Resumen .....	40
Introducción.....	40
Objetivo .....	41
General .....	41
Específicos.....	41

---

Desarrollo de las actividades efectuadas .....	41
Conclusiones .....	42
Recomendaciones e implicaciones .....	43
Literatura citada.....	44
Evidencias .....	45

---

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición física y química de los suplementos por tratamientos.....	9
Cuadro 2. Composición bromatológica de las praderas al inicio y final de cada rotación pastoril.....	12
Cuadro 3. Características <i>in vitro</i> de suplementos elaborados con base en pasta de soya y pasta de ajonjolí.....	15
Cuadro 4. Digestibilidad <i>in situ</i> de la materia seca de suplementos elaborados con base en pasta de soya y pasta de ajonjolí .....	16
Cuadro 5. Peso, consumo y características ruminales de becerras alimentadas con base en pastoreo suplementadas con un suplemento de pasta de soya o ajonjolí. .....	17

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representantes de la MPBT .....	26
Figura 2. Alternativas de suplementación en bovinos .....	26
Figura 3. Elaboración de ensilado de papaya de desecho.....	26
Figura 4. Importancia de evaluación de sementales bovinos.....	26
Figura 5. Parte teórica del curso .....	26
Figura 6. Elaboración práctica de suplemento nitrogenado .....	26
Figura 7. Elaboración de bloque nutricional .....	26
Figura 8. Compactación adecuada de bloque nutricional .....	26
Figura 9. Evidencia de fin de taller .....	26
Figura 10. Diagnóstico de gestación y problemas reproductivos. ....	31
Figura 11. Caso clínico, problema digestivo en vaca productora. ....	31
Figura 12. Bloqueo epidural para extracción de orina.....	31
Figura 13. Material para prueba de uroanálisis.....	31
Figura 14. Delimitando anatómicamente zona para biopsia hepática.....	31
Figura 15. Medición de calcio en vacas productoras. ....	31
Figura 16. Extracción sanguínea para medición de inmunoglobulinas. ....	31
Figura 17. Coteo de protozoarios en líquido ruminal.....	31
Figura 18. Sondeo uro-ruminal.....	31
Figura 19. Prueba de california .....	32
Figura 20. Sujeción de ganado lechero.....	32
Figura 21. Sujeción de ganado de carne. ....	32
Figura 22. Palpación rectal.....	32
Figura 23. Inseminación artificial.....	32
Figura 24. Lavado uterino. ....	32
Figura 25. Vaca con problemas digestivos. ....	32
Figura 26. Ternero con deshidratación severa.....	32
Figura 27. Medicina preventiva en ganado de carne .....	32
Figura 28. Elaboración de corraletas individuales.....	38
Figura 29. Pesaje de selección .....	38

---

Figura 30. Medicina preventiva .....	38
Figura 31. Elaboración de suplementos .....	38
Figura 32. Periodo de adaptación .....	38
Figura 33. Oferta de suplemento.....	38
Figura 34. Lectura de comedero .....	38
Figura 35. Pesaje de becerras .....	38
Figura 36. Sondeo oro-ruminal.....	38
Figura 37. Medición de pH en líquido ruminal.....	39
Figura 38. Toma de muestras de praderas .....	39
Figura 39. Manejo y sujeción de becerras .....	39
Figura 40. Elaboración de suplementos .....	45
Figura 41. Identificación de muestra de pradera .....	45
Figura 42. Toma de muestra de pradera.....	45
Figura 43. Incubación de forraje para medir MS. ....	45
Figura 44. Determinación de MS.....	45
Figura 45. Determinación de proteína .....	45
Figura 46. Determinación de cenizas.....	45
Figura 47. Determinación de FDN y FDA.....	45
Figura 48. Conteo de bacterias y protozoarios.....	45

---

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

La ganadería es la actividad agropecuaria más difundida en el mundo (Gutiérrez *et al.*, 2018). En las regiones tropicales de México se caracteriza por ser de tipo extensivo, en la cual se emplean vastas extensiones de tierra para el cultivo de pastos nativos e introducidos (REDGATRO, 2018), este tipo de sistema representa 78.5 % a nivel nacional (García *et al.*, 2018). Sin embargo, la baja productividad animal se asocia a la calidad de los pastos tropicales debido a su alto contenido de paredes celulares, baja digestibilidad, reducido contenido de proteína y alta degradabilidad de los compuestos nitrogenados (Rojo *et al.*, 2000), esto provoca una desnutrición en los bovinos, retrasando el crecimiento de los becerros, mermas en productividad y fecundidad (Rodríguez, 2011). Por ello, se ha vuelto constante en las unidades de producción pecuarias la búsqueda de un mejoramiento en la eficiencia alimenticia, partiendo de que este rubro representa cerca del 70 % de los costos totales de producción, es indispensable encontrar nuevas alternativas de alimentación que impacten en una mejor eficiencia biológica y económica (García-Balbuena *et al.*, 2022). Una alternativa viable en los sistemas de alimentación regional para bovinos son los frutos o semillas de oleaginosas o sus subproductos como proveedoras de proteínas en la alimentación animal (Aguilera *et al.*, 2018). El sésamo (*Sesamum indicum*) o ajonjolí, es un cultivo que en la mayoría de los países donde se siembra, está en manos de pequeños productores poco tecnificados (Mussi *et al.*, 2016). Aguilera (2014), evaluó la pasta de ajonjolí *versus* pasta de soya en dietas para cerdos, y registró una mayor digestibilidad ileal de la proteína cruda (PC) en cerdos alimentados con pasta de ajonjolí. Cuca y Ávila (1978), también evaluaron la pasta de ajonjolí en raciones para pollos de engorda y no observaron diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, existe poca información del uso de pasta de ajonjolí en rumiantes, a excepción de García-Balbuena *et al.*, (2022) que evaluaron el efecto de la pasta de ajonjolí en dietas integrales para becerras Simbrah, pero no se encontraron diferencias entre tratamientos.

---

## JUSTIFICACIÓN

México, en el año de 2021 tenía un inventario de ganado bovino de 35, 653, 619 y el estado de Guerrero contaba con 1, 322, 002 cabezas de ganado (SIAP, 2022). En el trópico seco mexicano predomina una ganadería de doble propósito, que se caracteriza por ser de tipo extensivo, en la cual se emplean vastas extensiones de tierra para el cultivo de pastos nativos o introducidos, sin embargo, la productividad es baja debido a la mala calidad de los pastos, provocando grandes pérdidas económicas y animales (REDGATRO, 2018). Por lo que resulta importante la identificación y evaluación de insumos regionales para la conformación de dietas a bajo costo (Velázquez *et al.*, 2011), con la finalidad de implementar estrategias para incrementar la digestibilidad del forraje y producción animal, dentro de las cuales se ha destacado la suplementación nitrogenada (Rojo *et al.*, 2000). La pasta de ajonjolí al ser un residuo de la extracción de aceite, presenta una gran cantidad de proteína cruda, que varía en 45 – 50 %, de 10 – 12 % de extracto etéreo con extracción mecánica o 1 – 2 % con extracción con solventes, 5 – 7 % de fibra cruda, 17 % FDN, 5 – 12 % de cenizas y 2.4 – 5 % de ácido fítico (Defa Li *et al.*, 2000), oxalatos y factores antigénicos, los cuales son estables al tratamiento térmico (Panhwar, 2005). En comparación con el perfil de aminoácidos (AA) de la pasta de soya, el perfil de AA de la pasta de ajonjolí es bajo en lisina y rico en metionina, cisteína, arginina y leucina (Diarra y Usma, 2008), pero la pasta de soya tiene un costo más elevado (García-Balbuena *et al.*, 2022). En el 2021 a nivel nacional se destinaron 64, 731 ha para el cultivo de ajonjolí, de las cuales el 24.17 % se cultivó en el estado de Guerrero, con una producción agrícola en condiciones de temporal con un manejo convencional y el uso de variedades locales, lo cual permite obtener rendimientos que van de 540 a 1500 kg ha<sup>-1</sup> con un volumen producido de 15,648 toneladas durante 2021 (SIAP, 2022). La pasta de ajonjolí, un subproducto industrial de la semilla de ajonjolí es una opción viable como insumo para dietas en rumiantes, ya que se encuentra disponible en la región a costos más accesibles y presenta un contenido nutricional similar a la pasta de soya

---

## **HIPÓTESIS**

El suplemento con pasta de ajonjolí presenta la misma degradabilidad *in vitro*, digestibilidad *in situ* y la respuesta productiva de becerras en condiciones de pastoreo que el suplemento elaborado con pasta de soya.

---

## OBJETIVOS

### Objetivo general

Evaluar *in vitro*, *in situ* e *in vivo* un suplemento con base en pasta de ajonjolí o pasta de soya en becerras F1 en condiciones de pastoreo.

### Objetivos específicos

- Cuantificar la degradabilidad *in vitro* de materia seca (MS) y producción de biogás acumulada y metano (24, 48 y 72 h), en suplementos con base en pasta de ajonjolí o pasta de soya.
- Determinar la digestibilidad *in situ* de materia seca (MS) del suplemento con base en pasta de ajonjolí o pasta de soya a las 0, 4, 8, 12, 20, 32, 48 y 64 h.
- Evaluar el consumo de suplemento, ganancia diaria de peso vivo y variables ruminales de becerras suplementadas con pasta de ajonjolí o pasta de soya.

---

## LITERATURA CITADA

- Aguilera, B. A. (2014). Pasta de ajonjolí (*Sesamum indicum*) un alimento proteico para cerdos y lechones recién destetados con base a sus características químicas y a la respuesta fisiológica del aparato digestivo. Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Querétaro.
- Aguilera, C. G. C., Valiente, V. O. L., Stanley, S. W. E., Corrales, M. M. P., Branda, de P. L. N., Peralta, J. R., & Castellani, R. P. G. (2018). Nutritional Valuation of the sesame cake by in vivo and in vitro digestibility studies in sheep. *Investigación Agraria*, 20(2), 118-126 pp. <https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2018.diciembre.118-126>
- Cuca, M. G., Ávila, E. G. (1978). Fuentes de energía y proteínas para la alimentación de las aves. *Ciencia Veterinaria*, 2, 34 pp.
- Defa Li, S. Y., Qiao, G. F., Yi, J. Y., Jiang, X. X., Xu, X. S., Piao, I. K., Han, and P., & Thacker. (2000). Performance of Growing-Finishing Pig Fed Sesame Meal Supplemented Diets Formulated Using Amino Acid Digestibilities by the Regression Technique. 7 pp.
- Diarra, S. S., Usma, B. A. (2008). Performance of Laying Hens Fed Graded Levels of Soaked Sesame (*Sesamum indicum*) Seed Meal as a Source of Methionine. *International Journal of Poultry Science*, 7(4), 323-327 pp.
- García, M. A., Albarrán, P. B., Rebollar, R. S. (2018). La ganadería en condiciones de trópico seco: El caso del sur del Estado de México, condiciones actuales y perspectivas de desarrollo (1a edición). Universidad Autónoma del Estado de México.
- García-Balbuena, A., Torres-Salado, N., Herrera-Pérez, J., Maldonado-Peralta, M. D. los Á., Mayren-Mendoza, F. D. J., Mendoza-Medel, G. (2022). Producción de gas *in vitro* y respuesta productiva de becerras alimentadas con una dieta integral que contiene pasta de ajonjolí (*Sesamun indicum*) como fuente proteica. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 25 (3). <https://doi.org/10.56369/tsaes.4155>
- Gutiérrez, F. A., Estrella, A., Irazábal, E., Quimiz, V., Portilla, A., Bonifaz, N. (2018). Mejoramiento de la eficiencia de la proteína de los pastos en bovinos de leche

- 
- utilizando cuatro formulaciones de balanceados. La Granja, 28(2), 115-122 pp.  
<https://doi.org/10.17163/lgr.n28.2018.09>
- Mussi, C., Nakayama, H., Cristaldo, R. O. D. (2016). Phenotypic variability in M 1 populations of *sesame* (*Sesamum indicum* L.) with gamma ray irradiated. Cultivos Tropicales 37: 74-80 pp. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3749.3362>
- Panhwar, F. (2005). Factores antinutricionales en semillas oleaginosas como aflatoxina en nueces molidas. Digital verlag GmbH, Germany.
- REDGATRO. (2018). Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en ganadería bovina tropical (2°).
- Rodríguez, I. (2011). Estrategias de alimentación para bovinos en el trópico. Mundo pecuario., VII (3), 167-170 pp.
- Rojo, R. R., Mendoza, M. D., García, B. M., Bárcena, G. J. R., Aranda, I. E. M. (2000). Consumo y digestibilidad de pastos tropicales en toretes con suplementación nitrogenada y *Saccharomyces cerevisiae*. Rev. Facultad de agronomía, 17, 358-370 pp.
- SIAP. (2022). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.  
<https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Velázquez, A. J., Garza, R. P., Zebadúa, M. E. V., Martínez, L. Z. (2005). Evaluación de vainas de quebracho (*Acacia farnesiana*) en alimentación de ganado lanar. Archivos de Zootecnia, 54(206-207), 535-540 pp.
- Velázquez, A. J., González Ronquillo, M., Bórquez, J., Domínguez, I. A., Perezgrovas, R. (2011). Composición química y producción de gas *in vitro* de dietas con vainas de *Acacia farnesiana*. Archivos de Zootecnia, 60(231), 637-645 pp. <https://doi.org/10.4321/S0004-05922011000300052>

---

## CAPÍTULO 2

### EVALUACIÓN *in vitro*, *in situ* E *in vivo* DE UN SUPLEMENTO CON PASTA DE AJONJOLÍ EN BECERRAS EN PASTOREO

Antonio González-Jesús<sup>1</sup>, Nicolás Torres-Salado<sup>1\*</sup>, Jerónimo Herrera-Pérez<sup>1</sup>, Paulino Sánchez-Santillán<sup>1</sup>, Luis Alaniz-Gutierrez<sup>1</sup>, Adelaido Rafael Rojas-García<sup>1</sup>, Marco Antonio Ayala-Monter<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Guerrero, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2. Km 197 Carretera Acapulco-Pinotepa Nacional, Cuajinicuilapa, Guerrero, México. C. P. 41940.

Autor para correspondencia: [nivigas@yahoo.com.mx](mailto:nivigas@yahoo.com.mx)

#### RESUMEN

La calidad nutricional de los pastos en las regiones tropicales limita la productividad de los bovinos en condiciones de pastoreo, esto hace indispensable buscar alternativas de suplementación en proteína y energía. El objetivo fue evaluar *in vitro*, *in situ* e *in vivo* un suplemento con base en pasta de ajonjolí (T2) o pasta de soya (T1) para becerras en condiciones de pastoreo. En el análisis *in vitro* se midió biogás, metano, degradación de materia seca (DMS), los parámetros de la cinética de digestibilidad *in situ* ( $a$ ,  $b$ ,  $a+b$ ,  $c$ ,  $k$ , DE), consumo de suplemento (CMS), ganancia diaria de peso (GDP), conteo de bacterias y protozoarios, acetato, propionato y butirato. El diseño experimental fue completamente al azar. T1 presentó mayor biogás, metano,  $b$ ,  $a+b$ ,  $k$  y DE ( $p \leq 0.05$ ); mientras que la DMS,  $c$ ,  $a$ , CMS, GDP, conteo de bacterias y protozoarios, acetato, propionato y butirato no mostraron diferencias entre tratamientos ( $p > 0.05$ ). Con base en el comportamiento productivo de las becerras se concluye que la pasta de ajonjolí es una opción viable para sustituir la pasta de soya como fuente proteica en la suplementación de becerras en el trópico.

**Palabras clave:** pastoreo, trópico, suplemento proteico, alternativas

#### INTRODUCCIÓN

La ganadería es la actividad agropecuaria más difundida en el mundo (Gutiérrez *et al.*, 2018), y en las regiones tropicales de México se caracterizan por ser de tipo extensivo, en las cuales se emplean

---

vastas extensiones de tierra para el cultivo de pastos nativos e introducidos (REDGATRO, 2018), este tipo de sistema representa 78.5 % a nivel nacional (García *et al.*, 2018). Por lo que, la baja productividad animal está asociada a la calidad de los pastos tropicales debido al alto contenido de paredes celulares, baja digestibilidad, reducido contenido de proteína y alta degradabilidad de los compuestos nitrogenados (Rojo *et al.*, 2000), provocando una desnutrición en los bovinos, retrasando el crecimiento de los becerros, mermas en productividad y fecundidad (Rodríguez, 2011). Por ello, se ha vuelto constante en las unidades de producción pecuarias la búsqueda de un mejoramiento en la eficiencia alimenticia, partiendo de que este rubro representa 70 % de los costos totales de producción, es indispensable encontrar nuevas alternativas de alimentación que impacten en una mejor eficiencia biológica y económica (García-Balbuena *et al.*, 2022) Una alternativa viable en los sistemas de alimentación de bovinos son los frutos o semillas de oleaginosas o sus subproductos como proveedoras de proteínas en la alimentación animal (Aguilera *et al.*, 2018). El sésamo (*Sesamum indicum*) o ajonjolí, es un cultivo que en la mayoría de los países donde se siembra, está en manos de pequeños productores, pocos tecnificados con un desconocimiento en los componentes químicos del subproducto industrial (pasta) de esta especie vegetal llevándola a su subutilización (Mussi *et al.*, 2016), dando como resultado a que estos sistemas de producción animal se realicen a nivel de subsistencia (Velázquez *et al.*, 2005). Aguilera (2014), evaluó la pasta de ajonjolí *versus* pasta de soya en dietas para cerdos, y registró una mayor digestibilidad ileal proteína cruda (PC) en cerdos alimentados con pasta de ajonjolí. Cuca y Ávila (1978), también evaluaron la pasta de ajonjolí en raciones para pollos de engorda. Sin embargo, existe poca información del uso de pasta de ajonjolí en rumiantes, a excepción de García-Balbuena *et al.*, (2022) que evaluaron el efecto de la pasta de ajonjolí en dietas integrales para becerras Simbrah, pero no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. La hipótesis planteada fue que las características *in vitro*, *in situ* y la respuesta productiva de becerras F1 en condiciones de pastoreo complementadas con un suplemento proteico, no se modifican por la sustitución de pasta de soya por pasta de ajonjolí como fuente de proteína. Por lo que el objetivo fue evaluar *in vitro*, *in situ* e *in vivo* un suplemento con base en pasta de ajonjolí o pasta de soya en becerras F1 en condiciones de pastoreo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación

Las pruebas *in vitro* e *in situ* se realizaron en las instalaciones de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2, Universidad Autónoma de Guerrero; ubicada en el km 197 de la carretera

Acapulco-Pinotepa Nacional. El ensayo *in vivo* fue en el Rancho “El 29”, ubicado en la comunidad de Cuajinicuilapa, Guerrero; durante los meses de febrero a abril de 2022. Cuajinicuilapa se sitúa en las coordenadas 16°58’ de latitud norte y -98° 45’ de longitud oeste, respecto al meridiano de Greenwich, a 30 msnm. El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano, con precipitación media anual de 1,200 mm y una temperatura promedio anual de 25 °C (INAFED, 2022).

### Tratamientos

Los tratamientos se basaron en el contenido de pasta soya (T1) o pasta de ajonjolí (T2) en la elaboración del suplemento (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición física y química de los suplementos por tratamientos.

	T1	T2
<b>Ingrediente (%)</b>		
Pasta de soya	35	0
Pasta de ajonjolí	0	30
Melaza	10	10
Sal común	20	20
Sal mineral	10	10
Urea	5	5
Maíz	20	25
<b>Composición química (%)</b>		
Proteína cruda	30.63	30.11
Materia seca	96.37	96.27
Cenizas	33.40	34.71
Fibra detergente neutro	26.01	32.46
Fibra detergente ácido	6.48	10.02

### Prueba *in vitro*

El medio de cultivo contenía 50.9 % de agua destilada, 30 % fluido ruminal clarificado [líquido ruminal bovino fresco centrifugado 10 min a 12,857 x g y esterilizado a 121 °C, 15 min, 15 psi (All American® 1941X, USA), el proceso se repitió dos veces], 5 % de solución mineral I [6 g de K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (J. T. Baker®) en 1000 mL de agua destilada], 5 % de solución mineral II [6 g de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (J. T. Baker®) + 6 g de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (J. T. Baker®) +12 g de NaCl (Meyer®) + 2.45 g MgSO<sub>4</sub> (Meyer®) + 1.6 g CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O (Meyer®) en 1000 mL de agua destilada], 0.1 % de resazurina a 0.1 % (Sigma-Aldrich®), 4 % de solución reductora [3.125 g L-cisteína (Sigma-Aldrich®) ajustar pH a 10 con NaOH (Meyer®) + 3.125 g de Na<sub>2</sub>S·9H<sub>2</sub>O (Meyer®) se aforó a 250 mL con agua destilada, se agrega 0.1 mL de resazurina a 0.1 %, se trabajó mediante flujo de CO<sub>2</sub> y calor para tener anaerobiosis] y 5 % de solución buffer (80 g de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (J. T. Baker®) en 1000 mL de agua destilada) (Cobos y Yokoyama, 1995) modificado por Cañaverall-Martínez *et al.*, (2020).

---

Para los biodigestores se utilizó un vial serológico (120 mL) y se agregaron 0.5 g de las muestras T1 o T2, 40 mL de medio de cultivo y 10 mL de fluido ruminal fresco como inóculo, bajo flujo continuo de CO<sub>2</sub>. Los viales se sellaron con un tapón de neopreno y un arillo de aluminio con centro removible. Los biodigestores se incubaron 72 h a 39 °C en un baño María. El fluido ruminal fresco se centrifugó a 1137 x g por 3 min para precipitar partículas de alimento y protozoarios. El fluido ruminal se obtuvo de un bovino provisto de cánula ruminal alimentado previamente en praderas con pasto pangola. El bovino se manejó de acuerdo con el reglamento interno de bioética y bienestar de la UAGro con fundamento en la norma oficial mexicana (NOM-062- ZOO-1999). Los biodigestores se incubaron 72 h a 39 °C. (Cañaverall-Martínez *et al.*, 2020).

La producción de biogás se midió mediante el desplazamiento del émbolo de una jeringa de vidrio (50 mL; BD Yale®, Brasil). Este proceso se midió a las 2, 4, 6, 8,10, 12, 24, 48 y 72 h de incubación (Hernández-Morales *et al.*, 2018). La producción de biogás se reportó parcial a las 24, 48 y 72 h, así como la acumulada a 72 h.

La producción de metano (CH<sub>4</sub>) se midió usando una manguera Taygon® (2.38 mm Ø interno y 45 cm de longitud) con agujas hipodérmicas (20 G x 32 mm) en los extremos. Las agujas se usaron para acoplar un biodigestor con una vial trampa. Los viales trampa se llenaron con solución de NaOH (2N) [80 g de NaOH (Merck®) en 1000 mL de agua destilada] modificado de la metodología de Stolaroff *et al.*, (2008) según Torres-Salado *et al.* (2018). La producción parcial de CH<sub>4</sub> se consideró como los mL desplazados de la solución NaOH (2N) a las 24, 48 y 72 h de incubación y la producción la acumulada a 72 h.

Una vez transcurridas las 72 h de incubación, se tomaron 0.5 mL del medio contenido en el biodigestor, lo cual se mezcló con 0.125 mL de ácido metafosfórico (Meyer®) al 25 % (proporción 4:1) y se centrifugó durante 25 min a 3500 x g y el sobrenadante se recuperó en viales de 2 mL. Un volumen de 20 µL de este sobrenadante se mezcló con 1 mL de solución fenol [10 mg de Na<sub>2</sub>(NO)Fe(CN)<sub>5</sub>.H<sub>2</sub>O (Meyer®) + 10 g de cristales de fenol (Meyer®) aforado en 1000 mL de agua destilada] y 1 mL de solución hipoclorito [7.5 g de NaOH (Reasol®) + 21.3 g de Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (Meyer®) + 15 mL de hipoclorito (5 %; Reasol®) aforado a 1000 mL con agua destilada]. La mezcla se incubó a 37 °C por 30 min en baño maría. Posteriormente, 5 mL de agua destilada se adicionaron para diluir y se agitaron con un vórtex

---

(Genie 2 G-560, USA). La absorbancia se midió a 630 nm en un espectrofotómetro UV-VIS (Jenway® 6850, USA) calibrado con un método ( $r^2 = 0.9921$ ) de concentración de nitrógeno amoniacal según McCullough (1967). La determinación de pH fue con un potenciómetro (Hanna® HI2211, Italia), que se calibró con soluciones de pH 7 y 4. La degradación de materia seca (DMS) se hizo con la metodología de Hernández-Morales *et al.*, (2018).

#### **Prueba *in situ***

En el ensayo *in situ* se usaron dos vacas con cánula ruminal que se manejaron de manera estabulada. El consumo de la MS de cada vaca se estimó con 3 % del PV; de este cálculo el 70 % correspondió a forraje y 30 % de un alimento comercial con el fin de adaptar el rumen. El agua se ofreció *ad libitum*. Para garantizar la permanencia de la muestra en la parte ventral del rumen se usó una cadena de hierro galvanizado (modificada en un extremo con un gancho de seguridad) con un diámetro de 1.5 cm y 1 m de largo, la cual se fijó al tapón de la cánula ruminal (Cañaveral-Martínez *et al.*, 2020).

En bolsas de poli-seda a peso constante (10 cm x 20 cm con un poro promedio de 40  $\mu\text{m}$ ) se colocaron 5 g de cada tratamiento (T1 o T2). Las bolsas se sellaron con cinchos de plástico (100 mm de largo X 2.5 mm de ancho). Por triplicado las bolsas se incubaron en el rumen de cada vaca durante 0, 2, 4, 8, 12, 20, 32, 48 y 64 h. Las bolsas se remojaron en agua a 39 °C por 10 min antes de colocarlas en rumen. Cabe destacar, las bolsas se insertaron en rumen en orden inverso al tiempo de incubación para retirar simultáneamente todas las muestras después del periodo de incubación. Las bolsas extraídas de rumen se enjuagaron inmediatamente con agua corriente fría hasta que el agua de enjuague sea clara. Las bolsas de 0 h no se incubaron en rumen, únicamente se enjuagaron con el mismo protocolo que aquellas que se incubaron en rumen.

Las bolsas con residuo se secaron a 55 °C por 72 h y se pesaron para determinar desaparición de MS. La cinética de desaparición *in situ* de MS se estimó mediante un procedimiento de regresión no lineal de SAS (2011) utilizando la ecuación descrita por McDonald (1981):  $P = a + b [1 - e^{-c(t-l)}]$ ; donde: P = digestibilidad ruminal en el tiempo t (%); a = la fracción digestible rápidamente soluble (%); b = la fracción lenta o potencialmente digestible (%); a + b = la máxima digestibilidad potencial; c = la velocidad a la que b se digiere ( $\% \text{ h}^{-1}$ ); t = tiempo (h) de incubación en el rumen; y l = tiempo de retraso (h).

La digestibilidad efectiva (DE) de MS se estimó utilizando la ecuación descrita por Ørskov y McDonald (1979);  $DE = a + [b \cdot c / (c+k)] e^{-(c+k)L}$ ; donde:  $a$ ,  $b$ ,  $c$  y  $L$  como se describen anteriormente y  $k$  = tasa de salida ruminal (% h<sup>-1</sup>).

### Animales y Alimentación

El experimento duró 56 días. Se trabajó con 10 becerras F1 (*Bos taurus*-*Bos indicus*) de 200 ± 20 kg PV (5 becerras por tratamiento), las cuales se asignaron a un tratamiento con base en la numeración de su arete SINIGA. Se realizó tratamiento profiláctico con selenio (Selenie®; 5 ml animal<sup>-1</sup> vía subcutánea), vacunación con bacterina (Exgon 10®; 5 ml animal<sup>-1</sup> vía subcutánea), baños garrapaticidas y mosquicidas periódicamente (Bovitraz®; 2 mL L<sup>-1</sup> en una bomba de aspersión con capacidad de 20 L para un máximo de 5 becerras) y se realizó un análisis coproparasitológico que fue negativo por lo que no se desparasitó.

Las becerras juntas pastaron de forma rotacional en 3 potreros con predominancia de pasto Bermuda Cruza 1 (Cuadro 2). Antes de iniciar el experimento, las becerras se adaptaron al suplemento por 10 d. La suplementación se dio por la mañana a las 0800 h; el manejo consistió en meter a las becerras a corraletas individuales (2x1 m) donde se proporcionó inicialmente 100 g por 2 d, y se incrementó de 100 en 100 hasta ofrecer 500 g d<sup>-1</sup> (Adaptación 10 d). A partir del primer día del experimento, las becerras se alojaban durante 2 h en las corraletas y se ofrecieron 500 g de un suplemento. El consumo de materia seca de tratamiento (CMS) se midió como la cantidad ofrecida menos el rechazo cada día. El agua se ofreció *ad libitum*. Las becerras se pesaron al inicio y final del experimento para determinar la ganancia diaria de peso (GDP) en una báscula ganadera digital.

Cuadro 2. Composición bromatológica de las praderas al inicio y final de cada rotación pastoril

Variables (%)	Potrero 1		Potrero 2		Potrero 3	
	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
Proteína cruda	7.07	6.2	9.23	5.19	9.94	5.47
Materia seca	94.9	95.8	95.15	95.46	94.77	95.74
Cenizas	8.87	8.01	8.85	8.24	8.8	7.89
Fibra detergente neutro	72.42	71.6	70.74	71.29	72.91	74.23
Fibra detergente ácido	36.62	36.5	36.87	36.81	39.68	38.83

---

### Características ruminales

Al día 56 del experimento después de 2 h de que los animales habían consumido su respectivo tratamiento, se extrajeron 20 mL de fluido ruminal usando una sonda esofágica. Este fluido se filtró a través de una doble capa de gasas. Inmediatamente se midió pH con un potenciómetro portátil (ORION SA 210, USA<sup>®</sup>; calibración: pH 7 y 4). Para el conteo de bacterias totales (CBT) se usó una micropipeta (Corning<sup>®</sup>, USA) para extraer una submuestra de 1 mL de fluido ruminal y se depositó en un tubo de ensayo (Pirex<sup>®</sup>, México) con 0.25 ml de formaldehído al 10% (Sigma-Aldrich<sup>®</sup>). La cantidad de bacterias totales se contabilizó en una cámara Petroff Hausser. Para el recuento se usó un microscopio (BX31, Olympus<sup>®</sup>, USA) a una magnificación de 1,000 X. La cantidad de bacterias se calculó con la fórmula: Cantidad de bacterias = (promedio) (factor de dilución,  $2 \times 10^7$ ). Para el conteo de protozoarios (CP) se usó la misma técnica utilizada para bacterias totales a excepción de que en el recuento fue a una magnificación de 400 X en una cámara de Neubauer (Bright line Brand<sup>®</sup>). La cantidad de protozoarios se calculó con la fórmula: conteo de protozoarios = (promedio) (factor de dilución,  $2 \times 10^4$ ) (Espinoza-Sánchez *et al.*, 2020)

A las 72 h de incubación de los biodigestores se usó una micropipeta (Corning<sup>®</sup>, USA) para extraer 1 mL del medio contenido en el biodigestor (tres muestras independientes por sustrato) y depositarlo en un tubo (2 mL) para microcentrífuga (Neptune, México), en el cual se mezcló con ácido metafosfórico al 25 % (razón 4:1). Los tubos se centrifugaron a 18,800 g x por 10 min; el sobrenadante se colocó en viales para cromatografía (1.5 mL, Perkin Elmer<sup>®</sup>, USA). La concentración de AGV se determinó en un cromatógrafo de gases (Perkin Elmer<sup>®</sup>, modelo Claurus 580, USA) equipado con detector de ionización de flama y columna capilar (Elite FFAP, Agilent<sup>®</sup>) de 30 m x 0.25 mm; usando helio como gas acarreador a una presión constante de 10 psi, H<sub>2</sub> y aire para generar flama con flujo de 40 y 400 mL min<sup>-1</sup>. Las temperaturas del horno, inyector y columna fueron 80, 240 y 250 °C y se inyectó 1 µl de muestra. Los tiempos de retención fueron 1.22, 1.54 y 2.01 min para los ácidos acético, propiónico y butírico, respectivamente

### Análisis bromatológico

En el análisis bromatológico se determinó materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC) y cenizas (Ce) según la metodología AOAC (2007). La fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) fue con la metodología de ANKOM Technology<sup>®</sup> según Van Soest *et al.*, (1991).

---

### Análisis estadístico

Las variables del ensayo *in vitro*, CMS, GDP y características ruminales se analizaron en un diseño completamente al azar; usando el procedimiento GLM de SAS (2011). La comparación de medias de las variables se hizo con la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ). En la prueba *in situ* se usó el modelo MIXED de SAS (2011). Las diferencias entre las medias de los tratamientos se determinaron mediante la opción PDIFF de LSMEANS y se declararon significativas a  $p \leq 0.05$ .

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La técnica de producción de gas es una medida indirecta de la fermentación microbiana ruminal; donde se basa la relación proporcional entre la digestión microbiana de un alimento y la producción de ácidos grasos volátiles (AGV) y gases (CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>) como catabolitos finales de la fermentación (Amanzougarene y Fondevila, 2020). Por lo que, la producción de biogás y metano de 24 a 48 h y de 48 a 72 h no presentaron diferencias entre tratamientos (Cuadro 3;  $p > 0.05$ ). T1 produjo 41.82 y 34.95 % más biogás de las 0 a 24 h y de las 0 a 72 h que T2, respectivamente ( $p \leq 0.05$ ). Así mismo, T1 produjo 34.32 y 22.65 % mayor CH<sub>4</sub> de 0 a 24 h y de 0 a 72 h que T2. Esto indica que el suplemento elaborado con pasta de soya (T1) contuvo una mayor cantidad de carbohidratos no estructurales (Cuadro 1), ya que estos carbohidratos se fermentan en las primeras 24 h (Texta *et al.*, 2019); mismo que se reflejó en la producción acumulada de biogás. Además, al no tener diferencias en la producción de biogás a partir de las 24 h, indica que la fermentación de los carbohidratos estructurales es similar entre tratamientos (Texta *et al.*, 2019). Por otro lado, las arqueas metanogénicas usan al CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub> en su ruta metabólica y producen CH<sub>4</sub> como producto de la fermentación. Las reacciones estequiométricas indican que hay mayor producción de CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub> cuando los productos finales son acetato y butirato, de modo que si analizamos estas relaciones (Blümmel y Ørskov, 1993), la mayor producción de CH<sub>4</sub> se asocia a mayor producción de acetato y butirato por el suplemento que contenía pasta de soya (T1; Cuadro 3).

Además, la técnica *in vitro* sirve para predecir la digestibilidad de la MS cuando sea ofrecida a los animales (Gosselink *et al.*, 2004). Tal que se puede predecir que la digestibilidad de los tratamientos no será diferente cuando se ofrezca al animal; ya que la DMS no mostró diferencias entre tratamientos (Cuadro 3;  $p > 0.05$ ). Los valores de producción de biogás en el presente estudio para T2 son inferiores a lo reportado por García-Balbuena *et al.*, (2022); quienes reportaron 117.02, 37.14, 18.10 y 172.32 mL g<sup>-1</sup> MS de las 0 a 24 h, 24 a 48 h, 48 a 72 h y 0 a 72 h, respectivamente; en una dieta que incluyó 10 %

de pasta de ajonjolí. La producción de metano y la DMS para T2 presentó valores superiores a lo reportado por García-Balbuena et al. (2022), quienes reportaron 30.39, 8.14, 4.86, 43.39 y 26.22 mL g<sup>-1</sup> MS de las 0 a 24 h, 24 a 48 h, 48 a 72 h, 0 a 72 y DMS, respectivamente.

Cuadro 3. Características *in vitro* de suplementos elaborados con base en pasta de soya y pasta de ajonjolí

Variables	T1	T2	EEM
<b>Producción de biogás (mL g<sup>-1</sup> MS)</b>			
0-24 h	141.4 <sup>a</sup>	99.7 <sup>b</sup>	7.7
24-48 h	19.7	17.6	1.1
48-72 h	13.8	12.2	1.1
0-72 h	174.9 <sup>a</sup>	129.6 <sup>b</sup>	6.7
<b>Producción de metano (mL g<sup>-1</sup> MS)</b>			
0-24 h	54.0 <sup>a</sup>	40.2 <sup>b</sup>	1.9
24-48 h	11.5	10.3	0.6
48-72 h	6.5	8.2	0.5
0-72 h	72.0 <sup>a</sup>	58.7 <sup>b</sup>	1.7
DMS	87.7	83.0	2.1

<sup>a,b</sup>: Valores medios por fila con letra distinta son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

EEM = error estándar de la media.

La técnica de digestibilidad *in situ* sirve para medir la digestión a nivel ruminal, así como digestibilidad aparente (Torres *et al.*, 2009). La digestibilidad *in situ* de la MS a 2, 4 y 48 h no mostraron diferencias entre tratamientos ( $p > 0.05$ ). T1 presentó mayor digestibilidad *in situ* a las 8, 12, 20, 32 y 64 h que T2 ( $p \leq 0.05$ ; Cuadro 4). Respecto a la cinética, ambos tratamientos presentaron el mismo contenido de fracción soluble digestible (a;  $p > 0.05$ ); sin embargo, en la fracción potencialmente digestible (b) fue mayor para T1 ( $p \leq 0.05$ ), aunque su tasa de fermentación fue igual a T2 (c;  $p > 0.05$ ). Esto propicio que T1 presentara mayor tasa de digestibilidad potencial (a+b), tasa de salida ruminal (k) y digestibilidad efectiva (DE) que T2 ( $p \leq 0.05$ ; Cuadro 4). Las diferencias en la digestibilidad de los suplementos se puede asumir a que T2 contiene pasta de ajonjolí, la cual contiene 5.4 % de ácido fítico y este tiene capacidad quelante que disminuye la digestibilidad de la materia seca (Cesária *et al.*, 2022). Valores inferiores de digestibilidad a las 64 h fueron reportados por Aguilera *et al.*, (2018);

quienes publicaron un valor de 60.4 % con una dieta para corderos que contenía 60 % de pasta de ajonjolí.

Cuadro 4. Digestibilidad in situ de la materia seca de suplementos elaborados con base en pasta de soya y pasta de ajonjolí

Variable	T1	T2
<b>Digestibilidad de la materia seca (%)</b>		
0 h	57.75	59.21
2 h	65.98	63.54
4 h	73.22	65.25
8 h	79.20 <sup>a</sup>	75.44 <sup>b</sup>
12 h	86.05 <sup>a</sup>	82.07 <sup>b</sup>
20 h	91.94 <sup>a</sup>	87.00 <sup>b</sup>
32 h	91.01 <sup>a</sup>	87.26 <sup>b</sup>
48 h	90.43	84.93
64 h	91.74 <sup>a</sup>	85.29 <sup>b</sup>
<b>Cinética de digestibilidad</b>		
A	57.69	58.25
B	34.10 <sup>a</sup>	29.33 <sup>b</sup>
a+b	91.8 <sup>a</sup>	87.79 <sup>b</sup>
C	0.12	0.11
K	0.11 <sup>a</sup>	0.14 <sup>b</sup>
DE	75.86 <sup>a</sup>	71.47 <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup>: Valores medios por fila con letra distinta son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

*a* = fracción digestible rápidamente soluble; *b* = fracción lenta o potencialmente digestible; *a+b* = máxima digestibilidad potencial; *c* = velocidad a la que *b* se digiere; *k* = tasa de salida ruminal; DE = digestibilidad efectiva; EEM = error estándar de la media.

El peso inicial, peso final, GDP y CMS del suplemento no mostraron diferencias entre tratamientos ( $p > 0.05$ ; Cuadro 5). Valores superiores a T2 fueron reportados por García-Balbuena *et al.*, (2022); quienes publicaron peso inicial (238.75 Kg) y final (268.75 Kg) y GDP (0.77 Kg d<sup>-1</sup>) en becerras alimentadas con una dieta que contenía 10 % pasta de ajonjolí, 48 % ensilado de maíz, 12 % de heno de pasto estrella, 28 % de grano de maíz molido y 2 % de mezcla mineral. El CMS del suplemento promedió 324.93 g d<sup>-1</sup>, 55 % menor a lo reportado por Rojo *et al.* (2000); quienes reportaron consumos

de 730 g d<sup>-1</sup> en toretes alimentados con base en pastoreo y 2 Kg d<sup>-1</sup> de un suplemento elaborado con 84 % maíz, 12 % melaza, 4 % urea, 0.05 % sal mineral y 10 g de *Saccharomyces cerevisiae* animal<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>.

Las variables ruminales pH, conteo total de bacterias y protozoarios, no mostraron diferencias entre tratamientos ( $p > 0.05$ ); promediando pH de 6.74,  $1.82 \times 10^9$  células bacterianas mL<sup>-1</sup> y  $2.41 \times 10^5$  células de protozoarios mL<sup>-1</sup> (Cuadro 5). De modo que estas variables se encuentran dentro del rango óptimo de pH (6.2 – 7.0) para un rápido crecimiento de las bacterias celulíticas (Borroto, 2015) y dentro de la concentración de bacterias ( $10^{10}$  células mL<sup>-1</sup>) y protozoarios ruminales ( $10^5$  células mL<sup>-1</sup>; Cardona-Iglesias *et al.*, (2016). García-Balbuena *et al.* (2022) reportaron pH (7.47), conteo de bacterias ( $4.67 \times 10^9$  células mL<sup>-1</sup>) y protozoarios ( $11.02 \times 10^5$  células mL<sup>-1</sup>); valores superiores a los reportados en el presente estudio. Además, Carbajal-Márquez *et al.* (2021) publicaron pH (6.6) , conteo de bacterias ( $4.27 \times 10^9$  células mL<sup>-1</sup>) y protozoarios ( $2.5 \times 10^5$  células mL<sup>-1</sup>) en becerros Suiz-Bu alimentados con base en pasto mulato II suplementados con 1 % de PV de suplementos con niveles creciente de vaina de parota (*Enterolobium cyclocarpum*). La concentración de acetato, propionato y butirato en rumen depende de la composición de la ración, la actividad microbiana, pH, frecuencia de la ingesta de alimentos, textura de los ingredientes y el sustrato predominante que compone la ración (Carbajal-Márquez *et al.*, 2021), por lo que los tratamientos evaluados en el presente estudio no influyen en la producción de estos ácidos grasos volátiles; ya que no presentaron diferencias entre tratamientos ( $p \leq 0.05$ ; Cuadro 5); valores superiores en acetato (24.63 mmol L<sup>-1</sup>), pero inferiores en propionato (9.00 mmol L<sup>-1</sup>)y butirato (5.60 mmol L<sup>-1</sup>) fueron publicados por (Carbajal-Márquez *et al.*, 2021).

Cuadro 5. Peso, consumo y características ruminales de becerras alimentadas con base en pastoreo suplementadas con un suplemento de pasta de soya o ajonjolí.

Variables	T1	T2	EE
Peso inicial (Kg)	220.04	221.80	5.67
Peso final (Kg)	257.52	254.24	6.57
GDP (Kg d <sup>-1</sup> )	0.67	0.58	0.03
Consumo suplemento (g d <sup>-1</sup> )	326.47	323.40	5.56
pH	6.66	6.82	0.11
Bacteria ( $10^9$ Cel mL <sup>-1</sup> )	2.07	1.58	0.76
Protozoario ( $10^5$ Cel mL <sup>-1</sup> )	2.63	2.19	0.82
Acetato (mmol L <sup>-1</sup> )	28.31	23.63	2.36

---

Propionato (mmol L <sup>-1</sup> )	9.69	7.24	1.01
Butirato (mmol L <sup>-1</sup> )	6.45	4.27	0.71

---

### CONCLUSIONES

Con base en el comportamiento productivo de las becerras se concluye que la pasta de ajonjolí es una opción viable para sustituir la pasta de soya como fuente proteica en la suplementación de becerras en el trópico.

### AGRADECIMIENTOS

Al Cuerpo Académico UAGro-CA-183 "Producción Sustentable de Rumiantes en el Trópico" por el financiamiento de la presente investigación.

---

## LITERATURA CITADA

- Aguilera, B. A. (2014). Pasta de ajonjolí (*Sesamum indicum*) un alimento proteico para cerdos y lechones recién destetados con base a sus características químicas y a la respuesta fisiológica del aparato digestivo. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Aguilera, C. G. C., Valiente, V. O. L., Stanley, S. W. E., Corrales, M. M. P., Branda, de P. L. N., Peralta, J. R., Castellani, R. P. G. (2018). Nutritional Valuation of the sesame cake by in vivo and *in vitro* digestibility studies in sheep. *Investigación Agraria*, 20(2), 118-126 pp. <https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2018.diciembre.118-126>
- Amanzougarene, Z., Fondevila, M. (2020). Fitting of the in vitro gas production technique to the study of high concentrate diets. *Animals*, 10(10), Art. 10. <https://doi.org/10.3390/ani10101935>
- AOAC. (2007). OMA. <https://www.eoma.aoac.org/>
- Blümmel, M., Ørskov, E. R. (1993). Comparison of *in vitro* gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting feed intake in cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 40(2), Art. 2. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(93\)90150-I](https://doi.org/10.1016/0377-8401(93)90150-I)
- Borroto, G. O. (2015). La fisiología digestiva del rumiante, objeto de investigación en el Instituto de Ciencia Animal durante cincuenta años. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 49(2), 179-188 pp.
- Cañaverall-Martínez, U. R., Sánchez-Santillán, P., Torres-Salado, N., Sánchez-Hernández, D., Herrera-Pérez, J., Rojas-García, A. R. (2020). Características de calidad, bromatológicas y fermentativas in vitro de ensilado de mango maduro. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 8 (1).
- Carbajal-Márquez, U., Sánchez-Santillán, P., Rojas-García, A. R., Ayala-Monter, M. A., Mendoza-Núñez, M. A., Hernández-Valenzuela, D. (2021). Effect of parota (*Enterolobium cyclocarpum*) pod protein supplement on feed intake and digestibility and calf ruminal characteristics. *Tropical Animal Health and Production*, 53(2), 323 pp. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02772-6>
- Cardona-Iglesias, J. L., Mahecha-Ledesma, L., Angulo-Arizala, J. (2016). Arbustivas forrajeras y ácidos grasos: Estrategias para disminuir la producción de metano entérico en bovinos. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 273 pp. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21466>
- Cesária, R. S. T., Aguilera, B. A., Mariscal, L. G. (2022). Digestibilidad ileal estandarizada de la proteína y aminoácidos de la pasta de ajonjolí en cerdos en crecimiento. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12(4), 1292-1304 pp. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i4.5714>

- 
- Cobos, M. A., Yokoyama, M. T. (1995). *Clostridium paratrifcum* var. *Ruminanitim*: Colonisation and degradation of shrimp carapaces in vitro observed by scanning electron microscopy. En R. J. Wallace & Lahlou-Kassi (Eds.), *Rumen Ecology Research Planning* (pp. 151-161). Proceedings of a Workshop held at the International Livestock Research Institute.
- Cuca, M. G., Ávila, E. G. (1978). Fuentes de energía y proteínas para la alimentación de las aves. *Ciencia Veterinaria*, 2, 34 pp.
- Espinoza-Sánchez, J., Sánchez-Santillán, P., Torres-Salado, N., Ayala-Monter, M. A., Herrera-Pérez, J., Magadan-Olmedo, F. (2020). Inclusion of ripe mango as a source of energy in diets for Creole lambs in the dry tropics. *Tropical Animal Health and Production*, 52(6), 3519-3526 pp. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02386-4>
- García, M. A., Albarrán, P. B., Rebollar, R. S. (Eds.). (2018). *La ganadería en condiciones de trópico seco: El caso del sur del Estado de México, condiciones actuales y perspectivas de desarrollo* (1a edición). Universidad Autónoma del Estado de México.
- García-Balbuena, A., Torres-Salado, N., Herrera-Pérez, J., Maldonado-Peralta, M. D. Los Á, Mayren-Mendoza, F. D. J., Mendoza-Medel, G. (2022). Producción de gas in vitro y respuesta productiva de becerras alimentadas con una dieta integral que contiene pasta de ajonjolí (*sesamun indicum*) como fuente proteica. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 25(3). <https://doi.org/10.56369/tsaes.4155>
- Gosselink, J. M. J., Dulphy, J. P., Poncet, C., Jailler, M., Tamminga, S., Cone, J. W. (2004). Prediction of forage digestibility in ruminants using in situ and in vitro techniques. *Animal Feed Science and Technology*, 115(3), Art. 3. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2004.01.008>
- Gutiérrez, F. A., Estrella, A., Irazábal, E., Quimiz, V., Portilla, A., Bonifaz, N. (2018). Mejoramiento de la eficiencia de la proteína de los pastos en bovinos de leche utilizando cuatro formulaciones de balanceados. *La Granja*, 28(2), 115-122 pp. <https://doi.org/10.17163/lgr.n28.2018.09>
- Hernández-Morales, J., Sánchez-Santillán, P., Torres-Salado, N., Herrera-Pérez, J., Rojas-García, A. R., Reyes-Vázquez, I., 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*, 9(1), Art. 1. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i1.4332>
- INAFED. (2022). Guerrero—Cuajinicuilapa. <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM12guerrero/municipios/12023a.html>
-

- 
- Mussi, C., Nakayama, H., Cristaldo, R. O. D. (2016). Phenotypic variability in M 1 populations of sesame (*Sesamum indicum* L.) with gamma ray irradiated. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3749.3362>
- Ørskov, E. R., McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *The Journal of Agricultural Science*, 92(2), Art. 2. <https://doi.org/10.1017/S0021859600063048>
- REDGATRO. (2018). Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en ganadería bovina tropical (2°).
- Rodríguez, I. (2011). Estrategias de alimentación para bovinos en el trópico. *Mundo pecuario*, VII (3), 167-170 pp.
- Rojo, R. R., Mendoza, M. D., García, B. M., Bárcena, G. J. R., Aranda, I. E. M. (2000). Consumo y digestibilidad de pastos tropicales en toretes con suplementación nitrogenada y *Saccharomyces cerevisiae*. *Facultad de agronomía*, 17, 358-370 pp.
- Texta, J. N., Sánchez-Santillán, P., Sánchez, D. H., Salado, N. T., Galvan, M. C., Pérez, J. H., Rojas-García, R. A. (2019). Use of disaccharides and activated carbon to preserve cellulolytic ruminal bacterial consortiums lyophilized. *Revista MVZ Córdoba*, 24(3), Art. 3. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1412>
- Torres, G. G., Arbaiza, T. F., Carcelén, C. F., Lucas, O. A. (2009). Comparación de las técnicas *in situ*, *in vitro* y enzimática (celulasa) para estimar la digestibilidad de forrajes en ovinos. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 20(1), Art. 1. <https://doi.org/10.15381/rivep.v20i1.348>
- Torres-Salado, N., Sánchez-Santillán, P., Rojas-García, A. R., Herrera-Pérez, J., Hernández-Morales, J. (2018). Producción de gases efecto invernadero *in vitro* de leguminosas arbóreas del trópico seco mexicano. *Archivos de Zootecnia*, 67(257), Art. 257 pp. <https://doi.org/10.21071/az.v67i257.3491>
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), Art. 10. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Velázquez, A. J., Garza, R. P., Zebadúa, M. E. V., & Martínez, L. Z. (2005). Evaluación de vainas de quebracho (*acacia farnesiana*) en alimentación de ganado lanar. *Archivos de Zootecnia*, 54(206-207), 535-540 pp.

---

## CAPÍTULO 3

### CURSO – TALLER A PRODUCTORES

#### **Resumen**

El objetivo del taller, además de vincular el sector ganadero con la Maestría en Producción de Bovinos en el Trópico (MBTP), fue dar a conocer los diferentes proyectos de investigación realizados por estudiantes de la institución mencionada, para esto se dividió el taller en dos sesiones (teórica y práctica), en la primera parte se expusieron temas de interés del área nutricional para la producción de bovinos, entre los que destacaron buscar alternativas regionales como fuentes de proteína y energía para la suplementación de rumiantes, así como resaltar la importancia de un buen manejo de sementales para el empadre y por contrario las consecuencias económicas por un mal manejo. La segunda sesión correspondió a la parte práctica, en donde los productores adquirieron el conocimiento en la elaboración de dos tipos de suplementos.

**Palabras clave:** Suplementación, trópico, bovinos, transferencia de tecnología.

#### **Introducción**

La vinculación de las universidades públicas con la sociedad en su conjunto, permite que se integren sus restantes funciones de docencia e investigación a las tareas de responder a las demandas o problemáticas emergentes de la sociedad y elaborar propuestas que permitan su desarrollo con sustentabilidad social, económica y ambiental (Adib *et al.*, 2021). Considerando que, en las nuevas condiciones de la producción animal, la transferencia de tecnología tiene cada día mayor importancia en el sector productivo (Díaz *et al.*, 2005) y de acuerdo con la FAO en el 2050, se experimentará un aumento en la población, pasando de 7.2 mil millones a 9.3 mil millones y esto implica que se necesitará producir 70 % más de alimento para cubrir el aumento en el consumo de carne y leche, que se calcula tendrá un incremento aproximado del 121 % (REDGATRO, 2018). Es por ello que se deben buscar modelos de extensión que permitan una efectiva transferencia y aplicación de

---

tecnologías, para así poder fomentar y fortalecer la innovación y el desarrollo del sector agropecuario y consecuente mejorar la vida de las personas vinculadas a este sector (Aguilera, 2012).

## **Objetivos**

### General

Vincular al sector ganadero con la Maestría en Producción de Bovinos en el Trópico (MPBT), mediante cursos teóricos-prácticos con temas de interés para el ganadero.

### Específicos

- Compartir conocimientos sobre alternativas de suplementación en la producción bovina en el trópico
- Elaborar en la parte práctica dos tipos de suplementos (bloques y harina)

## **Desarrollo de las actividades efectuadas**

El taller se realizó en el rancho “Santa Callita”, propiedad del M.V.Z. Luis Francisco Gallardo Catalán ubicado en la comunidad de Cruz Grande. Con el apoyo de académicos y estudiantes de la MPBT, así como estudiantes de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia N°2, UAGro., (Figura 1), se impartieron charlas de temas de interés ganadero como son: Alternativas de suplementación en bovinos (Figura 2), elaboración de ensilado de papaya de desecho (Figura 3) y la importancia de evaluación de sementales bovinos (Figura 4).

Asistieron 20 personas ajenas a la institución académica entre productores y profesionistas de la medicina veterinaria, para lo cual la temática consistió primeramente en la parte teórica, impartir los temas ya mencionados y resolver dudas que iban surgiendo (Figura 5).

Posteriormente se trasladó a las instalaciones propicias del rancho en donde se llevó a cabo la parte práctica, en este, se realizó la elaboración de un suplemento

---

nitrogenado (Figura 6) y la realización de bloques nutricionales (Figura 7 y 8), con la finalidad de que los productores aprendan alternativas nutricionales en la producción ganadera (Figura 9).

### **Conclusiones**

Se cumplió con las necesidades y el interés de los productores con los temas impartidos y prácticas realizadas, pero se necesita mayor vinculación académica-productor para abordar temas de interés ganadero que no se vieron en esta sesión.

### **Recomendaciones e implicaciones**

Fomentar más este tipo de talleres, dado el impacto que tiene la ganadería en cubrir la demanda de alimento para consumo humano y la problemática que éste atraviesa por el tipo de sistema que se practica en la región, siendo una ganadería de tipo extensivo, la hace susceptible a los factores climatológicos y la demanda de insumos regionales a bajo costo.

---

### **Literatura citada**

Adib, O. N., Bianchi, M. D., Consigli, R. I. (2021). Rediseñando la vinculación con ganaderos vulnerables bajo la pandemia (COVID-19). Revista EXT, 14.

Aguilera, D. (2012). Modelos destacados de transferencia tecnológica para la agricultura en América. Ministerio de agricultura, oficina de estudios y políticas agrarias, 75 pp.

Díaz, J. A., Borroto, O., Suárez, J. (2005). La transferencia de tecnologías en el sector ganadero latinoamericano. La experiencia cubana. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 39, 407-414 pp.

REDGATRO. (2018). Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en ganadería bovina tropical (2°).

---

## Evidencias



Figura 1. Representantes de la MPBT



Figura 2. Alternativas de suplementación en bovinos



Figura 3. Elaboración de ensilado de papaya de desecho



Figura 4. Importancia de evaluación de sementales bovinos



Figura 5. Parte teórica del curso



Figura 6. Elaboración práctica de suplemento nitrogenado



Figura 7. Elaboración de bloque nutricional



Figura 8. Compactación adecuada de bloque nutricional



Figura 9. Evidencia de fin de taller

---

## PRIMERA ESTANCIA PROFESIONAL

### Resumen

La ganadería en México es una de las actividades más difundidas a nivel nacional y que contribuye al generar empleos al sector rural, por lo que representa una fuente de alimentación a la población nacional. El rol del Médico Veterinario y Zootecnista es de suma importancia para estos sistemas, debido a que enfrentan distintos desafíos desde desastres ambientales a problemas sanitarios, por ello deben estar preparados adecuadamente para hacer de esta producción más rentable. El objetivo de la estancia fue adquirir conocimientos en el área de clínica y reproducción de bovinos de leche y bovinos carne en la ciudad de Valle de Santiago, Guanajuato y sus alrededores. Las actividades realizadas fueron: sincronización de celo para inseminación artificial, infusiones uterinas, diagnóstico de gestación por palpación rectal, casos clínicos particulares, medicina preventiva y pruebas diagnósticas en campo. Con base a la experiencia adquirida se concluye que es de suma importancia la actualización de conocimientos por parte de los médicos veterinarios y con ello brindar mejores servicios que contribuyan al desarrollo de la región.

**Palabras clave:** Inseminación artificial, medicina preventiva, rumiantes.

### Introducción

La ganadería bovina en el ámbito nacional ocupa el segundo lugar de las actividades más difundidas en el medio rural después de la agricultura, su importancia radica en generar autoempleo en el sector rural (Rodríguez *et al.*, 2018). En el año 2012, el sistema de producción de bovinos generó empleos para 738 567 personas y aportó 29 % del PIB del sector primario (3.4 %) (DOF, 2012). Por lo cual, representa una fuente importante de alimentos para la población nacional, así como una oportunidad de exportar animales vivos o subproductos de esta especie a diversos países. Estos sistemas enfrentan problemas sanitarios que incrementan el costo de producción por concepto de tratamientos, baja tasa de parición y menor volumen de leche por pérdidas de gestación (Gutiérrez-Hernández *et al.*, 2020).

---

Tener conocimiento y práctica en la clínica de bovinos constituye una herramienta valiosa que permite al Médico Veterinario y Zootecnista dar solución a la problemática planteada por las enfermedades directas e indirectas que afectan a los bovinos (Michel *et al.*, 2013). Mantener en condiciones de salud y bienestar a esta especie, es responsabilidad de los Médicos Veterinarios, por lo que deben estar preparados adecuadamente y hacer de su producción una empresa rentable, debido a que son los que supervisan e influyen en la calidad del producto animal que se comercializa para consumo humano (Cavalloti, 2014).

## **Objetivo**

### General

Adquirir conocimientos prácticos en el área de clínica y reproducción de bovinos de leche y bovinos de carne en Valle de Santiago, Guanajuato, México.

### Específicos

Reforzar los conocimientos sobre la palpación rectal, inseminación artificial y diagnóstico de problemas reproductivos en bovinos.

Reforzar los conocimientos sobre la práctica clínica y zootecnia de bovinos.

## **Desarrollo de las actividades efectuadas**

Presentación con el MVZ. Antonio Martínez Loeza, el día primero del mes de julio del año 2021, el Médico Antonio tenía un aproximado de 5 establos a su cargo, por lo que, se hacía visitas semanales a cada uno de ellos y en la mayoría de las ocasiones se llevaban a cabo actividades relacionadas con el manejo reproductivo de los bovinos (Figura 10). El MVZ. Antonio trabaja en coordinación con el MVZ. Egan Flores Serna, por lo tanto, también se estuvo colaborando en conjunto, las actividades rutinarias eran visitar los establos para resolver problemas clínicos (Figura 11).

Posterior a dos semanas de la estadía con los Médicos Veterinarios, se tuvo la visita del Dr. Alejandro Bailón Blanco, catedrático de la Facultad de Medicina Veterinaria

---

y Zootecnia, de la Universidad Nacional Autónoma de México. La finalidad era llevar a cabo actividades prácticas para recaudar material didáctico para los estudiantes de dicha Universidad, con lo que se hicieron diferentes pruebas diagnósticas, como fueron: bloqueos nerviosos (Figura 12), Uroanálisis (Figura 13), Biopsia hepática (Figura 14), medición de calcio en vacas productoras o próximas al parto (Figura 15), medición de inmunoglobulinas en becerros recién nacidos (Figura 16), conteo de protozoarios en líquido ruminal (Figura 17), sondeo vía esofágica (Figura 18), Test de california para diagnóstico de mastitis en vacas productoras (Figura 19) y también se realizaron actividades de propedéutica como es el correcto manejo y sujeción de los bovinos (Figuras 20 y 21).

Las actividades de recaudación de material didáctico tuvieron una duración de 15 días, posterior a esto los MVZ. Antonio y el MVZ. Egan, retornaron a sus actividades rutinarias de visitas a ranchos donde llevan actividades de medicina preventiva y terapéutica. Dentro de estas actividades rutinarias se llevan a cabo: palpación rectal en bovinos (Figura 22), inseminación artificial (Figura 23), infusiones uterinas (Figura 24), casos clínicos particulares (Figura 25 y 26) y medicina preventiva (Figura 27).

## **Conclusiones**

Se adquirieron conocimientos en el área de reproducción, clínica y medicina preventiva, mediante el uso de pruebas diagnósticas en campo en los sistemas de producción de bovinos productores de leche y carne.

## **Recomendaciones e implicaciones**

- 1.- Reforzar la vinculación existente con este tipo de prestadores de servicios profesionales, dado que la práctica profesional es de suma importancia para la formación de los futuros profesionales en el área.
- 2.- Promover estancias de mayor duración, ya que las actividades que se llevan a cabo son variadas y estancias cortas no permiten conocerlas todas.

---

## Literatura citada

- Cavalloti, V. B. A. 2014. Ganadería bovina de carne y leche. Problemática y alternativas. México. El Cotidiano. 188(5): 95-101 pp.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2012. Ley de Desarrollo Rural Sustentable. <http://www.diputados.gob.mx/leyesbiblio/pdf/235.pdf>.
- Gutiérrez-Hernández, J., Palomares-Resendiz, G., Hernández-Badillo, E., Leyva-Corona, J., Díaz-Aparicio, E., Herrera-López, E. 2020. Frecuencia de enfermedades de impacto reproductivo en bovinos de doble propósito ubicados en Oaxaca, México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. 1-11 pp.
- Michel, P. G., Reyes, G. J. A., Michel, P. H. C. Dávila, L. R., Chavoya, M. F. J., Rocha, C. A. L., Michel, H. A. E., Rivera, R. 2013. Módulo de clínica de bovinos, enfermedades bacterianas endémicas. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario del Sur. 2-5 pp.
- Rodríguez, M. S., Flores, S. D., León, M. A., Pérez, H. L. M., Aguilar, A. J. 2018. Diagnóstico de sistemas de producción de bovinos para carne en Tejupilco, Estado de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 9 (2): 465-466 pp.

---

## Evidencias



Figura 10. Diagnóstico de gestación y problemas reproductivos.



Figura 11. Caso clínico, problema digestivo en vaca productora.



Figura 12. Bloqueo epidural para extracción de orina.



Figura 13. Material para prueba de uroanálisis.



Figura 14. Delimitando anatómicamente zona para biopsia hepática.



Figura 15. Medición de calcio en vacas productoras.



Figura 16. Extracción sanguínea para medición de inmunoglobulinas.



Figura 17. Conteo de protozoarios en líquido ruminal.



Figura 18. Sondeo vía esofágica.



Figura 19. Prueba de califonia



Figura 20. Sujeción de ganado lechero



Figura 21. Sujeción de ganado de carne.



Figura 22. Palpación rectal.



Figura 23. Inseminación artificial.



Figura 24. Infusión uterina.



Figura 25. Vaca con problemas digestivos.



Figura 26. Ternero con deshidratación severa.



Figura 27. Medicina preventiva en ganado de carne

---

## SEGUNDA ESTANCIA PROFESIONAL

### Resumen

En la ganadería bovina que se practica en la región Costa chica predomina el sistema extensivo y debido a la baja calidad o estiaje de los pastos nativos o introducidos, obliga al productor a buscar alternativas de proteína que ayuden a mejorar el aprovechamiento y por tanto una mejor eficiencia alimenticia bovina. El objetivo de la estancia fue avanzar con el trabajo de campo como parte de la Tesina “Respuesta productiva y variables ruminales de becerras en condiciones de pastoreo suplementadas con pasta de ajonjolí”, adquirir conocimiento en el manejo de animales y praderas en el trópico, así mismo, la evaluación de los tratamientos propuestos. Como se ha comentado en el trópico y sobre todo en el área de estudio el municipio de Cuajinicuilapa, Guerrero. Las actividades que se realizaron fueron: tomar muestras de praderas para su análisis bromatológico, medición del consumo individual de suplemento, ganancia diaria de peso y variables ruminales de las becerras suplementadas para cada tratamiento.

**Palabras clave:** Suplementación, bovinos, trópico, pastoreo.

### Introducción

En el trópico la principal fuente de alimentación que se utiliza para cubrir los requerimientos nutricionales de los bovinos es el pastoreo extensivo con pastos naturales y/o cultivados; sin embargo, la disponibilidad del forraje se ve afectada directamente por factores ambientales, además que tienen un valor nutritivo pobre dado a la carencia de minerales en el suelo, por ello, el uso de suplementos nutricionales son indispensables para mejorar la eficiencia alimenticia de los bovinos (Godoy *et al.*, 2019). Por tanto, es importante discernir acerca de los objetivos y las decisiones que se toman con relación a la suplementación y éstos objetivos deben ser formulados de acuerdo al orden en el cual los factores nutricionales están limitando la producción (REDGATRO, 2018). Ya que se ha encontrado que el bajo valor nutritivo de los pastos es una de las causas de la baja productividad y de los problemas de reproducción del ganado vacuno, esto se

---

manifiesta en una tasa de concepción no mayor a 45 %, un porcentaje de abortos que puede alcanzar el 10 %, edad y peso bajo al primer servicio, así como al primer parto; debido a que están fuera de los valores eficientes de producción (Salamanca, 2010). La suplementación en pastoreo permite corregir algunas deficiencias nutricionales en diferentes momentos del año y ante diferentes plantas forrajeras, ya que aumentar la eficiencia de conversión alimenticia de los animales que se alimentan de los pastizales y pasturas subtropicales, así como la ganancia diaria de peso de los animales. También es una herramienta para aumentar la capacidad de carga del sistema productivo, incrementando la eficiencia de utilización de los pastizales y pasturas en sus picos de producción y la carga animal en las épocas de déficit forrajero, aumentando la productividad por unidad de superficie, por ello la búsqueda de fuentes nitrogenadas que compensen las deficiencias nutricionales de los bovinos en sus diferentes etapas fisiológicas ayudan a que los sistemas productivos sean más rentables (Peruchena, 2003).

## **Objetivo**

### General

Avanzar con el trabajo en campo correspondiente al apartado de la Tesina “Respuesta productiva y variables ruminales de becerras en condiciones de pastoreo suplementadas con pasta de ajonjolí”, y adquirir conocimiento en el manejo de animales y praderas en el Trópico.

### Específicos

- Medir el consumo individual de los tratamientos (T1; suplemento base soya, T2; suplemento base ajonjolí), de las becerras suplementadas en condiciones de pastoreo.
- Determinar la ganancia diaria de peso y variables ruminales de las becerras suplementadas mediante tres pesajes (día 0, 28 y 56).
- Tomar muestras de pradera al inicio y final de la rotación pastoril.

---

## Desarrollo de las actividades efectuadas

Estas actividades estuvieron bajo la dirección del Dr. Nicolás Torres Salado, con la finalidad de avanzar con el manejo de los animales a trabajar en el proyecto de Tesina, se seleccionaron 10 becerras para su posterior manejo.

Los animales se manejaron en un sistema de pastoreo rotacional y para ello se tomaron muestras de pradera al inicio y final de cada rotación (Figura 38), con la finalidad de analizar bromatológicamente el forraje consumido por las becerras. Se aplicó tratamiento profiláctico (Figura 30) que consistió en desparasitación con Ivermectina al 1 % (Iverfull® - 1 ml/50 kg) y la administración de minerales con una marca comercial, Selenie® (2 ml/90 kg), también baño garrapaticida y mosquicida con amitraz (Bovitraz® a razón de 2 mL/litro de agua) mediante aspersion con una bomba manual.

Se les dio manejo de sujeción y amarre a los animales (Figura 39), con ayuda de sales minerales se acercaron las becerras a comederos instalados en las praderas a trabajar, en corraletas individuales con tamaño de 1X2 m cada corraleta para cada becerro (Figura 28).

Siguiendo con las actividades en la estancia en el Rancho "El 29", se instaló una báscula electrónica ganadera de la marca Braunker con una capacidad de 1000 kg \* 0.2 kg -stock 0 (Figura 29), para dar paso con el pesaje y selección de las becerras que se incluirían dentro del proyecto en campo.

Se seleccionaron diez becerras F1 (*Bos Taurus* – *Bos indicus*), considerando la uniformidad en peso vivo para cada suplemento que se trabajará (T1) y (T2).

Se llevó a cabo la elaboración de los respectivos suplementos (Figura 31) en las instalaciones de la posta Zootécnica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2.

Teniendo las condiciones y los insumos para trabajar, se procedió al periodo de adaptación de las becerras al suplemento, que tuvo una duración de 10 días (Figura 32), lo cual se inició con el ofrecimiento gradual de 100 gr (Figura 33), lo cual se fue aumentando conforme la lectura de comedero hasta obtener un consumo promedio de 500 gr (Figura 34). El agua se ofreció *ad libitum*. Para obtener la GDP se hicieron tres pesajes a los días 0, 28 y 56 d (Figura 35). Finalmente, al día 56 después de

---

dos horas posprandial del suplemento se sondearon las becerras mediante una sonda esofágica (Figura 36) para obtener 20 mL de líquido ruminal y con ello evaluar las variables ruminales como pH (Figura 36), conteo de bacterias celulíticas y protozoarios.

## **Conclusiones**

Se concluyó satisfactoriamente con la prueba *in vivo* y se obtienen datos y muestras para su posterior análisis como complemento del proyecto de tesina ““Respuesta productiva y variables ruminales de becerras en condiciones de pastoreo suplementadas con pasta de ajonjolí””.

## **Recomendaciones e implicaciones**

- 1.- Alargar la duración de la prueba *in vivo*, dado que por cuestiones de tiempo y disponibilidad de forraje se decidió acortar el proyecto.
- 2.- Por cuestiones de pandemia no se pudieron analizar datos de consumo de materia seca total (CMST) con un marcador externo como el óxido de cromo, por lo que se recomienda en proyectos de animales en condiciones de pastoreo usar este método para mayores datos y acercamiento de los resultados.

---

### **Literatura citada**

Godoy, P. D., Fernández, C. M., Gómez, B. C., Hidalgo, L. V. (2019).  
Suplementación nutricional estratégica para ganado vacuno en el trópico  
peruano. 25 pp.

Peruchena, C. O. (2003). Suplementación de bovinos en sistemas pastoriles. Sitio  
Argentino de Producción animal, 10 pp.

REDGATRO. (2018). Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica  
en ganadería bovina tropical.

Salamanca, A. (2010). Suplementación de minerales en la producción bovina.  
Revista Electrónica de Veterinaria, 11(9), 1-10 pp.

---

## Evidencias



Figura 28. Elaboración de corraletas individuales



Figura 29. Pesaje de selección



Figura 30. Medicina preventiva



Figura 31. Elaboración de suplementos



Figura 32. Periodo de adaptación



Figura 33. Oferta de suplemento



Figura 34. Lectura de comedero



Figura 35. Pesaje de becerras



Figura 36. Sondeo oro-ruminal



Figura 37. Medición de pH en líquido ruminal



Figura 38. Toma de muestras de praderas



Figura 39. Manejo y sujeción de becerras

---

## TERCERA ESTANCIA PROFESIONAL

### Resumen

Dada la importancia de buscar como alternativas de suplementación bovina, productos regionales que nos ayuden a minimizar los costos de alimentación, es necesario conocer las características físicas y químicas de los insumos a utilizar para una adecuada utilización y estos brinden las condiciones adecuadas para mayor eficiencia en productividad animal. El objetivo de la estancia fue avanzar con los análisis de muestras de pradera y suplementos que se obtuvieron del trabajo *in vivo* correspondiente a la tesina “Respuesta productiva y variables ruminales de becerras en condiciones de pastoreo suplementadas con pasta de ajonjolí”, así como determinar las variables ruminales de la muestra de líquido ruminal por becerro. Por ello, se hicieron análisis bromatológicos de pradera y suplementos en donde se determinó materia seca (MS), proteína cruda (PC) y cenizas (Ce), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácida (FDA), así mismo, se hizo conteo de bacterias totales (BT) y protozoarios.

**Palabras clave:** Insumos, ganadería, bromatológico

### Introducción

En la actualidad se busca optimizar los recursos alimentarios destinados a los animales domésticos, ya que originan el mayor porcentaje de los costos directos en las empresas pecuarias (Zuñiga, 2020). Esto ha obligado al productor a experimentar con los insumos comerciales disponibles para la elaboración de dietas alimenticias de sus animales, sin percatarse de su composición química para un mejor aprovechamiento integral, ya que uno de los principales problemas de estos productos radica en su alto contenido de lignina porque carece de valor nutritivo para el animal puesto que es totalmente indigestible, limitando el aprovechamiento de la celulosa y hemicelulosa, las cuales tienen actividad importante en el bovino (Gutiérrez y Rodríguez, 2017). Este uso indiscriminado en ocasiones incluso puede tener efectos detrimentales para los animales o el consumidor de los productos animales, de tal manera que es importante el análisis de los alimentos porque

---

permitiría aprovecharlos en forma adecuada al conocer su composición y en qué cantidad (Tejeda *et al.*, 1976). Esto permitirá establecer y satisfacer los requerimientos de los animales de la mejor forma posible, por tanto, repercutirá significativamente sobre el bienestar y productividad de los mismos (Bonifaz y Gutiérrez, 2015). A todo esto, se le suma que el tipo sistema de ganadería en el trópico es base en pastoreo mayormente y la calidad nutricional de los pastos es de baja contenido nutricional para cubrir los requerimientos nutricionales y escasean en épocas de sequía (Berman, 2011). Por ello, el conocimiento de los insumos regionales utilizados en la alimentación permitirá su correcta utilización en los sistemas de producción animal, lo que repercutirá en la eficiencia de los sistemas de producción.

## **Objetivo**

### General

Realizar el análisis bromatológico a las muestras obtenidas durante la fase experimental correspondiente a la Tesina ““Respuesta productiva y variables ruminales de becerras en condiciones de pastoreo suplementadas con pasta de ajonjolí””.

### Específicos

- Analizar bromatológicamente los tratamientos (T1; suplemento base soya y T2; suplemento base ajonjolí) ofrecido a las becerras.
- Analizar bromatológicamente las muestras de praderas obtenidos al inicio y final de cada rotación pastoril.
- Realizar el conteo de bacterias y protozoarios de muestra de líquido ruminal de becerras suplementadas con los tratamientos (T1 y T2).

## **Desarrollo de las actividades efectuadas**

Estas actividades estuvieron bajo la dirección del Dr. Paulino Sánchez Santillán.

---

Al inicio del proyecto de tesina se hicieron inclusiones de los ingredientes que conformarían cada suplemento (T1 y T2), y en base a ello se formuló un suplemento proteico superior a los 30 % de proteína cruda, mismo que se trabajaría en las diferentes fases que corresponden a la tesina (prueba *in vitro*, *in situ* e *in vivo*). Durante el trabajo *in vivo* se elaboraron los suplementos en diferentes ocasiones conforme se iba demandando por el consumo animal, mismos que se tomaron muestras suficientes para su análisis bromatológico (Figura 40), esto con la intención de corroborar la misma calidad nutricional que se obtuvo en un inicio del proyecto debido a que todos los insumos se compraron en un mismo lote.

Como se mencionó, los animales se establecieron en un sistema de pastoreo rotacional, por lo mismo y con la intención de conocer la calidad nutricional de los forrajes en donde se pastaban las becerras se tomaron muestras de pasto al inicio y final de cada rotación pastoril (Figura 41 y Figura 42), mismas que se realizó su análisis bromatológico con la misma metodología que los suplementos (T1 y T2).

Los análisis de las muestras de pradera y suplementos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Nutrición Animal de la FMVZ2, a las cuáles se les estimó contenido de materia seca (Figura 43 y Figura 44), proteína cruda (Figura 45) y cenizas (Figura 46) de acuerdo a la metodología descrita en el AOAC (2007), fibra detergente neutro y fibra detergente ácida (Figura 47) de acuerdo con la metodología descrita por Van-Soest *et al.* (1991).

Al final del trabajo *in vivo* se tomaron muestras de líquido ruminal de forma individual de las becerras suplementadas, al cual de forma instantánea se midió el pH, y posteriormente en el laboratorio se hizo el conteo de bacterias totales y protozoarios (Figura 48).

## **Conclusiones**

Se adquirió conocimiento en las técnicas de análisis bromatológicos bajo las metodologías mencionadas y se concluyó satisfactoriamente con las muestras y datos analizados.

---

## **Recomendaciones e implicaciones**

Es indispensable realizar pruebas químicas a los insumos regionales utilizados en la alimentación animal, conocer su contenido nutricional para una correcta formulación de dietas con base a los requerimientos nutricionales de los animales en sus diferentes etapas de desarrollo.

---

## Literatura citada

- AOAC. (2007). OMA. <https://www.eoma.aoac.org/>
- Berman, D. J. B. (2011). Desarrollo de alimento animal melazado y enriquecido a partir de insumos no-convencionales y subproductos de la caña de azúcar, para engorda de ganado bovino en etapa de finalización [Tesis]. Instituto Politécnico Nacional.
- Bonifaz, N., Gutiérrez, F. (2015). Valor nutritivo de las materias primas empleadas en la alimentación de bovinos de leche en ganaderías del cantón Cayambe. La Granja, 21(1). <https://doi.org/10.17163/lgr.n21.2015.06>
- Gutiérrez, C. D. L., Rodríguez, W. Y. A. (2017). Estandarización de análisis bromatológico de concentrado para bovinos por el método de Van Soest [Tesis]. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Tejeda, de H. I., Berruecos, J. M., Merino, H. (1976). Análisis bromatológico de alimentos empleados como ingrediente en nutrición animal. 3.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74(10), Art. 10. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Zuñiga, T. L. C. (2020). Composición química de los principales ingredientes utilizados en la formulación de raciones en la engorda de bovinos en el Valle de Mexicali. Universidad Autónoma de Baja California.

---

## Evidencias



Figura 40. Elaboración de suplementos



Figura 41. Identificación de muestra de pradera



Figura 42. Toma de muestra de pradera



Figura 43. Determinación de materia seca.



Figura 44. Determinación de MS.



Figura 45. Determinación de proteína



Figura 46. Determinación de cenizas



Figura 47. Determinación de FDN y FDA



Figura 48. Conteo de bacterias y protozoarios.