



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN DE BOVINOS EN EL TRÓPICO

**EVALUACIÓN DE DIETAS PARA BECERROS CON
ENSILADO DE PAPAYA DE DESECHO MEDIANTE
LAS TÉCNICAS *in vitro*, *in situ* E *in vivo***

TESINA

QUE PRESENTA:

M.V.Z. MARCELINO GÓMEZ TRINIDAD


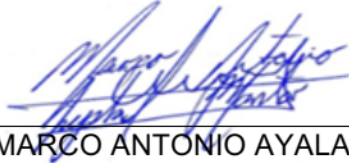


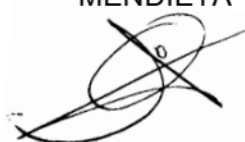
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN PRODUCCIÓN DE BOVINOS EN EL TRÓPICO

CUAJINICUILAPA, GUERRERO. SEPTIEMBRE DE 2022



LA TESINA TITULADA: **EVALUACIÓN DE DIETAS PARA BECERROS CON ENSILADO DE PAPAYA DE DESECHO MEDIANTE LAS TÉCNICAS *in vitro*, *in situ* E *in vivo***, REALIZADA POR EL ALUMNO: **M.V.Z. MARCELINO GÓMEZ TRINIDAD**, 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. PAULINO SÁNCHEZ SANTILLÁN
CODIRECTOR	 DR. MARCO ANTONIO AYALA MONTER
ASESOR	 DR. LUIS ANTONIO SAAVEDRA JIMÉNEZ
ASESOR	 M. C. CITLALI ESTEFANÍA SOLLANO MENDIETA
ASESOR	 DRA. BEY JAMELYD LÓPEZ TORRES

CUAJINICUILAPA, GUERRERO. SEPTIEMBRE DE 2022

DEDICATORIAS

Este trabajo de grado se lo dedico con mucho amor a Dios, por permitirme lograr un objetivo más en la vida, espero me siga llenando de bendiciones.

A mi **papá Félix**, por sus regaños y consejos, que me ayudaron a mi formación y por el apoyo incondicional que me ha brindado a lo largo de mi vida y más que un padre ha sido un amigo. Muchas gracias, papá TE AMO.

A mi **mamá Marcela**, por todo el amor que me ha dado y por siempre tener confianza en mí; apoyarme en todas las metas que me he puesto a cumplir por eso y más TE AMO MAMÁ.

A mis hermanos **Reyna y Félix**, que siempre me han estado apoyando, espero ser un ejemplo que seguir para ustedes, los quiero.

AGRADECIMIENTOS

Al concejo Nacional de Ciencia y Tecnología por otorgarme la beca **No. 1079260**.

Agradezco a la institución que me permitió realizar mis estudios de posgrado: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2 de la Universidad Autónoma de Guerrero.

Dr. Paulino Sánchez Santillán, por ser mi asesor, un amigo y un guía en estos dos años de mi formación; por toda la paciencia que me tuvo, los buenos consejos que me dio y por compartir su gran experiencia, conocimientos y dedicación de tiempo en esta investigación.

A mis asesores: **Dr. Marco Antonio Ayala Monter, Dr. Luis Antonio Saavedra Jiménez, Dra. Bey Jamelyd López Torres y M.C. Citlali Estefanía Sollano Mendieta**, que con su experiencia y conocimiento me ayudaron a mejorar el desarrollo de mi trabajo de grado.

A mis compañeros de la maestría: **Toño, Yair, Berta, Ismael y Cecilia** que, en el transcurso de estos dos años, siempre estuvimos dispuestos a darnos una mano cuando la necesitamos para sacar adelante el trabajo.

A los chicos del equipo MR: **Álvaro, Paola, Socorro, Vianey, Deysi, Susana e Itamar** que me ayudaron a sacar adelante el trabajo de laboratorio y de campo.

A mi Novia **Brenda**, mi compañera de aventuras, que estuvo apoyándome desde el momento que decidí entrar en la maestría, que compartió mi felicidad del día que entre a esta nueva etapa y estuvo dándome su apoyo incondicional en los momentos felices y en esas situaciones cuando ya no podía más, siempre con esa sonrisa que me motiva a seguir a-delante todos los días, por eso y más te agradezco por estar a mi lado.

CONTENIDO

DEDICATORIAS.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
CAPÍTULO 1.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
JUSTIFICACIÓN	3
HIPÓTESIS	4
OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS.....	5
Objetivos General	5
Objetivos Específicos.....	5
LITERATURA CITADA	6
CAPÍTULO 2.....	10
Producción de gas <i>in vitro</i> , digestibilidad <i>in situ</i> , consumo, ganancia de peso y características ruminales de becerros alimentados con una dieta que contiene 60% de ensilado de papaya de desecho.....	10
1. Introducción	10
2. Materiales y métodos	11
2.1. Ubicación del estudio	11
2.2. Elaboración del silo	11
2.3. Tratamientos	12
2.4. Análisis Químico	12
2.5. Ensayo <i>in vitro</i>	13
2.6. Prueba <i>in situ</i>	14
2.7. Prueba <i>in vivo</i>	15
2.7. Entrevista a productores	17

3. Resultados.....	17
4. Discusión	28
4.1. <i>In vitro</i>	28
4.2. <i>In situ</i>	29
4.3. <i>In vivo</i>	31
5. Conclusiones	34
6. Referencias	34
CAPÍTULO 3.....	41
Curso-Taller A Productores	41
Resumen.....	41
Introducción	41
Objetivo.....	42
Desarrollo de las actividades efectuadas.....	42
Conclusiones	45
Recomendaciones e implicaciones.....	45
Literatura citada	45
Evidencias.....	47
Primer Estancia Profesional	48
Resumen.....	48
Palabras clave	48
Introducción	48
Objetivo.....	49
Desarrollo de las actividades efectuadas.....	49
Conclusiones	50
Recomendaciones e implicaciones.....	50
Literatura citada	51
Evidencias.....	52

Segunda Estancia Profesional.....	53
Resumen.....	53
Palabras clave:	53
Introducción	53
Objetivo.....	54
Desarrollo de las actividades efectuadas	54
Conclusiones	57
Recomendaciones e implicaciones.....	58
Literatura citada	58
Evidencias	59
Tercera Estancia Profesional	60
Resumen.....	60
Palabras clave	60
Introducción	60
Objetivo.....	61
<i>Objetivo general</i>	61
<i>Objetivos particulares</i>	61
Desarrollo de las actividades efectuadas.....	61
Conclusiones	62
Recomendaciones e implicaciones.....	63
Literatura citada	63
Evidencias	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ingredientes para la elaboración de las dietas	12
Tabla 2 Composición de las dietas	13
Tabla 3 pH, conteo de bacterias y protozoarios en liquido ruminal durante los tiempos evaluados de digestibilidad in situ	15
Tabla 4 Variables de la prueba <i>in vitro</i> en dietas integrales para becerros de 200 kg usando 0 y 60 % de ensilado de papaya de desecho.	18
Tabla 5 Digestibilidad de los nutrientes y cinética <i>in situ</i> en dietas integrales para becerros usando 0 y 60 % de ensilado de papaya de desecho.....	19
Tabla 6 Estimadores productivos, digestibilidad aparente de los nutrientes y características fermentativas en becerros alimentados con ensilado de papaya de desecho	21
Tabla 7 Variables descriptivas de la carga parasitaria para nematodos y coccidias en becerros alimentados con una dieta integral que contenía 60% de ensilado de papaya de desecho.	22
Tabla 8 Producción, precio y desecho de papaya producida en la localidad de José María Morelos, Oaxaca	24
Tabla 9 Costos variables para la producción de seis toneladas de ensilado de papaya en la localidad de José María Morelos, Oaxaca.	27
Tabla 10. Lista de productos participantes en el taller de transferencia de tecnologías	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Nivel de escolaridad de productores de la localidad José María Morelos, Oaxaca	23
Figura 2 Actividad primaria de productores de la localidad José María Morelos, Oaxaca.	23
Figura 3 Fin zootécnico de las unidades de producción en la localidad de José María Morelos, Oaxaca.	25
Figura 4 Estacionalidad de la siembra, cosecha de papaya y escases de alimento para el ganado bovino en la localidad de José María Morelos, Oaxaca.	25
Figura 5 Tipo de alimentación del ganado en la localidad de José María Morelos, Oaxaca.	26
Figura 6 Molido de la papaya.	47
Figura 7 Pesado de los ingredientes para el ensilado de papaya.	47
Figura 8 Cerrado de los silos de papaya de 5 y 50 Kg.....	47
Figura 9 Platica de suplementos.	47
Figura 10 Suplemento en bolsas de 2 kg suplemento.	47
Figura 11 Platica de bloques nutricionales.....	47
Figura 12 Elaboración de bloques nutricionales.....	47
Figura 13 Aclaracion de dudas.....	47
Figura 14 Entrega de silos de papaya, suplemento y bloques nutricionales.	47
Figura 15 Realización de facturas y guías de movilización.	52
Figura 16 Pláticas con productores.....	52
Figura 17 Visita a ranchos.	52
Figura 18 Vacunación y desparasitación.	52

Figura 19 Baño de aspersión garrapaticida.	52
Figura 20 Aplicación de encuetas a productores.	52
Figura 21 Visita a cultivos de papaya.....	52
Figura 22 Visita a cultivos de papaya.....	52
Figura 23 Visita a cultivos de papaya y manejo de los desechos.	52
Figura 24 Dietas en la estufa listas para el procesamiento.....	59
Figura 25 Elaboración del medio de cultivo.	59
Figura 26 llenado de viales con el medio de cultivo (40 mL.).....	59
Figura 27 Al finalizar la prueba in situ las bolsas se meten agua fría por 10 minutos.....	59
Figura 28 Medición del pH de los biodigestores.....	59
Figura 29 Toma de la temperatura de las bolsas a 39°C	59
Figura 30 Fijado de las bolsas con cinchos de plástico	59
Figura 31 Enjuague de las bolsas con agua fría	59
Figura 32 Toma de muestra de líquido ruminal.....	59
Figura 33 Lavado uterino	64
Figura 34 Diagnóstico de gestación	64
Figura 35 Sondeo oro-ruminal.....	64
Figura 36 Rumenuctomia exploratoria	64
Figura 37 Prolapso uterino	64
Figura 38 Prolapso vaginal.....	64
Figura 39 Cesárea en ganado de carne.....	64
Figura 40 Inmunización de ganado Holstein contra complejo respiratorio	64
Figura 41 Inmunización de ovinos.....	64

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

La ganadería de bovinos de doble propósito es una de las actividades de producción más difundida en las regiones tropicales de México (Contreras et al., 2018). Esta actividad es realizada por un elevado porcentaje de la población en zonas rurales mediante la producción de vaca-becerro ocupando 20% del territorio nacional (Orantes-Zebadúa et al., 2014; Contreras et al., 2018; Bautista-Martínez et al., 2020). Aproximadamente, la mitad de la producción de bovinos de doble propósito se desarrolla en zonas tropicales (Palma, 2006; Carrera-Chávez et al., 2014), donde la alimentación se basa en pastoreo extensivo (González y Dávalos, 2018).

En México, las áreas clasificadas como trópico seco se caracterizan por estacionalidades bien marcadas durante el año. La época de estiaje tiene baja disponibilidad y calidad de forrajes, ausencia de forrajes complementarios o suplementos (Reyes et al., 2009); además, se caracteriza porque los animales pierden condición corporal debido a la movilización de sus reservas; la cual repercute en una disminución de la producción de leche en las vacas, acortamiento del período de lactancia, ausencia de celo, disminución de la tasa de preñez y en casos extremos la muerte (Reyes et al., 2009; González y Dávalos, 2018).

Una alternativa de alimentación en esta época, es la utilización de ensilados; ya que, permite la conservación de alimentos con un alto contenido de humedad (Cañeque y Sancha, 1998). El ensilado es un método cuyo objetivo es la conservación del valor nutritivo del alimento durante el almacenamiento (Garcés et al., 2004); permite la preservación de desechos agroindustriales (Valencia y Hernández, 2011) sin la producción de metabolitos tóxicos para la salud del animal (Cañeque y Sancha, 1998).

Los residuos agroindustriales, de destilerías y cosecha son ingredientes que se pueden ensilar como una alternativa sustentable para la alimentación de rumiantes

(Guzmán et al., 2010). Por ejemplo, ensilados de corona de piña con pulpa de cítricos, heno y urea (López-Herrera et al., 2015), cáscara y pulpa de calabaza con heno de pasto pangola (Lorenzo-Hernández et al., 2019), mango maduro con heno de pasto pangola, melaza y urea (Sánchez-Santillán et al., 2020), raquis de plátano y banano orito tratados con suero de leche y urea (Caicedo et al., 2020) por mencionar algunos ejemplos.

La papaya (*Carica papaya* L.) pertenece a la familia de las caricáceas, es originaria de las zonas tropicales de México y Centroamérica; crece y se desarrolla mejor en zonas cálidas y húmedas. Una variedad mexicana popular es Maradol (SADER, 2021). En 2020, la superficie cultivada asciende a 20,100 hectáreas (SADER, 2021), con una producción anual de 1,117,437.20 t., siendo Oaxaca con 31% de la producción nacional, Colima (18%) y Chiapas (14%) los principales estados productores de papaya (SIAP, 2022a). Las características químicas de la pulpa de papaya son: pH 6.70; agua 89.40 g, proteína 0.50 g, minerales 0.39 g, fibra 1.86 g, azúcares reductores directos 8.44 g, carbohidratos 9.54 g, vitamina C 33.50 mg, β -caroteno 3138 μ g, hierro 2.18 mg, calcio 12.75 mg (Hernández et al., 2014).

Existe poca información en la literatura del uso de papaya de desecho, que no cumple con los estándares de calidad para consumo humano. La papaya de desecho contiene 12.3% de MS (materia seca), 92.9% MO (materia orgánica), 9.3% de PC (proteína cruda), 12.5% de FDN (fibra detergente neutro) y 7.0% de cenizas (Sánchez-Santillán et al., 2022). Los mismos autores, la ensilaron con heno de pasto estrella como absorbedor de humedad, melaza de caña de azúcar y urea como aditivos. Los silos de 1.5 Kg se almacenaron por 21 y 28 d; posterior a este tiempo, las características de calidad para los silos con 3% de melaza y 21 d de fermentación fueron: pH 3.54, ácido láctico 35.2 g Kg⁻¹ MS, N-NH₃ 5.7 g Kg⁻¹ N₂, degradación de materia seca (DMS) de 647.0 g Kg⁻¹ MS y de fibra detergente neutro (DFDN) de 530.4 g Kg⁻¹ MS. El mismo ensilado, pero con 28 d de fermentación láctica presento: pH 3.75, ácido láctico 34.7 g Kg⁻¹ MS, N-NH₃ 24.5 g Kg⁻¹ N₂, DMS 639.9 g Kg⁻¹ MS y DFDN 531.4 g Kg⁻¹ MS.

JUSTIFICACIÓN

En 2020, México produjo 3,784,465.70 t de bovinos en pie, donde los principales estados productores fueron: Veracruz (13%), Jalisco (12%) y San Luis Potosí (6%). El estado de Oaxaca produjo 118,271.62 t que representó 3% de la producción nacional (SIAP, 2020). En las áreas tropicales de México se producen entre 55 y 60% de becerros de la producción nacional, con un peso promedio 200 kg a una edad entre 7 y 10 meses (Carrera et al., 2014; Orantes-Zebadúa et al., 2014). De estos becerros, 41% se engordan de manera intensiva en corrales para abastecer a las ciudades de Guadalajara, Monterrey y Ciudad de México (Bautista-Martínez et al., 2020; Martínez et al., 2017). La engorda de becerros en el trópico es mediante pastoreo (Carrera et al., 2014) con limitaciones de ciertos nutrientes. Sin embargo, la ganadería en el trópico presenta ventajas productivas y medio ambientales por su biodiversidad y posibilidad de integrar productos locales y de temporada. Los desechos de la cosecha y postcosecha de papaya representan hasta 50% de la producción (Gomes et al., 2011) por lo que son una alternativa de alimentación para rumiantes si se conserva mediante silos. El ensilado permite conservar productos con alto contenido de humedad, mantener su valor nutritivo y reducir la presencia de metabolitos secundarios tóxicos que pueden contener los ingredientes a ensilar (Cañeque & Sancha, 1998; Garcés et al., 2004; Reyes et al., 2009; Valencia & Hernández, 2011). Existen antecedentes de elaboración de ensilado con papaya de desecho (Sánchez-Santillán et al., 2022) pero su evaluación fue *in vitro* con la técnica de producción de gas. Por lo anterior, se requieren evaluaciones *in vivo* en becerros alimentados de manera intensiva con dietas que contengan 60% ensilado de papaya de desecho.

HIPÓTESIS

La inclusión de 60% de ensilado de papaya de desecho en una dieta integral para becerros de 200 Kg de peso vivo presenta mejor comportamiento *in vitro*, *in situ* e *in vivo* que la dieta testigo (sin ensilado).

OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS

Objetivos General

Evaluar *in vitro*, *in situ* e *in vivo* una dieta integral que contiene 0 y 60% de ensilado de papaya de desecho en la alimentación de becerros como una alternativa para rumiantes en el trópico.

Objetivos Específicos

1. Determinar la producción acumulada de biogás y gas metano, degradaciones de materia seca, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y proteína cruda mediante la técnica *in vitro* de dietas integrales que contienen 0 y 60% de ensilado de papaya de desecho.
2. Evaluar la digestibilidad de los nutrientes y cinética de digestibilidad *in situ* de dietas integrales que contienen 0 y 60% de ensilado de papaya de desecho.
3. Medir el consumo de nutrientes, ganancia diaria de peso, digestibilidad aparente de los nutrientes, características ruminales y carga parasitaria en becerros, alimentados con una dieta integral que contiene 0 y 60% de ensilado de papaya de desecho.
4. Diagnosticar la situación de la papaya de desecho y ganadera en la localidad de José María Morelos, Huazolotitlan, Oaxaca; así como, la aceptación e implementación de silos de papaya de desecho como una alternativa en alimentación para rumiantes.

LITERATURA CITADA

- Bautista-Martínez, Y., Granados-Zurita, L., Joaquín-Cancino, S., Ruiz-Albarrán, M., Garay-Martínez, J. R., Infante-Rodríguez, F., & Granados-Rivera, L. D. (2020). Factores que determinan la producción de becerros en el sistema vaca-cría del Estado de Tabasco, México. *Nova Scientia*, 12(2), Article 25. <https://doi.org/10.21640/ns.v12i25.2117>
- Caicedo, W., Viáfara, D., Pérez, M., Alves Ferreira, F. N., Rubio, G., Yanza, R., Caicedo, M., Caicedo, L., Valle, S., & Motta Ferreira, W. (2020). Características químicas del ensilado de raquis de plátano (*Musa paradisiaca*) y banano orito (*Musa acuminata* AA) tratado con suero de leche y urea. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(4), e19035. <https://doi.org/10.15381/rivrep.v31i4.19035>
- Cañeque, M. V., & Sancha, S. J. L. (1998). *Ensilados de forrajes y su empleo en la alimentación de rumiantes*. Mundi-Prensa. 247 p.
- Carrera, C. B., Gómez, C. M. A., & Schwentesius, R. R. (2014). *La ganadería de carne bovina en México: Un recuento necesario después de la apertura comercial*. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. 126 p. <https://elibros.uacj.mx/omp/index.php/publicaciones/catalog/book/9>
- Carrera-Chávez, B., Schwentesius, R. R., & Gómez, M. Á. C. (2014). *La ganadería de carne bovina en México: Un recuento necesario después de la apertura comercial (Primera)*. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. <https://elibros.uacj.mx/omp/index.php/publicaciones/catalog/book/9>
- Contreras, R. J., Albarrán, B. P., García, A. M., Piedra, R., Rebollar, S. R., Hernández, G. D., Avilés, F. N., Vences, J. P., Vázquez, J. F. A., Nájera, A. D. L. G., Rojo, R. R., Arriaga, C. M. J., Jiménez, F. S. P., Salas, I. G. R., & Ortiz, A. R. (2018). *La ganadería en condiciones de trópico seco. El caso del sur del Estado de México. Condiciones actuales y perspectivas de desarrollo (1ra ed.)*.

Universidad Autónoma del Estado de México.
<http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/80221>

- Garcés, A. M., Berrio, R. L., Ruiz, A. S., Serna, J. G., & Builes, A. A. F. (2004). Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. *Revista Lasallista de investigación*, 1(1), 66-71.
- Gomes, A. J. A., Valadares, F. S. de C., Pina, D. dos S., Detmann, E., Valadares, R. F. D., Pereira, L. G. R., Souza, N. K. de P., & Silva, L. F. C. (2011). Consumo, digestibilidad total, produção de proteína microbiana e balanço de nitrogênio em dietas com subprodutos de frutas para ruminantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(5), 1052-1060. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000500017>
- González, E. P., & Dávalos, J. L. F. (2018). *Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en ganadería bovina tropical*. (O. R. Rodríguez, Ed.; 2da edición). Red de Investigación e Innovación Tecnológica para la Ganadería Bovina Tropical (REDGATRO). https://redgatro.fmvz.unam.mx/docs/Estado_arte.pdf
- Guzmán, O., Lemus, C., Bugarín, J., Bonilla, J., & Ly, J. (2010). Ensilado de residuos de mango (*Mangifera indica* L.) Para la alimentación animal. características fermentativas. *Revista Computarizada de Producción Porcina*, 17(3), 218-224.
- Hernández, E., Carlos, N., Inostroza, L., Bautista, N., Byrne, R., Alencastre, A., Peña, M., & Sueros, S. (2014). Evaluación química y tecnológico-nutricional de "papaya de altura" (*Carica pubescens*). *Ciencia e Investigación*, 17(2), 88-91. <https://doi.org/10.15381/ci.v17i2.13595>
- López-Herrera, M., WingChing-Jones, R., & Rojas-Bourillon, A. (2015). Bromatología de ensilados de corona de piña con pulpa de cítricos, heno y urea. *Agronomía Mesoamericana*, 27(1), 37. <https://doi.org/10.15517/am.v27i1.21876>

-
- Lorenzo-Hernández, R., Torres-Salado, N., Sánchez-Santillán, P., Herrera-Pérez, J., Mayren-Mendoza, F. de J., Salinas-Ríos, T., Rojas-García, A. R., & Maldonado-Peralta, M. de los Á. (2019). Evaluación de las características de calidad y bromatológicas de ensilados elaborados con residuos de calabaza (*Cucurbita argyrosperma*). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(4), 957-963. <https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.04.14>
- Martínez, D. M. Á., Mora, F. J. S., & Téllez, D. R. (2017). Precio de ganado en pie y precio de insumos en la producción de carne bovino. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(7), 1689-1694. <https://doi.org/10.29312/remexca.v6i7.562>
- Orantes-Zebadúa, M. Á., Platas-Rosado, D., Córdova-Avalos, V., De los Santos-Lara, M. del C., & Córdova-Avalos, Antonio. (2014, abril). Características de la ganadería de doble propósito en una región de Chiapas, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 1(1), 49-57.
- Palma, J. M. (2006). Los sistemas silvopastoriles en el trópico seco mexicano. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 14(3), 95-104.
- Reyes, N., Mendieta, B., Fariñas, T., Mena, M., Cardona, J., & Pezo Quevedo, D. (2009b). *Elaboración y utilización de ensilajes en la alimentación del ganado bovino*. CATIE, Turrialba (Costa Rica). <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/7886>
- SADER. (2021, mayo 28). México, principal exportador de papaya en el mundo; crece producción 3.2 por ciento en 2020. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <http://www.gob.mx/agricultura/prensa/mexico-principal-exportador-de-papaya-en-el-mundo-crece-produccion-3-2-por-ciento-en-2020?idiom=es>
- Sánchez-Santillán, P., Herrera-Pérez, J., Torres-Salado, N., Almaraz-Buendía, I., Reyes-Vázquez, I., Rojas-García, A. R., Gómez-Trinidad, M., Contreras-Ramírez, E. O., Maldonado-Peralta, M. de los Á., & Magadan-Olmedo, F. (2020). Chemical composition, and *in vitro* fermentation of ripe mango silage

with molasses. *Agroforestry Systems*, 94(4), 1511-1519.
<https://doi.org/10.1007/s10457-019-00442-z>

Sánchez-Santillán, P., Marcial, L. A. S., Jiménez, L. A. S., & Salado, N. T. (2022). Características de calidad, químicas y fermentativas *in vitro* de ensilados de papaya (*Carica papaya* L) de desecho y heno de pasto estrella (*Cynodon nlemfluensis*). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 25(1), 12. <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.3863>

SIAP. (2020). *Anuario estadístico de la producción ganadera*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/

SIAP. (2022). *Anuario estadístico de la producción agrícola*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

Valencia, C. A., & Hernández, B. A. (2011). El ensilaje: ¿qué es y para qué sirve? *Revista de divulgación científica y tecnológica de la universidad veracruzana*, 24(2), 14.

CAPÍTULO 2.

Producción de gas *in vitro*, digestibilidad *in situ*, consumo, ganancia de peso y características ruminales de becerros alimentados con una dieta que contiene 60% de ensilado de papaya de desecho

El objetivo fue evaluar *in vitro*, *in situ* e *in vivo* una dieta integral que contiene 0 (T1) y 60% (T2) de ensilado de papaya de desecho. En *in vitro* se determinó biogás, metano y degradación de materia seca (DMS_{iv}), fibra detergente neutro (DFDN_{iv}) y proteína cruda (DPC_{iv}) a las 72 h; en *in situ* se determinó la digestibilidad de MS (DMS_{is}), FDN (DFDN_{is}) y PC (DPC_{is}) a las 72 h; en *in vivo* se determinó consumo y digestibilidad aparente de MS (CMS y DMS) y FDN (CFDN y DFDN), ganancia diaria de peso (GDP), características rúminales (pH, conteo de bacterias y protozoarios), análisis coproparasitoscópico y entrevista a productores. La producción de biogás, metano, DMS_{iv}, DPC_{iv}, DMS_{is}, DMS, DFDN, pH, conteo de bacterias y protozoarios y carga parasitaria de nematodos y coccidias no presentaron diferencias entre tratamientos ($p > 0.05$). T2 mostró más DFDN_{iv}, DPC_{is}, CMS, CFDN, GDP que T1; mientras, T1 fue mayor que T2 en DFDN_{is} ($p < 0.05$). En la entrevista a productores destaca que coincide la temporada de cosecha de la papaya con la temporada de sequía por lo que se requieren de alternativas no convencionales para suplementar al ganado. Los resultados obtenidos de la técnica *in vitro*, *in situ* e *in vivo* indican que la dieta con un 60% de ensilado de papaya de desecho (T2) muestra comportamiento similar o mejor que la dieta testigo; por lo que el ensilado de papaya de desecho es una alternativa de alimentación no convencional para becerros destetados en la región costa chica del estado de Guerrero.

1. Introducción

Se estima que la población humana alcance los 8600 millones de personas en el año 2030 y 9800 millones para el 2050 de acuerdo al informe de *Nations United* 2017, lo anterior ejerce presión en el sector agropecuario al aumentar la demanda de alimentos, tanto de origen vegetal como animal (García-Rodríguez et al., 2019; Wimalasiri y Somasiri, 2021). El consumo de productos pecuarios aumentó drásticamente en las dos décadas anteriores, con el aumento de la renta per cápita, la urbanización y los cambios en el estatus sociocultural (Wimalasiri y Somasiri, 2021). En México, se producen en promedio 900 mil cabezas año⁻¹ y la exportación de becerros en pie a los Estados Unidos es una de las actividades pecuarias más importantes del país (SIAP, 2022b). Por otra parte, México es el tercer exportador de papaya a nivel mundial y su producción anual fue de 1,117,437.20 t, siendo Oaxaca (31%), Colima (18%) y Chiapas (14%) los principales estados productores de papaya (SIAP, 2022a). A lo largo de la cadena de suministro de alimentos de origen vegetal se produce una pérdida o desperdicio durante la recolección, sobreproducción de temporada y, el procesamiento para consumo humano influye negativamente en la relación entre producción y demanda (Aguilera et al., 1997; García-Rodríguez et al., 2019). Estos residuos se conocen como subproductos agroindustriales; son desechos de cultivos agrícolas o de industrias procesadoras de vegetales y frutas, por lo que su disposición representa un problema ambiental, ya que son contaminantes potenciales (García-Rodríguez et al., 2019). El sector ganadero depende principalmente de ingredientes disponibles localmente, pero no son suficientes para satisfacer las

necesidades de alimentación del ganado (Wimalasiri y Somasiri, 2021). Allí está la posibilidad de usar residuos de fruta a bajo precio como uso alternativo de alimento en la alimentación de rumiantes (Aguilera et al., 1997; García-Rodríguez et al., 2019). Estos productos están disponibles en grandes cantidades durante la temporada de cosecha. Sin embargo, requiere conservarse por períodos de tiempo prolongados; una alternativa son los ensilados. Los ensilados no convencionales pueden ser de subproductos, coproductos y otros materiales diferentes a los cultivos convencionales; se incluyen subproductos de la caña de azúcar, extracción de jugos de cítricos, piña, yuca, calabaza, papaya, entre otros (Chavira, 2016).

Se ha documentado en la literatura investigaciones sobre la elaboración de ensilados no convencionales, Ash y Elliott (1991) elaboraron silos con 70% hoja de taro (*Colocasia esculenta*) y 30% pulpa de papaya (*Carica papaya*); reportando 3.9 de pH, nitrógeno amoniacal (N-NH₃) de 99 g kg⁻¹ Nitrógeno (N), MS de 154 g kg⁻¹ MS, FDN de 327 g kg⁻¹ MS y FDA de 261 g kg⁻¹ MS. Yang et al. (2016) reportaron 93.0% de humedad, 882 g kg⁻¹ MS de MO, 115 g kg⁻¹ MS de PC, 222 g kg⁻¹ MS de FDN, 212 g kg⁻¹ MS de FDA, 3.4 de pH, 216 g kg⁻¹ MS de ácido láctico y 32 g kg⁻¹ N de N-NH₃ en silos elaborados con 100% de cascara de papaya. Malla et al. (2015) elaboraron ensilados de residuos de *Citrus nobilis lour* x *Citrus deliciosa tenora*; reportando 250 g kg⁻¹ de materia seca (MS), 955 g kg⁻¹MS de materia orgánica (MO) y 80.7 g kg⁻¹MS de proteína cruda (PC). Por otro lado, Łozicki et al. (2015) reportaron pH 3.96, ácido láctico de 56.4 g kg⁻¹ MS, MS de 297 g kg⁻¹MS, PC de 104 g kg⁻¹MS, FDN de 309 g kg⁻¹MS y FDA de 216 g kg⁻¹MS en ensilados elaborados con calabaza ámbar (*Cucurbita maxima*) y pulpa de remolacha azucarera seca en una proporción 80:20 de materia fresca. Wimalasiri y Somasiri (2021) realizaron ensilados con un 100% de cáscara de papaya de desecho, reportando valores de pH de 3.75, MS de 122.8 g kg⁻¹ MS, CP de 69.6 g kg⁻¹ MS, FDN de 395 g kg⁻¹ MS, FDA de 248.9 g kg⁻¹ MS. Sin embargo, se requieren estudios de su inclusión como parte de una dieta integral para la alimentación de rumiantes. Así la hipótesis del presente estudio fue que la inclusión de 60% de ensilado de papaya de desecho en una dieta integral para becerros de 200 Kg de peso vivo presentará mejor comportamiento *in vivo*, *in vitro* e *in situ* que una dieta testigo (sin ensilado). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar mediante las técnicas *in vitro*, *in situ* e *in vivo* una dieta integral con 0 y 60% de ensilado de papaya de desecho para la alimentación de becerros con ingredientes no convencionales en el trópico.

2. Materiales y métodos

2.1. Ubicación del estudio

El estudio se realizó en las instalaciones de la Posta Zootécnica y Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2 de la Universidad Autónoma de Guerrero, ubicada en Cuajinicuilapa, Guerrero, México. El clima de la región es cálido subhúmedo con lluvias en verano y el rango de la temperatura es de 24 a 29 °C (INAFED, 2022).

2.2. Elaboración del silo

La papaya de desecho se recolectó en huertas ubicadas en la comunidad de José María Morelos, Huazolotitlan, Oaxaca, México. La melaza de caña de azúcar y el heno de pasto pangola (*Digitaria Decumbens* L) se compró

a proveedores locales, el heno de pasto con aproximadamente 150 d de rebrote, el cual se molió en un molino de martillos y uña de agarre (Swissmex 610400) y la papaya en un molino mixto (criba 1-3 cm; M.A.GRO® TR-3500). El silo (6 t) se colocó en una trinchera de 4 m de ancho, 5 m de largo y 1.5 m de profundidad; el cual fue recubierto con un plástico negro calibre 600 y una capa de 5 cm de tierra. La composición base del ensilado fue: 75% de papaya y 25% de heno de pasto pangola; 3% de melaza se usó como aditivo. La compactación fue con un pisón (Trupper®; 125x20x20 cm y 3.9 Kg). El silo se abrió a los 21 d. La temperatura ambiente promedio fue 28 °C. El ensilado de papaya se muestreo cada 15 días durante la duración del ensayo *in vivo* para determinar las siguientes características de calidad: pH, 3.39; MS, 299.90 g Kg⁻¹ MS; N-NH₃, 18.70 g Kg⁻¹ N₂; ácido láctico, 32.20 g Kg⁻¹ MS.

2.3. Tratamientos

Las dietas se elaboraron usando ingredientes de la región (Tabla 1) con base en los requerimientos para becerros de 200 Kg de peso vivo (NRC, 1996). Los tratamientos fueron los siguientes: T1 (0%) y T2 (60%) de ensilado de papaya de desecho (**Tabla 2; Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Tabla 1 Ingredientes para la elaboración de las dietas

Variables	Papaya de desecho	Pasto pangola molido	Ensilado de papaya	Grano de maíz molido	Pasta de soya	Bicarbonato de sodio	Mezcla mineral
MS (g Kg ⁻¹ MS)	111.1	926.7	30.0	912.0	925.8	990.5	983.5
MO (g Kg ⁻¹ MS)	937.8	952.4	932.7	928.2	944.1	360.6	124.4
PC (g Kg ⁻¹ MS)	107.9	25.1	53.6	91.7	505.8	-	-
FDN (g Kg ⁻¹ MS)	173.6	811.1	737.0	139.1	231.2	-	-
FDA (g Kg ⁻¹ MS)	133.4	466.3	444.4	38.8	63.7	-	-
Ce (g Kg ⁻¹ MS)	62.1	47.6	67.3	71.8	55.9	639.4	875.6

MS= Materia seca, MO= Materia orgánica, PC= Proteína cruda, FDN= Fibra detergente neutro, FDA= Fibra detergente ácido, Ce= Cenizas.

2.4. Análisis Químico

La MS se determinó secando las muestras a 55 °C por 72 h (AOAC, 2005; # 967.03). Las muestras se procesaron en un molino Thomas-Wiley Mill (Thomas Scientific, Swedesboro, NJ, USA) con criba de 1 mm. La proteína cruda se obtuvo mediante método de micro Kjeldahl (# 920.105), la materia orgánica (MO) y cenizas se estimaron por incineración en un horno de mufla (# 942.05) según AOAC (2005). La fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) se determinaron usando soluciones y bolsas ANKOM, adicionando α -amilasa para FDN con inclusión de cenizas residual en el cálculo. El contenido de cenizas insolubles en ácido (CIA) fue según el método de Van Keulen & Young (1977).

2.5. Ensayo *in vitro*

2.5.1. Biodigestor

Los componentes del medio de cultivo se prepararon según lo descrito por Sánchez-Santillán et al. (2020). La unidad experimental fue un biodigestor (10 repeticiones). El biodigestor fue un vial serológico (120 mL) con 0.5 g de MS de T1 o T2, 40 mL de medio de cultivo anaerobio (50.9% de agua destilada, 30% de fluido ruminal clarificado, 5% de solución mineral 1, 5% solución mineral 2, 5% de solución buffer, 0.1% de resazurina 0.1% y 4% de solución reductora) y 10 mL de fluido ruminal fresco. La elaboración de biodigestor fue bajo flujo de CO₂ para mantener condiciones de anaerobiosis. Los biodigestores se colocaron en una incubadora (ECOSHEL 9082, México) a 39 °C durante 72 h. El fluido ruminal fresco se obtuvo de un bovino provisto de cánula ruminal alimentado previamente en praderas con pasto angola; se centrifugó a 1137 x g por 3 min para precipitar partículas de alimento y protozoarios.

Tabla 2 Composición de las dietas

	T1	T2
<i>Ingredientes (g Kg⁻¹ MS)</i>		
Grano de maíz molido	490	240
Ensilado de papaya	0	600
Pasto de pangola	350	0
Pasta de soya	120	120
Bicarbonato de sodio	20	20
Mezcla mineral*	2	2
<i>Composición química base seca</i>		
Materia seca (g Kg ⁻¹ MS)	920.4	572.3
Materia orgánica (g Kg ⁻¹ MS)	911.5	891.3
Proteína cruda (g Kg ⁻¹ MS)	117.3	140.7
Fibra detergente neutro (g Kg ⁻¹ MS)	443.4	385.9
Fibra detergente ácido (g Kg ⁻¹ MS)	232.4	193.2
Cenizas (g Kg ⁻¹ MS)	88.5	108.7

T1= 0% de ensilado de papaya, T2= 60% de ensilado de papaya.

*15.5% calcio, 5.5% fósforo, 7.0% sodio, 85.0% cenizas y 6.0% de humedad.

2.5.2. Producción de biogás y gas metano

El biogás se midió a las 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 48 y 72 h de incubación por desplazamiento de un émbolo de una jeringa de vidrio (50 mL; BD Yale®, Brasil) y se reportó a las 12, 24, 48 y 72 h. Los estimadores de cinética de producción de gas se determinaron con el modelo Gompertz: $Y = A * \{ \exp [-b * \exp (-k * t)] \}$ donde Y = volumen de biogás en el tiempo t (mL g⁻¹ de MS), A = potencial de producción de biogás total cuando t=∞ (mL g⁻¹ de MS), k = tasa constante de producción de biogás del material potencialmente degradable (% h⁻¹), b = tiempo lag o eficiencia microbiana (h), t = tiempo de incubación (Lavrenčič et al., 1997). Los estimadores A, b y k se estimaron con un análisis de regresión no lineal, utilizando el procedimiento PROC GLM de SAS (2011). La producción de metano (CH₄) se midió con base en la metodología de Stolaroff et al. (2008) modificada por Torres-Salado et al. (2018). La producción de CH₄ se consideró como los mL desplazados de la solución NaOH (2N) a las 24, 48 y 72 h de incubación.

2.5.3. Características fermentativas

Posterior a las 72 h de incubación se determinó: pH del medio (Hanna® HI2211, Italia; calibración pH 7 y 4), degradaciones de la materia seca (DMS_{iv}), fibra detergente neutro (DFDN_{iv}), fibra detergente ácido (DFDA_{iv}) y proteína cruda (DPC_{iv}) por diferencia entre la cantidad inicial y el residuo después de la fermentación (Hernández-Morales et al., 2018).

2.6. Prueba *in situ*

En la prueba *in situ* se usó una vaca con un peso vivo de 350 ± 30 kg provista de una cánula ruminal permanente (4" Ø interno, Bar Diamond®, Parma, Idaho, USA). La vaca se alojó en una corraleta de 4 x 10 m y se ofreció 3% de su PV de alimento compuesto por 50% de un suplemento (24% de grano de maíz molido, 12% de pasta de soya, 2% de bicarbonato de sodio, 2% de mezcla mineral y 60% de ensilado de papaya) y 50% de heno de pasto pangola molido y el agua se ofreció *ad libitum*.

En bolsas de poli-seda (10 x 20 cm) a peso constante, se colocaron 5 g de MS del T1 o T2 con tamaño de partícula de 1 mm y se sellaron con cinchos de plástico (100 x 2.5 mm). Los tiempos de incubación en rumen fueron 2, 4, 8, 12, 20, 24, 32, 48, 64 y 72 h (3 repeticiones; Rosero & Posada, 2007). Para cada tiempo, antes de introducir las bolsas a rumen, se remojaron en agua a 39°C por 10 min; así mismo, se tomó una muestra de 20 mL de fluido ruminal para determinar pH, conteo de bacteria y protozoarios totales (Espinoza-Sánchez et al., 2020; Tabla 3). Las bolsas se sujetaron con cinchos a una cadena de hierro galvanizado (1.5 cm x 1 m); la cual se fijó al tapón de la cánula ruminal con un gancho de seguridad. La introducción de las bolsas al rumen fue inverso al tiempo de incubación para retirar las muestras simultáneamente a las 72 h de incubación. Al término de la incubación, las bolsas se enjuagaron con agua corriente fría hasta que el agua de enjuague fue clara (Peng et al., 2020).

Tabla 3 pH, conteo de bacterias y protozoarios en liquido ruminal durante los tiempos evaluados de digestibilidad *in situ*

Hora	pH	Bacterias (células mL ⁻¹)	Protozoarios (células mL ⁻¹)
2	7.11	3.50 x 10 ⁹	2.19 x 10 ⁵
4	7.02	4.35 x 10 ⁹	2.19 x 10 ⁵
8	7.26	3.45 x 10 ⁹	6.41 x 10 ⁵
12	7.05	3.85 x 10 ⁹	4.22 x 10 ⁵
20	7.17	6.65 x 10 ⁹	2.81 x 10 ⁵
24	7.55	4.00 x 10 ⁹	4.69 x 10 ⁴
32	6.86	3.95 x 10 ⁹	2.34 x 10 ⁵
48	6.52	3.25 x 10 ⁹	3.44 x 10 ⁵
64	7.07	4.15 x 10 ⁹	3.13 x 10 ⁵
72	7.07	4.15 x 10 ⁹	3.13 x 10 ⁵
Promedio	7.07	4.13 x 10 ⁹	3.03 x 10 ⁵

Las bolsas con los residuos se secaron a 55 °C por 72 h y se pesaron para estimar la digestibilidad de materia seca (DMS_{is}) por diferencia de peso. Los residuos de las bolsas de cada tratamiento y cada tiempo se agruparon para obtener una muestra compuesta. A las muestras compuestas se determinó PC, FDN y FDA. Las digestibilidades *in situ* de PC (DPC_{is}), FDN (DFDN_{is}) y FDA (DFDA_{is}) se determinaron como la diferencia en el peso del nutriente antes y después de la incubación ruminal (Peng et al., 2020).

2.6.1. Cinética de digestibilidad *in situ*

La cinética de digestibilidad *in situ* de MS, PC, FDN y FDA se estimó mediante un procedimiento de regresión no lineal, utilizando el procedimiento PROC NLIN de SAS (SAS Institute Inc, 2011) usando la ecuación descrita por (McDonald, 1981): $P = a + b [1 - e^{-c \cdot t}]$ donde: P = digestibilidad ruminal en el tiempo t (%); a = fracción digestible rápidamente soluble; b = la fracción lenta o potencialmente digestible; c = velocidad a la que b se digiere; t = tiempo (h) de incubación en el rumen. La fracción indigestible (k) se calculó con la ecuación $[100 - (a+b)]$. La digestibilidad efectiva (DE) de MS, PC, FDN y FDA se estimó utilizando la ecuación descrita por (Ørskov y McDonald, 1979): $ED = a + [(b \cdot c) / (c + kd)]$ donde: a, b, y c como se describen anteriormente y kd = tasa de salida ruminal fija a 0.05%.

2.7. Prueba *in vivo*

2.7.1. Animales.

Ocho becerros F1 (*Bos taurus-Bos indicus*) con un peso vivo promedio de 200 ± 20 Kg, se alojaron en corrales individuales de 2 x 4 m, provistos con sombra, comedero y bebedero. Antes de iniciar el experimento, se realizó un análisis coproparasitológico y con base en los resultados recibieron tratamiento profiláctico con L-Vermisol vitaminado (Aranda) con una dosis de 6.5 mg Kg⁻¹, Zuri-cox 5% (Aranda) dosis 15mg Kg⁻¹ y vitaminas ADE dosis de 10 mL (Adeler), además baño de aspersión con Bovitraz® (Bayer). El periodo de adaptación a las dietas

fue de 10 d, complementado su alimentación con heno de pasto pangola molido y agua *ad libitum*. La ración se ofreció dos veces al día, 75% de la ración a las 0800 y 25% a 1600 h. El experimento duro 80 d, el cual se dividió en 3 periodos (2 de 30 d y 1 de 20 d).

2.7.2. Consumo de los nutrientes

La medición del consumo diario fue del día 1 al 80 del experimento; se pesó la cantidad ofrecida y rechazada para determinar el consumo de materia seca (CMS). El CMS, análisis químico de los tratamientos y del rechazo se usaron para estimar el consumo de los nutrientes MO (CMO), FDN (CFDN), FDA (CFDA) y PC (CPC). La recolección de rechazo para cada animal y cada tratamiento fue 5 d antes de terminar cada periodo; las muestras se homogenizaron y se tomó una muestra compuesta para el análisis químico.

2.7.3. Ganancia diaria de peso (GDP)

En cada periodo, la GDP se determinó por la diferencia entre peso final y peso inicial, dividido entre los días de cada periodo. La GDP promedio del experimento se determinó mediante la estimación del coeficiente de regresión lineal, entre el peso de los becerros y el día de pesaje (Espinoza-Sánchez et al., 2020).

2.7.4. Digestibilidad aparente

Se recolectaron muestras de heces (30 g becerro⁻¹) por estimulación rectal durante los últimos 5 de cada periodo. Las muestras se deshidrataron a 55°C por 72 h y se molieron a un tamaño de 1 mm, y se determinó MO, PC, FDN, FDA, Ce y CIA. La digestibilidad aparente de los nutrientes (MS, MO, PC, FDN y FDA) se calculó usando CIA como marcador interno y las ecuaciones descritas por Van Keulen y Young (1977).

2.7.5. Características ruminales

A los 30, 60 y 80 d, dos horas después de ofrecer su porcentaje de ración a las 0800 h, se extrajeron 20 mL de fluido ruminal usando una sonda esofágica; el fluido ruminal se filtró con una capa doble de gasas e inmediatamente se midió temperatura (Termometro Lo-tox Azul De 76 mm Inmersion Brannan) y pH. La actividad enzimática celulasas se midió usando el método de azúcares reductores descrito por Miller (1959) modificado por Carbajal-Márquez et al. (2021). El conteo de bacterias totales fue usando el método descrito por Sánchez-Santillán et al. (2016) y protozoarios totales según Espinoza-Sánchez et al. (2020).

2.6.6. Análisis coproparasitoscópico

La carga parasitaria de nematodos y coccidias fue mediante el conteo de huevos y oocistas. La muestra de heces (50 g becerro⁻¹) se recolectó directamente del recto del animal con un guante de exploración durante tres días consecutivos (final de cada periodo) a las 0700 h. 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 oocistas se identificaron y cuantificaron mediante la técnica de Mc-Master descrita por Daş et al. (2020).

2.7. Entrevista a productores

La entrevista se aplicó a 28 productores de papaya y ganado en la localidad de José María Morelos, Huazolotitlan, Oaxaca, México durante junio y julio del 2021, para conocer la situación ganadera durante la época de estiaje, manejo de los desechos postcosecha de la papaya y aceptación de nuevas tecnologías para el aprovechamiento de estos residuos.

2.9. Análisis estadístico

In vitro e in situ

Las variables obtenidas en el ensayo *in vitro e in situ* se analizaron en un diseño completamente al azar. El modelo estadístico fue: $Y_{ij} = \mu + T_i + \xi_{ij}$; donde Y_{ij} = variable de respuesta, μ = media general, T_i = efecto del i -ésimo tratamiento, ξ_{ij} = error experimental. Los datos se analizaron con el procedimiento GLM de SAS® (SAS Institute Inc, 2011). Los valores promedio se compararon con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

In vivo

Las variables de consumo, digestibilidad aparente, GDP y características ruminales por periodo y GDP promedio se analizaron en un diseño completamente al azar. Los promedios de consumo, digestibilidad aparente y características ruminales se analizaron en un diseño completamente al azar con submuestreo. Para la comparación de medias se usó la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). La carga parasitaria para nematodos y coccidias se analizaron descriptivamente y se realizó una prueba de X^2 para comparar tratamientos.

3. Resultados

Producción de biogás prueba in vitro

El T2 produjo 15.7 y 6.2% mayor biogás que el T1 a las 12 y 24 h ($p < 0.05$). Las variables de producción de biogás a las 48 y 72 h, producción de metano a 24, 48 y 72 h, A , k , pH, DMS_{iv} , y DPC_{iv} no fueron diferentes entre tratamientos ($p > 0.05$). T2 mostró 20% más b que T1. Además, T2 presentó 1.4 y 2 veces más $DFDN_{iv}$ y $DFDA_{iv}$ que T1 ($p < 0.05$; Tabla 4).

Degradación in situ

La DMS_{is} de T2 fue 39.7 y 22.2% mayor que T1 a las 12 y 24 h ($p < 0.05$). La DMS_{is} a las 48 y 72 h no mostró diferencia entre tratamientos ($p > 0.05$). En los estimadores de la cinética de DMS_{is} , T2 presentó 103.1, 62.7, 28.5 y 28.5% mayor a , k , c y ED que T1, respectivamente ($p < 0.05$). En contraste, T1 mostró 48.2% más b que T2 ($p < 0.05$; Tabla 5). La DPC_{is} a las 12 y 48 h, así como b no mostraron diferencia entre tratamientos ($p > 0.05$). La DPC_{is} de T2 fue 2.1, 7.3, 99.4 y 4.8% mayor DPC_{is} a 24 h, DPC_{is} a 72 h, a y ED que T1 ($p < 0.05$). En contraste, T1 mostró 135.7 y 20% más k y c que T2 ($p < 0.05$; Tabla 5).

La $DFDN_{is}$ de T2 fue 83.9, 37.3, 66.1, 160.7, 250 y 30% más $DFDN_{is}$ a 12 h, $DFDN_{is}$ a 24 h, a , k , c y ED que T1, respectivamente ($p < 0.05$). T1 presentó 7.2, 8.2 y 90.8% mayor $DFDN_{is}$ de 48 h, $DFDN_{is}$ de 72 h y b que

T2 ($p < 0.05$; Tabla 5). La DFDA_{is} de T2 a las 12 y 24 h presentó 89.4 y 39.0% más que T1; en contraste, la DFDA_{is} de T1 a 48 y 72 h fue 20.2 y 11.9% mayor que T2 ($p < 0.05$). En los estimadores de la cinética de DFDA_{is}, T2 presentó 50.7, 91.2, 300.0 y 18.7% más que T1 para a , k , c y ED; mientras, que T1 para b fue 119.7% más que T2 ($p < 0.05$; Tabla 5).

Tabla 4 Variables de la prueba *in vitro* en dietas integrales para becerros de 200 kg usando 0 y 60 % de ensilado de papaya de desecho.

Variable	T1	T2	EEM
Biogás 12 h (mL g ⁻¹ MS)	122.9 b	142.2 a	3.18
Biogás 24 h (mL g ⁻¹ MS)	204.6 b	217.4 a	3.07
Biogás 48 h (mL g ⁻¹ MS)	262.3	268.2	3.20
Biogás 72 h (mL g ⁻¹ MS)	282.5	286.7	3.24
Metano 24 h (mL g ⁻¹ MS)	47.9	43.8	1.66
Metano 48 h (mL g ⁻¹ MS)	55.8	51.8	1.59
Metano 72h (mL g ⁻¹ MS)	60.5	57.3	1.57
A (mL g ⁻¹ MS)	273.5	274.0	3.11
k (h)	0.10 b	0.12 a	0.00
b (% h ⁻¹)	3.1	3.1	0.04
pH	6.4	6.5	0.02
DMS _{iv} (g Kg ⁻¹ MS)	689	713	08.9
DFDN _{iv} (g Kg ⁻¹ MS)	350 b	506 a	31.2
DFDA _{iv} (g Kg ⁻¹ MS)	203 b	426 a	43.9
DPC _{iv} (g Kg ⁻¹ MS)	772.3	794.8	07.0

^{a,b,c} Valores con distinta literal indican diferencias ($P < 0.05$).

EEM= error estándar de la media; T1= 0% de ensilado de papaya; T2= 60% de ensilado de papaya; A= potencial de producción de biogás total; k = tasa constante de producción de biogás del material potencialmente degradable; b = tiempo lag o eficiencia microbiana; pH= potencial de hidrógeno; DMS_{iv}= degradación de la materia seca; DFDN_{iv}= degradación de la fibra detergente neutro; DFDA_{iv}= degradación de la fibra detergente ácido.

Estimadores productivos de la prueba in vivo

En los estimadores productivos, para el periodo 1, el CMS, CMO, CFDN, CFDA, CPC y GDP no hubo diferencia entre tratamientos ($p > 0.05$), lo mismo para CMO en el periodo 3 ($p > 0.05$). En el periodo 2, T2 fue 83.3, 79.5, 100, 112.5, 100 y 85.7% mayor que T1 para CMS, CMO, CFDN, CFDA, CPC y GDP, respectivamente ($p < 0.05$). En el periodo 3, T2 mostró 72, 94, 112.5, 83 y 242.8% más CMS, CFDN, CFDA, CPC y GDP, respectivamente que T1 ($p < 0.05$). El promedio del estudio muestra que T2 fue 1.6, 1.7, 1.8, 1.8, 1.7 veces más que T1 para CMS, CFDN, CFDA, CPC y GDP, respectivamente ($p < 0.05$; Tabla 6).

Tabla 5 Digestibilidad de los nutrientes y cinética *in situ* en dietas integrales para becerros usando 0 y 60 % de ensilado de papaya de desecho.

Variable	T1	T2	EEM
<i>Materia seca</i>			
12 h (g Kg ⁻¹)	422.7 b	590.5 a	37.69
24 h (g Kg ⁻¹)	621.9 b	760.2 a	31.07
48 h (g Kg ⁻¹)	817.2	823.8	2.05
72 h (g Kg ⁻¹)	841.3	829.6	3.66
<i>a</i> (g Kg ⁻¹)	172.3 b	350.0 a	40.22
<i>b</i> (g Kg ⁻¹)	731.1 a	493.1 b	53.64
<i>k</i> (g Kg ⁻¹)	96.4 b	156.9 a	13.66
<i>c</i> (%)	0.03 b	0.06 a	0.006
ED (g Kg ⁻¹)	491.2 b	631.4 a	31.42
<i>Proteína cruda</i>			
12 h (g Kg ⁻¹)	512.4	533.6	6.00
24 h (g Kg ⁻¹)	760.4 b	776.7 a	4.34
48 h (g Kg ⁻¹)	904.6	908.8	1.19
72 h (g Kg ⁻¹)	873.9 b	938.3 a	14.52
<i>a</i> (g Kg ⁻¹)	73.2 b	146.0 a	16.82
<i>b</i> (g Kg ⁻¹)	831.0	813.0	6.2
<i>k</i> (g Kg ⁻¹)	95.7 a	40.6 b	12.45
<i>c</i> (%)	0.06 a	0.05 b	0.003
ED (g Kg ⁻¹)	550.3 b	576.9 a	6.31
<i>Fibra detergente neutro</i>			
12h (g Kg ⁻¹)	255.6 b	470.3 a	48.7
24h (g Kg ⁻¹)	422.2 b	579.7 a	35.58
48h (g Kg ⁻¹)	669.1 a	623.7 b	10.55
72h (g Kg ⁻¹)	704.0 a	650.4 b	12.92
<i>a</i> (g Kg ⁻¹)	168.5 b	280.0 a	25.25
<i>b</i> (g Kg ⁻¹)	695.0 a	364.1 b	74.63
<i>k</i> (g Kg ⁻¹)	136.5 b	355.9 a	49.98
<i>c</i> (%)	0.02 b	0.07 a	0.012
ED (g Kg ⁻¹)	381.3 b	495.9 a	25.63
<i>Fibra detergente ácido</i>			
12 h (g Kg ⁻¹)	229.2 b	434.3 a	46.68
24 h (g Kg ⁻¹)	359.5 b	499.9 a	31.93
48 h (g Kg ⁻¹)	605.7 a	503.6 b	23.14
72 h (g Kg ⁻¹)	640.5 a	572.1 b	16.39
<i>a</i> (g Kg ⁻¹)	179.8 b	271.9 a	21.88
<i>b</i> (g Kg ⁻¹)	576.5 a	262.3 b	71.55
<i>k</i> (g Kg ⁻¹)	243.6 b	465.8 a	50.66
<i>c</i> (%)	0.02 b	0.08 a	0.016
ED (g Kg ⁻¹)	368.7 b	437.8 a	15.87

a = fracción digestible rápidamente soluble; *b* = fracción lenta o potencialmente digestible; *k* = fracción indigestible; *c* = velocidad a la que *b* se digiere; ED = digestibilidad efectiva con una tasa de paso de 0.05% h⁻¹.

La digestibilidad aparente de los nutrientes en el periodo 1, 2, 3 y promedio del estudio para MS, MO, PC, FDN y FDA no fue diferente entre tratamientos ($p > 0.05$); a excepción de la DPC en el periodo 1, ya que T2 fue mayor a T1 ($p < 0.05$). La temperatura del fluido ruminal en el periodo 3 y promedio del estudio de los becerros que se alimentaron con T2 fue mayor a T1 ($p < 0.05$); mientras que la temperatura en los periodos 1 y 2, así como pH, [P], [B] y celulasas no mostraron diferencia entre tratamientos en los periodos evaluados y el promedio del estudio ($p > 0.05$; Tabla 6).

Tabla 6 Estimadores productivos, digestibilidad aparente de los nutrientes y características fermentativas en becerros alimentados con ensilado de papaya de desecho

Variable	T1	T2	EEM	T1	T2	EEM	T1	T2	EEM	T1	T2	EEM
	Periodo 1			Periodo 2			Periodo 3			Promedio		
Estimadores productivos												
CMS (Kg d ⁻¹)	4.6	6.0	0.1	4.8 b	8.8 a	0.2	5.0 b	8.6 a	0.2	4.8 b	7.7 a	0.1
CMO (Kg d ⁻¹)	4.3	5.4	0.1	4.4 b	7.9 a	0.1	4.6	7.7	0.2	4.4	6.9	0.1
CFDN (Kg d ⁻¹)	1.6	2.3	0.0	1.7 b	3.4 a	0.0	1.7 b	3.3 a	0.0	1.7 b	3.0 a	0.0
CFDA (Kg d ⁻¹)	0.8	1.2	0.0	0.8 b	1.7 a	0.0	0.8 b	1.7 a	0.0	0.8 b	1.5 a	0.0
CPC (Kg d ⁻¹)	0.5	0.8	0.0	0.6 b	1.2 a	0.0	0.6 b	1.1 a	0.0	0.6 b	1.1 a	0.0
GDP (Kg d ⁻¹)	0.6	0.9	0.1	0.9 b	1.3 a	0.1	1.0 b	1.7 a	0.2	0.8 b	1.3 a	0.1
Digestibilidad aparente de los nutrientes.												
DMS (g Kg ⁻¹ MS)	750.2	820.9	26.4	798.0	739.7	18.9	754.5	731.6	30.8	767.6	764.0	
DMO (g Kg ⁻¹ MS)	763.1	853.4	28.0	797.7	743.6	19.7	754.6	751.4	31.5	771.8	782.8	
DPC (g Kg ⁻¹ MS)	765.1 b	853.8 a	23.4	793.9	769.6	15.8	749.2	715.0	31.0	769.4	779.4	
DFDN (g Kg ⁻¹ MS)	592.6	722.4	40.6	720.0	691.5	17.1	718.9	643.8	37.1	677.2	689.7	
DFDA (g Kg ⁻¹ MS)	550.0	681.6	42.5	665.0	643.7	17.3	666.4	597.2	40.2	627.1	644.8	
Características ruminales												
pH	7.1	6.9	0.05	7.1	7.1	0.04	6.93	6.8	0.0	7.1	7.0	0.0
T (°C)	39.5	39.5	0.2	40.0	39.8	0.13	39.2 b	40.2 a	0.2	39.6 b	39.9 a	0.1
[P] (10 ⁵ Cel mL ⁻¹)	4.5	8.5	1.3	8.2	3.1	2.4	3.6	5.0	7.8	3.7	7.2	9.2
[B] (10 ⁹ Cel mL ⁻¹)	3.7	3.3	0.26	3.8 b	4.6 a	0.2	3.7	3.5	0.3	3.7	3.8	0.1
Celulasas (mU ml ⁻¹)	11.8	17.5	2.1	18.0	17.3	2.1	16.0	18.2	3.4	15.2	17.7	1.4

MS= Materia seca, MO= Materia orgánica, FDN= Fibra detergente neutro, FDA= Fibra detergente ácido, PC= Proteína cruda, GDP= Ganancia diaria de peso, DMS= Degradación de materia seca, DMO= Degradación de materia orgánica, DFDN= Degradación de fibra detergente neutro, DFDA= Degradación de fibra detergente ácido, PC= Degradación de proteína cruda, pH= Potencial de hidrógeno.

Prueba coproparasitológica

La prueba de X^2 para la carga parasitaria de nematodos y coccidias no mostró diferencia entre tratamientos ($p < 0.05$) en los periodos 1, 2, 3 y promedio del estudio. Además, los animales mantuvieron una carga parasitaria leve durante los tres periodos; se consideró como una carga leve a animales con 50 a 200 hpg, con carga moderada con >200 y <800 hpg, y con carga alta con >800 hpg de acuerdo con lo establecido por Hansen y Perry (1994) y Morales et al (2010). La media de la carga parasitaria de nematodos para el periodo 3 fue 1.6 veces más, comparada con el periodo 1 y 10.9 veces más comparada con el periodo 2. Las cargas parasitarias del periodo 3 para coccidias fueron 1.3 veces más que en el periodo 1 y 0.8 veces menos que en el periodo 2 (Tabla 7).

Tabla 7 Variables descriptivas de la carga parasitaria para nematodos y coccidias en becerros alimentados con una dieta integral que contenía 60% de ensilado de papaya de desecho.

	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Promedio
Nematodos (huevos g^{-1} heces)				
Media	29.2	4.2	45.8	26.4
Mediana	8.3	0.0	8.3	0.0
Desviación estándar	47.9	8.3	80.9	52.4
Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0
Máximo	100.0	16.7	166.7	166.7
N	4.0	4.0	4.0	12.0
Coccidias (ooquiste g^{-1} heces)				
Media	183.3	291.7	241.7	238.9
Mediana	166.7	258.3	266.7	166.7
Desviación estándar	85.0	197.4	170.8	150.6
Mínimo	100.0	100.0	16.7	16.7
Máximo	300.0	550.0	416.7	550.0
N	4.0	4.0	4.0	12.0

Resultados productivos y económicos de las unidades de producción encuestadas

La encuesta a los 28 productores mostró que 7% son mujeres y 93% hombres; de estos 7% son jóvenes (20-25 años), 71% adultos (30-59 años) y 21% adultos mayores (60-80 años). Además, 43% de los encuestados solo estudió la secundaria (Figura 1). Por otra parte, 25% son productores únicamente de papaya y 43% son productores de ganado (Figura 2).

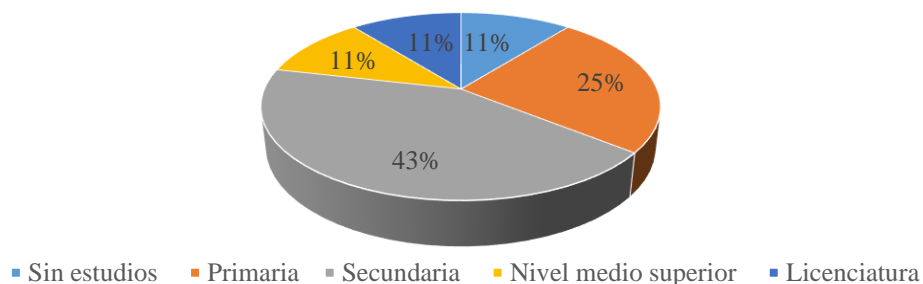


Figura 1 Nivel de escolaridad de productores de la localidad José María Morelos, Oaxaca

Fuente: elaboración propia con base en entrevistas a productores.

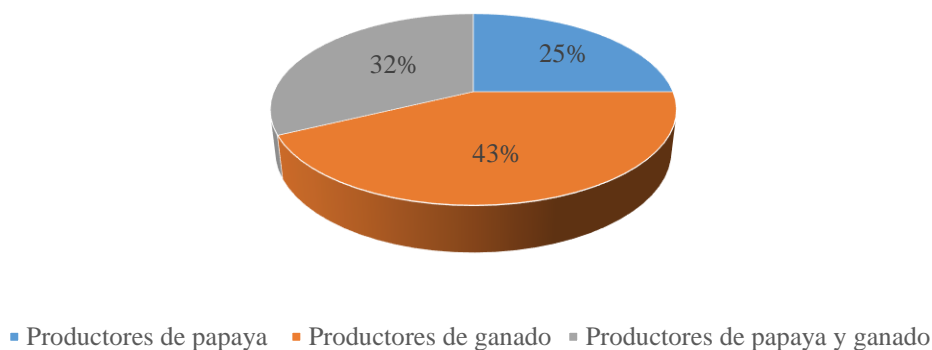


Figura 2 Actividad primaria de productores de la localidad José María Morelos, Oaxaca.

Fuente: elaboración propia con base en entrevistas a productores.

El periodo de siembra de la papaya comprende los meses de octubre a noviembre; la producción de este fruto es de mayo a junio. La extensión mínima que siembran los productores es de 1 hectárea y la máxima de 20 hectáreas, con un promedio de 3.7 hectáreas. La variedad Maradol es la más utilizada por los productores encuestados (81.25%), seguida por Maribel (12.5%) y Olmeca (6.25%). Es importante destacar, que cuando la papaya está en producción, la frecuencia de corte es de ocho días; por lo que la producción promedio en este periodo es de 6 t, con 4 t como mínimo y 14 t como máximo. El precio de venta es de aproximadamente \$7.00 (Tabla 8). La papaya se clasifica de primera y segunda calidad; por lo que 19% de los productores producen papaya de primera y 81% de segunda. Los principales estados de distribución son Estado de México, Monterey y Puebla.

Durante la producción de papaya, se tiene un desperdicio promedio 145 Kg t⁻¹ en cada corte, donde dependiendo de las condiciones climatológicas y manejo agronómico este volumen varía de 50 a 500 Kg t⁻¹. De modo que, todos los productores de papaya encuestados realizan manejo básico de los residuos postcosecha, que consiste

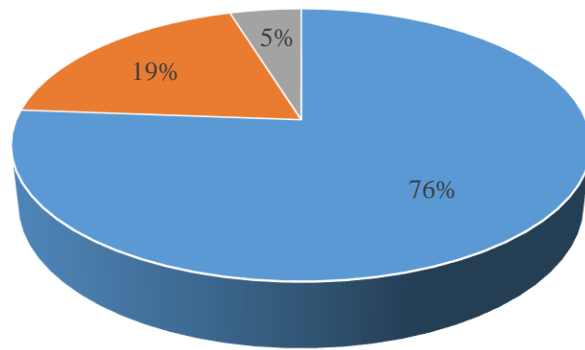
en recolectar y tirarlos fuera del área de cultivo, actualmente no aprovechan de alguna manera los residuos, lo que se expresa en pérdidas para la unidad de producción por aproximadamente \$1,013 por hectárea por corte de papaya. Por otra parte, los productores de ganado tienen de 18 a 80 cabezas de bovinos, promediando 41 cabezas por unidad de producción. El fin zootécnico predominante fue para carne 76% (Figura 3). La mayoría de estos productores en época de estiaje tienen la necesidad de complementar la alimentación de su ganado de alguna manera, es aquí donde se observa la oportunidad para la tecnología de ensilado con papaya de desecho.

Tabla 8 Producción, precio y desecho de papaya producida en la localidad de José María Morelos, Oaxaca

ID productor	Producción de papaya (t ha ⁻¹ corte ⁻¹)	Precio (\$ Kg ⁻¹)	Papaya de desecho (Kg ha ⁻¹ corte ⁻¹)	Perdidas (\$ ha ⁻¹ corte ⁻¹)
1	1	6	75	525
2	2	5	500	3500
3	3	7	50	350
4	4	7	100	700
5	4	7	167	1167
6	5	8	50	350
7	5	7	150	1050
8	5	9	50	350
9	5	7	100	700
10	7	6.5	200	1400
11	7	3.5	200	1400
12	8	7	80	560
13	9	6	100	700
14	10	7	60	420
15	11	7	333	2333
16	14	5	100	700
Promedio	6	7	145	1013

Fuente: elaboración propia con base en entrevistas a productores.

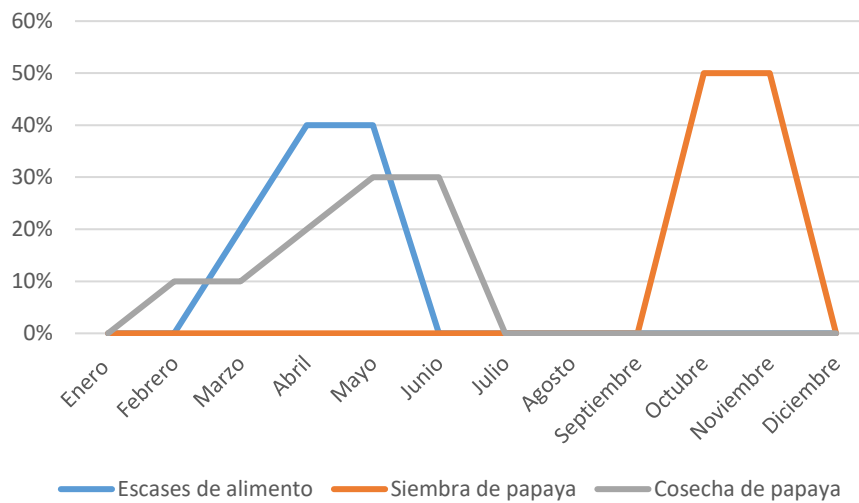
Los encuestados externaron que la principal necesidad es conocer alternativas de alimentación para el ganado; ya que 48% de estos tienen escasos de alimento en la temporada de sequía que comprende los meses de marzo a abril (Figura 4). Esto porque 60% de los productores utilizan el pastoreo como base de la alimentación de su ganado. Sin embargo, 40% realiza una suplementación con pasto o rastrojo de maíz, mientras que el 5% utiliza ensilados (Figura 5). Cabe resaltar, que todos los encuestados externaron su interés en conocer la elaboración de ensilados de papaya de desecho como una alternativa de alimentación para bovinos considerando el volumen de producción de papaya que tiene la localidad. En la Figura 4 se aprecia que existe compatibilidad de tiempos entre la oferta de desecho de papaya en el periodo de cosecha con la necesidad de alimento para el ganado.



■ Produccion carne ■ Doble proposito (carne y leche) ■ Pie de cria

Figura 3 Fin zootécnico de las unidades de producción en la localidad de José María Morelos, Oaxaca.

Fuente: elaboración propia con base en entrevistas a productores.



— Escases de alimento — Siembra de papaya — Cosecha de papaya

Figura 4 Estacionalidad de la siembra, cosecha de papaya y escases de alimento para el ganado bovino en la localidad de José María Morelos, Oaxaca.

Fuente: elaboración propia con base en entrevistas a productores.

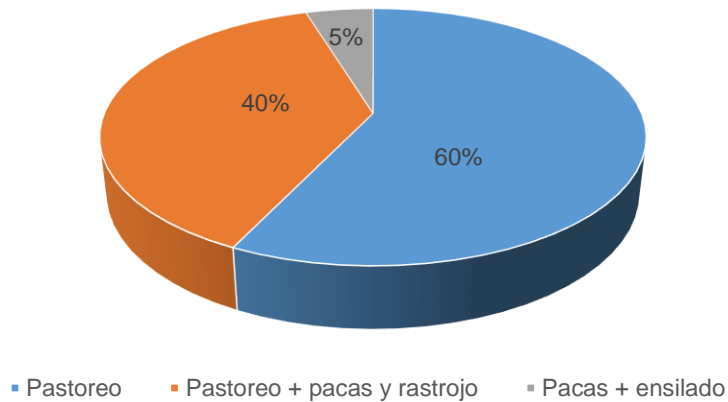


Figura 5 Tipo de alimentación del ganado en la localidad de José María Morelos, Oaxaca.

Fuente: elaboración propia con base en entrevistas a productores.

El precio del ensilado de papaya de desecho en promedio para esta localidad es de \$3.02 por Kg considerando que todos los costos son variables, por lo que se considera viable la elaboración de ensilados para pequeños productores, además de que con la implementación de la tecnología el 32% de los productores (que son productores de papaya y ganado) aprovecharían sus desechos de papaya. La tabla 9 muestra los costos variables para la producción de una tonelada de ensilado de papaya, en la última columna puede observarse la proporción de cada uno de los costos respecto al costo total. Cabe señalar que todos los insumos están disponibles y son accesibles para los productores de la región.

Tabla 9 Costos variables para la producción de seis toneladas de ensilado de papaya en la localidad de José María Morelos, Oaxaca.

Insumo	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total	Costo por kg de silo	Proporción respecto al costo total
Pacas de pasto pangola	Paca	63	50	3150	0.52	17.38
Renta del tractor para moler paca	por pieza	63	25	1575	0.26	8.69
Mano de obra para moler la paca	jornal	4	200	800	0.13	4.41
Melaza	garrafa de 30 kg	6	320	1920	0.32	10.59
Papaya de desecho	Kg	6000	0	0	0.00	0.00
Renta de la camioneta para mover la papaya 6 toneladas	día	1	3000	3000	0.50	16.55
Mano de obra recolección de la papaya	jornal	6	200	1200	0.20	6.62
Renta del molino	día	1	500	500	0.08	2.76
Gasolina molino	litros	8	23	184	0.03	1.02
Máquina para hacer la trinchera	hora	1	500	500	0.08	2.76
Plástico para cubrir el silo	metros	10	120	1200	0.20	6.62
Renta de la revolvedora	día	1	500	500	0.08	2.76
Gasolina para la revolvedora	litros	13	23	299	0.05	1.65
Mano de obra para elaborar el ensilado.	jornal	9	200	1800	0.30	9.93
Comida para los trabajadores		1	1000	1000	0.16	5.52
Renta de terreno		1	500	500	0.08	2.76
				18128	3.02	100.00

Fuente: Elaboración propia.

4. Discusión

4.1. *In vitro*

El valor nutritivo de las dietas del presente estudio, está determinado por las concentraciones de sus componentes químicos, velocidad y grado de digestión (Getachew et al., 2004). Por lo que, el ensayo *in vitro* permitió medir la degradación del sustrato y los productos de la fermentación (acético, propiónico, butírico, CO₂ y CH₄) (Beuvink y Spoelstra, 1992; Blümmel et al., 1997). La producción de biogás se produce directamente de la degradación microbiana de las dietas, e indirectamente de la amortiguación de los AGV generados como resultados de la fermentación (Getachew et al., 2004). La producción de biogás de T1 se puede asumir a que contenía 104% más maíz que T2 (Tabla 2); ya que, los productos de fermentación del almidón del maíz produjeron más propionato. Este ácido graso propicia solo una producción indirecta de biogás que se reflejó en la producción total de biogás de este tratamiento (Beuvink & Spoelstra, 1992; Tabla 4). La diferencia en la producción de biogás durante las primeras 24 h, se asume a la mayor cantidad de almidón que contenía el T1, ya que es un carbohidrato fácilmente fermentable a propionato (Chengxing et al., 2022).

Los tratamientos no mostraron diferencias en la producción de CH₄ en los tiempos medidos (Tabla 4), indicando que el origen y fermentación de los carbohidratos es similar; ya que estos factores influyen en su producción (Seon-Ho et al., 2018). Esto porque el CH₄ se produce como un subproducto de la fermentación ruminal, donde los metanógenos utilizan H₂ para obtener ATP al reducir CO₂ a CH₄ (Ellis et al., 2020). Cabe destacar, el CH₄ a las 72 h representa 21.3% del total de biogás, valor superior a lo mencionado por Beuvink & Spoelstra (1992); quienes indicaron que el CH₄ representa entre 10 y 15% del total de gas producido. Valores similares en producción de gas (260 mL⁻¹ g MS) e inferiores de CH₄ (41.5 mL⁻¹ g MS) se reportaron en una dieta que contenía 43% de ensilado de maíz, 2.3% heno de alfalfa, 22.8% grano de maíz, 17.1% grano de cebada y 11.9% de pasta de soya fermentada por 48 h (Seon-Ho et al., 2018). Las diferencias en la producción de CH₄ entre autores se asumen a la composición de nutrientes e ingredientes que componen la dieta (Seon-Ho et al., 2018).

El uso de estimadores de la fermentación de gas *in vitro* a partir de modelos matemáticos se utiliza regularmente para describir procesos biológicos. El modelo desarrollado por Benjamín Gompertz en 1825 sirve para describir el crecimiento poblacional de microorganismos (Silva et al., 2021). Los estimadores *A* y *b* no mostraron diferencias entre tratamientos (Tabla 4) indicando que los ingredientes y fermentación de los carbohidratos no interfirieron en el potencial de producción de biogás y el tiempo que toma a los microorganismos adherirse al sustrato (Getachew, et al., 2004). Sin embargo, T2 mostró mayor *k*, indicando que se afectó la tasa de producción de biogás sin afectar el volumen final (Getachew et al., 2004). da Silva Zornitta et al. (2021) reportaron valores inferiores para *A* (120.8 mL g⁻¹MS); así como valores superiores para *b* (4.40 % h⁻¹) y *k* (0.81 h) en ensilados de maíz con *Bacillus toyonensis* y *Saccharomyces cerevisiae*. Los tratamientos no mostraron cambios en pH del medio de cultivo; ya que se utilizó carbonato de sodio como amortiguador, lo que propició que el pH se mantuviera dentro del rango 5.8 a 6.8 (Broudiscou et al., 2014), el cual no interfiere con el crecimiento microbiano.

Los valores de degradación *in vitro* de MS, FDN, FDA y PC (Tabla 4) en el presente estudio se puede asumir como estimador real de la digestibilidad de las dietas cuando se ofrezcan al becerro (Van Soest, 1994). Los tratamientos no mostraron diferencias en la DMS y DPC (Tabla 4) porque su composición no afecta su degradación cuando se sometieron a una fermentación anaerobia con microorganismos ruminales. Además, indican que tienen la misma disponibilidad de PC para cubrir los requerimientos de N₂ de los microorganismos ruminales. La mayor DFDN y DFDA del T2 se asume a que el T1 contiene 35% de heno de pasto pangola y el T2 sólo 15% del heno y contiene el ensilado de papaya (Tabla 2); además, este proviene de una hidratación y una fermentación láctica previa de al menos 21 d. Los valores de DFDN y DFDA (Tabla 4) se deben a que en el presente estudio se usó como fuente de fibra heno de pasto pangola con más de 150 d de rebrote, mismo que se caracterizó por su estado de madurez, ya que conforme maduró el pasto, desarrollo tejido de xilema para el transporte de agua, acumuló celulosa y ambos presentaron un proceso de lignificación, combinado con el cambio fisiológico de la pared celular (Hoffman et al., 2007). Valores similares a T2 reportaron Valenzuela-Rodríguez et al. (2021) para DMS_{iv} (682 g Kg⁻¹ MS) con una mezcla alimenticia balanceada (6% de cascarilla de soya, 16% de granos secos de destilería, 6% de melaza de caña de azúcar, 20% de maíz enrollado, 17.5% de maíz molido, 3.5% de mezcla mineral, 4% de semilla de algodón, 5.8% de pasta de soya, 11.2% de sorgo molido, 4% de harina de semilla de algodón y 6% de salvado de trigo). Además, Lopes et al. (2015) publicaron valores inferiores para DFDN_{iv} (460 g Kg⁻¹ MS) en una dieta para vacas lecheras en lactación (35.6% ensilado de maíz, 28.6% ensilaje de alfalfa, 20% grano de maíz molido, 3.7% semilla de algodón entero, 0.9 grano seco de destilería, 7.8 pasta de ajonjolí, 0.9 harina de sangre y 2.5% vitaminas y minerales) respecto a T2 (Tabla 4).

4.2. *In situ*

La DMS_{is} promedio 835.4 g Kg⁻¹ MS (Tabla 5), valores 19.7% mayores al promedio de la DMS_{iv} (701 g Kg⁻¹ MS; Tabla 4). En el caso de T2, la DFDN_{is}, DFDA_{is}, DPC_{is} (Tabla 5) fue 28, 34 y 18% mayor DFDN_{iv}, DFDA_{iv} y DPC_{iv} (Tabla 4). Esta comparación permite predecir la relación entre la técnica de producción de gas *in vitro* y la digestibilidad *in situ* y su potencial para producir su valor de digestión en ensayos *in vivo* (Paya et al., 2012). Cabe destacar, las diferencias entre las degradaciones de las técnicas *in vitro* e *in situ* se pueden asumir al tamaño de partícula usado en la prueba *in situ*; ya que muestras finamente molidas sobreestima los valores porque hay partículas insolubles que se pierden entre los poros de las bolsas (Peyrat et al., 2014), contenido ruminal del animal usado para la incubación de las muestras, composición de la dieta que recibieron los animales donadores, entre otros (Weimer, 2015).

La medición de la digestibilidad *in situ* permite evaluar la digestibilidad ruminal del nitrógeno (N) (Peyrat et al., 2014) y fibras detergentes; ya que permite estimar tasa de desaparición y la digestibilidad potencial de los alimentos y sus componentes (Paya et al., 2012). En la DMS_{is}, T2 presentó mayor fracción no digestible (*k*) y fracción soluble (*a*) que T1, aunque la fracción potencialmente digestible fue mayor en T1, su tasa de digestión (*c*) fue menor; lo que se reflejó en una mayor ED con una tasa de pasaje ruminal de 0.05. La cinética de digestibilidad de la MS coincide con los valores de DMS_{is} a diferentes tiempos (Tabla 5); ya que en las primeras 24 h hay mayor DMS_{is} de T2 porque contiene mayor fracción *a* que T1. Además, a las 48 h se alcanza la

digestibilidad de la fracción *b* entre tratamientos, ya que no presentan diferencias, como consecuencia de las diferencias en *b* y *c*. Esto indica que, aunque los valores de DMSis a las 72 no presentó diferencias, la ED en T2 será mejor cuando sea ofrecida al animal. Mir & Mir (1994) reportaron DMSis a 72h incubación en rumen de 709.5 g Kg⁻¹ MS en una dieta que contenía 75% de ensilado de alfalfa, 24% de grano rolado de cebada y 1% de mezcla mineral; así como 706.5 g Kg⁻¹ MS en dietas con 94% de ensilado de maíz, 4% de pasta de soya y 2% de mezcla mineral; ambos valores inferiores a lo reportado por T2 del presente estudio. Silva et al. (2020) reportaron valores de *a* (252 g Kg⁻¹ MS), *b* (717 g Kg⁻¹ MS) y *c* (0.09% h⁻¹) para la cinética de DMSis de una dieta que contenía 28% de ensilado de maíz y 72% de maíz seco molido; valor de *a* mayor y valores de *b* y *c* menores a lo reportado por T2 del presente estudio.

La cinética de digestibilidad de la PC indica que T2 presentó mayor fracción *a*, mismo que se reflejó en la DPCis a las 24 h (Tabla 5). Sin embargo, su tasa de digestibilidad (*c*) fue menor a T1, pero sin diferencias en las fracciones *b*; por lo que la ED en T2 fue mayor que en T1. La mayor fracción de *k* se pudiera interpretar como una mayor tasa de pasaje ruminal de la PC, aumentando probablemente la PC no degradada en rumen. Mir & Mir (1994) reportaron DPCis 773 g Kg⁻¹ MS en una dieta que contenía ensilado de alfalfa y 773.5 g Kg⁻¹ MS DPCis en una dieta con ensilado de maíz; ambos valores inferiores a lo reportado por T2 del presente estudio. Así mismo, Mir & Mir (1994) reportaron para la DPCis valores de *a* (618 g Kg⁻¹ MS), *b* (235 g Kg⁻¹ MS) y *c* (10.9% h⁻¹) para una dieta con ensilado de alfalfa; además 636.5 g Kg⁻¹ MS para *a*, 282 g Kg⁻¹ MS para *b* y 3.1% h⁻¹ para *c* en una dieta con ensilado de maíz; en ambas dietas valores mayores en *a* y *c* y menores en *b* a lo reportado por T2 del presente estudio.

La cinética de digestibilidad de la FDN indica que T2 mostró mayor fracción *a* que T1, que se relaciona con la mayor DFDNis a las 12 y 24 h. Sin embargo, T1 presentó 1.9 veces más fracción *b* que T2, aunque su tasa de digestibilidad fue 3.5 veces más lenta que en T2, T1 mostró una mayor DFDNis a las 48 y 72 h; lo que dio como resultado que T2 mostrara mayor fracción indigestible ($p < 0.05$; Tabla 5). Cabe destacar, la DFDAis y su cinética presentaron el mismo comportamiento entre tratamientos que la DFDNis (Tabla 5). Este comportamiento se puede asumir a la cantidad de fibra disponible en cada tratamiento, ya que T1 contuvo mayor cantidad de heno de pasto pangola, lo que propicio mayor fracción *b*; mientras que la fuente de fibra que contenía T2 provino de la fuente de fibra usada como absorbedor de humedad en la elaboración del silo, por lo que dicha fibra estaba hidratada y provenía al menos de una fermentación láctica de 21d, lo que se reflejó en una mayor fracción *a* y mayor tasa de digestibilidad de la fracción *b* (Nousiainen et al., 2009); ya que la composición química de este forraje presentó cambios cuando se ensilo junto a la papaya de desecho (Silva et al, 2016). Las diferencias entre los tratamientos (Tabla 5) en la digestibilidad *in situ* de los nutrientes se debió a las propiedades intrínsecas de la estructura intermolecular e intramolecular de los ingredientes (Nousiainen et al., 2009). Hassan et al. (2011) reportaron DFDNis a 96 h de incubación en rumen de 414.4 g Kg⁻¹ MS en una dieta que contenía 30% de paja de trigo, 20% pasta de canola, 21% pulido de arroz, 21% de melaza, 7% de salvado de trigo, 0.5% de fosfato dicálcico y 0.5% de urea; valor inferior a los reportados por el T2 en el presente estudio. Mir & Mir 1994 reportaron valores de *a* (-172 g Kg⁻¹ MS), *b* (850 g Kg⁻¹ MS) y *c* (2.6 % h⁻¹) para la

cinética de DFDN_{is} de una dieta que contenía ensilado de maíz; valores mayores para *a* y *c* y menores en *b* a lo reportado por T2 del presente estudio.

4.3. *In vivo*

El objetivo fue determinar el efecto de incluir 60% de un ensilado no convencional de papaya de desecho; γ donde su calidad y aporte de nutrientes era importante al momento de ofrecerse a los animales. Dado que se usó pasto pangola como absorbedor de humedad, se evitó que el consumo de MS fuera insuficiente por la cantidad de humedad de la papaya de desecho y que se alterará el patrón de fermentación (Bueno et al., 2020); además, se evitó que durante el proceso de ensilaje se tuvieran altas concentraciones N₂ soluble y N-NH₃ como resultado de la actividad proteolítica de clostridios, que se reflejaría en una disminución de consumo (Kung et al., 2018).

El consumo de nutrientes es determinante para atender los requerimientos de mantenimiento y producción animal (Silva et al., 2016). No hubo diferencias en el consumo de los nutrientes en el primer periodo, como consecuencia de que los animales se terminaron de adaptar al manejo en corral individual y al tipo de dieta que se les ofreció, ya que a partir del segundo periodo el consumo de nutrientes fue mayor para T2, a excepción de la MO, ya que en el tercer periodo y considerando los 80 d que duró el trabajo no presentó diferencias el consumo de MO entre tratamientos (Tabla 6). El menor consumo de T1 se puede asociar al contenido de FDN (Tabla 2); ya que contenidos de 44% afecta negativamente el consumo (Refat y Yu, 2016). Además, el mayor consumo de nutrientes de T2 se asocia por mecanismos psicógenos, fisiológicos o físicos (Silva et al., 2016); ya que los becerros desarrollaron una interacción dinámica entre el sabor y una retroalimentación (post-ingestive feedback; calibración entre el sabor y su uso homeostático) determinada por el estado fisiológico de los becerros y la composición química de los tratamientos (Tabla 2; Purwin et al., 2021; Villalba et al., 2010). Además, los becerros pudieron usar su gusto, olfato y vista para consumir más T2 que T1 (Villalba et al., 2010), ya que la presentación de T2 era de un alimento húmedo, con olor azucarado agradable, mientras T1 era un alimento seco. Gorocica-Buenfil & Loerch (2005) reportaron en una dieta que contenía 80% de maíz entero sin cascara, 9.47% de pasta de soya, 8% de heno, 1.08% caliza, 0.46% de urea, 0.46% de grasa animal o vegetal, 0.45% de sal mineral, 0.05% selenio, 0.01% rumensina, 0.01% vitamina A, 0.01% vitamina D, valores inferiores de CMS (6.7 Kg d⁻¹), CMO (6.4 Kg d⁻¹), CFDN (1.0 Kg d⁻¹), CFDA (0.3 Kg d⁻¹) y CPC (1.0 Kg d⁻¹) a T2 del presente estudio en becerros mestizos de carne con un peso promedio de 365 Kg; Hassan et al. (2011) publicaron CMS (6.0 Kg d⁻¹), CMO (4.78 Kg d⁻¹), CFDN (2.40 Kg d⁻¹), CFDA (1.26 Kg d⁻¹) y CPC (0.96 Kg d⁻¹) de toros búfalos Nili-Ravi de 350±30 Kg de peso, alimentados con una dieta que contenía 30% de paja de trigo, 20% pasta de canola, 21% pulido de arroz, 21% de melaza, 7% de salvado de trigo, 0.5% de fosfato dicálcico y 0.5% de urea; valores inferiores a T2 del presente estudio.

El consumo voluntario es un factor que influye en el rendimiento de ganancia de peso (Riaz et al., 2014); ya que del 60 a 90% de la respuesta productiva es consecuencia del consumo (-Silva et al., 2016). De modo que

los niveles de consumo del presente estudio se vieron reflejados en la ganancia diaria de peso de los becerros, dado que las digestibilidades aparentes de los nutrientes en los tratamientos no mostraron diferencias (Tabla 6). Por lo que los factores que afectaron el consumo de los nutrientes se reflejaron en la GDP de los becerros. Los becerros del experimento en el primer periodo no presentaron diferencias en la GDP porque los animales se adaptaban a las condiciones de estabulación y ambientales, por lo que sus requerimientos de mantenimiento fisiológico eran iguales y no se afectó la respuesta productiva (Villalba et al., 2010). Sin embargo, los becerros alimentados con T2 comenzaron a desarrollarse fisiológicamente, ya que ganaban 300 g más que los becerros del T1, por lo que sus requerimientos de mantenimiento disminuyeron y comenzaron a tener una mejor repuesta productiva (Villalba et al., 2010); ya que en el segundo periodo, los becerros que consumieron T2 ganaron 400 g más que T1 y en el tercer periodo ganaron 700 g más (Tabla 6). Al determinar la GDP considerando los 80 d del experimento, se observó mejor GDP de los animales que se alimentaron con T2, pero la diferencia fue de 500 g. Modzelewska-Kapituła et al. (2021) publicaron GDP de 1.3 Kg en toros jóvenes de 16 y 17 meses de la raza Holstein friesian alimentados con una dieta que contenía 60% de ensilados de hierbas, 28% de triticale en grano, 9% de harina de colza y 3% de una premezcla mineral; valor similar a T2 del presente estudio. Keith et al. (1981) reportaron GDP de 0.820 Kg en novillos Hereford de 242 Kg alimentados con una dieta de 100% de ensilado de maíz y GDP de 1.01 Kg cuando se alimentaron con base en ensilado de maíz y 2% de su peso vivo como suplemento con grano de maíz; valores inferiores a T2 del presente estudio.

Silva et al. (2016) mencionan que el proceso de ensilaje afecta su digestibilidad, por lo que los resultados de digestibilidad de T2 vs T1 en la prueba *in vitro* (Tabla 4), *in situ* (Tabla 5) e *in vivo* (Tabla 6) indican que no hubo problemas en el proceso del ensilaje de la papaya de desecho usando el pasto pangola como absorbedor de humedad y su inclusión como ingrediente en la dieta integral para becerros. Así, la digestibilidad de MS en T2 de la prueba *in vivo* (Tabla 6) fue 65.6 g Kg⁻¹ MS menor que DMS_{is} (Tabla 5); mientras, DMS_{iv} fue 51 g Kg⁻¹ MS (Tabla 4) menor que DMS. Además, T2 vs T1 no mostraron diferencias en los tres ensayos. La DPC de T2 (Tabla 6) fue 158.9 y 15.4 g Kg⁻¹ MS menor a DPC_{is} (Tabla 5) y DPC_{iv} (Tabla 4). En el ensayo *in vivo* la DFDN de T2 (Tabla 6) fue 183.7 y 39.7 g Kg⁻¹ mayor al ensayo *in vitro* (Tabla 4) e *in situ* (Tabla 5). Estos valores indican, que la digestibilidad *in vitro* o *in situ* a las 72 h puede usarse como una referencia indirecta de su digestibilidad cuando se ofrezca al animal. Wahyudi et al. (2021) reportaron valores de 629.8 g Kg⁻¹ MS para DMS y 739.2 g Kg⁻¹ MS para DMO en terneros machos de raza Holstein Friesian alimentados con una dieta que contenía 27.3% salvado de trigo, 26% salvado de arroz, 9.7% harina de copra, 1.63% melaza, 0.33% mezcla mineral y 35% de planta de maíz entera; valores inferiores a DMS y DMO de T2 del presente estudio (Tabla 6). Mazzenga et al. (2009) publicaron valores similares a T2 para DMS (763 g Kg⁻¹ MS), DMO (776 g Kg⁻¹ MS), DPC (722 g Kg⁻¹ MS), DFDN (664 g Kg⁻¹ MS) y DFDA (674 g Kg⁻¹ MS) de una dieta (53.2% ensilado de maíz, 12.7% pulpa de remolacha seca, 11.8% harina de soya, 18.9% harina de maíz, 3.5% salvado de trigo y 0.1% premezcla de minerales y vitaminas) ofrecida a toros Simmental italianos. Estas comparaciones mostraron que la digestibilidad aparente de los nutrientes de una dieta que contiene 60% de ensilado de papaya de desecho son similares a dietas que contienen ensilado de maíz o ingredientes que regularmente se usan en la

engorda de bovinos, por lo que se puede usar como una alternativa no convencional en la alimentación de becerros en el trópico.

El ecosistema del rumen está conformado por arqueas (10^{8-9}), bacterias (10^{10-11}), protozoarios (10^{5-6}), hongos (10^{3-4}) y virus (10^{7-10}) que interactúan entre sí para alterar el ambiente ruminal y los sustratos disponibles para el huésped (Abdukarim y Sali, 2019; Newbold y Ramos-Morales, 2020; Lobo y Faciola, 2021). Además, de parámetros físico-químicos como pH, concentración de ácidos grasos volátiles (AGV), amoníaco y otros (Lobo y Faciola, 2021). Lo anterior en conjunto permitió a los becerros utilizar los ingredientes lignocelulósicos y convertir nitrógeno no proteico en proteína microbiana que aportó energía y aminoácidos (Newbold y Ramos-Morales, 2020). Por lo que fue importante establecer las características ruminales en el presente estudio (Tabla 6); aunque sólo se realizó un conteo total de bacterias y protozoarios, esto mostró que los tratamientos evaluados se mantenían dentro de las poblaciones reportadas en la literatura (Abdukarim y Sali, 2019; Newbold y Ramos-Morales, 2020). Los valores de pH fueron cercanos a neutro (Tabla 6), valores similares a lo reportado en la literatura; mientras la temperatura se encontró dentro del rango de 38 a 41 °C (Kumar et al., 2015). Esto es importante, ya que la dieta es un factor que influye en el microbioma ruminal y la fermentación (Newbold & Ramos-Morales, 2020; Lobo & Faciola, 2021), por lo que el uso de 60% de ensilado de papaya de desecho no afectó el ambiente ruminal, se puede usar como un ingrediente en la alimentación de bovinos. Mazzenga et al. (2009) reportaron valores inferiores de pH al presente estudio; ya que publicaron valores de 6.50 para pH en líquido ruminal tomado de becerros Simmental italianos alimentados con una dieta que contenía 53.2% de ensilado de maíz. Carbajal-Márquez et al. (2021) reportaron pH de 6.87, conteo de protozoarios totales de 3.32×10^5 cel mL⁻¹, bacterias totales de 4.21×10^9 cel mL⁻¹, celulasas de 15.63 mU mL⁻¹ en líquido ruminal extraído de becerros Suizos-cebú de 11 meses de edad alimentados con base en pasto mulato II suplementados con 1% de su peso vivo (28% pasta de soya, 4% urea, 7% maíz molido, 5% sal mineral; 56% de pasto mulato II); valores similares para pH, bacterias y celulasas, pero inferiores para protozoarios a los presentados por T2 en el presente estudio.

Estudios previos demuestran la eficacia antihelmíntica de extractos o semillas de papaya contra nematodos gastrointestinales (NGI) en ovinos y bovinos (Ameen et al. 2010; Kumar et al., 2014), así como efecto antihelmíntico de extractos de semilla de papaya para el control de *Ascaridia galli* en aves de corral (Sen et al. 2020), capacidad antihelmíntica para *Caenorhabditis elegans* en condiciones *in vitro* (García et al. 2019) y extractos de papaya son efectivos para matar los nematodos gastrointestinales (Steppek et al. 2006). Este efecto antihelmíntico se atribuye a compuestos en la papaya como la carpaína y carpasemina o cisteína proteasas o isotiocianato de bencilo. Basado en cuantificación cromatográfica de estos compuestos y pruebas antihelmínticas, el isotiocianato de bencilo fue reportado como la principal fuente de actividad antihelmíntica en las semillas de papaya (Kermanshai et al. 2001; Gunde & Amnerkar, 2016). Sin embargo, la carga parasitaria de nematodos y coccidias no mostró diferencias entre tratamientos, y durante los tres periodos mantuvieron una carga parasitaria leve según los niveles de infección establecidos por Hansen & Perry (1994) y Morales et al.

(2010). Esto quiere decir que no hubo reinfecciones. Para que las infecciones por nematodos gastrointestinales ocurran se requiere que los huevos expulsados en las heces de un animal infectado maduren en el medio ambiente hasta la conversión a larvas infectivas, ciclo que dependiendo de las condiciones climatológicas dura aproximadamente 7 días, después estas larvas deben ser consumidas por el mismo o un nuevo hospedador durante su alimentación (Craig, 2018; Charlier et al. 2020). En los animales estabulados probablemente debido a remoción constante de las heces y a que el animal consume su comida y de un comedero y no del suelo, el ciclo de los parásitos se rompe y por lo tanto no hay reinfecciones, esto provocaría que las cargas parasitarias se mantengan o incluso disminuyan tal como se ha observado en otros estudios (Fazzio et al. 2014; Corona-Palazuelos et al. 2016)

5. Conclusiones

Los resultados obtenidos de la técnica *in vitro*, *in situ* e *in vivo* indican que la dieta con un 60% de ensilado de papaya de desecho tiene mejores resultados en comparación con una dieta integral. Por lo que el ensilado de papaya de desecho es una alternativa de alimentación no convencional para becerros destetados en la región costa chica del estado de Guerrero y Oaxaca, con viabilidad por el bajo costo y el aprovechamiento de la papaya de desecho en la región.

6. Referencias

- Abdukarim YH, Sali K (2019) Factors affecting rumen microbial protein synthesis: a review. *Vet Med Open J* 4:27–35. <https://doi.org/10.17140/VMOJ-4-133>
- Aguilera A, Pérez-Gil F, Grande D, et al (1997) Digestibility and fermentative characteristics of mango, lemon and corn stover silages with or without addition of molasses and urea. *Small Ruminant Research* 26:87–91. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(96\)01001-2](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(96)01001-2)
- Ameen SA, Adedeji OS, Ojedapo LO, et al (2010) Anthelmintic Potency of Pawpaw (*Carica papaya*) Seeds in West African Dwarf (WAD) Sheep. 6
- AOAC (2005) Official methods of analysis, 18th edn. Association of Official Analytical Chemist, Arlington, VA, USA
- Ash AJ, Elliott R (1991) Tropical crop and crop by-product additives can improve the quality of taro leaf (*Colocasia esculenta*) silage. *The Journal of Agricultural Science* 117:233–239. <https://doi.org/10.1017/S0021859600065333>
- Beuvink JMW, Spoelstra SF (1992) Interactions between substrate, fermentation end-products, buffering systems and gas production upon fermentation of different carbohydrates by mixed rumen microorganisms *in vitro*. *Appl Microbiol Biotechnol* 37:505–509. <https://doi.org/10.1007/BF00180978>
- Blümmel M, Makkar HPS, Becker K (1997) *In vitro* gas production: a technique revisited. *Journal Animal Physiology and Animal Nutrition* 77:24–34

-
- Briones MA, Salazar RI, Suárez V, et al (2020) Prevalencia y carga parasitaria mensual de nematodos gastrointestinales y *Fasciola hepatica* en bovinos lecheros de dos distritos del Valle del Mantaro, Junín, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 31:e17819. <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i2.17819>
- Broudiscou LP, Offner A, Sauvant D (2014) Effects of inoculum source, pH, redox potential and headspace dihydrogen on rumen in vitro fermentation yields. *Animal* 8:931–937. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000640>
- Bueno AVI, Lazzari G, Jobim CC, Daniel JLP (2020) Ensiling total mixed ration for ruminants: a review. *Agronomy* 10:879. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060879>
- Carbajal-Márquez U, Sánchez-Santillán P, Rojas-García AR, et al (2021) Effect of parota (*Enterolobium cyclocarpum*) pod protein supplement on feed intake and digestibility and calf ruminal characteristics. *Trop Anim Health Prod* 53:323. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02772-6>
- Charlier J, Höglund J, Morgan ER, et al (2020) Biology and Epidemiology of Gastrointestinal Nematodes in Cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 36:1–15. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.11.001>
- Chavira JS (2016) Potential use of nonconventional silages in ruminant feeding for tropical and subtropical areas. In: da Silva T, Mauro SE (eds) *Advances in Silage Production and Utilization*. IntechOpen, pp 85–98
- Chengxing H, Yanli G, Xiaofang C, Ruixing Y (2022) Starch Properties, Nutrients Profiles, In Vitro Ruminal Fermentation and Molecular Structure of Corn Processed in Different Ways. *Fermentation* 8:315. <https://doi.org/10.3390/fermentation8070315>
- Corona-Palazuelos MB, Murillo-Ayala EX, Castro-del Campo N, et al (2016) Influencia de la adición de extractos de taninos al inicio de la engorda en la carga por nemátodos en becerros en corral. *Agrociencia* 50:1013–1025
- Craig TM (2018) Gastrointestinal Nematodes, Diagnosis and Control. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 34:185–199. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2017.10.008>
- Daş G, Klausner S, Stehr M, et al (2020) Accuracy and precision of McMaster and Mini-FLOTAC egg counting techniques using egg-spiked faeces of chickens and two different flotation fluids. *Veterinary Parasitology* 283:109158. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2020.109158>
- Dong-Li L, Qing-Long G, Gui-Yang G, et al (2021) Prevalence and infection risk factors of bovine *Eimeria* in China: a systematic review and meta-analysis. *Parasite* 28:61. <https://doi.org/10.1051/parasite/2021055>
- Ellis JL, Alaiz-Moretón H, Navarro-Villa A, et al (2020) Application of Meta-Analysis and Machine Learning Methods to the Prediction of Methane Production from In Vitro Mixed Ruminal Micro-Organism Fermentation. *Animals* 10:720. <https://doi.org/10.3390/ani10040720>
-

-
- Espinoza-Sánchez J, Sánchez-Santillán P, Torres-Salado N, et al (2020) Inclusion of ripe mango as a source of energy in diets for Creole lambs in the dry tropics. *Trop Anim Health Prod* 52:3519–3526. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02386-4>
- Fazio LE, Sánchez RO, Streitenberger N, et al (2014) The effect of anthelmintic resistance on the productivity in feedlot cattle. *Veterinary Parasitology* 206:240–245. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2014.10.010>
- García MME, González CVH, Atariguana EGC, et al (2019) Evaluación In vitro del potencial antihelmíntico de extractos de *Plantago major* y semillas de *Carica papaya*, usando como modelo experimental *Caenorhabditis elegans*. *Ciencia e Investigación* 22:9–16. <https://doi.org/10.15381/ci.v22i2.17610>
- García-Rodríguez J, Ranilla MJ, France J, et al (2019) Chemical composition, in vitro digestibility and rumen fermentation kinetics of agro-industrial by-products. *Animals* 9:861. <https://doi.org/10.3390/ani9110861>
- Getachew G, DePeters EJ, Robinson PH (2004a) In vitro gas production provides effective method for assessing ruminant feeds. *California Agriculture* 58:
- Getachew G, Robinson PH, DePeters EJ, Taylor SJ (2004b) Relationships between chemical composition, dry matter degradation and in vitro gas production of several ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology* 111:57–71. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(03\)00217-7](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(03)00217-7)
- Gorocica-Buenfil MA, Loerch SC (2005) Effect of cattle age, forage level, and corn processing on diet digestibility and feedlot performance¹. *Journal of Animal Science* 83:705–714. <https://doi.org/10.2527/2005.833705x>
- Gunathilaka N, Niroshana D, Amarasinghe D, Udayanga L (2018) Prevalence of gastrointestinal parasitic infections and assessment of deworming program among cattle and buffaloes in Gampaha District, Sri Lanka. *BioMed Research International* 2018:e3048373. <https://doi.org/10.1155/2018/3048373>
- Gunde MC, Amnerkar ND (2016) Nutritional, medicinal and pharmacological properties of papaya (*Carica papaya* linn.): A review. *Journal of Innovations in Pharmaceutical and Biological Sciences* 3:162–169
- Hansen J, Perry B (1994) The epidemiology, diagnosis and control of helminth parasites of ruminants. ILRAD
- Hassan Z, Nisa M, Shahzad MA, Sarwar M (2011) Replacing concentrate with wheat straw treated with urea molasses and ensiled with manure: Effects on ruminal characteristics, in situ digestion kinetics and nitrogen metabolism of nili-ravi buffalo bulls. *Asian-Aust J Anim Sci* 24:1092–1099. <https://doi.org/10.5713/ajas.2011.10337>
- Hernández-Morales J, Sánchez-Santillán P, Torres-Salado N, et al (2018) Composición química y degradaciones in vitro de vainas y hojas de leguminosas arbóreas del trópico seco de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 9:105–120. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i1.4332>
- Hoffman PC, Lundberg LM, Shaver RD, Contreras-Govea FE (2007) El Efecto de la madurez en la digestibilidad del FDN (fibra detergente neutro). *Focus on Forage* 15:1–2
-

-
- INAFED (2022) Guerrero - Cuajinicuilapa.
<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM12guerrero/municipios/12023a.html>. Accessed 18 May 2022
- Keith EA, Colenbrander VF, Perry TW, Bauman LF (1981) Performance of feedlot cattle fed brown midrib-three or normal corn silage with various levels of additional corn grain. *Journal of Animal Science* 52:8–13. <https://doi.org/10.2527/jas1981.5218>
- Kermanshai R, McCarry BE, Rosenfeld J, et al (2001) Benzyl isothiocyanate is the chief or sole anthelmintic in papaya seed extracts. *Phytochemistry* 57:427–435. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(01\)00077-2](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(01)00077-2)
- Koutsoumanis K, Allende A, Alvarez-Ordóñez A, et al (2018) Public health risks associated with food-borne parasites. *EFSA Journal* 16:e05495. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5495>
- Kumar B, Sahni YP, Kumar N (2014) Effect of indigenous anthelmintic *Carica papaya* against gastrointestinal nematodes in cattle. *World Journal of Pharmaceutical Research* 3:998–1007
- Kumar PC, Salem AZM, Jena R, et al (2015) Rumen Microbiology: An Overview. In: Puniya AK, Singh R, Kamra DN (eds) *Rumen Microbiology: From Evolution to Revolution*. Springer India, New Delhi, pp 3–16
- Kung L, Shaver RD, Grant RJ, Schmidt RJ (2018) Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science* 101:4020–4033. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>
- Lavrenčič A, Stefanon B, Susmel P (1997) An evaluation of the Gompertz model in degradability studies of forage chemical components. *Anim Sci* 64:423–431. <https://doi.org/10.1017/S1357729800016027>
- Lobo RR, Faciola AP (2021) Ruminal phages – a review. *Frontiers in Microbiology* 12:
- Lopes F, Ruh K, Combs DK (2015) Validation of an approach to predict total-tract fiber digestibility using a standardized in vitro technique for different diets fed to high-producing dairy cows. *Journal of Dairy Science* 98:2596–2602. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8665>
- Łozicki A, Koziorzewska A, Halik G, et al (2015) Effect of ensiling pumpkin (*Cucurbita maxima* D.) with dried sugar beet pulp on the content of bioactive compounds in silage and its antioxidant potential. *Animal Feed Science and Technology* 206:108–113. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.05.012>
- Malla BA, Rastogi A, Sharma RK, et al (2015) Kinnow madarin (*Citrus nobilis* Lour × *Citrus deliciosa* Tenora) fruit waste silage as potential feed for small ruminants. *Veterinary World* 8:19–23. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2015.19-23>
- Mazzenga A, Gianesella M, Brscic M, Cozzi G (2009) Feeding behaviour, diet digestibility, rumen fluid and metabolic parameters of beef cattle fed total mixed rations with a stepped substitution of wheat straw with maize silage. *Livestock Science* 122:16–23. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.07.015>
- McDonald I (1981) A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *The Journal of Agricultural Science* 96:251–252. <https://doi.org/10.1017/S0021859600032081>
-

-
- Miller GL (1959) Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal Chem* 31:426–428. <https://doi.org/10.1021/ac60147a030>
- Mir Z, Mir PS (1994) Effect of the addition of live yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on growth and carcass quality of steers fed high-forage or high-grain diets and on feed digestibility and in situ degradability. *Journal of Animal Science* 72:537–545. <https://doi.org/10.2527/1994.723537x>
- Modzelewska-Kapituła M, Tkacz K, Więk A, et al (2021) Sida silage in cattle nutrition – effects on the fattening performance of Holstein-Friesian bulls and beef quality. *Livestock Science* 243:104383. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104383>
- Morales G, Pino LA, Sandoval E, et al (2012) Relación entre la condición corporal y el nivel de infestación parasitaria en bovinos a pastoreo como criterio para el tratamiento antihelmíntico selectivo. *Rev investig vet Perú* 23:80–89. <https://doi.org/10.15381/rivep.v23i1.886>
- Munguía-Xóchihua J, Leal-Franco I, Muñoz-Cabrera J, et al (2019) Frequency of gastrointestinal parasites in cattle at the southern of Sonora, Mexico. *Abanico Veterinario* 9:1–11. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2019.919>
- Nations United (2017) World population projected to reach 9.8 billion in 2050, and 11.2 billion in 2100. In: United Nations. <https://www.un.org/en/desa/world-population-projected-reach-98-billion-2050-and-112-billion-2100>. Accessed 29 Jul 2022
- Newbold CJ, Ramos-Morales E (2020) Review: ruminal microbiome and microbial metabolome: effects of diet and ruminant host. *animal* 14:s78–s86.
- Nousiainen J, Rinne M, Huhtanen P (2009) A meta-analysis of feed digestion in dairy cows. 1. The effects of forage and concentrate factors on total diet digestibility. *Journal of Dairy Science* 92:5019–5030. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1833>
- Ørskov ER, McDonald I (1979) The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J Agric Sci* 92:499–503. <https://doi.org/10.1017/S0021859600063048>
- Paya H, Taghizadeh A, Lashkari S, Shirmohammadi S (2012) Evaluation of rumen fermentation kinetics of some by-products using in situ and in vitro gas production technique. *Slovak J Anim Sci* 45:7
- Peng K, Gresham GL, McAllister TA, et al (2020) Effects of inclusion of purple prairie clover (*Dalea purpurea* Vent.) with native cool-season grasses on in vitro fermentation and in situ digestibility of mixed forages. *J Animal Sci Biotechnol* 11:23. <https://doi.org/10.1186/s40104-019-0418-6>
- Peyrat J, Nozière P, Le Morvan A, et al (2014) Effects of ensiling maize and sample conditioning on in situ rumen degradation of dry matter, starch and fibre. *Animal Feed Science and Technology* 196:12–21. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.06.017>
- Purwin C, Starczewski M, Borsuk M, et al (2021) The quality, intake, and digestibility of virginia fanpetals (*Sida hermaphrodita* L. Rusby) silage produced under different technologies and its effect on the performance of young cattle. *Animals* 11:2270. <https://doi.org/10.3390/ani11082270>
-

-
- Refat B, Yu P (2016) Maximizing fiber utilization of silage in ruminants. In: da Silva T, Mauro SE (eds) *Advances in Silage Production and Utilization*. IntechOpen, pp 123–149
- Riaz MQ, Südekum K-H, Clauss M, Jayanegara A (2014) Voluntary feed intake and digestibility of four domestic ruminant species as influenced by dietary constituents: A meta-analysis. *Livestock Science* 162:76–85. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.01.009>
- Rosero NR, Posada SO (2007) Modelación de la cinética de degradación de alimentos para rumiantes. *Rev Col Cie Pec* 20:174–182
- Sánchez-Santillán P, Cobos-Peralta MA, Hernández-Sánchez D, et al (2016) Use of activated carbon to preserve lyophilized cellulolytic bacteria. *Agrociencia* 50:575–582
- Sánchez-Santillán P, Herrera-Pérez J, Torres-Salado N, et al (2020) Chemical composition, and in vitro fermentation of ripe mango silage with molasses. *Agroforest Syst* 94:1511–1519. <https://doi.org/10.1007/s10457-019-00442-z>
- SAS Institute Inc (2011) *Statistical Analysis System, SAS, User's Guide*. SAS Inst., Cary, NC
- Sen D, Agnihotri RK, Sharma D (2020) *Carica papaya* L. (Caricaceae) as herbal alternative to anthelmintics for the control of *Ascaridia galli* in poultry. *Himachal Journal of Agricultural Research* 46:100–108
- Seon-Ho K, Lovelia LM, Eun-Joong K, et al (2018) Effect of different concentrate diet levels on rumen fluid inoculum used for determination of in vitro rumen fermentation, methane concentration, and methanogen abundance and diversity. *Italian Journal of Animal Science* 17:359–367. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1394170>
- SIAP (2022a) Anuario estadístico de la producción ganadera. In: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/. Accessed 30 May 2022
- SIAP (2022b) Anuario estadístico de la producción agrícola. In: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Accessed 23 May 2022
- Silva da CZ, Ítavo LCV, Ítavo CCBF, et al (2021) Kinetics of In vitro gas production and fitting mathematical models of corn silage. *Fermentation* 7:298. <https://doi.org/10.3390/fermentation7040298>
- Silva de O, Santos EM, Maia AP dos S (2016) Intake and Digestibility of Silages. In: Da Silva T, Santos EM (eds) *Advances in Silage Production and Utilization*. IntechOpen, pp 101–121
- Silva, Pacheco MVC, Godoi LA, et al (2020) In situ and in vitro techniques for estimating degradation parameters and digestibility of diets based on maize or sorghum. *The Journal of Agricultural Science* 158:150–158. <https://doi.org/10.1017/S0021859620000271>
- Steppek G, Buttle DJ, Duce IR, et al (2005) Assessment of the anthelmintic effect of natural plant cysteine proteinases against the gastrointestinal nematode, *Heligmosomoides polygyrus*, in vitro. *Parasitology* 130:203–211. <https://doi.org/10.1017/S0031182004006225>
- Steppek G, Lowe AE, Buttle DJ, et al (2006) In vitro and in vivo anthelmintic efficacy of plant cysteine proteinases against the rodent gastrointestinal nematode, *Trichuris muris*. *Parasitology* 132:681–689. <https://doi.org/10.1017/S003118200500973X>
- Stolaroff JK, Keith DW, Lowry GV (2008) Carbon Dioxide Capture from Atmospheric Air Using Sodium Hydroxide Spray. *Environ Sci Technol* 42:2728–2735. <https://doi.org/10.1021/es702607w>
-

-
- Torres-Salado N, Sánchez-Santillán P, Rojas-García AR, et al (2018) Producción de gases efecto invernadero in vitro de leguminosas arbóreas del trópico seco mexicano. *ARCH ZOOTEC* 67:55–59. <https://doi.org/10.21071/az.v67i257.3491>
- Valenzuela-Rodríguez EI, Pámanes-Carrasco GA, Mata-Escobedo MI, et al (2021) An in vitro and in situ evaluation of a diet for cattle added with organic oils. *Agro Productividad*. <https://doi.org/10.32854/agrop.v14i12.2115>
- Van Keulen J, Young BA (1977) Evaluation of Acid-Insoluble Ash as a Natural Marker in Ruminant Digestibility Studies. *Journal of Animal Science* 44:282–287. <https://doi.org/10.2527/jas1977.442282x>
- Van Soest JP (1994) *Nutritional ecology of the ruminant*, 2nd edn. Cornell University Press, United States of America
- Villalba JJ, Provenza FD, Manteca X (2010) Links between ruminants' food preference and their welfare. *Animal* 4:1240–1247. <https://doi.org/10.1017/S1751731110000467>
- Wahyudi A, Sujono S, Hendraningsih L, et al (2021) Effect of Urea in Total Mixed Ration and its Silage on Friesian Holstein Bull Calves Productivity in Tropic Condition. *SJA* 37: <https://doi.org/10.17582/journal.sja/2021/37.s1.84.89>
- Weimer PJ (2015) Redundancy, resilience, and host specificity of the ruminal microbiota: implications for engineering improved ruminal fermentations. *Frontiers in Microbiology* 6:
- Wimalasiri S, Somasiri SC (2021) Ensiled fruit peels of pineapple (*Ananas comosus*) and papaya (*Carica papaya*) as an animal feed. In: 2nd International Conference on Agriculture, Food Security and Safety. pp 29–43
- Yang J, Tan H, Cai Y (2016) Characteristics of lactic acid bacteria isolates and their effect on silage fermentation of fruit residues. *Journal of Dairy Science* 99:5325–5334. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-10952>

CAPÍTULO 3

Curso-Taller A Productores

Resumen

El taller “Alternativas de alimentación de bovinos en el trópico” se realizó en José María Morelos, Huazolotitlan, Oaxaca. El día 12 de junio de 2022, en coordinación con la ganadera local General José María Morelos N. 519 y la Maestría en Producción en Bovinos en el Trópico (MPBT) a cargo del estudiante MVZ. Marcelino Gómez Trinidad. Al taller asistieron 30 productores, a los cuales se impartió las pláticas-talleres de elaboración de ensilados de papaya, elaboración de bloques nutricionales, elaboración de suplemento de ajonjolí.

Palabras clave: Taller, transferencia de tecnología, ensilado de papaya, suplemento, bloque nutricional.

Introducción

En 2020, México produjo 3,784,465.70 t de bovinos en pie, donde los principales estados productores son: Veracruz (13%), Jalisco (12%) y San Luis Potosí (6%). El estado de Oaxaca produjo 118,271.62 t que representó 3% de la producción nacional (SIAP, 2020). La mayor producción de bovinos doble propósito es en áreas tropicales caracterizadas por estacionalidades en el año bien marcadas. La época de estiaje tiene baja disponibilidad y calidad de forrajes. Además, ausencia de forrajes complementarios o suplementos (Reyes et al., 2009).

México es el principal exportador de papaya en el mundo, con una producción anual de 1,117,437.20 t. Oaxaca es el principal exportador de papaya en México con 31% de la producción nacional. De esta fruta se estima hasta un 50% de desechos en la cosecha y postcosecha (Gomes et al., 2011). El ensilado representa una alternativa de alimentación en época de estiaje, ya que permite la conservación de alimentos con un alto contenido de humedad y conservación del valor nutritivo del alimento durante el almacenamiento (Cañeque & Sancha, 1998; Garcés et al., 2004).

Además, permite la conservación de desechos agroindustriales y residuos postcosecha de fruta (Valencia & Hernández, 2011)

Objetivo

Objetivo general

Vincular el sector ganadero con la maestría en producción en bovinos en el trópico, a través de un taller de transferencia de tecnologías aplicada en alternativas de alimentación en bovinos en el trópico.

Objetivos particulares

- ❖ Aprovechar los recursos de la comunidad al elaborar ensilados de papaya de desecho como una alternativa de alimentación.
- ❖ Elaborar un suplemento de bajo costo utilizando insumos de la región.
- ❖ Transferir a los productores la metodología de elaboración de bloques nutricionales utilizando vainas de leguminosas.

Desarrollo de las actividades efectuadas

El taller alternativas de alimentación de bovinos en el trópico se realizó en José María Morelos, Huazolotitlan, Oaxaca. El día 12 de junio de 2022, en coordinación con la ganadera local General José María Morelos N. 503 en coordinación con la Maestría en Producción en Bovinos en el Trópico (MPBT) a cargo del estudiante MVZ. Marcelino Gómez Trinidad. Al taller asistieron 30 productores (Tabla 10).

La primera actividad que se realizó fue el registro de los productores seguido de la bienvenida y presentación de ponentes que impartieron las pláticas y talleres. Se inicio con la plática y taller de elaboración de ensilados donde se explicó el proceso de un ensilado y que es un ensilado, iniciando con los silos más comunes (trinchera, pastel, bolsa y tambo) que se utiliza para la conservación de forrajes (maíz, sorgo y

pasto de corte) y que sirven para conservar algunos subproductos con alto contenido de humedad y azúcares, tal es el caso de la papaya y el mango.

En la explicación del aprovechamiento de los residuos postcosecha de la papaya se platicó de las características de la fruta y el procedimiento para realizar el ensilado: El proceso inicio con el molido de la papaya (Figura 6) que se recolectó en un papayal de la población; posteriormente el pasto que se utiliza como un absorbedor de humedad y la melaza que se utiliza como un aditivo que le proporciona carbohidratos solubles al silo asegurando una buena fermentación (Figura 7). Los ingredientes que se pesaron para elaborar 100 Kg de ensilado fue: 25 Kg de pasto de pangola, 75 Kg de papaya molida y 3 Kg de melaza; todo se mezcló de manera homogénea hasta crear una pasta homogénea. Esta se colocó en bolsas de 50 Kg y 5 Kg (Figura 8) y se compactó. El último paso fue sacar el excedente de aire de la bolsa y cerrarlas con un nudo Smith. Al final se mencionaron los beneficios, cuidados, usos ventajas, desventajas y su aprovechamiento en la alimentación bovina.

La plática-taller de elaboración de suplemento con base en pasta de ajonjolí, se habló sobre la importancia de suplementar la alimentación del ganado (Figura 9), sobre todo en la temporada de sequía. Así como, la función de un suplemento y que este solo representa 20% del consumo total del alimento del ganado. Aunado se explicó el porqué de cada uno de los ingredientes que se utilizaron en el suplemento recalcando utilizar insumos de calidad y disponibles en la región. Dentro de la parte práctica se enseñó a elaborar un suplemento (Figura 10): 40% de pasta de ajonjolí, 41% de maíz molido, 3% de sal mineral, 3% de sal común y 3% de urea. Este suplemento tenía 31.3% de proteína y 2.7 de energía metabolizable.

Para la elaboración de bloques nutricionales se explicaron sus beneficios y la practicidad para proporcionárselos al ganado, así como la posibilidad de incluir distintos tipos de leguminosas, como la vaina de algarrobo y parota (Figura 11).

También se habló de los materiales que se usan para realizar un bloque, que son una báscula, un molde, un pisón de madera y una pala.

Tabla 10. Lista de productos participantes en el taller de transferencia de tecnologías



Maestría en Producción de Bovinos en el Trópico

LISTA DE ASISTENCIA

NOMBRE DEL EVENTO: Taller a Productores
 LUGAR: José María Morelos Santa María Huazolotlán, Oaxaca
 FECHA: 12 de Junio 2022

N°	Nombre Completo	Procedencia	Ocupación	Firma o Huella
1	Emilio E. Prietas Torres	Morelos	Productor	[Firma]
2	ADRIANA GONZALEZ	MORELOS	AGRICULTOR	[Firma]
3	Esteban Cortes	morelos	Ganadero	[Firma]
4	José Silva Martínez	Morelos	Ganadero	[Firma]
5	Alfredo Simón Avila Luna	Morelos	Ganadero	[Firma]
6	Felix Gómez Ríos	Morelos	Productor	[Firma]
7	Felix Gómez Trinidad	Morelos	Productor	[Firma]
8	Luis Habana Trinidad	Morelos	Productor	[Firma]
9	FERMIN TORRES TORRES	MORELOS	GANADERO	[Firma]
10	Candido Escobar Torres	Morelos	Ganadero	[Firma]
11	Amado Nemesio Silva Garcia	Morelos	Ganadero	[Firma]
12	Javier Alfredo Avila Cortez	Morelos	Ganadero	[Firma]
13	Victor Miguel Cortes Luna	morelos	Ganadero	[Firma]
14	Francisco Torres Gonzalez	Morelos	Ganadero	Francisco
15	Alberto Torres Guiza	Morelos	Agricultor	Alberto
16	Eligio Ibarra Cortez	Morelos	Agricultor	[Firma]
17	Andrés Gasca Bacho	Morelos		[Firma]
18	Fernando Barrera W.	Morelos	Agricultor y G.	[Firma]
19	Said Ibarra Torres	Morelos	Ganadero	[Firma]
20	Ronald Cortez Molina	Morelos	Ganadero	[Firma]
21	Adriana Avila Torres	Morelos	Agricultor	[Firma]
22	Alberto Torres Velasco	Morelos	Agricultor	[Firma]
23	Mauricio Gonzalez Silva	Morelos	Agricultor	[Firma]
24	José Torres Torres	Morelos	Agricultor	[Firma]
25	Roberto Navarro Salinas	Morelos	Campeño	[Firma]
26	Octavio Garcia de Luna	Morelos	Campeño	[Firma]
27	Brenda Karina Martínez Campos	Piñotepa	Productora	[Firma]
28	Abigail Meres Trinidad	Morelos	Ingeniera	[Firma]
29	Marcelo Trinidad Gallo	Morelos	Ganadero	[Firma]
30	Elizabeth Dorisio Mejías	Morelos	Agricultora	[Firma]

Posteriormente se enseñó la técnica en la que se incorporan todos los ingredientes sólidos a excepción de la cal, que se deja al final, la urea se disuelve en un poco de agua y se mezcla con la melaza para incorporarla en la mezcla previamente preparada. Por último, se agrega la cal y se mezcla hasta crear una pasta; la cual

se introduce en el molde en este caso un tambo para ser compactada con el pisón de madera (Figura 12). Se comento a los productores que se debe dejar secar por 72 h al sol para que tome esa consistencia sólida y en caso de que se quiera conservar se deben bañar con una lechada de cal y sal en una proporción de 3 a 1. Al concluir todas las pláticas y talleres demostrativos se aclararon todas las dudas (Figura 13), se agradeció a los productores por su asistencia y se obsequiaron silo de papaya, suplemento y bloques que se elaboraron como parte del taller demostrativo (Figura 14).

Conclusiones

Los productores coinciden en los beneficios del taller y el aprender nuevas alternativas para la alimentación de su ganado. Sin embargo, existen otras necesidades de capacitación, no sólo en el área de nutrición y reproducción, sino también en las áreas de genética y sanidad.

Recomendaciones e implicaciones

Se tiene que desarrollar un plan de acción para mantener el contacto entre la universidad y pequeños y medianos productores; ya que estos son los que necesitan un mayor asesoramiento en alternativas de alimentación, buenas prácticas reproductivas, mejoramiento genético, brindar el asesoramiento de un buen diagnóstico o prevención de enfermedades.

Literatura citada

- Cañeque, M. V., & Sancha, S. J. L. (1998). *Ensilados de forrajes y su empleo en la alimentación de rumiantes*. Mundi-Prensa.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=234885>
- Garcés, A. M., Berrio Roa, L., Ruiz Alzate, S., Serna DLeon, J. G., & Builes Arango, A. F. (2004). Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. *Revista Lasallista de Investigación*, 1(1), 66-71.
- Gomes, A. J. A., Valadares, F. S. de C., Pina, D. dos S., Detmann, E., Valadares, R. F. D., Pereira, L. G. R., Souza, N. K. de P., & Silva, L. F. C. (2011). Consumo, digestibilidad total, produção de proteína microbiana e balanço de nitrogênio em dietas com subprodutos de frutas para ruminantes. *Revista*

Brasileira de Zootecnia, 40(5), 1052-1060. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000500017>

Reyes, N., Mendieta, B., Fariñas, T., Mena, M., Cardona, J., & Pezo Quevedo, D. (2009). *Elaboración y utilización de ensilajes en la alimentación del ganado bovino*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE),. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/7886>

SIAP. (2022). Anuario estadístico de la producción ganadera. https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/

Valencia, C. A., & Hernández, B. A. (2011). El ensilaje: ¿qué es y para qué sirve? *Revista de divulgación científica y tecnológica de la universidad veracruzana*, 24(2), 14.

Evidencias



Figura 6 Molido de la papaya.



Figura 7 Pesado de los ingredientes para el ensilado de papaya.



Figura 8 Cerrado de los silos de papaya de 5 y 50 Kg.



Figura 9 Platica de suplementos.



Figura 10 Suplemento en bolsas de 2 kg suplemento.



Figura 11 Platica de bloques nutricionales.



Figura 12 Elaboración de bloques nutricionales.



Figura 13 Aclaracion de dudas.



Figura 14 Entrega de silos de papaya, suplemento y bloques nutricionales.

Primer Estancia Profesional

Resumen

La primera estancia se realizó en la localidad José María Morelos perteneciente al municipio de Santa María Huazolotitlán, en el Estado de Oaxaca. El lugar fueron las instalaciones de la Asociación Ganadera Local No. 519. El presidente de la directiva y responsable directo de la estancia fue el C. Fernando Narváez Escuen. La Estancia Profesional duro dos meses, inició el primero de julio y terminó el 30 de agosto del año 2021. El objetivo general fue conocer la administración y el manejo de la Asociación Ganadera Local; así mismo trabajar con productores para fortalecer las capacidades técnicas y ofrecer asesoría sobre el aprovechamiento de los recursos locales para la alimentación de rumiantes en el trópico. Dentro de las principales actividades que se realizaron fueron pláticas con productores, asesoramiento en las unidades de producción bovina, visitas a huertas de papaya para ver el manejo de los residuos postcosecha de papaya.

Palabras clave: Productores, asociación ganadera local, papaya de desecho

Introducción

La ganadería de bovinos doble propósito es una de las actividades de producción más difundida en las regiones tropicales de México. Actualmente, se encuentra en una etapa crucial de transición, influenciada por factores sociales-económicos, protección del medio ambiente, bienestar animal y seguridad alimentaria (García et al., 2018).

Esta es una actividad que realiza un elevado porcentaje de población en zonas rurales mediante la producción de vaca-cría. En las áreas tropicales del país, los becerros son alimentados por amamantamiento no restringido aprovechando toda la leche que produce la madre. La edad al destete de los becerros es de siete a ocho meses con un peso promedio de 170 Kg (Orantes-Zebadúa et al., 2014; García et al., 2018; Bautista-Martínez et al., 2020).

El inventario bovino en México es superior a los 31 millones de cabezas; de las cuales, 33% se enfocan en sistemas especializados (19% a la producción de leche y 14% carne) y 67% al sistema doble propósito (SIAP-SAGARPA, 2006; INEGI, 2007). Oaxaca ocupa el sexto lugar en el censo nacional ganadero con 1,741,741 bovinos; aunque la producción de carne y leche de esta especie se encuentra en la posición 12 y 17, respectivamente. Oaxaca se caracteriza por tener un clima trópico húmedo, donde predominan hatos de doble propósito, tipo lechería familiar de aproximadamente 30 animales (Gutiérrez et al., 2020).

Objetivo

Objetivo general

Conocer la administración y el manejo de una Asociación Ganadera Local; así mismo, trabajar con productores para fortalecer las capacidades técnicas y ofrecer asesoría para aprovechar los recursos locales para alimentación de rumiantes en el trópico.

Objetivos particulares

- ❖ Conocer el manejo que realizan los ganaderos en la alimentación de ganado, así como en la sanidad de sus unidades de producción.

- ❖ Conocer la producción de papaya de la localidad, así como el manejo de residuos postcosecha de este fruto.

Desarrollo de las actividades efectuadas

Las actividades se realizaron en las Instalaciones de la Asociación Ganadera Local con número de registro 519, ubicada en la Localidad de José María Morelos perteneciente al municipio de Santa María Huazolotitlán, en el Estado de Oaxaca. El presidente de la directiva de la Asociación es Fernando Narváez Escuen. La Estancia Profesional duro 2 meses, iniciando el 1 de julio y terminando el 30 de agosto de 2021.

Entre las actividades que se realizaron fueron trabajos administrativos de la Asociación como: captura de facturas manuales, guías de transporte manuales y registro electrónico de la movilización (Figura 15). Se realizó el pesaje de animales, donde se revisa que el ganado este debidamente identificado y que el número de arete del animal corresponda al dueño de la unidad de producción pecuaria; Se elaboraron guías de tránsito para el transporte de animales de una unidad de producción a otra, dentro del municipio y el estado o fuera de ellos.

Realizaron pláticas con los productores en la cual se resolvieron dudas sobre el manejo reproductivo sanitario y alternativas de alimentación (Figura 16). Posterior a las reuniones se visitó algunas unidades de producción (Figura 17) en la cual se realizaron vacunación y desparasitación de los animales de las unidades de producción (Figura 18). También se realizaron baños de aspersión contra garrapatas y moscas (Figura 19); así como, la revisión de su calendario de vacunación y desparasitación.

Se realizo una serie de visitas a las huertas de papaya ubicadas en la localidad (Figura 20 y Figura 21); en las cuales se aplicó una entrevista a los productores (Figura 22) y se observó el manejo que se realiza con la fruta que no es apta para el consumo humano (Figura 23).

Conclusiones

La realización de esta estancia me permitió conocer el manejo administrativo que se lleva a cabo en la Asociaciones Ganaderas, así como la problemática que enfrentan en las unidades de producción como son: la falta de calendarios de vacunación y desparasitación, problemas en la alimentación y alternativas para alimentar el ganado en temporadas de estiaje.

Recomendaciones e implicaciones

Se requiere que en las comunidades se acerque personal especializado para brindar asesorías para adopción de nuevas tecnologías.

Literatura citada

- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Censo Agropecuario 2007. Disponible en línea: www.inegi.gob.mx.
- Sistemas de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2006. Veracruz. Producción pecuaria (bovinos). Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México. <http://www.siap.sagrpa.gob.mx>.
- Gutiérrez-Hernández, José, Palomares-Reséndiz, Gabriela, Hernández-Badillo, Erik, Leyva-Corona, José, Díaz-Aparicio, Efrén, & Herrera-López, Enrique. (2020). Frecuencia de enfermedades de impacto reproductivo en bovinos de doble propósito ubicados en Oaxaca, México. *Abanico veterinario*, 10, e114.
- García, M. A., Albarrán, P. B. & Rebollar, R. S. (2018). La ganadería en condiciones de trópico seco. El caso del sur de estado de México, condiciones actuales y perspectivas de desarrollo (1ª ed.). D. R. © Universidad Autónoma del Estado de México Instituto Literario núm. 100. Centro, C.P. 50000, Toluca, Estado de México. <http://www.uaemex.mx>.
- Bautista-Martínez, Y., Granados-Zurita, L., Joaquín-Cancino, S., Ruiz-Albarrán, M., Garay-Martínez, J. R., Infante-Rodríguez, F. & Granados-Rivera, L. D. (2020). Factores que determinan la producción de becerros en el sistema vaca-cría del Estado de Tabasco, México. *Nova scientia*, 12(25), 00001. Epub 17 de febrero de 2021. <https://doi.org/10.21640/ns.v12i25.2117>.
- Orantes-Zebadúa, M., Platas-Rosado, D., Córdova-Avalos, V., Santos-Lara, M. & Córdova-Avalos, A. (2014). Caracterización de la ganadería de doble propósito en una región de Chiapas, México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios, ganadería de doble propósito en Chiapas*. 1(1):49-58.

Evidencias



Figura 15 Realización de facturas y guías de movilización.



Figura 16 Pláticas con productores.



Figura 17 Visita a ranchos.



Figura 18 Vacunación y desparasitación.



Figura 19 Baño de aspersión garrapaticida.



Figura 20 Aplicación de encuestas a productores.



Figura 21 Visita a cultivos de papaya.



Figura 22 Visita a cultivos de papaya.



Figura 23 Visita a cultivos de papaya y manejo de los desechos.

Segunda Estancia Profesional

Resumen

La segunda estancia se realizó en Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia N. 2 en el Cuerpo Académico UAGro-CA-183 “Producción Sustentable de Rumiantes en el Trópico” en el cual se desempeñaron distintas actividades; en la cuales estuvo el montaje de las técnicas de producción de gas *in vitro* y la prueba de digestibilidad *in situ*. Ambas pruebas hacen referencia a la cantidad de alimento que desaparece por su solubilización o colonización de los microorganismos anaerobios ruminales; son consideradas métodos rápidos, seguros, eficientes y económicos; teniendo una alta relación con respuestas *in vivo*.

Palabras clave: *in vitro*, *in situ*, dieta integral

Introducción

La digestibilidad hace referencia a la cantidad de alimento que desaparece en el tracto digestivo o en un procedimiento de laboratorio debido a su solubilización o ataque por los microorganismos anaerobios ruminales, mientras que, la degradabilidad hace referencia a la cantidad de alimento que se descompone en sus elementos integrantes, mediante procesos biológicos o químicos. A diferencia de la degradabilidad, la digestibilidad de los forrajes permite estimar la proporción de nutrientes presentes en el alimento, que tienen potencial de ser absorbidos por el tracto digestivo. La degradabilidad ruminal, tiene un valor relativo, pues depende de dos aspectos: velocidad de degradación y velocidad de tránsito ruminal (Navarro *et al.*, 2011).

La técnica *in vitro*, una técnica simple y barata que asemeja una actividad microbiana en el rumen. Los estudios de fermentación ruminal usan esta técnica para medir la degradación en un tiempo determinado, los métodos *in vitro* son adecuados para comparar la degradación de sustratos y la formación de productos derivados de la fermentación, esta técnica permite estimar la cinética de

degradación de los sustratos mediante un gas liberado, la degradación de fibra detergente neutro, estimar el consumo de materia seca (MS) (Sánchez y Cobos, 2016).

La técnica *in situ* utiliza bolsas sintéticas para medir la digestión de los forrajes a nivel ruminal, consiste en colocar la muestra en la bolsa e incubarla en rumen de animales fistulados. Esta técnica permite determinar simultáneamente la cantidad de la muestra ingerida y la tasa a la cual la digestión se realiza. Se utiliza principalmente cuando se requiere observar el efecto de las condiciones ruminales sobre la digestión de un número limitado de muestras. La utilidad y confiabilidad de esta técnica depende de factores tales como la cantidad de la muestra, del tamaño de la bolsa y de la partícula de la muestra.

Objetivo

Objetivo general

El objetivo de realizar la estancia en el Cuerpo Académico, específicamente en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia fue aprender las técnicas de producción de gas *in vitro* y digestibilidad *in situ*.

Objetivos particulares

Aprender las técnicas de producción de gas *in vitro* e *in situ*.

Desarrollo de las actividades efectuadas

La primera actividad que se realizó fue la preparación de 1 kg de las dietas las cuales estaban compuestas de D1 (49% grano de maíz, 35% pasto de pangola, 12% pasta de soya, 2% bicarbonato de sodio, 2% sal mineral) y D2 (24% grano de maíz, 60% ensilado de papaya, 12% pasta de soya, 2% bicarbonato de sodio, 2% sal mineral). Posterior a esto se metieron a secar por 24 a 60°C en una estufa de aire forzado y que se pudieran moler con mayor facilidad (Figura 24).

Las dietas se evaluaron con la técnica de producción *in vitro* en la que se utilizaron 46 viales serológicos de 120 mL; a 20 se agregó 0.5 g de D1, 20 se agregó 0.5 g del D2 y 6 como blancos. Posteriormente, se elaboró el medio de cultivo (Figura 25), de los cuales se agregaron 40 mL (Figura 26) de medio de cultivo (50.9% agua destilada, 5% solución mineral uno, 5% solución mineral dos, 5% solución buffer, 0.1% resazurina, 30% fluido ruminal clarificado y 4% solución reductora). A continuación, se inocularon con 10 mL de líquido ruminal fresco y centrifugado; posterior a esto se incubaron a 39°C. La producción de biogás se midió por el desplazamiento del embolo de una jeringa de vidrio (Figura 27) a las 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 48 y 72h; mientras, la producción de metano se midió a las 24, 48 y 72 h mediante el desplazamiento de hidróxido de sodio.

Se tomaron 5 viales de cada tratamiento para medir las características fermentativas: El pH se midió utilizando un potenciómetro (Figura 28) introduciendo el electrodo de manera directa al vial. El nitrógeno amoniacal se tomó una muestra de 0.5 mL del contenido del vial y se colocó en un tubo Eppendorf que contenía 0.125 mL de ácido metafosfórico a 25%. Determinación de degradación de materia seca y de fibra detergente neutro se determinó una vez que se terminó de medir la producción de biogás, se utiliza el residuo solido del biodigestor para esto se filtró en bolsas ANKOM® que previamente se metieron a secar a una estufa por 24h a 60°C y registrando el peso de cada bolsa, después se colocó el equipo de filtración (bomba de vacío, 2 matraces Erlenmeyer y un tapón adaptado para la bolsa ANKOM®) se calentó agua destilada a 350 °C y se introdujo la bolsa ANKOM® en el agua para después ponerla en el equipo de filtración y vaciar el contenido del biodigestor, se usó agua caliente en una piseta para enjuagar el vial, para que quede sin partículas de la muestra. Se retira la bolsa ANKOM® del equipo de filtración y se deja secar 24 h a 60 °C para su pesado. Posterior al pesado se sellan las bolsas y se les determina FDN. Para la determinación de la degradación de la proteína se recuperó el contenido solido del resto de los biodigestores en un par de cajas de Petri por tratamiento las cuales se metieron a secar por 24h a 60°C a una estufa para posteriormente determina proteína.

Los valores de la producción de biogás acumulada se usaron para estimar la cinética de producción de biogás mediante el modelo Gompertz:

$$Y = A \cdot \{\exp [b \cdot \exp (-K \cdot t)]\}$$

donde: Y = volumen de biogás en el tiempo t (mL g^{-1} de MS); A = potencial de producción de biogás total cuando $t = \infty$ (mL h^{-1} de MS); b = tasa constante de producción de biogás del material potencialmente degradable (mL h^{-1}); k = tiempo lag (h), factor constante de eficiencia microbiana, definiendo como el intercepto del eje tiempo de la línea de la tangente en el punto de inflexión; t = tiempo de incubación (Lavrencic *et al.*, 1997). Los parámetros A , b y k se estimaron mediante un análisis de regresión no lineal con el procedimiento PROC NLMIXED del paquete estadístico SAS (2011).

Para la técnica *in situ* de igual manera se evaluaron las dos dietas (D1 y D2). Se utilizaron 126 bolsas de poli-seda; las cuales, a 63 se agregaron 5 g de D1 y las otras 63 se agregaron 5 g de la D2. Antes de introducir las bolsas al rumen se colocaron en agua caliente con una temperatura de 39°C esto con la finalidad de que tomen la temperatura del rumen (Figura 29), transcurridos los 10 minutos se colocaron en una cadena con cinchos de plástico (Figura 30). En esta técnica se usaron 2 vacas fistuladas y provistas de cánula ruminal. Las bolsas se colocaron en rumen para medir la digestibilidad a las 2, 4, 8, 12, 20, 24, 32, 48, 64 y 72 h. una vez cumplido el tiempo de incubación de las bolsas se enjuagaron con agua fría por 10 min (Figura 31) y se lavaron con abundante agua; posteriormente se secaron en una estufa a 60°C por 24 h para determinar los porcentajes de digestibilidad por diferencia de tiempo.

Una vez que las bolsas de poli-seda fueron pesadas, el residuo de estas es juntado por hora, tratamiento y vaca, almacenada en bolsas ziploc identificadas con estas características para su posterior análisis bromatológico que consta de MS, Ce, PC, FDN y FDA.

Cada vez que se introducían las bolsas de poli-seda al rumen de las vacas se tomaba una muestra de líquido ruminal para medir las características ruminales (Figura 32) de estas para las cuales el líquido ruminal obtenido se filtraba con una capa doble gases y de ahí se tomaba el pH introduciendo el electrodo de manera directa al líquido ruminal. También se tomaba una muestra de 1 mL para conteo directo de bacterias y protozoarios, la cual se colocaba en un tubo de ensayo con 0.25 mL de formaldehído y para determinar nitrógeno amoniacal en rumen se tomó una muestra de 0.5 mL. La cual se colocó en 0.125 mL de ácido metafosfórico.

La cinética de desaparición *in situ* de MS, MO, PC, FDN y FDA 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 = desaparición ruminal en el tiempo t (%); a = la fracción degradable rápidamente soluble (%); b = la fracción lenta o potencialmente degradable (%); a + b = la máxima degradabilidad potencial; c = la velocidad a la que b se degrada (% h⁻¹); t = tiempo (h) de incubación en el rumen; y L = tiempo de retraso (h). La degradabilidad efectiva (DE) de MS, MO, PC, FDN y FDA se estimó utilizando la ecuación descrita por Orskov y McDonald (1979):

$$DE = a + [bc / (c+k)] e^{-(c+k)L}$$

donde: a, b, c y L como se describen anteriormente y k = tasa de salida ruminal (% h⁻¹).

Conclusiones

El realizar las evaluaciones *in vitro* e *in situ* nos brindan una mejor idea de cómo será el comportamiento de las dietas a la hora de montar un trabajo y por supuesto complementa el análisis químico de un alimento que, aunque esencial no nos permite ver por completo la respuesta productiva de un ingrediente en la alimentación de un animal.

Recomendaciones e implicaciones

El llevar a cabo la segunda estancia poniendo en práctica las evaluaciones *in vitro* e *in situ* me permitió conocer la importancia de estas pruebas por su bajo costo y practicidad, a la hora de entregarnos una gran cantidad de información del aprovechamiento del alimento que se proporciona a los animales. Por lo cual siempre se debería considerar montar estas pruebas antes de pasar a un trabajo *in vivo*.

Literatura citada

- Navarro, C. A., Diaz, J. C., y Cuellar, E. (2011). Comparación de la técnica de digestibilidad *in vitro* con la *in situ* de diez forrajes en bovinos rumino-fistulados en el piedemonte llanero del Meta. *Revista Sistemas productivos agroecológicos*, 2(2), 2-24.
- Sánchez-Santillán, P. y Cobos-Peralta, M. A. (2016). *In vitro* production of volatile fatty acids by reactivated cellulolytic bacteria and total ruminal bacteria in cellulosic substrate. *Agrociencia*. 50(5): 565-574.

Evidencias



Figura 24 Dietas en la estufa listas para el procesamiento.



Figura 25 Elaboración del medio de cultivo.



Figura 26 Llenado de viales con el medio de cultivo (40 mL.).



Figura 27 Al finalizar la prueba in situ las bolsas se meten agua fría por 10 minutos.



Figura 28 Medición del pH de los biodigestores.



Figura 29 Toma de la temperatura de las bolsas a 39°C



Figura 30 Fijado de las bolsas con cinchos de plástico



Figura 31 Enjuague de las bolsas con agua fría



Figura 32 Toma de muestra de líquido ruminal.

Tercera Estancia Profesional

Resumen

La tercera estancia fue en Servicios Clínicos y Reproductivos en Bovinos en Valle de Santiago, Guanajuato. La estancia se realizó del 16 de febrero al 3 de abril del 2022, bajo la supervisión del MVZ. Certificado Antonio Martínez Loeza. Dentro de las actividades fueron visitas de rutina programadas todos los martes a establos donde se hizo manejo reproductivo de vacas sucias (lavado uterino). También se realizó diagnóstico de gestación, inseminación artificial. Así como tratamiento de vacas con problemas reproductivos (presencia de quistes foliculares o quistes lúteos y vacas con retención de placentas). Cabe señalar, se visitaban a pequeños productores de ganado lechero para atender problemas de mastitis y metabólicos.

Palabras clave: Clínica, reproducción, bovinos lecheros.

Introducción

Los métodos tradicionales de manejo del ganado bovino en nuestro país se vienen sustituyendo por sistemas eficientes aprovechando la adaptabilidad del ganado. El uso racional de su alimentación y la mejora genética según el propósito que se persiga, son ejemplos de ello (FAO, 2010).

Para el 2021 México produjo 12,851,659.05 L de leche, donde los principales estados productores son: Jalisco 21%, Coahuila 11%, Durango 11% y Guanajuato con el 7% de la producción nacional ocupando el 5 lugar, Valle de Santiago es uno de los municipios con mayor producción de leche con 41,774.42 L para el 2021 (SIAP, 2020).

El ejercicio profesional del médico veterinario zootecnista tiene la capacidad para diseñar y mejorar la efectividad de los sistemas de producción, tener el conocimiento de las técnicas para establecer diagnósticos acertados, aplicar tratamientos eficaces y tomar medidas necesarias en la prevención de enfermedades, mantener

condiciones de salud, bienestar de estos y hacer de su producción una empresa rentable. Así como ofrecer un producto de primera calidad e inocuo en su consumo (Serrano & Arcila, 2008).

Objetivo

Objetivo general

Adquirir conocimiento en el área de clínica y reproducción de bovinos productores de leche y bovinos productores de carne en la ciudad de Valle de Santiago, Guanajuato, México.

Objetivos particulares

- ❖ 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

Las actividades que se realizaron en la tercera estancia en la ciudad de Valle de Santiago, Guanajuato, México en Servicios Clínicos y Reproductivos en Bovinos fue presentarse de manera presencial con el responsable MVZ. Certificado Antonio Martínez Loeza y MVZ. Egan Flores Serna.

Los martes se visitó el establo la Concepción ubicada en la carretera Pueblo Nuevo-Abasolo Km 12. Los jueves se visitó el establo el Milagro ubicado en la carretera Irapuato-Abasolo Km 22; ambos a cargo del MVZ Antonio Martínez Loeza. En estos establos se hizo manejo reproductivo de vacas sucias; se realizó lavado uterino (Figura 33), según su evolución después del parto; también se hizo diagnóstico de gestación (Figura 34), inseminación artificial y tratamiento de vacas con problemas reproductivos (vacas estáticas, presencia de quistes foliculares o quistes lúteos y vacas con retención de placentas).

En las visitas a pequeños productores de ganado lechero se trataron problemas de mastitis, vacas con problemas metabólicos. Ejemplo de ello fue una vaca Holstein que pertenecía a una producción de traspatio que presentaba acidosis y deshidratación severa; en la cual se realizó sondeo ruminal para introducir una flora ruminal (Figura 35) y se corrigió la deshidratación. Además de procedimientos de sondeo ruminal en una vaca con distensión de abomaso para introducir un laxante.

Se visitó el Lienzo Charro en Moroleón, Guanajuato para atender un semental de la raza charoláis de 5 años. Este presentaba un cuadro de dolor, inapetencia y ausencia de heces; por lo que se sometió a una rumenectomía exploratoria encontrando geo-sedimentación y las membranas del rumen estaban lisadas y con algunas zonas necrosadas por una acidosis subclínica por un tiempo prolongado (Figura 36).

Las actividades MVZ. Egan Flores Serna fueron rutinarias, como la visita a ranchos para aplicar medicina preventiva o resolver problemáticas. Dentro de estas actividades rutinarias fueron: palpación rectal en bovinos, inseminación artificial y lavados uterinos. Cabe destacar, se hizo la corrección de prolapso uterino (Figura 37) en la comunidad de la Isla, Valle de Santiago, Guanajuato; corrección de prolapso vaginal en ganado de carne en el Salitre de Aguilar, Valle de Santiago, Guanajuato (Figura 38); atención de un parto distócico que incluyó una cesarí en ganado de carne (Figura 39); medicina preventiva como vacunación en ganado Holstein contra complejo respiratorio bovino en Juventino Rosas, Guanajuato (Figura 40); vacunación y desparasitación en ovinos y caprinos en Celaya, Guanajuato (Figura 41).

Conclusiones

La presencia del médico veterinario en los sistemas de producción intensivos como de traspatio es indispensable para realizar el tratamiento oportuno de enfermedades, así como la prevención y control de estas.

Recomendaciones e implicaciones

Es necesario realizar un examen clínico completo del animal a tratar, utilizar las distintas técnicas de campo para llegar a un diagnóstico certero antes de administrar cualquier medicamento y administrar los fármacos de acuerdo con la edad, peso y en base a la concentración en miligramos de cada fármaco.

Literatura citada

- FAO. (2010). *Manejo sanitario eficiente del ganado bovino: Principales enfermedades*. www.fao.org
- Serrano, N. C. A., & Arcila, Q. V. H. (2008). La importancia social del profesional en medicina veterinaria. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 9(6), 1-6.
- SIAP. (2022). *Anuario estadístico de la producción ganadera*. https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/

Evidencias



Figura 33 Lavado uterino



Figura 34 Diagnóstico de gestación



Figura 35 Sondeo oro-ruminal



Figura 36 Rumenuctomia exploratoria



Figura 37 Prolapso uterino



Figura 38 Prolapso vaginal



Figura 39 Cesárea en ganado de carne



Figura 40 Inmunización de ganado Holstein contra complejo respiratorio



Figura 41 Inmunización de ovinos