



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE
MÉXICO**

**INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RURALES**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES**

**ENSILADO DE PASTO KIKUYO (*Cenchrus clandestinus*)
COMO OPCIÓN FORRAJERA PARA SISTEMAS DE
PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES**

PRESENTA:

MÓNICA ARIAS ÁVILA

Toluca, Estado de México, 2026



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RURALES
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

**ENSILADO DE PASTO KIKUYO (*Cenchrus clandestinus*) COMO
OPCIÓN FORRAJERA PARA SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE
EN PEQUEÑA ESCALA**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

PRESENTA:

MVZ. MÓNICA ARIAS ÁVILA

COMITÉ DE TUTORES:

DIRECTOR DE TESIS: DR. CARLOS MANUEL ARRIAGA JORDÁN

CO-DIRECTOR DE TESIS: DR. FELIPE LÓPEZ GONZÁLEZ

TUTORA: DRA. AURORA SAINZ RAMÍREZ

Toluca, Estado de México, 2026

RESUMEN

El pastoreo de Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) es común en los valles altos de México. El ensilado de forraje excedente podría ser una opción para los sistemas de producción de leche de pequeña escala (SPLPE) en la época seca. El objetivo fue evaluar la inclusión de ensilaje de Kikuyo (EKy) como complemento al ensilaje de maíz (EMz) para vacas lecheras en SPLPE, mediante un experimento en finca con 8 vacas Holstein multíparas con 105 ± 15 días en leche, producción diaria de leche de 15.9 ± 2.97 kg/vaca y peso vivo de 424 ± 73 kg. Una pradera de Kikuyo de 5250 m² se excluyó del pastoreo y se dejó para ensilaje. El desempeño de las vacas se evaluó en un diseño reversible sencillo, un diseño de parcelas divididas para las variables de ensilaje y un diseño completamente al azar para la pradera pastoreada. Los tratamientos fueron KY+MZ: 4 KYGS+6 MSLG y MZ: 10 MSLG ofrecidos a 10 kg MS/vaca/día, 3.6 kg MS/vaca/día de un concentrado comercial y pastoreo diario de pasto Kikuyo, por tratamiento, el concentrado y el pastoreo fueron comunes a ambos tratamientos en dos períodos experimentales de 14 días cada uno. Las variables analizadas de producción animal fueron: composición química y rendimiento de leche corregida al 3,5% de grasa (3.5% RLC), peso vivo (PV) y puntaje de condición corporal (CC). Se analizaron muestras de ensilaje y forraje para composición química, digestibilidad in vitro de materia seca (DIVMS) y energía metabolizable estimada (EM); y se realizaron análisis de presupuestos parciales. No hubo diferencias ($P > 0,05$) para rendimiento de leche, composición o CC, pero sí diferencias ($P < 0,05$) para PV. Hubo interacciones entre ensilajes y períodos experimentales para variables de composición excepto FDA (fibra detergente ácida). El tratamiento KY+MZ presentó costos más altos, pero márgenes un 5.4 % superiores, lo que indica que el EKy es una opción viable para las vacas lecheras si la producción de maíz para ensilaje es limitada.

Palabras clave: Pasto kikuyo; forraje excedente; ensilaje; estación seca; estrategias de alimentación; sistemas lecheros a pequeña escala.

ABSTRACT

Grazing Kikuyu (*Cenchrus clandestinus*) is common in the highlands of Mexico. Ensiled surplus herbage could be an option for small-scale dairy systems (SSDS) in the dry season. The objective was to evaluate the inclusion of Kikuyu silage (KYGS) as a complement to maize silage (MSLG) for dairy cows in SSDS, through an on-farm experiment with 8 multiparous Holstein cows with 105 ± 15 days in milk, daily milk yield of 15.9 ± 2.97 kg/cow and liveweight of 424 ± 73 kg. A 5250 m² Kikuyu pasture was excluded from grazing and left for silage. Cow performance was evaluated in a cross-over design, a split-plot design for silage variables, and a completely randomized design for the grazed pasture. Treatments were KY+MZ: 4 KYGS+6 MSLG and MZ: 10 MSLG offered at 10 kg DM/cow/day, 3.6 kg DM/cow/day of a commercial concentrate, and day grazing of Kikuyu pasture, per treatment, concentrate and grazing were common to both treatments in two experimental periods of 14-days each. Performance variables were 3.5% fat corrected milk (3.5% FCM) yield and composition, liveweight (LW), and body condition score (BCS). Silage and herbage samples were analysed for chemical composition, *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD), and estimated metabolizable energy (ME); and partial budget analyses performed. There were no differences ($P > 0.05$) for milk yield, composition, or BCS, but were differences ($P < 0.05$) for LW. There were interactions between silages and experimental periods for composition variables except ADF (acid detergent fibre). KY+MZ treatment had higher costs but with 5.4% higher margins, indicating that KYGS is a viable option for dairy cows if the silage maize crop is limited.

Keywords: Kikuyu grass; surplus herbage; silage; dry season; feeding strategies; small-scale dairy systems.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Producción de leche en México y los sistemas de producción	3
2.2. Importancia de los sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE) en México.....	4
2.3. Estrategias para la alimentación en SPLPE	5
2.3.1. Ensilado	6
2.4. Pasto Kikuyo como opción forrajera en SPLPE.....	7
2.5. Ensilado de pasto Kikuyo	8
2.6. Ensilado de pasto Kikuyo como opción forrajera en SPLPE en México	10
3. JUSTIFICACIÓN.....	11
4. PREGUNTA DE INVESTIGACION	12
5. HIPÓTESIS	13
6. OBJETIVOS	14
6.1. Objetivo general.....	14
6.2. Objetivos específicos	14
7. MATERIALES Y MÉTODOS	15
7.1. Área de estudio.....	15
7.2. Diseño experimental.....	16
7.3. Animales	16
7.4. Elaboración de ensilados	17
7.4.1. Ensilado de pasto Kikuyo.....	17
7.4.2. Ensilado de Maíz	18
7.4.3. Tratamientos	19
7.5. Toma de muestras de los ensilados y del concentrado comercial	19
7.6. Evaluación de variables de producción animal.....	19
7.6.1. Peso vivo (PV) y condición corporal (CC).....	19
7.6.2. Rendimiento de leche (RL).....	20
7.6.3. Determinación de la composición química de la leche	20
7.7. Evaluación de producción de forraje	20
7.7.1. Composición botánica y morfológica de la pradera	20

7.7.2.	Acumulación Neta de forraje (ANF) en la pradera pastoreada.....	21
7.8.	Determinación de la composición química de los ensilados y praderas	21
7.9.	Análisis estadístico de los datos	22
7.9.1.	Producción animal.....	22
7.9.2.	Producción de forraje.....	23
7.10.	Análisis económico.....	24
8.	RESULTADOS	25
8.1.	Artículo de investigación	25
8.1.1.	Resumen del artículo	26
8.2.	Resultados de Composición Botánica y morfológica de la pradera pastoreada de pasto Kikuyo	28
8.3.	Participación con ponencia en Congreso Internacional en Ciencias Agrarias, Agroindustriales y Forestales, Universidad del Cauca, Colombia	29
8.3.1.	Constancia de participación	30
8.4.	Estancia Universidad de Costa Rica	30
8.4.1.	Carta de aceptación para realizar estancia.....	32
8.4.2.	Carta de presentación de ponencia en Universidad de Costa Rica	33
8.4.3.	Carta de finalización de estancia	34
9.	CONCLUSIÓN.....	36
10.	LITERATURA CITADA.....	37

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y TABLAS

CUADROS

Cuadro 1. Grupo de vacas experimentales.....	16
Cuadro 2. Composición botánica y morfológica de la pradera pastoreada de pasto Kikuyo.....	28

FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Aculco INEGI (2025).....	15
Figura 2. Imagen satelital del área delimitada para ensilar el pasto kikuyo.....	18

1. INTRODUCCIÓN

En México los sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE) forman parte de los tres principales sistemas de producción lechera. Estos sistemas se caracterizan por depender principalmente de la fuerza de trabajo familiar, tamaño de hato pequeño de 3 a 35 vacas más sus reemplazos y son dependientes de los cultivos que siembran en la unidad de producción más la compra de insumos como complemento para la alimentación del ganado (Espinoza-Ortega et al., 2007; Fadul-Pacheco et al., 2013).

Es importante destacar que los productores aprovechan los factores que su propia finca les proporciona como el forraje, siendo parte de la alimentación de su ganado. Espinoza-Ortega et al. (2007) destacan que los altos costos de alimentación del ganado son uno de los principales problemas que enfrentan los SPLPE, ya que representan hasta el 70% de los costos totales, como consecuencia de compra de concentrados comerciales y forrajes externos a la unidad de producción (UP).

Existe un desafío para la producción de forrajes de calidad en la propia unidad de producción durante época de seca, en donde se ve limitado el crecimiento de las plantas por falta de lluvias, por lo que se vuelve necesario emplear estrategias que impliquen la conservación de dichos forrajes aprovechando su crecimiento durante la época de lluvia para poder ser cosechado y administrado en época de escasez forrajera, como es el método de ensilaje.

Un pasto a disposición de los productores ampliamente distribuido y naturalizado en los valles altos del centro de México es el pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) (Plata-Reyes et al., 2018), una gramínea perenne tropical del este de África (García et al., 2014) que se caracteriza por ser una planta vigorosa y de porte mediano, tiene raíces profundas y extensas (Bernal, 1991). Es considerada una planta invasora debido a sus agresivos rizomas y estolones con los que penetra la tierra e invade espacio, formando en poco tiempo praderas densas que desplazan a otras especies (Wolff, 1999).

El ensilado de kikuyo ha sido evaluado en diferentes países como Colombia (Avellaneda-Avellaneda et al., 2023) y Costa Rica (Villalobos y Arce, 2015), pero es de destacar que en la actualidad no existe información en México sobre el uso de este forraje ensilado para la alimentación del ganado bovino productor de leche.

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el desempeño productivo y económico a la inclusión del ensilado de pasto kikuyo con ensilado de maíz en la alimentación de vacas lecheras en comparación, en sistemas de producción de leche en pequeña escala durante la época seca.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Producción de leche en México y los sistemas de producción

El Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) reporta que la producción nacional de leche al cierre del año 2023 fue de 13,332,738 litros, mientras que en 2020 la producción fue de 12,717,448 litros, esto indica un aumento de 1.6% anual durante los últimos tres años (SIAP, 2024). En 2021 las estadísticas del Sector Lácteo de la Cámara Nacional de Industriales de la Leche, México se ubicó en el lugar 16 en la producción mundial de leche (CANILEC, 2021).

La producción de leche en México es considerada una actividad rentable (SIAP-SADER, 2022) y actualmente existen 130 empresas formales que procesan el 86% de la producción nacional, además de un sinnúmero de pequeñas empresas familiares, con un valor mayor a 380 mil millones de pesos (Gallegos-Daniel et al., 2023). Camacho Vera et al. (2007) identifican 3 sistemas de producción de leche: intensivo, extensivo de doble propósito también llamado tropical y familiar, identificado como de pequeña escala o campesino.

Robledo (2018) menciona que el sistema intensivo representa hasta el 50% de la producción en el país, cuenta con ganado de alta genética y buen rendimiento productivo, además de emplear tecnología de punta. Por otro lado, el sistema extensivo de doble propósito participa con un 29% de la producción total del país, realizan un manejo semi-estabulado del ganado, con un nivel medio de producción y tecnología, por último, para el sistema familiar predomina la ordeña manual con instalaciones básicas, cuentan con reducido uso de tecnologías, con ganado destinado a producción y de pastoreo; generalmente se localiza en poblaciones pequeñas y se destina al autoconsumo, representando el 21% a la producción nacional.

2.2. Importancia de los sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE) en México

Los SPLPE se caracterizan por contar con razas Holstein, Suizo y cruza con animales criollos, predomina la ordeña manual, cuentan con instalaciones básicas, tienen menor tecnificación, y el uso de tecnologías es reducido, por lo general cuentan con una superficie de tierra reducida, con respecto al tamaño del hato. Cervantes et al. (2001) mencionan que oscila entre 6 y 30 vacas, otros autores como Fadul-Pacheco et al. (2013) destacan que varía de 3 a 35 vacas más sus reemplazos, y el rendimiento de leche promedio está entre 6 y 9 litros por vaca al día (Cervantes et al., 2001).

De acuerdo con Hernández-Morales et al. (2013) una característica importante de estos sistemas es que predomina la mano de obra familiar y destaca que la venta de leche representa el mayor porcentaje de los ingresos de la familia, los cuales suelen ser complementados con ingresos generados por otras actividades dentro de la unidad de producción, tales como la elaboración de productos derivados de la leche, venta de recría y engorda de animales, o con actividades fuera de la unidad de producción.

En los SPLPE en los valles altos del Estado de México con acceso a irrigación la alimentación se basa principalmente en forraje cortado y acarreado y pastoreo, (Hernández-Morales et al., 2013) esto último como opción para el aprovechamiento de los recursos que la propia unidad de producción brinda, además de complementación alimentaria con concentrados comerciales (CC). En un análisis económico, Hernández-Morales et al. (2013) demostraron que 60% de los costos de la unidad de producción se deben a la compra de alimento concentrado para las vacas. De la misma manera Espinoza-Ortega et al. (2005) confirmaron que la compra de los concentrados comerciales (CC) representa el gasto más significativo, reportado de un estudio de los sistemas de producción de leche campesinos del altiplano mexicano.

La reducción de los costos de producción relacionados a la alimentación requiere emplear y desarrollar estrategias que lo permitan, además de que involucren el uso racional de los recursos de cada unidad de producción, para poder contribuir a incrementar los ingresos de todas aquellas familias dependientes de un SPLPE.

2.3. Estrategias para la alimentación en SPLPE

De acuerdo con Pica-Ciamarra y Otte (2008) los productores con SPLPE deben basar sus estrategias de alimentación en forrajes de calidad de cosecha propia, ya que resulta una mejor opción para aumentar los ingresos de los agricultores, mediante la implementación de estrategias de alimentación destinadas a reducir los costos.

En estos sistemas, las estrategias de alimentación basadas en maximizar los recursos locales, como forrajes de buena calidad y cantidades moderadas de concentrados, han demostrado viabilidad económica, con rendimientos de leche aceptables y reducen los gastos en insumos externos como los alimentos compuestos comerciales (Hernández-Ortega et al., 2011; Albarrán et al., 2012)

Arriaga-Jordán et al. (2002) mencionaron que las estrategias de alimentación para los bovinos productores de leche específicamente en SPLPE han evolucionado a partir del uso tradicional, y se han basado principalmente en maíz.

El desarrollo de estrategias de alimentación apropiadas para los sistemas de producción de leche en pequeña escala se plantea basándose en la necesidad de los productores por maximizar el rendimiento de sus unidades de producción para contribuir a la sostenibilidad y que se obtenga un mejor rendimiento de leche a un menor costo.

Así mismo, la importancia del desarrollo de estrategias de alimentación es determinante para el apoyo en la disminución de los costos totales de producción retomando lo anteriormente argumentado, y tomando en cuenta la época seca en

México abarcando de noviembre a abril-mayo (Plata-Reyes et al., 2018) cuando el crecimiento de plantas y forrajes se ve disminuido o es nulo.

Ante los retos que enfrentan los SPLPE durante la época de sequía es importante y necesario evaluar alternativas para la conservación del forraje. Un método utilizado y adecuado es el ensilaje, que permite la preservación del forraje y su calidad, para su uso en temporada seca para contribuir y mejorar el desempeño en la dieta de las vacas.

2.3.1. Ensilado

De acuerdo con Kung Jr. et al. (2018) el objetivo de elaborar ensilado como producto final, es producir un alimento estable con una alta recuperación de materia seca (MS), energía y nutrientes altamente digeribles comparables al cultivo fresco. Esto nos permite el mantenimiento de un buen forraje para las dietas de las vacas, con el fin de obtener una buena palatabilidad para el ganado sin que se produzcan sustancias que puedan ser tóxicas durante el proceso, procurando la salud animal (Sobero, 2018).

El método de ensilaje se considera óptimo en la conservación del forraje, basado en la fermentación anaerobia (ausencia de oxígeno) de carbohidratos solubles como la glucosa y la fructosa (Shao et al., 2007), presentes o adicionados, con la consecuente producción de ácido láctico que reduce el pH, lo que inhibe el crecimiento de microorganismos degradadores de la materia orgánica (Garcés Molina et al., 2006).

El ensilaje se describe de manera general en cuatro etapas: fase aeróbica inicial posterior a la cosecha, seguido de la fase de fermentación, la fase de almacenamiento estable y por último la fase de utilización. Esta última implica la apertura del silo, cuando el ensilado está expuesto al aire y está listo para ser administrado al ganado (Bolsen et al., 1995; Wilkinson y Davies, 2012).

El proceso bioquímico ocurre en dos fases (Garcés Molina et al., 2006). La primera es denominada “*Inicial aerobia*” que ocurre hasta el agotamiento del oxígeno cuando los carbohidratos solubles presentes en el sustrato son convertidos en agua, dióxido de carbono y calor. Esta fase es de corta duración y para poder tener éxito en esta etapa debe estar sustentado por una buena compactación y sellado del silo al momento de ser elaborado. La segunda fase es “*anaerobia*” y en ella los monosacáridos presentes son transformados en ácido acético y láctico, etanol y dióxido de carbono, estos reducen el pH hasta valores entre 3.8 y 5.0, lo que inhibe el crecimiento de la mayoría de las bacterias aerobias que deterioran la calidad del ensilado, y finalmente de las bacterias anaerobias también. Al término de esta fase prosigue la fase de conservación, dada por la estabilidad del ensilado en tanto no se afecte por entrada de aire (o agua) al silo.

El maíz (*Zea mays*) es entre los cultivos forrajeros el más manejado por los pequeños productores, destacando su uso como ensilado. El forraje de maíz es excelente para ensilar dada su alta concentración de carbohidratos solubles que permiten una buena fermentación (Albarrán-Portillo et al., 2012).

El pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) es un recurso presente en las unidades de producción de leche en pequeña escala de amplias áreas de México y América Latina que puede ser utilizado en la intensificación de los sistemas al aprovechar el uso de forrajes distribuidos naturalmente en la unidad de producción para contribuir a la reducción de costos, y su uso como ensilado en conjunto con ensilado de maíz o en su substitución se considera como una posible alternativa forrajera.

2.4. Pasto Kikuyo como opción forrajera en SPLPE

El pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*), es una gramínea perenne subtropical del este de África (Marais, 2001; García et al., 2014). Es vigorosa y de porte mediano, que depende de las condiciones de clima y suelo puede llegar a medir de 30 a 60 cm de altura y 5 mm de ancho con raíces profundas y extensas (Bernal, 1991; Mears, 1992). Es una planta muy invasora debido a sus agresivos rizomas y estolones con los que penetra la tierra e invade espacio, formando en poco tiempo

praderas densas que desplazan a otras especies (Wolff, 1999). Estos rizomas y estolones pueden llegar a medir hasta tres metros de longitud, incluyen entrenudos y es en estos donde brotan los tallos que miden 15 centímetros aproximadamente, de color verde pálido, y en las primeras semanas de crecimiento son semirrectos y posteriormente se vuelven erectos (Bernal, 1991).

De acuerdo con Bernal (1991) el kikuyo es susceptible a heladas y al estrés hídrico, lo que reduce su disponibilidad hasta en 50% en las zonas de mayor altitud durante los meses de sequía en México, de diciembre a marzo (Sánchez y Mesén, 2010).

Es una gramínea subtropical C4, tiene un rápido crecimiento con altos rendimientos de materia seca (MS), en torno a 8.4 ton MS/ha al año bajo pastoreo, donde ha demostrado tener una calidad nutritiva semejante a la de gramíneas de clima templado, con un desempeño de vacas lecheras similar, y sin la necesidad de gastos en la compra de semilla como en el caso de praderas de gramíneas de clima templado, ya que el kikuyo se distribuye de manera natural en los valles altos del centro de México (Plata-Reyes et al., 2018).

Es un forraje ampliamente empleado en varios países con clima subtropical como base en la alimentación del ganado productor de leche, ya que suministra la cantidad de nutrientes necesarios. Se le considera una fuente de alimentación económica a disposición de los productores (Sánchez-Ledezma, 2015); y en los valles altos del centro de México se encuentra ampliamente distribuido y naturalizado.

2.5. Ensilado de pasto Kikuyo

El procedimiento de ensilaje para el pasto kikuyo se sintetiza en: cosechar el forraje en el estado óptimo de madurez, se recomienda cosechar cuando presente entre cuatro y cinco hojas vivas por brote (Acero-Camelo et al., 2020), antes de que se madure y pierda sus nutrientes y digestibilidad (entre 60 y 75%), cuando alcanza una alta producción de materia seca.

Garcés-Molina et al. (2006) recomiendan orear durante seis horas a temperatura ambiente, ya que lo ideal es que tenga entre 25 a 40 % de contenido de materia seca. De acuerdo con un reporte de Villalobos y Arce (2015) una vez cosechados, los pastos se mantuvieron por un periodo de 24 horas (pre-marchitado) con el objetivo de incrementar el contenido de materia seca del forraje debido al proceso de respiración de la planta. Así mismo, el pre-marchitado disminuye el riesgo de descomposición aeróbica (putrefacción) del ensilado (Conaghan et al., 2012).

Para el pasto kikuyo el tamaño de la partícula se recomienda de entre cinco y siete centímetros de largo, ya que esto ayudará a compactar el pasto en el silo, para evitar la entrada de aire, lo que afectaría el proceso de fermentación anaeróbica. Posterior a la compactación se debe sellar el silo para excluir el aire por completo (Benavides et al., 2009).

El silo puede permanecer cerrado entre 30 y 45 días después de haberlo sellado para completar el proceso de fermentación y lograr la estabilidad. Al destaparlo se debe sentir un aroma dulzón avinagrado, el pasto se debe ver café verdoso y no tener moho. Si es de buena calidad, el ensilado de pasto kikuyo tiene una palatabilidad alta (Benavides et al., 2009).

Las ventajas de administrar ensilado de pasto kikuyo como lo describen Benavides et al. (2009) son:

- Permite aprovechar el pasto producido en la unidad de producción (UP) durante el año para alimentar a las vacas. Esto hace que la UP sea eficiente, disminuya desperdicios y aumente su productividad.
- Preserva la calidad y el valor de alimentación del pasto durante varios meses.
- Disminuye los costos de alimentación de los animales, ya que el costo de producción es menor que el de otros suplementos comprados.

Diversos estudios (Woolford, 1984; Garcés Molina et al., 2007; Boschini-Figueroa y Pineda-Cordero, 2016) han demostrado que el pasto que se ha producido durante la época de lluvias tiene un grado de humedad mayor que sobrepasa el mínimo de

materia seca requerido para la obtención de un ensilado de mediana calidad. El contenido de materia seca en pasto fresco en época de lluvias tiene un contenido de materia seca varía entre 15-18% de MS cuando se recomienda un mínimo del 25%.

Por otro lado, la concentración de azúcares solubles es generalmente superior al 12% en base seca, que se considera adecuada para un buen proceso de fermentación láctica (Boschini-Figueroa y Pineda-Cordero, 2016) y así garantizar un ensilado de buena calidad.

2.6. Ensilado de pasto Kikuyo como opción forrajera en SPLPE en México

Producir un ensilado y que forme parte forrajera de la dieta en vacas lecheras en SPLPE administrado durante la época de sequía es una opción para mantener conservado el pasto y maximizar los recursos forrajeros de la misma UP. Además, de acuerdo con Velázquez-Martínez et al. (2022) el uso de ensilado en la dieta de vacas lecheras permite mantener la condición corporal de los animales durante épocas críticas sin reducir o afectar la eficiencia productiva.

Campuzano-Duque et al. (2022) establecieron que utilizar ensilado de forrajes ha permitido incrementar la productividad bovina y además mejorar la rentabilidad del sistema de producción (Renzaho Ntakyó et al., 2020). De acuerdo con Avellaneda-Avellaneda (2023) la utilización de ensilado de pastos es esencial para sostener la producción de leche en época de escasez.

Finalmente, el ensilado de pasto kikuyo es utilizado y ha sido evaluado en varios países (Sánchez-Ledezma, 2015; Guzatti et al., 2017); entre ellos Colombia y Costa Rica, donde se ha evaluado mediante la técnica de microsilos, y la evaluación ha sido únicamente en términos de rendimiento de forraje, más no hay reportes de su evaluación en el desempeño de la producción animal. Actualmente no existen estudios en México sobre la evaluación o utilización de ensilado de pasto kikuyo en términos de rendimiento de forraje y como opción para la alimentación del ganado en la época seca de invierno-primavera en cuanto a desempeño animal.

3. JUSTIFICACIÓN

Durante la época seca en los valles altos del centro de México la producción de forrajes para la alimentación del ganado se ve severamente limitada, y los productores tienen que adecuarse a otras opciones como la compra de insumos, lo que reduce los márgenes de ganancia de la unidad de producción por el aumento en los costos de producción.

Ante esto, el uso de forrajes ensilados es una opción viable para la conservación del forraje para administrar en esta época, ya que durante la época de lluvias son cultivados.

El pasto kikuyo es un forraje ampliamente empleado en varios países con clima subtropical como base en la alimentación del ganado productor de leche, que se considera una fuente de alimentación económica y a disposición de los productores (Sánchez-Ledezma, 2015); además se encuentra bien distribuido y naturalizado en los valles altos del centro de México.

Como opción forrajera, el pasto kikuyo como ensilado ha sido utilizado y evaluado en diferentes países (Sánchez-Ledezma, 2015; Guzatti et al., 2017), pero actualmente no existen reportes en México sobre el uso de este ensilado para la alimentación del ganado en la época seca durante la temporada de invierno-primavera.

La implementación del ensilado de pasto kikuyo durante la época seca se considera una alternativa a la alimentación del ganado lechero en SPLPE para contribuir en la reducción de gastos destinados a la alimentación.

4. PREGUNTA DE INVESTIGACION

¿Cuál es la respuesta productiva, composición química de la leche y costos de producción al añadir ensilado de pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinum*) en la dieta a vacas en sistemas de producción de leche en pequeña escala como estrategia de alimentación?

5. HIPÓTESIS

No existen diferencias en la respuesta productiva, composición química de la leche y costos de producción al incluir ensilado de pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinum*) en sistemas de producción de leche en pequeña escala en comparación con ensilado de maíz (*Zea mays*).

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo general

Evaluar el desempeño productivo, económico y composición química de la leche a la inclusión de ensilado de pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinum*) con ensilado de maíz (*Zea mays*) en comparación solo con ensilado de maíz durante la época seca en la alimentación de vacas en sistemas de producción de leche en pequeña escala.

6.2. Objetivos específicos

- Determinar la composición química del ensilado de pasto kikuyo y ensilado de maíz, en cuanto a materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), y energía metabolizable (EM).
- Comparar el desempeño productivo de vacas lecheras en época de secas en términos de condición corporal (CC) y peso vivo (PV), rendimiento y composición química de la leche en cuanto a contenido de grasa, proteína y nitrógeno ureico en leche (NUL).
- Realizar el análisis económico por presupuestos parciales de los costos de alimentación de los tratamientos evaluados.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. Área de estudio

Se trabajó en una unidad de producción de leche en pequeña escala (UPLPE) con un productor colaborador mediante investigación participativa en el desarrollo de tecnología pecuaria de acuerdo con Conroy (2005).

La UPLPE se encuentra ubicada en el municipio de Aculco de Espinoza en el noroeste del Estado de México. Este municipio, cuenta con una superficie de 453.3 km² representando así el 2.0 % del territorio estatal, cuya cabecera municipal se localiza en las coordenadas geográficas 99°49'37" Oeste de longitud y 20°05'54" Norte de latitud, con una altitud de 2,434 msnm, el clima es sub-húmedo, con temperatura promedio de 13.2°C, y la precipitación pluvial promedio anual es de 700 mm (INEGI, 2020).



Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Aculco INEGI (2025)

La investigación se llevó a cabo siguiendo los lineamientos éticos del trabajo con la colaboración y participación de productores, y el manejo de los animales experimentales se hizo de acuerdo a los lineamientos del comité de ética de investigación del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) de la

Universidad Autónoma del Estado de México, siendo el protocolo de investigación aprobado con el código MACARN-04-1424 asignado por la Secretaría de Ciencia de la universidad.

7.2. Diseño experimental

Para las variables de producción animal se empleó un diseño experimental reversible sencillo con 2 tratamientos y 2 periodos experimentales de 14 días cada uno, donde 11 días fueron para la adaptación a la dieta y 3 días para la toma de muestras.

Para las variables de forraje se utilizó un diseño de parcelas divididas para los ensilados, y para la pradera de pasto kikuyo que fue pastoreada se aplicó un diseño completamente al azar

7.3. Animales

El grupo de vacas y sus respectiva información preexperimental en cuanto a datos productivos y reproductivos se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Vacas experimentales.

Vaca	RL	# Partos	Gestante	CC (1-5)	PV (kg)
PLATINO	20.9	5	SI	2.7	496
DOLLAR	17.7	1	SI	2.25	421
JUNIOR	18.3	5	SI	2.75	560
MARQUEZ	16	4	SI	2.75	351
SUIZA	15.1	1	SI	2.5	380
TROY	14.9	3	SI	2.5	353
BLANCA	12.3	7	NO	2.5	390
CAMBAS	12.3	4	SI	2.5	437

RL= Rendimiento de Leche; # Partos = Numero de partos; CC= Condición corporal; PV= Peso Vivo.

7.4. Elaboración de ensilados

7.4.1. Ensilado de pasto Kikuyo

Se seleccionó dentro de la unidad de producción una parcela naturalizada con pasto kikuyo, con dimensiones de 75 x 70 m, dando un total de la superficie de 5250 m² (Figura 2), que se delimitó mediante cerco eléctrico el 08 de agosto de 2024 con una altura inicial promedio del pasto de 4.3 cm determinado con medidor de plato ascendente (MPA), se fertilizó con 50 kg de urea = 23 kg N / 0.525 ha, equivalente a 43.81 kg de N /ha durante la estación lluviosa, una primera ocasión el 12 de septiembre de 2024 y por segunda ocasión el 10 de octubre de 2024 con el objetivo de mejorar la calidad del pasto y favorecer su crecimiento.

El 25 de octubre de 2024 posterior a su crecimiento esperado durante la época de lluvia con 78 días después de la exclusión del pastoreo, la parcela de pasto kikuyo tenía en promedio de altura 9.3 cm con MPA y 20.24 cm con flexómetro. Se cosechó el pasto mediante maquina tipo segadora de tambor con tractor.

Posteriormente se recolectó el pasto con rastrillo y se acumuló en montones para acarrearlo al sitio donde se colocó previamente el plástico en el piso donde se elaboró el silo, esparciendo el pasto sobre el plástico, y se cubrió por un periodo de 24 horas después de la cosecha, de acuerdo con Villalobos y Arce (2015) para favorecer el pre-marchitamiento del pasto, con el objetivo de incrementar el contenido de MS, además de que como afirman Conaghan et al. (2012) disminuye el riesgo de descomposición aeróbica (putrefacción), ya que se elimina cierta parte de humedad del pasto.

A continuación del periodo de premarchitamiento se compactó el pasto con un tractor, apisonando repetidamente y de manera constante para excluir el aire; se cubrió con plástico negro para ensilados calibre 12 de manera uniforme y finalmente, cubriendo con tierra sobre del plástico para mejor sellado del silo, quedando un silo de tipo pastel en tierra.

El silo permaneció cerrado durante 108 días para completar la fermentación anaeróbica de los carbohidratos solubles y lograr la reducción del pH para inhibir el crecimiento de microorganismos degradadores de la materia orgánica.



Figura 2. Imagen satelital del área delimitada para ensilar el pasto kikuyo

7.4.2. Ensilado de Maíz

El maíz fue un tipo híbrido de la variedad H-50, es una cruza doble de grano blanco diseñada específicamente para las zonas templadas (Valles Altos de México) de 2,200 a 2,600 msnm. Se caracteriza por su alta adaptabilidad a condiciones de temporal, punta de riego y humedad residual, ofreciendo rendimientos superiores (Espinosa Calderón et al., 2004).

Se sembró el 5 de julio durante la época de lluvias a razón de 50 kg semilla/ha y se cosechó el 25 de noviembre (143 días posterior a la siembra), siguiendo las prácticas habituales de cultivo del productor colaborador.

7.4.3. Tratamientos

La distribución de los tratamientos fue de la siguiente manera:

- KY + MZ: 4 kg MS/vaca/día ensilado de kikuyo (EKy) + 6 kg MS/vaca/día ensilado de maíz (EMz) MS/vaca/día + concentrado comercial + pastoreo diurno (8 h/día) en praderas de pasto kikuyo
- MZ: 10 kg MS/vaca/día de ensilado de maíz (EMz) + concentrado comercial + pastoreo diurno (8 h/día) en praderas de pasto kikuyo

7.5. Toma de muestras de los ensilados y del concentrado comercial

La toma de muestra se realizó en los dos ensilados: ensilado de pasto kikuyo y ensilado de maíz durante los tres días designados para la colecta de las muestras por cada periodo experimental, y una única muestra del concentrado comercial el último día del muestreo. Se almacenaron en bolsas de plástico, cada una identificadas de acuerdo con el cultivo/tratamiento y de acuerdo con cada periodo experimental.

7.6. Evaluación de variables de producción animal

7.6.1. Peso vivo (PV) y condición corporal (CC)

El peso vivo de las vacas se determinó en kilogramos (kg), y fue registrado al inicio y al final de cada periodo experimental, después del primer ordeño (6:00 hrs), utilizando una báscula portátil Gallagher MR con capacidad de 1000 kg.

La evaluación de la condición corporal es una medición subjetiva visual y táctil de la cantidad de grasa subcutánea que posee una vaca (Saborío-Montero et al., 2013). Se evaluó mediante palpación de puntos anatómicos del animal, asignándole un valor de acuerdo con la metodología descrita por Wildman et al. (1982) en una escala de 1 a 5 con subdivisiones de 0.25 puntos, donde 1 es una vaca fémica

(delgada de estructuras óseas prominentes y palpables) y 5 es un animal obeso (gordo con estructuras óseas no palpables recubiertas por grandes masas de tejido graso) (Saborío-Montero et al., 2013).

7.6.2. Rendimiento de leche (RL)

El rendimiento de leche por vaca se determinó en kilogramos (kg) durante los últimos cuatro ordeños (mediante ordeña manual) de cada periodo experimental, durante el ordeño matutino (6:00 h) y en la ordeña vespertina (17:00 h), pesando la leche con una báscula de reloj con capacidad para 20 kg en una cubeta.

7.6.3. Determinación de la composición química de la leche

De manera inmediata después del ordeño por cada vaca se tomó una muestra de leche, para poder realizar el análisis químico en la unidad de producción, para así determinar su composición en cuanto a grasa, proteína, y lactosa mediante un analizador de leche por ultrasonido (Lactoscan Farm Eco Ultrasonic Milk)

7.7. Evaluación de producción de forraje

7.7.1. Composición botánica y morfológica de la pradera

Se recolectaron de la pradera de kikuyo de manera aleatoria 4 muestras de 200 gramos, cortadas al ras del suelo mediante cortasetos de mano mini, a batería STIHL 26, se pesaron en una báscula digital portátil ScoutProm para poder determinar la composición morfológica de la pradera por cada periodo experimental de acuerdo con hoja, tallo, inflorescencia; vivo y muerto, así como para composición botánica.

Se separaron las muestras de manera manual en proporción a gramíneas, arvenses y material vivo-muerto de acuerdo con cada muestra (Plata-Reyes et al. 2018), así se calculó MS mediante secado de estas muestras en un horno y posteriormente pesando cada una y así se expresará el resultado en gramos de MS (Andueza et al., 2013; Dennis et al., 2015) expresando el resultado en gramos de MS.

7.7.2. Acumulación Neta de forraje (ANF) en la pradera pastoreada

El crecimiento del pasto Kikuyo durante la estación seca invernal es bajo, incluso con riego disponible (Plata-Reyes et al., 2023), tanto por el déficit hídrico como por las bajas temperaturas, ya que el crecimiento del pasto Kikuyo se ve restringido si la temperatura desciende por debajo de 8 °C (Marais 2001). Por lo tanto, el pastoreo no satisface la ingesta de MS ni los requerimientos nutricionales de las vacas lecheras en lactación.

La acumulación neta de forraje en la pastura pastoreada se determinó dividiendo nominalmente la parcela de 1.0 ha en dos subparcelas (como réplicas), colocando tres jaulas de exclusión (0.5 x 0.5 x 0.70 m) por subparcela. Las jaulas se colocaron aleatoriamente en cada subparcela al inicio del experimento. Se colocó un marco metálico de 0.40 x 0.40 m junto a la jaula y el forraje se cortó a ras de suelo con una podadora de setos manual a batería (día 0). Al final de cada período experimental, el forraje dentro de las jaulas de exclusión se cortó de manera similar (día 14) y la ANF se estimó a partir de la diferencia expresada como kg MS/ha (Hoogendoorn et al. 2016; Plata-Reyes et al. 2018, 2021).

7.8. Determinación de la composición química de los ensilados y praderas

La determinación de la composición química mediante análisis bromatológicos de las muestras del pasto kikuyo ensilado, del ensilado de maíz, de la pradera y del concentrado comercial se llevó a cabo de acuerdo con los procedimientos del laboratorio del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) de la UAEM, determinando los siguientes elementos:

Materia Seca (MS) se evaluó colocando las muestras en un horno de aire forzado para secado tipo RIOSSA H-62 a 55°C (Elgersma, 2015), durante 48 horas; posteriormente se molieron en molino Pulvex 200.

Materia Orgánica (MO) y cenizas, posterior a la determinación de MS, con las muestras molidas, se colocó la muestra en una mufla a temperatura de 550°C, durante 3 horas (Wattiaux, 2002).

Fibra detergente neutro (FDN) y **fibra detergente ácido (FDA)**, se realizó empleando la técnica de micro bolsas (Ankom, 2005).

Proteína Cruda (PC), se determinó de acuerdo con el método de Kjeldahl, calculando el total de PC al multiplicar la cantidad de nitrógeno total presente en la muestra por 6.25 (Método 954.01; AOAC, 1990)

Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS), se obtuvo por espectroscopia por infrarrojo cercano (NIRS)

Energía Metabolizable (EM), se estimó a partir de la ecuación propuesta por CSIRO (2007): $EM \text{ (MJ EM/kg MS)} = 0.172 \text{ DMS} - 1.707$

Donde: DMS= Digestibilidad de la materia seca

7.9. Análisis estadístico de los datos

7.9.1. Producción animal

Para la determinación de las variables que se evaluaron para producción animal se empleó un análisis reversible sencillo (Kaps y Lamberson (2004), de acuerdo con el siguiente modelo:

$$Y_{ijkh} = \mu + s_i + c_j(i) + t_k + p_h + e_{ijkl}$$

Dónde:

μ = Media general

s_i = Efecto debido a la secuencia $i = 1, 2$

$c_j(i)$ = Efecto debido a la vaca dentro de la secuencia $j(i) = 1, 2, \dots 10$.

tk= Efecto debido al tratamiento $k = 1, 2$

ph= Efecto debido al periodo $h = 1, 2, 3$.

eijkl= Variación residual

7.9.2. Producción de forraje

El diseño que se utilizó para el análisis de los resultados de las variables de la producción del forraje en cuanto a los ensilados fue mediante un diseño de parcelas divididas (Kaps y Lamberson (2004), de acuerdo con un análisis de varianza con el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + s_{di} + T_j + E_k + p_l + T_{pj} + T_{rjm} + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{jkl} = Variable respuesta

μ = Media general

sd= Efecto de la subdivisión en los cultivos $i = 1 \dots 3$

T= Efecto de Tratamientos (Parcela Mayor) $i = 1 \dots 3$

E= Término residual para las Parcelas Mayores

p= Efecto de los periodos experimentales (Parcela menor) = $1 \dots 3$

Tp= Efecto de la interacción entre los tratamientos y periodo experimental

Tr= Efecto de la interacción entre los tratamientos y las repeticiones al interior de cada subdivisión en los cultivos.

e= Término residual para las Parcelas Menores

La acumulación neta de forraje y la composición química de la pastura pastoreada se analizaron con un diseño completamente al azar (Kaps y Lamberson, 2004):

$$y_{ij} = \mu + P_i + e_{ij}$$

Donde:

y_{ij} = variable de respuesta (ANH, MS, MO, PC, FDN, FDA, DIVMS y EM);

μ = efecto de la media general;

P_i = períodos experimentales;

e_{ij} = variación residual

Al existir alguna diferencia estadística se empleó la prueba de Tukey sobre las variables para su identificación.

Los resultados se analizaron con el programa estadístico Minitab (V14, Minitab Inc., State College, PA, EE. UU).

7.10. Análisis económico

El análisis de los costos y retornos de alimentación se realizó mediante presupuestos parciales (Prospero-Bernal et al. 2017), tomando en cuenta los costos de ensilajes, otros costos de alimentación y los retornos por venta de leche, y expresados en dólares de los Estados Unidos de América (USD\$).

8. RESULTADOS

8.1. Artículo de investigación

Se generó el artículo científico intitulado “Kikuyu grass (*Cenchrus clandestinus*) silage as forage option for small-scale dairy systems”, y destaca lo realizado en este trabajo. A continuación la carta de aceptación del artículo con correcciones mayores emitida por la revista indexada Tropical Animal Health and Production, revista especializada indizada en el Journal Citation Reports.

-----Mensaje original-----

De: em.trop.45cf.98944a.dc7eeee5@editorialmanager.com <em.trop.45cf.98944a.dc7eeee5@editorialmanager.com> En nombre de André Martinho de Almeida

Enviado el: lunes, 5 de enero de 2026 09:45 a. m.

Para: Carlos Manuel Arriaga Jordan <cmarriagaj@uaemex.mx>

Asunto: Decision on your manuscript #TROP-D-25-02450

Dear Dr. Arriaga-Jordan:

We have received the reports from our advisors on your manuscript, "Kikuyu grass (*Cenchrus clandestinus*) silage as forage option for small-scale dairy systems", which you submitted to Tropical Animal Health and Production.

Based on the advice received, your manuscript could be reconsidered for publication should you be prepared to incorporate major revisions.

When preparing your revised manuscript, you are asked to carefully consider the reviewer comments which are attached, and submit a list of responses to the comments.

Your list of responses should be uploaded as a file in addition to your revised manuscript.

Please follow the instructions available in our Submission Guidelines. If in doubt, do not hesitate in contacting us.

In order to submit your revised manuscript electronically, please access the following web site:

Your username is: [cmarriagajordan](#)

If you forgot your password, you can click the 'Send Login Details' link on the EM Login page at

<https://www.editorialmanager.com/trop/>.

Please click "Author Login" to submit your revision.

Please make sure to submit your editable source files (i.e. Word, Tex).

We look forward to receiving your revised manuscript.

8.1.1. Resumen del artículo

Kikuyu grass (*Cenchrus clandestinus*) silage as forage option for small-scale dairy systems

Mónica Arias-Ávila, Omar Narváez-Urbe, Aurora Sainz-Ramírez, Felipe López-González, Carlos Manuel Arriaga-Jordán

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México, Campus UAEMéx El Cerrillo, Toluca, C.P. 50090, México.

Authors' ORCID:

Mónica Arias-Ávila 0009-0000-2967-0508

Omar Narváez-Urbe 0009-0004-0400-5834

Aurora Sainz-Ramírez: 0000-0002-8566-8653

Felipe López-González: 0000-0002-5518-5458

Carlos Manuel Arriaga-Jordán: 0000-0002-6140-0847

Corresponding Author:

Carlos Manuel Arriaga-Jordán

Instituto de Ciencias Agropecuarias and Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México, Campus UAEMEX El Cerrillo, El Cerrillo Piedras Blancas, 50090 Toluca, Estado de México, México.

Tel: +52 (722) 481 1607.

E-mail: cmarriagaj@uaemex.mx

Kikuyu grass (*Cenchrus clandestinus*) silage as forage option for small-scale dairy systems

Abstract

Grazing Kikuyu (*Cenchrus clandestinus*) is common in the highlands of Mexico. Ensiled surplus herbage could be an option for small-scale dairy systems (SSDS) in the dry season. The objective was to evaluate the inclusion of Kikuyu silage (KYGS) as a complement to maize silage (MSLG) for dairy cows in SSDS, through an on-farm experiment with 8 multiparous Holstein cows with 105 ± 15 days in milk, daily milk yield of 15.9 ± 2.97 kg/cow and liveweight of 424 ± 73 kg. A 5250 m² Kikuyu pasture was excluded from grazing and left for silage. Cow performance was evaluated in a cross-over design, a split-plot design for silage variables, and a completely randomized design for the grazed pasture. Treatments were KY+MZ: 4 KYGS+6 MSLG and MZ: 10 MSLG offered at 10 kg DM/cow/day, 3.6 kg DM/cow/day of a commercial concentrate, and day grazing of Kikuyu pasture, per treatment, concentrate and grazing were common to both treatments in two experimental periods of 14-days each. Performance variables were 3.5% fat corrected milk (3.5% FCM) yield and composition, liveweight (LW), and body condition score (BCS). Silage and herbage samples were analysed for chemical composition, *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD), and estimated metabolizable energy (ME); and partial budget analyses performed. There were no differences ($P > 0.05$) for milk yield, composition, or BCS, but were differences ($P < 0.05$) for LW. There were interactions between silages and experimental periods for composition variables except ADF (acid detergent fibre). KY+MZ treatment had higher costs but with 5.4% higher margins, indicating that KYGS is a viable option for dairy cows if the silage maize crop is limited.

Keywords: Kikuyu grass; surplus herbage; silage; dry season; feeding strategies; small-scale dairy systems.

8.2. Resultados de Composición Botánica y morfológica de la pradera pastoreada de pasto Kikuyo

El Cuadro 2 presenta los resultados de la composición botánica y morfológica de la pradera pastoreada de pasto kikuyo.

Cuadro 2. Composición botánica y morfológica de la pradera pastoreada de pasto Kikuyo

Variable	Periodos experimentales		EEM
	I	II	
Kikuyo	27.8	32.8	7.06 ^{NS}
Trébol blanco	0.1	0.0	0.05 ^{NS}
Senecio	2.2	0.7	0.96 ^{NS}
Hoja	12.5	23.3	2.39*
Tallo	6.4	5.0	0.97 ^{NS}
Inflorescencia	0.1	0.1	0.11 ^{NS}
Material vivo	6.7	35.0	6.07*
Material muerto	13.2	1.0	2.38*

EEM= Error Estándar de la Media; *= P<0.05; **NS**= P>0.05 No Significativo

La composición botánica y sobre todo la composición morfológica es un indicador que explica las diferencias en la composición química entre los periodos (Botha *et al.*, 2008). Como se muestra en el cuadro, existe un aumento significativo en el contenido de hoja y material vegetal vivo del periodo II con respecto al periodo I, lo que se asocia al mayor contenido de FDN, EM y una mayor DIVMS en el periodo II.

Benvenuti *et al.* (2020) y de Rezende *et al.* (2021) mencionan que el incremento en la proporción de hojas es respuesta a la constante defoliación y podría relacionarse con el manejo del pastoreo y a la velocidad de rebrote de la planta la cual fue beneficiada por el riego que le proporcionó a la pradera el productor participante.

Es de notar que no existieron diferencias en las otras variables evaluadas, con una presencia prácticamente nula de trébol blanco, pero también muy baja presencia de senecio (*Senecio inaequidans*) una maleza introducida que no es consumida por las vacas en pastoreo y que llega a invadir zonas extensas de praderas de pastoreo.

Igualmente, no hay cambios significativos ($P>0.05$) en las otras variables determinadas.

8.3.Participación con ponencia en Congreso Internacional en Ciencias Agrarias, Agroindustriales y Forestales, Universidad del Cauca, Colombia

Se presentó el tema: “Ensilado de pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) como opción forrajera para sistemas de producción de leche en pequeña escala”, como ponencia oral dentro del 2° Congreso Internacional en Ciencias Agrarias, Agroindustriales y Forestales en la Facultad de Ciencias Agrarias y el Centro de Educacion Continua, Abierta y Virtual de la Universidad del Cauca, el día 30 de septiembre de 2025 en la ciudad de Popayán, Colombia,

8.3.1. Constancia de participación



8.4. Estancia Universidad de Costa Rica

Durante el periodo del 28 de septiembre al 28 de noviembre de 2025 realicé una estancia de investigación dentro de la Universidad de Costa Rica, a cargo del Dr. Luis Alonso Villalobos Villalobos, en el Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA), durante la cual desarrollé competencias especializadas en el control de calidad de insumos y productos para alimentación animal. Mi formación técnica se centró en la ejecución de análisis de laboratorio bajo estándares de precisión para garantizar el valor nutricional y la inocuidad de premezclas y materias primas del territorio nacional.

Complementé la experiencia técnica con trabajo de campo y visitas a fincas, donde analicé sistemas productivos y la implementación de estrategias nutricionales.

En el ámbito académico, asistí al curso de posgrado en nutrición animal "producción y utilización de pastos", profundizando en metodologías de análisis de pasturas y su impacto en la eficiencia productiva, así como trabajo de campo dentro de la estación experimental Alfredo Volio Mata (AVM).

Asistí al 30° Congreso Nacional Lechero, organizado por la Cámara Nacional de Productores de Leche de Costa Rica, el cual me permitió actualizarme en tendencias de mercado, innovación tecnológica y sostenibilidad en la industria láctea costarricense.

Esta estancia integró la práctica de laboratorio, la formación teórica avanzada que me ayudo a relacionarlo para mi trabajo de maestría, además de complementar con el trabajo de campo y la vinculación directa con el sector agropecuario.

8.4.1. Carta de aceptación para realizar estancia



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

EZ Escuela de
Zootecnia

12 de junio de 2025
EZ-487-2025

Mónica Arias
Estudiante de Maestría
Universidad Autónoma del Estado de México

Estimada Mónica

Por este medio le indico mi anuencia de recibirle como pasante de investigación del 12 de setiembre al 12 de noviembre del 2025 en la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica.

Durante su estancia, dentro del marco de su programa de maestría en el tema de forrajes conservados, podrá participar en actividades de investigación y docencia a nivel de pregrado y posgrado en cursos relacionados con el tema de producción de forrajes, los cuales serán de beneficio para su formación y aplicables a su proyecto de investigación.

Dentro de la estancia podrá involucrarse con metodologías de laboratorio y proyectos de investigación que se desarrollan en unidades de investigación adjuntas a la Escuela de Zootecnia como el Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA), la Estación Experimental de Ganado Lechero Alfredo Volio Mata (EEAVM) y la Finca de Producción Animal (FPA).

Le indico que esta aceptación es dependiente del envío de la información para la formalización del convenio de pasantías de la Universidad de Costa Rica a través de la Oficina de Asuntos Internacionales y Cooperación Externa de nuestra institución.



No dude en comunicarse en caso de requerir más información.

Se despide,

UCR Firmado
digitalmente

Luis Alonso Villalobos Villalobos
Docente e Investigador especialista en forrajes
LAVV

8.4.2. Carta de presentación de ponencia en Universidad de Costa Rica

Se presentó ante los alumnos de posgrado de la UCR el trabajo presentado en esta tesis con el objetivo de complementar y contribuir de manera académica.



05 de diciembre de 2025

Mónica Arias Ávila
Estudiante del programa de Maestría
Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx)

Estimada Mónica Arias Ávila:

Por medio de la presente, la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica (UCR), extiende un sincero reconocimiento por su participación y colaboración durante su estancia en nuestra institución.

Durante su estancia, y como parte de su contribución académica, impartió con éxito la ponencia titulada: "Ensilado de pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) como opción forrajera para sistemas de producción de leche en pequeña escala en los valles altos del centro de México"

Esta presentación, impartida por su persona en conjunto con tres estudiantes más de la Maestría en Nutrición Animal del Programa de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales (PPCARN), fue sumamente enriquecedora y pertinente, contribuyendo al intercambio de conocimientos y fortaleciendo los lazos de colaboración entre nuestras universidades.

Agradecemos profundamente su esfuerzo y dedicación, y le deseamos el mayor de los éxitos en sus futuros proyectos académicos y profesionales.

Atentamente,

M.Sc. Rodolfo WingChing Jones
Director
de la Escuela de Zootecnia



c. arch.



Teléfono: Dirección (506) 2511-8810/Asuntos Estudiantiles (506) 2511-8813/
Secretaría (506) 2511-8811
Página Web: www.zootecnia.ucr.ac.cr

8.4.3. Carta de finalización de estancia



29 de enero de 2026
EZ-81-2026

Humberto Thomé Ortiz
Director del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales
Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex)

Estimado señor:

Por este medio le saludo y le deseo éxitos en este año 2026.

Me dirijo a usted para indicarle que Mónica Arias Ávila, estudiante de la Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la UAEMex, concluyó con éxito su estancia académica y de investigación en la Escuela de Zootecnia del 28 de setiembre al 28 de noviembre del año 2025 bajo mi supervisión.

Durante el tiempo de su estancia, Mónica pudo aprender sobre metodologías de laboratorio en el Centro de Investigaciones en Nutrición Animal ([CINA](#)), lo cual fortalece su formación como futura profesional en nutrición animal de las metodologías más avanzadas de análisis de forrajes. El laboratorio del CINA cuenta con análisis acreditados bajo la Norma ISO XXX así como cuenta con la certificación del National Forage Testing Association ([NFTA](#)) de los Estados Unidos, ente reconocido que certifica la calidad de los análisis en forrajes por medio de corridas de muestras enviadas cada año para certificar que se mantenga el estándar de los mismos.

La estudiante Mónica participó además en actividades de extensión en fincas especializadas de ganado lechero donde se brindó asistencia técnica sobre conceptos de manejo eficiente de los forrajes. Mónica pudo asistir a actividades de



Teléfono: Dirección (506) 2511-8810/Asuntos Estudiantiles (506) 2511-8813/
Secretaría (506) 2511-8811
Página Web: www.zootecnia.ucr.ac.cr



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

EZ Escuela de
Zootecnia

EZ-81-2026
Página 2

mayor alcance a nivel nacional como fueron en Congreso Nacional Lechero y las Jornadas de Nutrición Animal, las cuales se desarrollaron durante su estancia.

Dentro de la parte de docencia, Mónica participó e interactuó con estudiantes de la Maestría en Nutrición Animal de la UCR que llevaban el curso Producción y Utilización de pastos, el cual coordino cada segundo semestre.

Finalmente, pudo observar los diferentes métodos de conservación de forrajes utilizados en fincas en Costa Rica, dentro de los cuales se incluyó el pasto kikuyo, siendo de interés para Mónica por el tema de su tesis de maestría.

Mónica mostró siempre una actitud de madurez y compromiso durante su estancia, con deseos de aprender y compartir cómo las condiciones de Costa Rica y México coinciden en limitaciones que enfrentan los productores, lo cual considero que fue de importancia en su formación integral.

Fue un gusto poder contar con Mónica durante el tiempo de su estancia. Agradecemos su consideración de la presente, se despide

Atentamente,

UCR  **Firmado digitalmente**

Luis Alonso Villalobos Villalobos
Escuela de Zootecnia
Docente e Investigador
Especialista en Forrajes
LAVV

C. Israel Alejandro Quijano Hernández, Coordinador del posgrado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex)
Archivo

9. CONCLUSIÓN

Se concluye que el ensilado de pasto Kikuyo puede ser un complemento al ensilado de maíz, mostrando la viabilidad de mezclas de estos ensilados para la producción lechera en sistemas lecheros de pequeña escala, ya que el ensilado de Kikuyo tiene un alto contenido de proteína cruda y el ensilado de maíz tiene un alto contenido de energía metabolizable.

Si bien el ensilado de pasto Kikuyo tuvo costos más altos, se demostró que la combinación con ensilado de maíz en el tratamiento KY+MZ resultó en márgenes económicos 5.4% más altos sobre los costos de alimentación, lo que indica que el ensilado de pasto Kikuyo puede complementar al ensilado de maíz para vacas lecheras en sistemas lecheros de pequeña escala, particularmente si el cultivo de maíz ensilado es limitado.

10. LITERATURA CITADA

- Acero-Camelo, A., Pabón, M. L., Fischer, G., Carulla-Fornaguera, J. E. (2020). Optimum harvest time for Kikuyu Grass (*Cenchrus clandestinus*) according to the number of leaves per tiller and nitrogen fertilization. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 73(3), 9243–9253. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v73n3.82257>
- Albarrán, B., García, A., Espinoza, A., Espinosa, A., Arriaga-Jordán, Carlos M. (2012). Maize silage in the dry season for grazing dairy cows in small scale production systems in the Mexico's Highlands. *Indian Journal of Animal Research* 46(4):317-324.
- Álvarez-García, Cloe D., Arriaga-Jordán, Carlos M., Estrada-Flores, Julieta G., López-González, Felipe. (2023). Wheat or maize silage in feeding strategies for cows in small-scale dairy systems during the dry season. *Chilean journal of agricultural research*, 83(4), 398-407. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392023000400398>
- Amador C. (1998) Pastos y forrajes. Año 7 y número 14. Guía Agropecuaria de Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica.
- Anaya-Ortega, J.P., Garduño-Castro, G., Espinoza-Ortega, A., Rojo-Rubio, R., and Arriaga-Jordán, C.M. (2009). Silage from maize (*Zea mays*), annual ryegrass (*Lolium multiflorum*) or their mixture in the dry season feeding of grazing dairy cows in small-scale campesino dairy production systems in the Highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 41, 607 – 616. DOI: 10.1007/s11250-008-9231-5
- Andueza D., Picar F., Jestin M., Aufrère. (2013) The effect of feeding animals *ad libitum* vs. At maintenance level on the in vivo digestibility of mown herbage from two permanent grasslands of different botanical composition, *Grass and Forage Science*. Doi: 10.1111/gfs.12004
- Animal And Food Research Council. AFRC (1993) Energy and Protein Requeriments for Rumians. An advisory manual prepared by the AFRC

- tenchinal committee on response to nutrients, CAB International, Wallingford, UK, 159.
- Ankom (2005). Procedures (for NDF, ADF and in vitro Digestibility). Ankom Technology Method. <http://www.ankom.com>. Consultado, abril 2021.
- ANKOM Technology (2014) Acid Detergent Fiber in Feeds - Filter Bag Technique (for A200 and A200I). Method 5. Consultado en World Wide Web. <http://www.ankom.com>
- ANKOM Technology (2014) Neutral Detergent Fiber in Feeds - Filter Bag Technique (for A200 and A200I). Method 6. Consultado en World Wide Web. <http://www.ankom.com>
- AOAC (1990) *Official Method of Analysis. The Association of Official Analytical Chemists*, 15th edn. Arlington, Virginia: Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA
- Arriaga-Jordán C.M., Albarrán-Portillo B., Espinoza-Ortega A., García-Martínez A. y Castelán-Ortega O.A. (2002): On-farm comparison of feeding strategies based on forages for small-scale dairy production systems in the Highlands of Central Mexico. *Experimental Agriculture*, 38: 375-388.
- Avellaneda-Avellaneda, Yesid, Castillo-Sierra, Javier, Mancipe-Muñoz, Edgar A, Vargas-Martínez, Juan de J. (2023). Factores que afectan la calidad del ensilaje de pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*). *Agronomía Mesoamericana*, 34(3), 53394. <https://dx.doi.org/10.15517/am.2023.53394>
- Benavides, J. C., Avellaneda, Y., Buitrago, C., Castro, E., Castillo, J., Rendón, C., Vela, J. F. (2019). Guías de mejores prácticas en sistemas de producción de leche con base en pasturas para el trópico alto colombiano. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia) y The Agribusiness Group.
- Benvenuti, M. A., Findsen, C., Savian, J. V., Mayer, D. G. and Barber, D. G. (2020) *The effect of stage of regrowth on the physical composition and nutritive value of the various vertical strata of kikuyu (Cenchrus clandestinus) pastures*. *Tropical Grasslands-Forrajeros Tropicales*, 8 (2). pp. 141-146. [https://doi.org/10.17138/tgft\(8\)141-146](https://doi.org/10.17138/tgft(8)141-146)

- Bernal, J. (1991). Pastos y forrajes tropicales. Ed. Banco Ganadero. 2da Edición. Colombia. p. 491-524.
- Bolsen K.K., Ashbell G. and Wilkinson J.M. (1995) Silage additives. In: Wallace R.J. and Chesson A. (eds) Biotechnology in animal feeds and animal feeding, pp. 33–54. Weinheim, Germany: VCH
- Boschini-Figueroa Carlos y Pineda-Cordero Luis (2016). Ensilaje de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* O *Kikuyuocloa clandestina*) fermentado con tres aditivos. *Agronomía Mesoamericana*, 27 (1): 49-60. <http://dx.doi.org/10.15517/am.v27i1.21877>
- Botha, P., Meeske, R., Snyman, H. (2008). Kikuyu over-sown with ryegrass and clover: dry matter production, botanical composition and nutritional value. *African Journal of Range and Forage Science*, 25(3), 93–101. <https://doi.org/10.2989/AJRF.2008.25.3.1.598>
- Camacho Vera, J. H., Cervantes Escoto, F., Palacios Rangel, M. I., Cesín Vargas, A., Ocampo Ledesma, J. (2017). Especialización de los sistemas productivos lecheros en México: la difusión del modelo tecnológico Holstein. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(3), 259-268.
- Campuzano-Duque, L. F., Castro-Rincón, E., Castillo-Sierra, J., Torres-Cuesta, D., Nieto-Sierra, D., Portillo-López, P. (2022). Rendimiento e inclusión de ensilaje de avena forrajera (*Avena sativa* L.) AV25 en dietas para ganado lechero (*Bosprimigenius Taurus*). *Agronomía Mesoamericana*, 33(1), Artículo 44508. <http://doi.org/10.15517/am.v33i1.44508>
- CANILEC - Cámara Nacional de Industrias de la Leche (2021). Estadísticas del Sector Lácteo 2010 -2020. Mayo 2024, de Cámara Nacional de Industriales de la Leche. Recuperado de <https://www.canilec.org.mx/wp-content/uploads/2021/04/Compendio-del-Sector-Lacteo-2021.pdf>
- Cervantes EF, Santoyo CH, Álvarez MA (2001). Lechería familiar, factores de éxito para el negocio. 1ra ed. UACH/CIESTAAM-PIAI. Plaza y Valdés. México, D.F. 230 pp.
- Conroy, C. (2005). Participatory livestock research. ITDG Publishing, Bourton-on-Dunsmore, Warwickshire, UK. 304 pp.

- Conaghan P., O'kiely P., O'mara F.P. (2012) Possibilities of increasing the residual water-soluble carbohydrate concentration and aerobic stability of low dry-matter perennial ryegrass silage through additive and cultivar use. *Grass and Forage Science* 67:177-198.
- CSIRO., (2007) Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants. In M. Freer, H. Dove and J.V. Nolan, eds, Canberra: CSIRO publishing, 1-67.
- Dennis T.S. Unruh-Snyder L.J. Neary M.K. and Nennich T.D. (2015) Effects of co-grazing dairy heifers with goats on animal performance, dry matter yield, and pasture forage composition. *Journal Animal Science*. Doi: [10.2527/jas.2011-4643](https://doi.org/10.2527/jas.2011-4643)
- Dunière L, Sindou J, Chaucheyras-Durand F, Chevallier I, Thevenot-Sergentet D. (2013): Silage processing and strategies to prevent persistence of undesirable microorganisms. *Animal Feed Science and Technology*, 182: 1-15.
- Edmonson A.J., Lean I.J., Weaver L.D., Farver T., Webster G. (1989). A body condition scoring chart of Holstein dairy cows, *J. Dairy Sci.* 72:68-78.
- Elgersma, A. (2015). Grazing increases the unsaturated fatty acid concentration of milk from grass-fed cows: A review of the contributing factors, challenges and future perspectives: Effect of grazing on milk fatty acid composition. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117(9), 1345-1369. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201400469>
- Espinosa Calderón, A., Tadeo Robledo, M., Martínez Mendoza, R., Lothrop, J., Azpíroz Rivero, S., Tut y Couoh, C., Bonilla Bada, J., María Ramírez, A., Pérez Camarillo, J. P., Ávila Perches, M. A., Gámez Vázquez, J., Salinas Moreno, Y. (2004). *H-50: Nuevo híbrido de maíz para los Valles Altos de México* (Folleto Técnico Núm. 17). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; Centro de Investigación Regional del Centro; Campo Experimental Valle de México.
- Espinoza-Ortega A, Espinosa-Ayala E, Bastida-López J, Castañeda-Martínez T, Arriaga Jordán CM. (2007): Small-scale dairy farming in the highlands of central Mexico: technical, economic and social aspects and their impact on poverty. *Experimental Agriculture*, 43:241-256.

- Espinoza-Ortega, A., Álvarez-Macías, A., del Valle, M. D., Chauvete, M. (2005). La economía de los sistemas campesinos de producción de leche en el Estado de México. *Técnica Pecuaria en México*, 43(1), 39-56.
- Fadul-Pacheco I, Wattiaux MA, Espinoza-Ortega A, Sánchez-Vera E, Arriaga-Jordan CM. (2013): Evaluation of sustainability of smallholder dairy production systems in the highlands of Mexico during the rainy season. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 37:882-901.
- Ferguson J.D., Galligan D.T., Thomsen N. (1994) Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 77:2695-2703.
- Gallegos-Daniel, Cecilia, Taddei-Bringas, Cristina, González-Córdova, Aarón F. (2023). Panorama de la industria láctea en México. *Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, 33(61), e231251. Epub 22 de septiembre de 2023. <https://doi.org/10.24836/es.v33i61.1251>
- Garcés Molina, Adelaida María; Suárez Holguín, Ernesto; Serna D'León, Juan Guillermo; Ruíz Alzate, Santiago. (2006). Evaluación de la calidad bromatológica del ensilaje de pasto kikuyo y maní forrajero, *Revista Lasallista de Investigación*, 3 (2, julio-diciembre), 34-37
- Garcés, M.A., E. Suárez, J.G. Serna, y S. Ruiz. (2007). Evaluación de la calidad bromatológica del ensilaje de pasto kikuyo y maní forrajero. *Revista Lasallista Invest.* 3(2):34-37.
- García S. C., Islam M. R., Clark C. E. F. and Martin P. M. (2014) Kikuyu- based pasture for dairy production: A review, *Crop and Pasture Science*, 65, 787–797. <https://doi.org/10.1071/CP13414>
- González-Alcántara, F.J., Estrada-Flores, J.G., Morales-Almaraz, E., López-González, F., Gómez-Miranda, A., Vega-García, J.I. and Arriaga- Jordán, C.M. (2020). Whole-crop triticale silage for dairy cows grazing perennial ryegrass (*Lolium perenne*) or tall fescue (*Lolium arundinaceum*) pastures in small-scale dairy systems during the dry season in the highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 52 (4), 1903-1910. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02206-9>

- Guzatti, G.C., Duchini, P., Kozloski, G.V., Niderkorn, V., and Mendonça Nunes Ribeiro-Filho, H. (2017). Associative effects between red clover and kikuyu grass silage: Proteolysis reduction and synergy during in vitro organic matter degradation. *Animal Feed Science and Technology* 231, 107-110. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.07.008>
- Hernández-Ortega, M., Heredia-Nava, D., Espinoza-Ortega, A., Sánchez- Vera, E. and Arriaga-Jordán, C.M., (2011) Effect of silage from ryegrass intercropped with winter or common vetch for grazing dairy cows in small-scale dairy systems in Mexico, *Tropical Animal Health and Production*, 43, 947–954.
- Hernández Morales, Patricia, Estrada-Flores, Julieta Gertrudis, Avilés-Nova, Francisca, Yong-Ángel, Gilberto, López-González, Felipe, Solís-Méndez, Alejandra Donají, Castelán-Ortega, Octavio A. (2013). Tipificación de los sistemas campesinos de producción de leche del sur del estado de México. *Universidad y ciencia*, 29(1), 19-31. Recuperado en 18 de mayo de 2024, de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792013000100003&lng=es&tlng=es.
- Hoogendoorn, C. J., Newton, P. C. D., Devantier, B. P., Rolle, B. A., Theobald, P. W., Lloyd-West, C. M. (2016). Grazing intensity and micro-topographical effects on some nitrogen and carbon pools and fluxes in sheep-grazed hill country in New Zealand. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 217, 22–32. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.10.024>
- Huhtanen, P., Jaakkola, S., Nousiainen, J. (2013). An overview of silage research in Finland: from ensiling innovation to advances in dairy cow feeding. *Agricultural Food Science*, 22(1), 35–56. <https://doi.org/10.23986/afsci.6632>
- INEGI, (2020), Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/15/15003.pdf>. (mayo, 2024)
- J. M. Wilkinson and D. R. Davies (2012). The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. *Revista Grass and forage science*, review paper. School of Biosciences, University of Nottingham, Sutton Bonington Campus, Loughborough, Leicestershire. doi: 10.1111/j.1365-2494.2012.00891.x

- Kaps, M., Lamberson, W. R. (2004). *Biostatistics for animal science*. CABI Publishing.
- Kung Jr, L., Shaver, R. D., Grant, R. J., Schmidt, R. J. (2018). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*, 101 (5), 4020–4033. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>
- Marais J.P. (2001). Factors affecting the nutritive value of kikuyu (*Pennisetum clandestinum*): a review, *Tropical Grasslands*, 35, 65–84.
- Mears P.T. (1992) *Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov. Record from Proseabase. Mannerje, L.t and Jones, R.M. (Editors). PROSEA (Plant Resources of South-East Asia) Foundation, Bogor, Indonesia.
- Moloney T., Sheridan, H., Grant, J., O’Riordan, E. G., O’Kiely, P. (2021). Conservation efficiency and nutritive value of silages made from grass-red clover and multi-species swards compared with grass monocultures. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 59(1), 150–166.<https://doi.org/10.15212/ijafr-2020-0110>
- Pell A.N. and Schofield, P. (1993) Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro, *Journal of Dairy Science*, 76, 1063-1073. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77435-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77435-4)
- Pica-Ciamarra U. and Otte J. (2008) Livestock as a pathway out of poverty in Latin America: A policy perspective. In: O.A. Castelán- Ortega, A. Bernués-Jal, R. Ruiz-Santos and F. Mould (eds), *Opportunities and challenges for smallholder ruminant systems in Latin America*, (Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Mexico), 437–476
- Plata-Reyes D.A, Morales-Almaraz E, Martínez-García CG, Flores-Calvete G, López-González F, Prospero-Bernal F, Valdez-Ruiz CL, Zamora-Juárez YG, and Arriaga-Jordán CM. (2018). Milk production and fatty acid profile of dairy cows grazing four grass species pastures during the rainy season in small-scale dairy systems in the highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 50 (8): 1797-1805. DOI: 10.1007/s11250-018-1621-8

- Plata-Reyes D.A., Hernández-Mendo, O., Vieyra-Alberto, R., Albarrán-Portillo, B., Martínez-García, C.G. and Arriaga-Jordán, C.M. (2021). Kikuyu grass in winter-spring time in small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico in terms of cow performance and fatty acid profile of milk, *Tropical Animal Health and Production*, 53, 225. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02672-9>.
- Plata-Reyes D.A., Martínez-García, C.G., Hernández-Mendo, O. and Arriaga-Jordán, C.M. (2023). Dynamics of tall fescue (*Festuca arundinacea*) and Kikuyu grass (*Cenchrus clandestinus*) pastures associated with white clover (*Trifolium repens*) in small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico, *African Journal of Range and Forage Science*, 1-13. <https://doi.org/10.2989/10220119.2022.2144946>
- Prospero-Bernal F., Martínez-García C.G., Olea-Pérez R., López-González F. and Arriaga Jordán CM. (2017) Intensive grazing and maize silage to enhance the sustainability of small-scale dairy systems in the highlands of Mexico, *Tropical Animal Health and Production*, 49, 1537–1544.
- Rao I, Peters M, Castro A, Schultze-Kraft A, White D, Fisher M, Miles J, Lascano C, Blümmel M, Bungenstab D, Tabasco J, Hyman G, Rudel T. (2015). LivestockPlus – The sustainable intensification of forage-based agricultural systems to improve livelihoods and ecosystem services in the tropics. *Tropical Grasslands - Forrajes Tropicales*, 3, 59–82. [https://doi.org/10.17138/TGFT\(3\)59-822](https://doi.org/10.17138/TGFT(3)59-822)
- Renzaho Ntakyo P., Kirunda, H., Tugume, G., Natuha, S. (2020). Dry season feeding technologies: Assessing the nutritional and economic benefits of feeding hay and silage to dairy cattle in South-Western Uganda. *Open Journal of Animal Sciences*, 10(3), 627–648. <https://doi.org/10.4236/ojas.2020.103041>
- Rezende, C. de P., Pereira, J. M., Magalhães, A. F., Ferreira, I. M., Homem, B. G. C., Casagrande, D. R. (2021). How canopy structural and morphological characteristics, and forage chemical composition affect a pasture-based dairy system?. *Semina: Ciências Agrárias*, 42(6), 3379–3398. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n6p3379>

- Robledo R. (2018). Producción de leche en México y el impacto de las importaciones de leche en polvo. En: Perspectivas teóricas, globalización e intervenciones públicas para el desarrollo regional. Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C, Coeditores, México.
- Saborío-Montero Alejandro, Jorge Ml. Sánchez. (2013) Evaluación de la condición corporal en un hato de vacas jersey en pastoreo en la zona alta de Cartago. Variaciones durante el ciclo productivo. Centro de investigaciones en Nutrición Animal y Escuela de Zootecnia, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. Agronomía Costarricense 38(1): 55-65. ISSN:0377-9424 / 2014 www.mag.go.cr/revagr/index.html www.cia.ucr.ac.cr
- Sánchez Ledezma (2015). Evaluación de pastos y forrajes para la mejora de la alimentación de las vacas lecheras en la zona alta de Costa Rica. Tesis de doctorado por la Universidad de Zaragoza, España
- Sánchez, W., Mesén, M. 2010. Establecimiento y manejo del pasto kikuyo (*Kikuyuochloa clandestina*). Alcances Tecnológicos, 8: 71-80.
- Shao T., L. Zhang, M. Shimojo, and Y. Masuda. (2007) Fermentation quality of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) silages treated with encapsulated-glucose, glucose, sorbic acid and pre-fermented juices. Asian-australas. J. Anim. Sci. 20:1699–1704.
- SIAP-SADER (2021). Escenario mensual de productos agroalimentarios. Leche de bovino. Dirección de análisis estratégico. 16 de mayo de 2024. http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecResumen.jsp
- SIAP-SADER (2022). Escenario mensual de productos agroalimentarios. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER).
- SIAP-SADER (2024). Anuario Estadístico de la Producción Ganadera. Cierre 2023. Leche Bovino: Producción, precio, valor. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). Disponible en https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/.

- Sobero R. (2018). El ensilado, una alternativa de alimentación para el ganado, en tiempo de estiaje. Publicado 24 de agosto 2017. Disponible en: <http://www.actualidadganadera.com/articulos/el-ensilado-una-alternativa-de-alimentacionpara-el-ganado-en-tiempo-de-estiaje.html> (visitado en febrero 2018).
- Teuber N., Parga J., Balocchi O. and J. Parga M. (2007) Manejo del Pastoreo. Imprenta América. Chile, 129p.
- Tilley J. M. And Terry R. A. (1963). A two-stage technique for *in vitro* digestion of forage crops. *Grass and forage Science*, 18, 104-111.
- Van Soest P. J., Robertson J. B., and Lewis B. A. (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583–3897.
- Velázquez-Martínez M., Garnica-Monzalvo, L., Vargas-Monter, J., Hernández Martínez, R., Noguez-Estrada, J., Sifuentes-Saucedo, D.M., et al. (2022) Production of maize and sunflower forage, and its preference as silage among ewes in Mineral de la Reforma, Hidalgo. *Agro Productividad* 15(7):213-219. doi:10.32854/agrop.v15i7.2328.
- Villalobos, L., y Arce, J. (2015) Efecto del picado sobre las características nutricionales y fermentativas de ensilajes de pastos kikuyo, ryegrass perenne y alpiste forrajero. *Agronomía costarricense*, 40(1), 65-74.
- Wattiaux MA. (2002) Composición y análisis de alimentos. En Instituto Babcock para la investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera. Universidad de Wisconsin-Madison, <http://babcock.wisc.edu/es/node/143>
- Wildman E.E., Jones G.M., Wagner P.E., Boman R.L., Trout H.F., Lesch T.N. (1982). A dairy cow body condition scoring system and its relationships to standard production characteristics. *J. Dairy Sci.* 65:495-501.
- Wolff A. (1999) *Winning the war of Weeds: The Essential Gardener's Guide to Weed Identification and Control*. Kenthurst, NSW: Kangaroo Press. p. 61
- Woolford M.K. (1984) Microbiology. In: M. Dekker, editor, *Silage fermentation*. Marcel Dekker Inc., NY, USA. 178 p.

