

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN**

NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN

Código: AI-2309

Evaluación de la inclusión de ensilado de pasto napier (*Pennisetum purpureum*) o ensilado de maíz (*Zea mays*) en la dieta sobre el uso de nutrientes, el balance de nitrógeno, la síntesis de proteínas microbianas y el rendimiento en vacas lecheras en ordeño.

TÍTULO A OBTENER: INGENIERO (A) AGRÓNOMO

AUTORES

Nombres y apellidos	Institución y Dirección	Teléfono y correo electrónico	Firma
Gabriela Alejandra, Flores Leiva	Ayutuxtepeque, Santísima Trinidad II, Pasaje 8, Polígono 8, Block E Poniente, Casa 1, San Salvador.	75843853 fl16005@ues.edu.sv	
Sergio Daniel, Molina Quintanilla	Km 10 ½ Col. Aurora, casa #72, Ciudad Delgado, San Salvador	76619396 mq15005@ues.edu.sv	
Ulises Osmin, Puro López	Colonia San Esteban, casa n°27 D, Santo Tomas, San Salvador	78906176 puro199597@gmail.com	
Elmer Edgardo Corea Guillen	D. Zootecnia, FAC CC AA, UES	78381837 elmer.corea@ues.edu.sv	
Manuel Vicente Mendoza	D. Zootecnia, FAC CC AA, UES	7931 6441 manuel.mendoza@ues.edu.sv	

Visto bueno:

Ing. Carlos Enrique Ruano Iraheta
Coordinador General de Procesos de Graduación del Departamento. Firma: _____

Ing. Agr. Enrique Alonso Alas García
Director General de Procesos de Graduación de la Facultad. Firma: _____

M.Sc. Ing. Blanca Eugenia Torres de Ortiz
Jefe del Departamento. Firma: _____

Sello:

Lugar y fecha: Ciudad Universitaria, noviembre de 2023

Evaluación de la inclusión de ensilado de pasto napier (*Pennisetum purpureum*) o ensilado de maíz (*Zea mays*) en la dieta sobre el uso de nutrientes, el balance de nitrógeno, la síntesis de proteínas microbianas y el rendimiento en vacas lecheras en ordeño.

Flores-Leiva, G.A.¹; Molina-Quintanilla, S.D.¹; Puro-López, U.O.¹; Mendoza, M.V.¹; Corea-Guillén, E.E.¹

RESUMEN

Este estudio se desarrolló en la Hacienda Velesa ubicada en el municipio de Caluco, Sonsonate, El Salvador. El objetivo fue evaluar el consumo, digestibilidad, uso de nutrientes y rendimiento de leche en 18 (dos grupos de 9) vacas Holstein multíparas en respuesta a dos tipos de forraje ensilado. Se utilizaron dos dietas-(tratamientos) en los que se sustituyó ensilado de maíz (*Zea mays*) (EMa) por ensilado de napier (*Pennisetum purpureum*) (ENa) como sigue T0= 40% EMa de la MS y T1= 30% ENa + 10% EMa de la MS. Las dietas fueron isonitrogenadas e isoenergéticas con relación de forraje:concentrado de 50:50 y fueron ofrecidas como ración total mezclada (RTM). El ensayo se desarrolló como un crossover, dividido en dos periodos de 21 días, con 15 días de adaptación y 6 días de recolección de datos y muestras. Se muestreo alimento ofrecido y rechazado, heces, orina y leche. Los datos se analizaron por medio del programa R-Studio usando un modelo general lineal. Se considero las diferencias como significativas a una probabilidad menor de 5% (P < 0.05). La inclusión de ENa incremento el consumo de MS (18.6 vs 19.5kg), MO (16.7 vs 17.4kg) y PC (3255 vs 3405g) y la digestibilidad de MS (66 vs 68.6%) y MO (69.7 vs 72.3%), también se observó un mayor contenido de lactosa (4.61 vs 4.66%) en vacas comiendo ENa, mientras que el Nitrógeno Ureico de la Leche (NUL) fue mayor (14.0 vs 14.9 mg/dL) en vacas comiendo EMa. El incremento del consumo de MS en vacas que consumieron ENa dio lugar a un mayor costo de alimentación/día USD (\$7.03 vs \$6.86, P = 0.03), no obstante, se pudo apreciar un ingreso ligeramente mayor de leche/día USD (\$17.31 vs \$16.88) en las vacas que consumieron ENa, lo cual resultó en similares ingresos sobre el costo de alimentación. La sustitución de EMa por ENa en la dieta de vacas lecheras mejora el consumo y la digestibilidad de nutrientes, sin alterar la producción láctea, y la composición de la mayoría de nutrientes. Además, puede dar lugar a ingresos de leche y márgenes económicos equivalentes a EMa.

Palabras claves: Ensilado, napier, maíz, vacas lecheras, producción láctea.

ABSTRACT

Evaluation of the inclusion of napier grass silage (*Pennisetum purpureum*) or corn silage (*Zea mays*) in the diet on nutrient use, nitrogen balance, microbial protein synthesis and performance in milking dairy cows.

Flores-Leiva, G.A.¹; Molina-Quintanilla, S.D.¹; Puro-López, U.O.¹; Mendoza, M.V.¹; Corea-Guillén, E.E.¹

This study was developed at Hacienda Velesa located in the municipality of Caluco, Sonsonate, El Salvador. The objective was to evaluate the consumption, digestibility, nutrient use and milk yield in 18 multiparous Holstein cows in response to two types of silage forage. Two diets were used to form two treatments in which corn silage (*Zea mays*) (EMa) was replaced by napier silage (*Pennisetum purpureum*) (ENa) as follows: T0 = 40% EMa of the MS and T1 = 30% ENa + 10% EMa of the MS. The diets were isonitrogenous and

¹ Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Zootecnia. E-mail: fl16005@ues.edu.sv; mq15005@ues.edu.sv; puro199597@gmail.com; Elmer.corea@ues.edu.sv; manuel.mendoza@ues.edu.sv

isoenergetic and were offered as a total mixed ration (TMR). The trial was developed as a crossover, divided into two periods of 21 days, with 15 days of adaptation and 6 days of data and sample collection. The data were analyzed through the R-Studio program using a general linear model. Se considero las diferencias como significativas a una probabilidad menor de 5% ($P < 0.05$). The inclusion of ENa increased the consumption of DM (18.6 vs 19.5kg), OM (16.7 vs 17.4kg) and CP (3255 vs 3405g) and the digestibility of DM (66 vs 68.6%) and OM (69.7 vs 72.3%), A higher lactose content (4.61 vs 4.66%) was also observed in cows eating ENa, while Milk Urea Nitrogen (MUL) was higher (14.0 vs 14.9 mg/dL) in cows eating EMa. The increase in DM consumption in cows that consumed ENa gave rise to a higher feed cost/day USD (\$7.03 vs \$6.86, $P = 0.03$), however, a slightly higher income of milk/day USD (\$17.31 vs. \$16.88) in the cows that consumed ENa, which resulted in similar income over the cost of feed. The replacement of EMa with ENa in the diet of dairy cows improves the consumption and digestibility of nutrients, without altering milk production, and the composition of most nutrients. Furthermore, it can lead to milk revenues and economic margins equivalent to EMa.

Keywords: Silage, napier, corn, dairy cows, dairy production.

1. INTRODUCCIÓN

La alimentación del ganado bovino en las regiones tropicales se basa en gran medida de pastos y forrajes, debido que está fuente de alimento tiende a ser más abundante y económica para los productores; sin embargo, pueden presentar variaciones en la disponibilidad y calidad a través del año (Minson 1990; Ku *et al.*, 2013; Iraola 2017). En condiciones del trópico sub-húmedo existen dos periodos bien marcados, habiendo una mayor producción de pastos y forrajes durante el período lluvioso, presentando una alta disponibilidad y calidad; mientras que, en el período seco ocurre lo opuesto (escasez y baja calidad), resultando en una reducción drástica en los niveles de producción del ganado lechero (Reyes *et al.*, 2009).

Los bovinos deben ser alimentadas de acuerdo a sus requerimientos nutritivos los cuales pueden variar según el peso vivo, nivel de producción, momento de lactancia del hato y la composición de la leche. Todos estos aspectos deben ser tomados en cuenta para formular una ración óptima, en lo que se considera una proporción de forraje y concentrado (Hazard 2009).

El ensilaje es una técnica que consiste en la conservación de forrajes frescos para la alimentación animal, con elevado contenido de humedad, basado en la fermentación de azúcares de la planta y acidificación; cuyo objetivo esencial es que las pérdidas de MS y de nutrientes sean mínimas y que sea apetecible para el ganado. Es una técnica de bajo costo que permite aprovechar los pastos que crecen en época lluviosa y almacenarlos para alimentar su ganado durante épocas de escasez como las sequías (SENAR 2011; Villalobos 2017; Callejo 2018).

El uso de forrajes conservados en la dieta de bovinos no sólo es importante para suplir las necesidades alimentarias del ganado en épocas críticas, además permite complementar la ración y llenar los requerimientos de los animales en producción sin tener que realizar cambios en la carga animal que soporta una finca regularmente (Villalobos 2017).

Los forrajes más utilizados entre las gramíneas tropicales para ensilar son cultivos como maíz y sorgo, sin embargo, existen otras especies como el pasto napier (*Pennisetum purpureum*) que destaca por su alto potencial, valor nutritivo (Monção *et al.*, 2019a), bajo costo y buen rendimiento que da lugar a excesos durante la época lluviosa. Sin embargo, no existe abundante información o experiencia de ensilaje de zacate napier como para que sea una práctica común en nuestro medio.

El objetivo del presente estudio es evaluar el efecto la inclusión de ensilado de maíz o ensilado de pasto napier como fuente de forraje sobre el consumo de alimento, la digestibilidad de nutrientes, el balance de N, la síntesis de proteína microbiana y la producción de leche en las dietas de vacas lecheras en ordeño.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación de la zona y descripción del estudio.

El ensayo de campo se realizó en Hacienda Velesa, ubicada en el departamento de Sonsonate, municipio de Caluco; con Latitud Norte de 13°43'07.3" y 89°40'12.5" Longitud Oeste. Las instalaciones se encuentran a una elevación de 381 metros sobre el nivel del mar.

La zona se clasifica como bosque seco, tropical según Holdridge (1967), con una precipitación anual entre 1800 a 1950 mm y temperatura promedio anual de 31.1° C (MARN, 2021).

2.2. Animales

Fueron utilizadas dieciocho vacas Holstein en ordeño con un promedio 544.6 ± 64.3 kg de peso vivo. Se asignaron en dos grupos de 9 vacas cada uno repartiendo los efectos de peso, producción y días en lactancia homogéneamente entre ellos para recibir uno de dos tratamientos que consistieron en dietas que incluyeron ensilado de maíz (*Zea mays*) = EMA o ensilado de napier (*Pennisetum purpureum*) = ENa como principal fuente de forraje. El experimento tuvo una duración de 42 días divididos en 2 períodos de 21 días con 15 días de adaptación y 6 días de muestreo cada uno. Después de los primeros 21 días, las vacas se intercambiaron de tratamiento.

Las vacas se alojaron de forma colectiva en 2 corrales contiguos techados con lámina de zinc y piso de concreto, equipados con echaderos individuales con arena y tuvieron acceso a un metro de comedero lineal, recibiendo alimentación y agua fresca a libre voluntad. Las vacas fueron ordeñadas mecánicamente a las 3:00 am y 3:00 pm, fueron alimentadas dos veces al día (7:00 am y 2:00 pm), recibieron tratamiento para estrés de calor con aspersión de agua (por 60 segundos cada 5 minutos) y ventilación continua desde las 8:00 am hasta las 5:00 pm con ventiladores de 70 cm de diámetro.

2.3. Metodología de campo

Se estableció 2.5 Ha de maíz variedad (Pioneer® P4039) en el mes de diciembre durante la época seca, sembrando manualmente con 75 cm de distancia entre surco y 10 plantas por metro lineal, obteniendo una densidad de 133,333 plantas/Ha. Se fertilizó a la siembra, 8 y 35 días de germinación con un total de 212 kg de N/ha en forma de urea y sulfato de amonio y se aplicó riego por gravedad una vez por semana. Se cosechó a los 85 días cuando el grano estaba en estado masoso-duro, cortando las plantas a 5 cm del suelo y

luego con una cosechadora de forraje (Pecos® 9004, Nogueira Máquinas Agrícolas, São Paulo, Brasil) se picó a un tamaño de partícula de 2.5 cm.

De pasto napier se estableció 2.5 Ha en diciembre durante la época seca; se sembró manualmente utilizando estacas con 4 a 5 entrenudos a una distancia de 75 cm entre surco, colocando 2 estacas lado a lado en forma continua a unos 20 cm de profundidad y se tapó con suelo. En la fertilización se utilizaron 179 kg/ha de N en forma de urea y sulfato de amonio. Se aplicó riego por gravedad una vez por semana. La cosecha se realizó a los 60 días postsiembra, el material se dejó al sol en el suelo por 3 días para que perdiera humedad y se picó a un tamaño de partícula de 2.5 cm con una cosechadora que se alimentó manualmente. Durante el picado se agregó harina de maíz para un estimado de 10% en la materia seca resultante (136 kg o 3 qq de harina de maíz por 5 toneladas de pasto napier). Ambos materiales fueron almacenados en silos de montón y se compactaron con un tractor por cada capa de 20 cm, se taparon con plástico negro y se fermentaron por 21 días antes de su uso.

2.4. Dietas

Se formularon dietas para satisfacer los requerimientos de nutrientes de vacas lecheras de 550 kg PV que rindan 25 kg de leche según NRC (2001), las cuales fueron balanceadas para ser isoenergéticas e isonitrogenadas con una relación forraje: concentrado de 50:50 en MS. Se utilizó 40% de EMa =T0 ó 30% ENa+10% EMa = T1, en ambos casos se complementó el forraje con 8% de pasto napier fresco más 2% de heno de pasto suazi (*Digitaria swazilandensis*). Las dietas fueron ofrecidas como ración total mezclada (RTM), ajustando la oferta para un rechazo esperado de 5% de alimento húmedo (cuadro 1).

2.5. Muestreo y toma de datos

Las cantidades diarias de alimento ofrecido y rechazado en un corral y la producción de leche de cada vaca en cada ordeño se registraron durante los 6 días del período de muestreo. Además, se tomaron diariamente muestras de 400 g de ingredientes: ensilado de maíz, ensilaje de napier, pasto napier, RTM y alimento rechazado por cada tratamiento. Se pesaron los animales en dos días consecutivos al inicio del experimento y al final de cada período

Las vacas fueron muestreadas individualmente para orina y heces en los 6 días consecutivos a las 7:00, 9:00, 11:00, 13:00, 15:00 y 17:00 horas respectivamente: Se aplicó masaje perineal para estimular la micción extrayendo muestras de 1 L, se acidificó una submuestra de 100 ml de orina con ácido sulfúrico (20% v / v) para reducir el pH por debajo de 3, luego se filtró utilizando papel Whatman # 42, se tomó una muestra de 10 ml, luego se tomó otros 10 ml de orina para diluirlos en proporción de 1:5 con agua destilada y de esta dilución, se tomaron muestras de 10 ml por triplicado en viales plásticos con tapón de rosca. Se obtuvieron muestras fecales (200 g húmedos) directamente del recto de cada vaca. Las orinas y heces congelaron a -20 ° C hasta su análisis.

Durante los periodos de muestreo, se tomaron muestras de leche de 50 ml por vaca de la máquina ordeñadora a las 3:00 am y 3:00 pm las que se almacenaron a 4 °C en dos grupos de muestras de tres días cada uno para ser mezcladas (seis muestras por mezcla) y enviadas para su análisis en el laboratorio de la planta de la cooperativa la Salud.

2.6. Análisis y cálculos de laboratorio

Las muestras de orina fueron descongeladas y se mezclaron y homogenizaron por vaca en cada periodo para obtener una sola muestra representativa.

Los alimentos (forrajes y TMR) y rechazos (200 g) se secaron en una estufa ventilada (100-800, Memmert GmbH and Co. KG®, Schwabach, Alemania) a 60 °C durante 48 horas, mientras que las muestras de heces de 6 días se mezclaron manualmente para obtener una muestra por vaca, que se secó por 72 horas a 60 °C. Luego se molieron en un molino Wiley® (Arthur H. Thomas Company, Filadelfia, PA) para pasar una malla de 1 mm.

Cuadro 1. Ingredientes y composición química de las dietas para las vacas lecheras.

Ingredientes, g/kg materia seca	Ensilaje de maíz	Ensilaje de pasto napier
Harina de soya	156	147
Afrecho de trigo	114	104
Melaza	55.5	55.5
Harina de maíz	136	155
Sal mineral	5.35	5.35
Sal común	1.78	1.78
Grasa sobrepasante	13.4	13.4
Carbonato de calcio	6.64	6.64
Bicarbonato de sodio	8.92	8.92
Diamond (Cultivo de levadura)	2.00	2.00
Oxido de magnesio	0.89	0.89
TOTAL CONCENTRADO	500	500
Ensilaje de maíz	400	100
Ensilaje de pasto napier		300
Napier fresco	80.0	80.0
Heno suazi	20.0	20.0
TOTAL FORRAJE	500	500
DIETA TOTAL	1000	1000
Composición Nutricional*		
Materia Seca, g/kg FM	368	338
Proteína Cruda g/kg DM	175	175
Energía Metabolizable, MJ/kg DM**	10.2	10.0
FND, g/kg DM	383	353
FAD g/kg DM	193	185

Según análisis de Laboratorio.

** Según balanceo en programa CPM Dairy V3.

El nitrógeno (N) se analizó en alimentos y rechazos secos, heces húmedas recién descongeladas y en orina, utilizando un equipo Velp® (VELP Scientifica, Italia) para estimar la proteína cruda (en alimentos, rechazos y heces) mediante el procedimiento Kjeldahl donde PC = concentración de N multiplicada por 6.25 (AOAC, 2005).

En alimentos, rechazos y heces se analizó FND y FAD usando amilasa termoestable, ambas incluyendo la ceniza, utilizando un analizador de fibra Ankom® 200 (tecnología ANKOM, NY, EEUU). Se determinó cenizas por combustión en un horno de mufla (L24 / 12 / P320, Nabertherm®, Bremen, Alemania) a 600 °C durante 2h (AOAC, 2005) para estimar

la materia orgánica (MO). Se determino cenizas insolubles en acido en alimentos y heces para utilizarlas como marcador interno en la estimación de excreción de heces (Van Keulen y Young 1977).

En muestras de orina se analizó alantoína y ácido úrico mediante procedimientos espectrofotométricos y de allí, se calculó la síntesis de proteína microbiana (Chen y Gómez 1992).

Las muestras de leche se analizaron en un aparato Foss MilkoScan® F1 (Foss Electric, Hillerød, Dinamarca) para determinar la concentración de proteína, grasas, sólidos totales (ST), lactosa y N ureico en leche (NUL).

2.7. Metodología estadística

2.7.1. Análisis estadístico

Las diferencias entre tratamientos se analizaron con un diseño completo al azar con dos tratamientos y dos periodos. Los datos se analizaron por medio del programa R-Studio usando un modelo general linear. Se considero las diferencias como significativas a una probabilidad menor de 5% ($P < 0.05$) y una tendencia con una probabilidad entre 5 y 10% ($0.05 < P > 0.1$). El modelo estadístico fue el siguiente: $Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$

Donde Y_{ij} = J-ésima observación en el i-ésimo tratamiento, μ = medía global, T_i = efecto del i-ésimo tratamiento y E_{ij} = error experimental.

2.7.2. Parámetros evaluados

Consumo de nutrientes (MS, MO, N, PC, FND y FAD en Kg/d); excreción de heces (kg/d); digestibilidad total aparente (MS, MO, FND, FAD en %); excreción de N (orina, heces y leche en g/d); derivados purínicos de la orina (mmol/animal día); síntesis de proteína microbiana (g/d); producción de leche (kg); producción de nutrientes (proteína, grasa, lactosa, sólidos totales en kg/d); consumo de MO digestible (kg/d) e ingreso sobre el costo de alimentación (\$).

3. Resultados y Discusión

3.1. Composición de forrajes

La concentración de nutrientes en los forrajes utilizados en el estudio incluyendo la harina de maíz que se adicionó para la elaboración del ensilado de napier (ENa) se presenta en el Cuadro 2. En las condiciones de este estudio, observó una mejor composición del ensilado de napier en comparación con el ensilado de maíz (EMa), lo que se nota como una menor concentración de fibra neutro detergente (FND, 56.45 vs 62.72 %) y fibra ácido detergente (FAD, 26.36 vs 31.5 %) y un leve incremento de proteína cruda (PC) en el primero.

La mejor composición nutricional del ensilado de napier comparado con ensilado de maíz contrasta con los reportes de otros autores, Townsend *et al.* (2013) reportaron una disminución de la PC y un incremento en la FND al adicionar pasto napier al forraje de maíz para ensilar mientras que, Cabral *et al.* (2006) reportaron los mismos cambios en estos nutrientes al comparar dietas a base de silo de maíz con dietas a base de silo de napier. Debe resaltarse que en ambos estudios se cosechó el napier en estado avanzado de madurez a 120 días, mientras que el napier usado en el estudio actual tenía 60 días y se le adicionó de harina de maíz en un estimado de 20% de la materia seca resultante.

Cuadro 2. Composición nutricional de ingredientes utilizados en la alimentación de las vacas del estudio.

Nutriente	EMa	ENa	Napier fresco	Harina de maíz	Suazi
Materia seca %	26.54±1.39	23.29±3.47	17.31 ± 1.64	89.20±0.58	29.30±11.21
Materia orgánica %	91.11±0.83	87.89±1.16	86.04±1.66	98.72±0.18	83.61±0.73
Proteína cruda %	10.57±0.65	11.24±0.48	10.99±2.51	8.24±0.34	10.82±3.02
Fibra neutro detergente %	56.45±2.03	45.22±8.16	62.72±3.82	11.62±1.35	62.38±3.46
Fibra ácido detergente %	31.50±0.90	26.36±5.04	36.96±3.25	2.53±0.38	33.63±2.37

EMa= ensilado de Maíz, ENa= ensilado de napier

3.2. Consumo de nutrientes.

La sustitución de ensilado de maíz por ensilado de napier en la dieta de las vacas, dio lugar a mayores consumos de materia seca (MS) 18.6 vs 19.5 kg/día y también de materia orgánica (MO), MO digestible y PC ($P > 0.05$). Sin embargo, el consumo FND fue mayor con la dieta basada en EMa y el de FAD fue similar en ambos grupos de vacas (Cuadro 3).

La mayoría de reportes señalan mayores consumos de nutrientes con el uso de ensilado de maíz en comparación con ensilado de napier en vacas lecheras. Ruiz *et al.* (1992) realizaron una investigación con cuatro dietas donde se sustituyó hasta el total de ensilado de maíz, 38% de la MS total mostrando que al aumentar el napier en la dieta, el consumo de MS, MO y PC disminuyó. Cabral *et al.* (2006) reportaron mayor consumo de MS, MO y PC en vacas consumiendo una dieta con ensilado de maíz en comparación con otra que contenía ensilado de napier. Mientras que Jobim *et al.* (2006) encontró similares consumos de MS con ambos forrajes.

Normalmente se acepta que el consumo de FND es una constante del peso vivo (PV). Mertens (1994) observó que el consumo de MS se maximizó cuando la ingesta de FND fue de 12,5 g/kg de PV y que, por encima de este valor, la reposición ruminal limitaría el consumo. Sin embargo, en este estudio se obtuvo un mayor consumo de FND en vacas que consumieron EMa en comparación con ENa. Esta observación coincide con la hecha por Ruiz *et al.* (1995), quienes estudiaron el rendimiento de vacas lecheras a diferentes niveles de FND en 4 forrajes, mostrando que a mayor concentración de FND en la dieta, mayor es su consumo. Nichols *et al.* (1998) también reportaron mayores consumos de FND en relación al peso vivo cuando el contenido de FND en la dieta aumento en vacas lecheras. Este es también el caso en el estudio actual en que la dieta basada en EMa tuvo mayor concentración de FND que el ENa.

3.3. Digestibilidad.

Se encontró una mayor digestibilidad de la MS y MO en las vacas cuando se sustituyó 75% de EMa por ENa en la dieta, pero no se observó diferencias en la digestibilidad de la PC, FND y FAD por este efecto (Cuadro 3).

La digestibilidad de nutrientes como MS, MO o FND de un forraje, esta influenciada por la proporción de carbohidratos estructurales o fibrosos (FND, FAD) y no fibrosos (CNF) que son principalmente almidón y azúcares. En dos estudios llevados a cabo en Viçosa, Brasil, se comparó la composición de EMa con ENa, encontrándose respectivamente 52.08 y

31.56 vs 69.03 y 14.13% de FND y CNF (Cabral *et al.* 2006) y luego 56.58 y 31.27 vs 75.42 y 11.90% de FND y CNF (Cabral *et al.* 2008). En ambos estudios, las mayores digestibilidades ruminal, post ruminal y total reportadas para dietas basadas en EMa, se atribuyeron a la mayor proporción de CNF.

Cuadro 3. Consumo y digestibilidad de nutrientes en vacas lecheras alimentadas con dietas basadas en ensilado de maíz (*Zea mays*) o ensilado de napier (*Pennisetum purpureum*).

Nutriente	EMa	ENa	EEM	P
Consumo				
MS (kg)	18.6	19.5	0.55	<0.01
MO (kg)	16.7	17.4	0.49	<0.01
MOD (kg)	11.6	12.6	0.32	<0.01
PC (g)	3255	3405	96.1	<0.01
FND (g)	6989	6814	144	0.02
FAD (g)	3521	3532	112	0.30
Digestibilidad (%)				
MS	66.0	68.6	0.82	0.01
MO	69.7	72.3	0.84	0.01
PC	71.3	70.4	0.81	0.21
FND	49.0	51.5	1.20	0.13
FAD	47.3	50.5	1.46	0.12

EMa = Ensilado de maíz, ENa= Ensilado de Napier, MOD= materia orgánica digestible, EEM= Error estándar de la media.

3.4. Producción, composición de leche y producción de nutrientes.

La producción de leche no disminuyó por el uso de ENa en lugar de EMa, inclusive, el valor numérico fue mayor para ENa (24.0 vs 23.4 kg/d), aunque no se encontró diferencia estadística (P = 0.18).

Respecto a los nutrientes de la leche, la sustitución de EMa por ENa, no cambio el contenido (%) de grasa, proteína, ni sólidos totales, pero si aumentó la concentración de lactosa, y disminuyó el nitrógeno ureico en leche. Similarmente a la concentración, la producción de nutrientes, grasa, proteína y sólidos totales (kg/día) no se vio afectada por este cambio en la dieta, pero si se observó una tendencia a incrementar la producción de lactosa (Cuadro 4).

La producción láctea obtenida con ENa es comparable con la de EMa, probablemente el contenido ligeramente menor de FND (Cuadro 4) y consecuentemente mayor de energía en la dieta basada en ENa se relaciona con este resultado. Ruiz *et al.* (1992) sustituyeron progresivamente EMa por ENa hasta la totalidad (0 a 38 %de la MS), utilizando un ensilado de napier de 81% de humedad y 71.8 de FND lo cual aumento progresivamente el contenido de FND en las dietas, mostrando disminuciones lineares en la producción láctea (de 23.5 a 22.0 kg/día).

La concentración de nutrientes de la leche no ha cambiado en reportes que han comparado EMa con ENa en vacas lecheras (Ruiz *et al.* 1992; Jobim *et al.* 2006; Ruiz *et al.* 1995), vacas cebú (Bilal *et al.* 2008) ni en cabras (da Silva *et al.* 2014), lo cual también es el caso en el actual estudio. Sin embargo, nosotros encontramos un incremento en la concentración

(4.61 vs 4.66 %, $P=0.03$) y una tendencia a mayor producción de lactosa en vacas consumiendo ENa. Esto podría deberse a que estas vacas tuvieron un mayor consumo de energía (203.2 vs 191.0 MJ) por el mayor consumo de MS y mayor concentración de energía (Cuadros 1 y 3). Se ha reportado que la concentración de lactosa puede aumentar por un mayor aporte energético de la dieta (Costa *et al.* 2019; Zhou *et al.* 2015). Vacas con menos densidad energética en la dieta tuvieron balance energético más negativo y 15% menor concentración de lactosa en la leche (Ouweltjens *et al.* 2007).

Cuadro 4. Composición de leche y producción de nutrientes en vacas alimentadas con dietas basadas en ensilado de maíz (*Zea mays*) o ensilado de napier (*Pennisetum purpureum*).

Nutriente	EMa	ENa	EEM	P
Leche kg/día	23.4	24.0	0.68	0.18
Eficiencia Leche kg /consumo MS	1.27	1.24	0.03	0.19
Grasa (%)	3.91	3.79	0.07	0.20
Grasa kg/día	0.91	0.91	0.02	0.85
Proteína (%)	3.12	3.12	0.06	0.98
Proteína kg/día	0.73	0.75	0.02	0.18
Lactosa (%)	4.61	4.66	0.05	0.03
Lactosa kg/día	1.08	1.12	0.03	0.08
Sólidos totales (%)	12.5	12.4	0.11	0.31
Sólidos totales kg/día	2.93	2.99	0.08	0.33
Nitrógeno ureico en leche mg/dL	14.9	14.0	0.37	0.01

EMa= ensilado de maíz, ENa= ensilado de napier, EEM=Error estándar de la media.

3.5. Balance de Nitrógeno.

Se observó un incremento significativo en el consumo de N con la inclusión de ensilaje de napier (522 vs 544 g/d, $P<0.01$); no obstante, las cantidades de N en heces, N en orina, N en leche, en cantidad por día o en porcentaje no presentaron diferencias por el cambio en la dieta (Cuadro 5).

No existen muchos estudios que reporten excreciones de nitrógeno comparando ENa con EMa, sin embargo, los ensayos que incluyen la partición del N como respuesta, suelen mostrar efectos de la energía de carbohidratos (FDN, almidón) y la proteína.

Benchaar *et al.* (2014) compararon la excreción de N en vacas lecheras consumiendo dietas que variaron en proporciones de ensilado de maíz o de cebada en la MS (0:54, 27:27 y 54:0), mostrando que el aumento de EMa dio lugar a mayor contenido de almidón y menor contenido de FND en la dieta y de allí, mayor cantidad de nitrógeno en la leche y menos N excretado en orina. Similarmente, Hassanat *et al.* (2013) compararon la partición de N en vacas lecheras reemplazando EMa por ensilado de alfalfa en proporciones similares de la MS (56:0, 28:28 y 0:56), evidenciando que existe una mejor eficiencia en el uso de N en la leche y menor excreción de N en orina con 100% de EMa posiblemente también debido a que las dietas con EMa contienen un mayor contenido de almidón y menor contenido de FND. Por otra parte, Colombini *et al.* (2012) no observaron diferencias significativas en la excreción de N en leche y orina, al comparar dietas basadas en EMa, planta completa de sorgo y ensilado de sorgo, sin embargo, en este experimento, los niveles de almidón y FND fueron balanceados con mayor adición de grano de maíz en las dietas con sorgo.

3.6. Síntesis de proteína microbiana

Se observó una tendencia a mayor en la excreción de derivados purínicos y un incremento en la síntesis de proteína microbiana (Pmic) en las vacas que recibieron ENa. Pero no se encontró diferencias en las eficiencias de N microbiano en relación al consumo de N ni de MO digestible (Cuadro 5).

Cuadro 5. Balance de nitrógeno (N) y síntesis de proteína microbiana en vacas lecheras alimentadas con dietas basadas en ensilado de maíz (*Zea mays*) o ensilado de napier (*Pennisetum purpureum*).

Variable	EMa	ENa	EEM	P
Consumo de N (g)	522	544	15.4	<0.01
N en heces (g)	159	160	7.81	0.76
N en orina (g)	269	272	8.50	0.91
N en leche (g)	117	120	3.29	0.18
N en heces/ 100 g consumo	30.2	29.3	0.80	0.35
N en orina/ 100 g consumo	52.0	50.4	1.55	0.16
N en leche/ 100 g consumo (eficiencia de N en leche)	22.5	22.2	0.67	0.27
Excreción de derivados purínicos (mmol/d)	366	415	19.6	0.06
Síntesis de proteína microbiana (g/d)	1577	1822	96.1	0.05
N microbiano (g) / Consumo N (g)	0.49	0.54	0.03	0.11
N microbiano (g) / MO digestible (kg)	21.8	23.6	1.19	0.30

EMa= ensilado de Maíz, ENa= ensilado de napier, EEM=Error estándar de la medía.

La síntesis de Pmic y su eficiencia en relación con nutrientes digestibles, principalmente la MO son indicadores de un buen uso de N de una dieta (Hoover *et al.* 1990). Cabral *et al.* (2008) estudiaron la eficiencia microbiana y los parámetros ruminales en bovinos alimentados con EMa y ENa; observando que la dieta de ENa dio lugar a menor N total ingerido debido a que el consumo de MS en esta dieta fue menor, además mostraron que, si bien la síntesis Pmic fue similar con EMa y ENa, la eficiencia (Pmic G/kg NDT) fue mayor con la dieta base de ENa.

Hristov *et al.* (2005) Observaron que vacas que recibieron 20% de almidón tuvieron una mayor síntesis de Pmic que vacas que recibieron 20% FND sobre una misma dieta basal, concluyendo que un mayor suministro de carbohidratos fermentables puede aumentar la captura microbiana del amonio liberado en el rumen y aumenta la eficiencia de utilización de N para la leche. Owens *et al.* (2018) evaluaron el efecto de la alimentación con EMa en comparación con el ensilaje de ryegrass en novillos y observaron un efecto de la fuente de forraje sobre la producción de Nmic, que fue significativamente mayor en la dieta a base a EMa, aunque la eficiencia microbiana fue similar. En este caso, debe considerarse que el EMa contenía 30% de almidón -una importante fuente de energía en el rumen-, mientras que el ryegrass no reporto almidón y no se balanceo almidón en las dietas.

En el presente estudio, las vacas comiendo ENa tenían menos FND en la dieta, consumieron más MS, energía y PC que las que consumieron EMa (Cuadro 3), pero, aunque nosotros observamos mayor síntesis de Pmic, la eficiencia de la Pmic (Nmic g/ MO digestible kg) fue similar en ambos grupos de vacas (Cuadro 5).

3.7. Comparación económica.

El costo de alimentación se calculó para cada vaca por medio del costo de la materia seca consumida y su valor. En el Cuadro 6 se puede apreciar que, aunque hubo diferencias significativas de costo de alimentación \$/día (6.86 vs 7.03), no las hubo en el ingreso de leche \$/día ni en el ingreso sobre el costo de alimentación (ISCA) de ambas dietas.

Cuadro 6. Comparación económica de la alimentación con dietas basadas en ensilado de maíz (*Zea mays*) o ensilado de napier (*Pennisetum purpureum*) en vacas lecheras.

Variable	EMa	ENa	EEM	P
Costo de alimentación/día US (\$)	6.86	7.03	0.20	0.03
Ingreso de leche/día US (\$) *	16.88	17.31	0.49	0.18
ISCA/vaca/día US (\$)	10.01	10.28	0.39	0.38
ISCA/kg leche US (\$)	0.43	0.43	0.01	0.92

*Estimado a partir de la producción diaria y un precio de \$0.72 por litro de leche.

EMa= ensilado de Maíz, ENa= ensilado de napier, EEM=Error estándar de la medía.

Jobim *et al.* (2006) en Brasil, evidenciaron que los ensilajes a base de (ENa) dieron lugar a producciones de leche equivalentes a las de EMa en vacas lecheras; obteniendo un margen líquido mayor en US\$0.01 por litro de leche con ENa.

4. Conclusiones

En condiciones similares a las del presente estudio, particularmente con el secado al sol y la adición de harina de maíz, es posible, elaborar ensilaje de napier con composición nutricional semejante a la del ensilado de maíz a pesar de las diferencias marcadas en el material verde.

La alimentación con ENa permitió un mayor consumo de MS, MO, MOD, PC y menos FND en comparación con EMa en vacas lecheras, lo cual se relaciona con el contenido de FND 3% menor en la dieta de ENa.

La sustitución del 75% de EMa por ENa en la MS de la dieta de vacas lecheras da lugar a una mayor digestibilidad total aparente del tracto de MS y MO e igual digestibilidad de PC, FND y FAD.

Los ensilajes a base de napier tienen potencial para la producción y composición nutricional de leche equivalente a la del EMa.

Existe una ventaja en el uso de ENa en comparación con EMa respecto al aprovechamiento de la energía para el uso de N de la dieta a través de su fijación en la masa microbiana como lo evidencian un menor nivel de NUL y una mayor síntesis de proteína microbiana.

La inclusión con ENa da lugar a una eficiencia en el uso de N en leche, excreción de N en orina y heces similar a la obtenida con el uso de EMa en la dieta.

A pesar de que el napier carece de almidón, éste puede ser compensado al momento de ensilarlo con la adición de harina de maíz, lo cual mejora sus propiedades nutricionales, pero eleva su costo. Sin embargo, el valor por kg de MS sigue siendo menor que el de EMa y puede dar lugar a ingresos en leche y márgenes económicos equivalente al EMa, con la

ventaja de que la producción de napier es menos complicada que la de maíz en términos de manejo agronómico.

5. Recomendaciones

Utilizar ensilaje de napier como alternativa al ensilaje de maíz en la alimentación de vacas lecheras, tomando en consideración las prácticas utilizadas en este ensayo, principalmente la adición de harina de maíz y el secado del material verde.

Sustituir el cultivo de maíz por cultivo de napier para preparar ensilado con el fin de alimentar vacas lecheras calculando el precio por unidad de materia seca ensilada, se debe considerar las variables incluidas este estudio como el rendimiento, contenido de materia seca, el precio de la harina de maíz a utilizar, la cantidad de labor requerida y los precios de los insumos; con el fin de obtener una fuente forrajera de menor costo.

6. Bibliografía

A.O.A.C. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC international. 18th Ed. Maryland.

Benchaar, C.; Hassanat, F.; Gervais, R.; Chouinard, P. Y.; Petit, H. V.; Massé, D. I. 2014. Methane production, digestion, ruminal fermentation, nitrogen balance, and milk production of cows fed corn silage- or barley silage-based diets (on line). *J. Dairy Sci.* 97(2):961-974. Consulted 14 feb. 2023. Available: doi.org/10.3168/jds.2013-7122

Bilal, M. Q. 2008. Feeding value of matt grass and its silage in lactating sahiwal cows (on line). *Pak. J. Agri. Sci.*, 45(2). Consulted 18 may 2022. Available: <https://pakjas.com.pk/papers/189.pdf>

Cabral, L da S.; Filho, S de C. V.; Detmann, E.; Malafaia, P. A. M.; Zervoudakis, J. T.; de Souza, A. L.; Veloso, R. G.; Nunes, P. M. M. 2006. Consumo e digestibilidade dos nutrientes em bovinos alimentados com dietas à base de volumosos tropicais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(6):2406-2412.

Cabral, L da S.; Filho, S de C. V.; Detmann, E.; Zervoudakis, J. T.; de Souza, A. L.; Veloso, R. G. 2008. Eficiência microbiana e parâmetros ruminais em bovinos alimentados com dietas à base de volumosos tropicais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(5):919-925.

Callejo Ramos, A. 2018. Conservación de forrajes (V): Fundamentos del ensilado (en línea). Consultado 7 jul. 2023. Disponible en: https://oa.upm.es/53336/1/INVE_MEM_2018_286059.pdf

Chen, X.B.; Gomes, M.J. 1992. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives- an overview of technical details (on line). International Feed Resource Unit. Rowett Research Institute. Consulted 27 nov. 2021. Available: https://www.researchgate.net/publication/265323654_Estimation_of_Microbial_Protein_Supply_to_Sheep_and_Cattle_Based_on_Urinary_Excretion_of_Purine_Derivatives_-_An_Overview_of_Technical_Details

Colombini, S.; Galassi, G.; Crovetto, G. M.; y Rapetti, L. 2012. Milk production, nitrogen balance, and fiber digestibility prediction of corn, whole plant grain sorghum, and forage

sorghum silages in the dairy cow. *J. Dairy Sci.* 95:4457 – 4467. doi.org/10.3168/jds.2011-4444

Costa, A.; López-Villalobos, N.; Sneddon, N. W.; Shalloo, L.; Franzoi, M.; De Marchi, M.; Penasa, M. 2019. Invited review: Milk lactose Current status and future challenges in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 102:5883–5898. doi:10.3168/jds.2018-15955

da Silva, J. K.; de Oliveira, J. S.; de Medeiros, A. N.; Santos, E. M.; Magalhães, T. S.; Ramos, A. O.; Bezerra, H. F. C. 2014. Elephant grass ensiled with wheat bran compared with corn silage in diets for lactating goats. *R. Bras. Zootec.*, 43(11) :618-626.

Hassanat, F.; Gervais, R.; Massé, D. I.; Lettat, A.; Chouinard, P. Y.; and Benchaar, C. 2013. Replacing alfalfa silage with corn silage in dairy cow diets: Effects on enteric methane production, ruminal fermentation, digestion, N balance, and milk production. *J. Dairy Sci.* 96:4553 – 4567.

Hazard, S. 2009. Alimentación de Vacas Lecheras (en línea). Instituto de Investigaciones Agropecuarias Carillanca, Chile. 52 – 60 p. Consultado 14 abr. 2022. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7003/NR31866.pdf?sequence=11&isAllowed=y>

Hoover, W. H.; and Stokes, R. S. 1990. Balancing Carbohydrates and Proteins for Optimum Rumen Microbial Yield. *J Dairy Science*, 74: 3630–3644.

Hristov, A. N.; Ropp, J. K.; Grandeen, K. L.; Abedi, S.; Etter, R. P.; Melgar, A.; and Foley, A. E. 2005. Effect of carbohydrate source on ammonia utilization in lactating dairy cows. *J. Anim. Sci.* 83 :408–421.

Holdridge, L. R. 1967. «Life Zone Ecology». Tropical Science Center. San José, Costa Rica. 149 p.

Iraola, J. 2007. Ensilajes de calidad con forrajes tropicales: Alternativas para el ganadero en Cuba (en línea). Consultado 7 jul. 2023. Disponible en: doi:10.13140/RG.2.2.21193.80480

Jobim, C. C.; Sarti, L. L.; dos Santos, G. T.; Branco, A. F.; Cecato, U. 2006. Desempenho animal e viabilidade econômica do uso da silagem de capim-elefante em substituição a silagem de milho para vacas em lactação. *Acta Sci. Anim. Sci, Maringá*, 28(2):137-144.

Ku Vera, J. C.; Briceño, E. G.; Ruiz, A.; Mayo, R.; Ayala, A. J.; Aguilar, C. F.; Solorio, F. J.; Ramírez, L. 2013. Manipulación del metabolismo energético de los rumiantes en los trópicos: Opciones para mejorar la producción y calidad de la carne y leche (en línea). La Habana, Cuba. XXIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal IV Congreso de Producción Animal Tropical: Manejo, reproducción y alimentación del ganado bovino. Consultado 7 jul. 2023. Disponible en: https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/download/2683/1114/

MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2022. Resumen climatológico anual 2021 (en línea). El Salvador. <https://www.snet.gob.sv/UserFiles/meteorologia/climatologico/ResumenClimatologicoAnuaI2021.pdf>

Mertens, D. R. 1994. Chapter 11: Regulation of forage intake. Ed. Fahey Jr., G. C. American Society of Agronomy. 450 – 493 p. doi.org/10.2134/1994.foragequality.c11

Minson, D.J. 1990. Forage in Ruminant Nutrition (on line). Academic Press, Inc. New York. 483 p. Consulted 15 may. 2022. Available: doi.org/10.1016/B978-0-12-498310-6.X5001-9

Monção, F. P.; Costa, M. A. M. S.; Rigueira, J. P. S.; de Sales, E. C. J.; Leal, D. B.; da Silva, M. F. P.; Gomes, V. M.; Murta, J. E. J.; Júnior, V. R. R. 2019a. Productivity and nutritional value of BRS capiaçu grass (*Pennisetum purpureum*) managed at four regrowth ages in a semiarid region. Tropical Animal Health and Production. 7 p.

NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th ed., (in line). National Academy Press, Washington, DC. Consulted 14 jan. 2022. Available in: https://www.academia.edu/26451345/Nutrient_Requirements_of_Dairy_Cattle_Seventh_Revised_Edition_2001

Nichols, S.W.; Froetschel, M. A.; Amos, H. E.; and Ely, L. O. 1998. Effects of fiber from tropical corn and forage sorghum silages on intake, digestion, and performance of lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 81:2383-2393.

Ouweltjens, W.; Beerda, B.; Windig, J. J.; Calus, M. P. L.; Veerkamp, R. F. 2007. Effects of Management and Genetics on Udder Health and Milk Composition in Dairy Cows. J. Dairy Sci. 90:229–238

Owens, D; McGee, M; Boland, T; O’Kiely, P. 2009. Rumen fermentation, microbial protein synthesis, and nutrient flow to the omasum in cattle offered corn silage, grass silage, or whole-crop wheat. J. Anim. Sci. 87:658 – 668.

Reyes, N; Mendieta, B; Fariñas, T; Mena, M; Cardona, J; Pezo, D. 2009. Elaboración y utilización de ensilajes en la alimentación del ganado bovino (en línea). Managua, Nicaragua. Manual técnico (91). Consultado 21 dic. 2021. Disponible en: <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/7886>

Ruiz, T. M.; Bernal, E.; Staples, C. R.; Sollenberger, L. E.; Gallaher, R. N. 1995. Effect of dietary neutral detergent fiber concentration and forage source on performance of lactating cows. J. Dairy Sci 78:305-319305. doi:10.3168/jds.S0022-0302(95)76639-5

Ruiz, T. M.; Sanchez, W. K.; and Staples, C. R. 1992. Comparison of ‘Mott’ dwarf elephantgrass silage and corn silage for lactating dairy cows. J. Dairy Sci 75:533-543.

SENAR (Serviço Nacional de Aprendizagem Rural). 2011. Silagem de milho e sorgo: produção, ensilagem e utilização. Brasília, Brasil. 112 p. (Coleção SENAR, 154).

Thomas, E.D.; Mandevu, P.; Ballard, C. S.; Sniffen, C. J.; Carter, M. P.; Beck, J. 2001. Comparison of Corn Silage Hybrids for Yield, Nutrient Composition, In Vitro Digestibility, and Milk Yield by Dairy Cows. J. Dairy Sci. 84:2217–2226

Townsend, CR; Salman, AKD; Pereira, RGA; de Souza, JP; Santos, LO y dos Santos, MGR. 2013. Composição químico-bromatológica da silagem de milho (*Zea mays*) com níveis de inclusão de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) (en línea). Consultado 13 feb. 2022. Disponible en: [https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-](https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/)

/publicacao/1012043/composicao-quimico-bromatologica-da-silagem-de-milho-zea-mays-com-niveis-de-inclusao-de-capimelefante-pennisetum-purpureum

Villalobos, L. 2017. Ensilado: una alternativa para la alimentación de ganado en épocas críticas. UCR, Costa Rica (en línea, sitio web). Consultado 20 feb. 2021. Disponible en: <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2017/09/20/ensilado-una-alternativa-para-la-alimentacion-de-ganado-en-epocas-criticas.html>

Zhou, XQ; Zhang, YD; Zhao, M; Zhang, T; Zhu, T; Bu, DP y Wang JQ. 2015. Effect of dietary energy source and level on nutrient digestibility, rumen microbial protein synthesis, and milk performance in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 98:7209–7217