



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

**EVALUACIÓN DE ENSILADO DE TRIGO Y MAÍZ EN LA
ALIMENTACIÓN DE VACAS LECHERAS EN EL ALTIPLANO CENTRAL
DE MÉXICO**

T E S I S

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

P R E S E N T A

CLOE DAFNE ALVAREZ GARCÍA

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. Febrero de 2024



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

**EVALUACIÓN DE ENSILADO DE TRIGO Y MAÍZ EN LA
ALIMENTACIÓN DE VACAS LECHERAS EN EL ALTIPLANO CENTRAL
DE MÉXICO**

T E S I S

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

P R E S E N T A

CLOE DAFNE ALVAREZ GARCÍA

COMITÉ DE TUTORES

DIRECTOR DE TESIS

DR. FELIPE LÓPEZ GONZÁLEZ

CO-DIRECTOR DE TESIS

DR. CARLOS MANUEL ARRIAGA JORDÁN

TUTORA

DRA. JULIETA GERTRUDIS ESTRADA FLORES

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. Febrero de 2024

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar ensilados de trigo y trigo con ebo en comparación con ensilado de maíz, como estrategias de alimentación en sistemas de producción de leche en pequeña escala mediante dos experimentos diferentes.

El primer experimento tuvo como objetivo evaluar ensilado de trigo y ensilado de trigo con maíz en comparación con ensilado de maíz en la alimentación de vacas lecheras sobre el desempeño animal, composición química y rendimiento del cultivo, durante la época seca. Para esto se sembró una parcela con semilla de trigo a una densidad de semilla de 140 kg/ha y otra parcela con semilla de maíz con una densidad de semilla de 30 g/ha, posteriormente el forraje cosechado se ensiló, y se evaluó su composición química, estos datos fueron analizados bajo un diseño experimental completamente al azar. Los ensilados se evaluaron bajo tres tratamientos: 9.8 kg MS de ensilado de trigo/vaca/día (**WS**); 4.9 kg MS de ensilado de maíz + 4.9 kg MS de ensilado de trigo/vaca/día (**WMS**) y 9.8 kg MS de ensilado de maíz/vaca/día (**MS**), las vacas fueron suplementadas con 4.6 kg MS de concentrado comercial; para esto se eligieron seis vacas Holstein que fueron divididas en tres grupos, a cada grupo se le asignó un tratamiento, estos tratamientos se evaluaron durante tres periodos experimentales bajo un diseño experimental de cuadro latino 3x3 repetido dos veces. Se midieron variables de rendimiento de leche, composición química de leche (grasa, proteína y lactosa) y nitrógeno ureico en leche (NUL), el peso vivo, la condición corporal y el consumo de materia seca. También se realizó un análisis de costos mediante la metodología de presupuestos parciales para comparar los costos e ingresos por concepto de alimentación y venta de leche de cada tratamiento.

Para las variables de composición química de los ensilados se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$). Para las variables de desempeño productivo no se presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en rendimiento, composición química de la leche, NUL, peso vivo y condición corporal. Para las variables de consumo de materia seca no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0.05$) pero si entre periodos experimentales ($P < 0.05$), mostrando un mayor consumo durante el periodo 3.

De acuerdo con los resultados se concluye que el ensilado de trigo, ensilado de trigo con maíz y maíz son opciones viables para la alimentación de vacas lecheras durante la época seca, ya que no se presentaron diferencias en la respuesta productiva, con márgenes positivos sobre los costos de alimentación, que fueron mayores en el ensilado de maíz, sin embargo, el uso de ensilado de trigo puede ser una opción cuando las condiciones climáticas no permitan la siembra de maíz.

El objetivo del segundo experimento fue evaluar el efecto del ensilado de trigo y ensilado de trigo con ebo y en comparación con ensilado de maíz en la alimentación de vacas lecheras sobre el desempeño animal, rendimiento y composición química del forraje durante la época seca. Para ello se sembró una parcela con semilla de trigo, una con semilla de trigo asociado con ebo (a una proporción 70:30) ambas con una densidad de semilla de 140 kg/ha y otra parcela con semilla de maíz con una densidad de semilla de 36 kg/ha. El forraje cosechado fue ensilado por separado, de estos ensilados se evaluó la composición química. Los datos recabados fueron analizados bajo un diseño experimental de parcelas divididas. Se evaluaron tres tratamientos: **WHTS**= 8.3 kg MS de ensilado de trigo; **WVS**= 8.3 kg MS de ensilado de trigo con ebo y **MSLG**= 8.3 kg MS de ensilado de maíz, más suplementación con 3.7 kg MS de concentrado, para esto se seleccionaron tres vacas Holstein, a cada vaca se le asignó un

tratamiento durante seis periodos experimentales bajo un diseño experimental de cuadro latino 3x3 repetido dos veces en el tiempo. Las variables que se midieron fueron, rendimiento y composición química de leche, nitrógeno ureico en leche, peso vivo y condición corporal, así como el consumo de materia seca. Se realizó un análisis de costos con la finalidad de comparar los costos de alimentación e ingresos que implicó cada tratamiento.

Se presentaron diferencias significativas para las variables de composición química de los ensilados ($P < 0.05$), para las variables de respuesta productiva se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos en NUL. En cuanto a consumo de materia seca se presentaron diferencias ($P < 0.05$) entre tratamientos, viéndose favorecido el consumo de ensilado de maíz.

Con base en los resultados obtenidos se concluye que el ensilado de trigo, ensilado de trigo con ebo o ensilado de maíz son alternativas viables para incluir en la alimentación de vacas lecheras junto con concentrado como complemento, durante la época seca, lo anterior debido a que no se encontraron diferencias significativas en la respuesta productiva, presentando márgenes positivos sobre los costos de alimentación en los tres tratamientos, sin embargo el ensilado de trigo disminuyó los costos de alimentación.

Palabras clave: Producción de leche, época seca, trigo, ebo, maíz, cultivos asociados, ensilado.

SUMMARY

The objective of the present work was to evaluate wheat and wheat-common vetch silages compared to maize silage as feeding strategies in small-scale dairy production systems through two different experiments.

The first experiment aimed to evaluate wheat silage and wheat-maize silage compared to maize silage in the feeding of dairy cows on animal performance, chemical composition and crop yield, during the dry season. For this, a plot was sown with wheat seed at a seed density of 140 kg/ha, another plot was sown with maize seed at a seed density of 30 g/ha. Later, the harvested forage was ensiled, and its chemical composition was evaluated, these data were analyzed under a completely randomized experimental design. The silages were evaluated under three treatments: 9.8 kg DM wheat silage/cow/day (**WS**); 4.9 kg DM maize silage + 4.9 kg DM wheat silage/cow/day (**WMS**) and 9.8 kg DM maize silage/cow/day (**MS**), the cows were supplemented with 4.6 kg DM of concentrate. Six Holstein cows were chosen and separated into three groups, each group was assigned a treatment. These treatments were evaluated during three experimental periods under a 3x3 Latin square experimental design repeated twice. Variables of milk yield, milk chemical composition (milk fat, protein and lactose) and milk urea nitrogen (MUN), live weight, body condition score and dry matter intake were measured. A cost analysis was also carried out using partial budgets to compare costs and incomes from feeding and milk sales for each treatment.

For silages chemical composition variables, significant differences were found ($P < 0.05$). For the productive performance variables, there were no significant differences ($P > 0.05$) in milk yield, chemical composition of milk, MUN, live weight and body condition score. There

were no significant differences between treatments ($P>0.05$) for dry matter intake but there were between experimental periods ($P<0.05$), showing a higher consumption during period 3.

According to the results, it is concluded that wheat silage, wheat-maize silage and maize silage are viable options for feeding dairy cows during the dry season, since there were no differences in the productive response, with positive margins on feeding costs, which were higher in maize silage, however, the use of wheat silage can be an option when climatic conditions do not allow sown of maize.

The objective of the second experiment was to assess the effect of wheat and wheat-common vetch silages in comparison with maize silage in the feeding of dairy cows on animal performance, yield and chemical composition of forage during the dry season. A plot was sown with wheat seed, one with wheat seed associated with common vetch (at a 70:30 ratio), both with a seed density of 140 kg/ha, another plot with maize seed with a seed density of 36 kg/ha. Harvested forage was ensiled separately; the chemical composition of silages was evaluated. Data collected were analyzed under a split plot design. Three treatments were evaluated: **WHTS**= 8.3 kg DM of wheat silage; **WVS**= 8.3 kg DM of wheat silage with common vetch and **MSLG**= 8.3 kg DM of maize silage, plus supplementation with 3.7 kg DM concentrate. Three Holstein cows were selected, each cow was assigned a treatment for six experimental periods under a 3x3 Latin square design repeated twice over time.

The measured variables were milk yield and milk chemical composition, milk urea nitrogen, live weight and body condition score and dry matter intake. A cost analysis using partial budgets was carried out to compare feeding costs and incomes involved in each treatment.

Significant differences were presented for chemical composition variables of silages ($P < 0.05$), for productive response there were significant differences ($P < 0.05$) between treatments in MUN. For dry matter intake, there were differences ($P < 0.05$) between treatments, with higher consumption maize silage.

Based on the results, it is concluded that wheat silage, wheat- common vetch silage or maize silage are alternatives to include in feeding of dairy cows with concentrate as a complement, during the dry season, this is because there were no significant differences for productive response, presenting positive margins on feeding costs in three treatments, however wheat silage decreased feeding costs.

Keywords: Dairy production, dry season, wheat, common vetch, maize, associated crops, silage.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS	15
I. INTRODUCCIÓN	16
II. REVISIÓN DE LITERATURA	19
2.1. Producción de leche en México	19
2.1. Sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE)	19
2.3. Alimentación del ganado lechero en sistemas de producción de leche en pequeña escala.....	20
2.4. Forrajes en sistemas de producción de leche en pequeña escala	21
2.5. Maíz (<i>Zea mays</i>)	22
2.6. Trigo (<i>Triticum aestivum</i>).....	23
2.7. Leguminosas	25
2.7.1. Ebo (<i>Vicia sativa</i>).....	26
2.8. Asociación gramínea-leguminosa.....	26
2.9. Conservación de forrajes.....	27
2.9.1. Ensilado.....	28
2.9.2. Fases del proceso de ensilado.....	29
IV. JUSTIFICACIÓN.....	32
III. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN EXPERIMENTO UNO	33
V. HIPÓTESIS GENERAL EXPERIMENTO UNO.....	34
VI. OBJETIVOS EXPERIMENTO UNO.....	35
6.1. Objetivo general.....	35
6.2. Objetivos específicos	35
VII. MATERIALES Y MÉTODO EXPERIMENTO UNO	37
7.1 Área de estudio	37

7.2. Desarrollo de experimento.....	37
7.3. Variables animales y tratamientos	37
7.4. Distribución de las vacas en los periodos experimentales y tratamientos	39
7.5. Establecimiento de los cultivos.....	40
7.6. Variables de producción de forraje	40
7.6.1. Producción de masa herbácea	40
7.6.2. Altura.....	41
7.6.3. Composición química y digestibilidad de los ensilados.....	41
7.7. Variables de producción animal.....	42
7.7.1. Rendimiento de leche	42
7.7.2. Composición química de la leche.....	43
7.7.3. Nitrógeno ureico en leche (NUL).....	43
7.7.4. Peso vivo	43
7.7.5. Condición corporal.....	43
7.7.6. Consumo de materia seca.....	44
7.8. Diseño experimental y análisis estadístico	44
7.8.1. Variables de producción animal.....	44
7.8.2 Variables de composición química	45
7.9 Análisis económico.....	45
VIII. RESULTADOS EXPERIMENTO UNO	46
8.1 Artículo publicado	46
IX. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN EXPERIMENTO DOS.....	49
X. HIPÓTESIS GENERALES EXPERIMENTO DOS.....	50
XI. OBJETIVOS EXPERIMENTO DOS	51
11.1. Objetivo general.....	51

11.2. Objetivos específicos	51
XII. MATERIALES Y MÉTODOS EXPERIMENTO DOS	53
12.1. Sitio de estudio.....	53
12.2. Desarrollo del experimento.....	53
12.3. Variables y animales experimentales.....	54
12.4. Distribución de las vacas en los periodos experimentales y tratamientos	54
12.5 Establecimiento de los cultivos.....	56
12.6. Variables de producción de forraje	57
12.6.1. Producción de masa herbácea	57
12.6.2. Altura.....	57
12.6.3. Composición química y digestibilidad de los ensilados.....	57
12.7. Variables de producción animal.....	59
12.7.1. Rendimiento de leche	59
12.7.2. Composición química de la leche.....	59
12.7.3. Nitrógeno ureico en leche (NUL).....	59
12.7.4. Peso vivo	60
12.7.5. Condición corporal.....	60
12.7.6. Consumo de materia seca.....	60
12.8. Diseño experimental y análisis estadístico	60
12.8.1. Variables de producción animal.....	60
12.8.2. Variables de composición química	61
12.9. Análisis económico.....	62
XIII. RESULTADOS EXPERIMENTO DOS	63
13.1. Segundo artículo enviado.....	63
XIV. CONCLUSIONES GENERALES	67

XV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
XVI. ANEXOS EXPERIMENTO UNO	83
16.1. Datos pre-experimentales de las vacas que se usaron para el experimento	83
16.2. Promedios de variables del forraje y de los ensilados	84
16.2.3. Producción de masa herbácea y altura de los cultivos de trigo y maíz	84
16.2.4. Promedios por tratamiento y por periodo experimental de las variables de composición química (g/kg MS), digestibilidad in vitro de la materia seca (g/kg) y estimación de Energía Metabolizable (MJ/kg) y pH de los ensilados	85
16.2.5. Promedios de composición química del concentrado	86
16.3. Promedios por tratamientos y periodo experimental de las variables de producción animal.....	87
16.3.1. Variables de producción de leche, peso vivo y condición corporal	87
16.3.2. Promedio de variables de composición química de la leche; grasa, proteína, lactosa (g/kg), y nitrógeno ureico en leche (mg/dL) por tratamiento y periodo experimental	88
16.3.3. Promedios de variables de consumo de materia seca (CMS) por tratamiento y periodo experimental (kg MS/vaca/día).....	89
XVII. ANEXOS EXPERIMENTO DOS	90
17.1. Datos pre-experimentales de las vacas que se usaron para el experimento	90
17.2. Promedios de variables del forraje y de los ensilados	90
17.2.3. Producción de masa herbácea y altura de los cultivos de trigo y maíz	90
17.2.4. Promedios por tratamiento y por periodo experimental de las variables de composición química (g/kg MS), digestibilidad in vitro de la materia seca (g/kg) y estimación de Energía Metabolizable (MJ/kg) y pH de los ensilados	91
17.2.5. Promedios de composición química del concentrado	92
17.3. Promedios por tratamientos y periodo experimental de las variables de producción animal.....	93

17.3.1. Variables de producción de leche, peso vivo y condición corporal	93
17.3.2. Promedio de variables de composición química de la leche; grasa, proteína, lactosa (g/kg), y nitrógeno ureico en leche (mg/dL) por tratamiento y periodo experimental	94
17.3.2. Promedios de variables de consumo de materia seca (CMS) por tratamiento y periodo experimental (kg MS/vaca/día)	95
XVIII. ARTÍCULO EN COLABORACIÓN	96

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Asignación de las vacas en los tratamientos y periodos experimentales
Experimento uno. Cuadro latino 3x3.....39

Cuadro 2. Asignación de las vacas en los tratamientos y periodos experimentales
Experimento dos. Cuadro latino 3x3.....55

I. INTRODUCCIÓN

La producción de leche es una actividad de gran importancia dentro del sector ganadero, dado que alrededor de 150 millones de granjas en pequeña escala se dedican a la producción de leche, la mayoría de ellas en países en desarrollo, que, si se dirige adecuadamente el desarrollo de este sector, puede servir como herramienta para reducir la pobreza, de igual forma posee potencial para cumplir con la demanda sobre los alimentos de origen animal que se produce debido a la creciente población (FAO, 2010).

Los sistemas de producción de leche en pequeña escala son importantes por el papel que representan en el desarrollo rural (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007), pero enfrentan diversas situaciones que los vuelven vulnerables como lo son los futuros escenarios de baja precipitación pluvial (Gómez-Miranda *et al.*, 2020), por ello se debe considerar forrajes con un ciclo de crecimiento corto, como lo son los cereales de grano pequeño (Celis-Alvarez *et al.*, 2016), a esto se suma la falta de forrajes de calidad durante la época seca que requiere la inclusión de forrajes conservados como estrategia de alimentación (Fadul-Pacheco *et al.*, 2013), que obstaculizan su desarrollo como son las pequeñas áreas para cultivo de las unidades de producción, limitado acceso a créditos financieros, estaciones críticas derivadas de la variabilidad climática, así como la falta de conocimiento sobre tecnologías (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007), adicional a lo anterior los elevados costos de producción debido al concepto por alimentación que superan el 60 % (Hernández *et al.*, 2013), por ello, se requiere de estrategias de alimentación a bajo costo como una prioridad (Albarrán *et al.*, 2012).

El crecimiento de los cultivos depende de las condiciones climáticas ya que la mayor cantidad de forraje verde solo está disponible en los periodos del año con mayor disponibilidad de agua (OECD-FAO, 2021), posteriormente habrá limitación en el crecimiento de forraje, la

cual estará ligada a la escasez de lluvias, durante el otoño disminuirá la temperatura y horas luz, más adelante durante el invierno se producirá el mínimo crecimiento, a causa del frío (Martínez-Fernández *et al.*, 2014). Debido a lo anterior durante la época de escasez se debe evitar la baja en la producción ofreciendo a los animales forrajes adicionales (OECD-FAO, 2021). Dado que los animales requieren alimento durante todo el año, los excedentes de forraje deben conservarse para ofrecerlos durante el invierno (Martínez-Fernández *et al.*, 2014).

El valor nutritivo de un forraje dependerá principalmente del consumo voluntario, la cual es la capacidad de ingestión voluntaria, la concentración energética necesaria para la lactación y la proteína bruta, pero estas concentraciones variarán a lo largo del año, lo cual no pasaría en un forraje conservado, ya que presenta un valor nutritivo estable (excepto por situaciones de deterioro) y facilita su racionamiento (Martínez-Fernández *et al.*, 2014).

El estudio de la calidad de los forrajes es de utilidad en el manejo de la nutrición, así como la respuesta productiva depende de la calidad del forraje disponible, por ello es importante la evaluación bromatológica y la digestibilidad de los forrajes. Los niveles de proteína cruda varían de acuerdo a la temporada de siembra, pero el principal factor para esta variación es el estado fenológico de la planta, los valores de fibra aumentan cuando se cosecha la planta debido a que ocurre la maduración de la planta (Paris *et al.*, 2012).

El cultivo dominante para sistemas de producción de leche en pequeña escala en el altiplano central de México es el maíz, principalmente como ensilado (Sainz-Ramírez *et al.*, 2016) ya que tiene alta concentración de carbohidratos solubles que permiten una buena fermentación (Anaya-Ortega *et al.*, 2009).

Por su parte, el trigo es el cuarto cereal cultivado en México (SIAP, 2020), el cual se puede adaptar a diferentes condiciones climáticas (Hernández *et al.*, 2015), el cual es usado para consumo humano, así como para uso forrajero de forma directa o como ingrediente en la elaboración de alimentos, por lo que este cereal ha cobrado mayor importancia a nivel nacional (Retes *et al.*, 2013).

Sumado a lo anterior para obtener un mayor valor nutritivo de los forrajes se ha optado por la asociación de cultivos, específicamente gramínea-leguminosa, ya que se obtienen mayores rendimientos de forraje y podrían reducirse el uso de fertilizante debido a la fijación de nitrógeno por parte de las leguminosas (Chen *et al.*, 2016).

Dado la elevada humedad de estos cultivos se utilizan comúnmente para la elaboración de ensilados (Mustafa y Seguin, 2004).

Debido a lo anterior el objetivo del presente estudio es evaluar la respuesta productiva sobre la inclusión de ensilado de maíz, ensilado de trigo y ensilado de trigo con ebo en la alimentación de vacas lecheras en el altiplano central de México.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Producción de leche en México

La producción de leche es un sector que contribuye a la seguridad alimentaria mundial, así como a la reducción de la pobreza a través del suministro de productos lácteos (FAO y GDP, 2019).

La producción nacional de leche no ha sido suficiente para satisfacer la creciente demanda interna, por esta razón se ha recurrido a la importación de leche (CDRSSA, 2019) que representa poco más del 30% de la producción nacional, proveniente principalmente de Estados Unidos (SIAP, 2023).

Durante el 2021, México ocupó el lugar número 15 a nivel mundial en la producción de leche (SIAP, 2022) posición que se vio favorecida con respecto al año anterior donde ocupó el lugar número 16 (SIAP, 2021), para el año 2022 la posición se mantuvo (SIAP, 2023). A nivel nacional los estados con mayor producción fueron Jalisco, Coahuila y Durango, el estado de México ocupó la décima posición en producción de leche (SIAP, 2023).

2.1. Sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE)

Se estima que alrededor del 80-90% de la producción de leche en países en desarrollo se produce en sistemas de producción en pequeña escala, que se realiza con un nivel bajo de insumos (FAO, 2024), estas representan alrededor del 78 % de las granjas lecheras especializadas (Hemme *et al.*, 2007). Estos se definen como unidades de producción con pequeñas extensiones de tierra agrícola dependientes de la fuerza de trabajo familiar que permite aumentar la rentabilidad y competitividad de estos sistemas (Fadul-Pacheco *et al.*,

2013), son sistemas heterogéneos, razón por la cual, cada unidad de producción tiene sus propias características (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007).

Aportan el 37% de la producción nacional de leche (Hemme *et al.*, 2007), con hatos de 3 a 35 vacas más sus reemplazos; sin embargo, tienen alta dependencia de insumos externos lo cual va a limitar la escala económica de sustentabilidad de estos sistemas (Fadul-Pacheco *et al.*, 2013).

Esta actividad mejora la seguridad alimentaria y brinda una fuente de ingresos (FAO, 2023), que se suma a la tendencia existente en el aumento en la demanda de productos de origen animal en los países en desarrollo (FAO, 2010), donde los aspectos fuertes de estos sistemas son los bajos costos de producción, altos márgenes de utilidad, resiliencia, por otro lado, los puntos débiles son; la insuficiencia de capital, y la rentabilidad de estas depende en su mayoría de los costos de producción y eficacia de la cadena láctea (FAO, 2023).

Sumado a lo anterior, existen otras situaciones que dificultan su desarrollo como son la falta de tecnologías en la producción de forraje y alimentación del ganado (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007), que se ve afectado por la falta de forraje de buena calidad durante la época seca, lo que tiene como consecuencia la dependencia de insumos externos (Fadul-Pacheco *et al.*, 2013).

2.3. Alimentación del ganado lechero en sistemas de producción de leche en pequeña escala

Los SPLPE tienen estrategias de alimentación como pastoreo de pastizales nativos, praderas para corte o pastoreo, uso de pajas y rastrojos, así como ensilado de. Dentro de estos sistemas va a existir un factor limitante en la escala económica de la sustentabilidad, la cual se da dado

los elevados costos de alimentación (Próspero-Bernal *et al.*, 2017), los cuales representan del 52 al 70% de los costos de producción, donde los concentrados representan el 90% de estos costos (Martínez-García *et al.*, 2015). Comúnmente estos sistemas tienen una elevada dependencia de insumos externos, lo que aumenta los costos de producción disminuyendo su eficiencia económica (Fadul-Pacheco *et al.*, 2013).

Debido a lo anterior es importante desarrollar estrategias de alimentación adecuadas como una prioridad que permita disminuir los costos de producción (Heredia-Nava *et al.*, 2007), y se pueda aumentar la independencia económica al mejorar el rendimiento de los forrajes cultivados, en el cual influirán factores tanto tecnológicos como económicos (Gerssen-Gondelach *et al.*, 2015). Por esta razón, es importante aprovechar los recursos producidos dentro de la propia unidad de producción como el uso de forrajes de buena calidad y la disminución en el uso de concentrados que aumentará la viabilidad económica de estos sistemas (Martínez-García *et al.*, 2015).

El pastoreo de praderas cultivadas de ryegrass y trébol blanco complementadas con ensilado de maíz durante la época seca se han implementado como una opción para la alimentación de vacas lecheras en estos sistemas (Pincay-Figueroa *et al.*, 2016).

2.4. Forrajes en sistemas de producción de leche en pequeña escala

Existe una gran diversidad de forrajes utilizados en la alimentación dentro de los sistemas de producción de leche en pequeña escala, pero los más ampliamente utilizados en estos sistemas son el pastoreo de praderas cultivadas principalmente de ryegrass perenne asociadas con trébol (Plata-Reyes *et al.*, 2016; Muciño-Álvarez *et al.*, 2021; Carrillo-Hernández *et al.*, 2020), así como pastoreo de cereales de grano pequeño (Vega-García *et al.*, 2021), debido a

su alto valor nutricional. También se ha usado ensilado de maíz (Sainz-Ramírez *et al.*, 2021); sin embargo, se ha incluido el uso de ensilados de cereales de grano pequeño dado su ciclo de crecimiento más corto, entre los cuales se encuentran ensilado de avena, cebada, centeno, triticale, ya sea como complemento al pastoreo, o formando el mayor porcentaje de la ración (Celis-Álvarez *et al.*, 2016; Carrillo-Hernández *et al.*, 2023; Burbano-Muñoz *et al.*, 2018; Vega-García *et al.*, 2023).

2.5. Maíz (*Zea mays*)

El maíz es un cultivo anual con un ciclo vegetativo de 120 a 150 días dependiendo la altitud (Elizondo y Boschini, 2001). Es una planta con un solo tallo de gran longitud, sin ramificaciones que puede alcanzar hasta los cuatro metros de altura, posee una médula esponjosa, un espigón como inflorescencia, las hojas son largas y extensas con terminación en forma de lanza, con vellosidades en la parte superior (SIAP, 2020). Se cultiva con frecuencia para la producción de forraje verde, se cosecha en estado lechoso-masoso y se usa para la elaboración de ensilado sin ser necesario el uso de algún aditivo (Elizondo y Boschini, 2001).

Se produjeron 15 millones 570 mil toneladas de maíz forrajero durante el año 2019, los principales Estados productores fueron Jalisco, Durango, Zacatecas, Aguascalientes y en quinto lugar el Estado de México con una producción de 1 millón 103 mil toneladas, se importaron cerca de 56 mil toneladas (SIAP, 2020).

Es el cultivo tradicional utilizado en los sistemas de producción de leche en pequeña escala, como ensilado se caracteriza por su alta concentración de carbohidratos solubles, lo que permite una buena fermentación, adecuado aporte de energía y elevada degradabilidad

ruminal, sin el uso de aditivos posee una fermentación adecuada (Albarrán *et al.*, 2012). Un factor limitante de este cultivo es su bajo contenido de proteína (Anaya-Ortega *et al.*, 2009).

El uso de ensilado de maíz es el complemento de forraje conservado mayormente usado en sistemas de producción de leche, aumenta la ingesta total de materia seca. La producción de leche es mayor en animales complementados con ensilado de maíz que los que son complementados con otros forrajes conservados como ensilado de pradera o de alfalfa. Sin embargo, el ensilado de maíz como complemento al pastoreo puede inducir a la escasez de proteína debido al bajo contenido de proteína cruda en el ensilado de maíz, para prevenir un déficit de proteína es recomendable incluir una fuente extra de proteína (Ribeiro-Filho *et al.*, 2021).

2.6. Trigo (*Triticum aestivum*)

El trigo es una gramínea de altura variable entre 30 y 150 cm, su tallo es cilíndrico y recto, tiene hojas lanceoladas con ancho de 0.5 a 1 cm con una longitud de 15 a 25 cm, con 4 a 6 hojas por planta. Tiene una espiga como inflorescencia, compuesta por un tallo central de entrenudos cortos llamados raquis, la flor consta de un pistilo y tres estambres (SIAP, 2020).

El trigo es una especie con un rango amplio de adaptación, puede crecer en diversos ambientes, se puede sembrar tanto en primavera como en invierno (Hernández *et al.*, 2015).

Se han creado diferentes variedades que se adaptan a diferentes épocas de siembra, si las variedades se siembran dentro de un periodo óptimo, pueden producir sus rendimientos más altos, la mejor fecha de siembra varía según la variedad y la topografía, pueden variar dependiendo del clima (GRDC, 2016).

Por otro lado, el momento de la siembra es crítico ya que las elevadas temperaturas del suelo pueden disminuir el establecimiento. El rango ideal de temperatura para la germinación del trigo es de 12 a 25 °C, pero puede darse también en un rango de 4 y 37 °C (GRDC, 2016).

Durante 2019 la producción de trigo fue de 3244 miles de toneladas, lo cual representa un aumento respecto a 2018 en 10.2 % debido a un aumento en la superficie sembrada y cosechada, donde los principales estados productores fueron Sonora, Guanajuato, Baja California, Sinaloa, Michoacán, Jalisco, Chihuahua, Tlaxcala, Nuevo León y Coahuila (SIAP, 2020).

Se deben considerar diversos factores a la siembra, como la densidad de plantas por hectárea, el método de siembra, la fertilización, así como el control de enfermedades son factores que limitan el rendimiento del cultivo de trigo. El método de siembra y la densidad determinan el establecimiento adecuado del cultivo, así como la competencia entre plantas y la conversión de energía solar en nutrientes. La cantidad de semilla óptima por hectárea es la que debe captar el 90 % de la radiación incidente cuando inicia el crecimiento de las espigas (Suaste-Franco *et al.*, 2013).

En ambientes favorables existe un rendimiento uniforme debido a la formación regular de tallos y la distribución de productos fotosintéticos que contribuyen al rendimiento del grano, por el contrario, bajo condiciones de estrés el desarrollo de los tallos es irregular, por ello es importante ajustar la densidad de siembra a las condiciones ambientales (Pirez-Valério *et al.*, 2013).

González-Figueroa *et al.* (2018) menciona que el promedio de la densidad de siembra de trigo es de 120 kg/ha, que coincide con Suaste-Franco *et al.* (2013) quien describe que son suficientes para obtener rendimientos óptimos.

En cuanto a los fertilizantes tienen un rol importante ya que aumentan el rendimiento y calidad de los cultivos, ya que la aplicación de fósforo con nitrógeno resulta en un aumento en el número de tallos, altura de la planta, número de granos por espiga y el rendimiento de grano, pero la aplicación conjunta de N, P y K permite mayor rendimiento que si se aplica solo N, P o K (Hussain *et al.*, 2002).

El nitrógeno es un elemento requerido para la producción de trigo, donde las deficiencias de este, reduce la expansión foliar, provocan la prematura senescencia y afectan la tasa fotosintética lo cual disminuye la producción de materia seca y semilla (González-Figueroa *et al.*, 2018).

Debido a la elevada reactividad del fósforo y su escaso poder de desplazamiento este debe aplicarse al inicio de la siembra en su totalidad (Fundación Chile, 2011).

2.7. Leguminosas

La diversificación se puede lograr mediante la inclusión de leguminosas en los cultivos de cereales, dado que estas fijan nitrógeno atmosférico al suelo que contribuye a la fertilidad del suelo. La gran variedad de leguminosas existentes, con diferente duración en sus ciclos de crecimiento tienen potencial en diferentes sistemas agrícolas (Franke *et al.*, 2018).

Existen algunos cultivos de leguminosas de cobertura que tienen el potencial para su uso en la producción sostenible, lo que podría ayudar a disminuir los costos de producción (Benider *et al.*, 2021). Las leguminosas frecuentemente tienen menores rendimientos y requieren de

mayor mano de obra que los cultivos de cereales, por esta razón, la producción de leguminosas puede mejorarse si se reemplaza alguna proporción con cereales (Franke *et al.*, 2018).

2.7.1. Ebo (*Vicia sativa*)

El ebo es una leguminosa anual, puede crecer a una altura de hasta 80 cm, se puede adaptar a un amplio número de regiones y tipos de suelo, y es más tolerante a suelos ácidos comparado con otras leguminosas. Se puede usar tanto como forraje para alimentación del ganado por su alto contenido de proteína, como para producir abono fijador de nitrógeno. Es muy palatable para el ganado bovino en todas las etapas de su crecimiento. Tiene un elevado potencial de producir grandes cantidades de biomasa (5 a 10 t MS/ha) y producción de semilla (GRDC, 2017).

Se puede usar como cultivo asociado con cereales, para pastoreo, o como forraje conservado en ensilado o heno. En producción de leche se ha reportado un incremento de 12 % en comparación con consumo de pradera o cereales (GRDC, 2017).

2.8. Asociación gramínea-leguminosa

La asociación de cultivos de cereal-leguminosa tienen como característica una mayor producción de biomasa, y su objetivo es aumentar la calidad nutricional, fortalecer la sostenibilidad de los sistemas de producción y disminuir los costos de producción y permite la autosuficiencia proteica (Benider *et al.*, 2021).

La asociación de cereal-leguminosa es una opción que se propone como una forma de combinar las ventajas de dos especies, disminuyendo las debilidades presentes en cada especie, así como aprovechar la sinergia que surgen de su asociación (Hayden *et al.*, 2014).

Las características de las mezclas de cultivos de cereales y leguminosas van a mostrar sus cualidades de acuerdo con su proporción, como es el caso de la supresión de malezas, el rendimiento y la disponibilidad o fijación de nitrógeno van a ser menores con respecto al monocultivo (Hayden *et al.*, 2014).

2.9. Conservación de forrajes

Frente a la falta de forraje de buena calidad durante la época seca para la alimentación del ganado (Fadul-Pacheco *et al.*, 2013), surge la necesidad del desarrollo de estrategias que permitan disminuir los efectos negativos durante esta época como lo es la conservación de forrajes (Nestares, 2014).

Entre los beneficios que se obtienen de la conservación de forrajes se encuentran, aumentar el potencial de los forrajes, minimizar las pérdidas de nutrientes y cambios en el valor nutritivo de los alimentos, aumentar la durabilidad del producto. Cabe señalar que se deben considerar las características del forraje a conservar, como el contenido de materia seca y azúcares, capacidad tampón y la microflora epífita (Silveira y Franco, 2006).

Las técnicas de conservación de forraje más usadas son el henificado que tiene como finalidad quitar la humedad del forraje mediante exposición directa al sol (Silveira y Franco, 2006) y el ensilaje, el cual es un método de conservación de forraje húmedo, en el cual, bacterias ácido lácticas convierten los carbohidratos solubles en ácidos orgánicos, principalmente ácido láctico bajo condiciones anaerobias, resultando en la disminución del pH (Weinberg *et al.*, 2013).

2.9.1. Ensilado

El ensilado es un proceso de conservación de forraje en estado húmedo, mediante la acidificación de este, lo cual impide la vida vegetal y la actividad microbiana indeseable. La acidificación se conseguirá mediante fermentaciones que tienen lugar en el forraje posterior al corte. La finalidad es preservar los forrajes con un mínimo de pérdidas de materia seca y nutrientes, que se mantenga la palatabilidad de este y que se evite la producción de sustancias tóxicas para los animales (Martínez-Fernández *et al.*, 2014).

El valor nutritivo del ensilado es dependiente del estado de madurez del forraje, donde los cambios más importantes en cuanto a los componentes nutricionales ocurren entre la floración y los estadios de formación de la semilla. Durante la floración el contenido de materia seca es baja y de carbohidratos solubles alta, en el estadio de maduración de la semilla el contenido de materia seca es alto, pero el contenido de carbohidratos solubles disminuye debido a la acumulación de almidón, lo cual tendrá influencia en la calidad del ensilado. Un contenido de materia seca bajo, que ocurre en los estadios tempranos de maduración se asocia a fermentaciones indeseables en el proceso de ensilado (Filya, 2003).

Los efectos del ensilado como complemento al pastoreo tienen un efecto variable e incierto sobre la producción de leche, debido a que la respuesta productiva es dependiente de la tasa de sustitución (Miguel *et al.*, 2019).

El uso de ensilado como complemento es utilizado cuando el tiempo diario de acceso a la pradera es limitado, o la disponibilidad de forraje es bajo (Ribeiro-Filho *et al.*, 2021). Para la elaboración de un ensilado se debe tener en cuenta que el forraje a ensilar debe ser de un elevado valor nutritivo, el método de conservación solo mantendrá la calidad del forraje, no

lo aumentará y el resultado puede producir cambios tanto en la ingesta y metabolismo de los nutrientes y afectar la producción, la duración del ensilado no es indefinida y aunque haya fermentado adecuadamente debe ser consumido antes que pase un año desde el cierre (Martínez-Fernández *et al.*, 2014).

La finalidad de la elaboración del ensilado son el aprovechamiento del exceso de forraje producido en época de lluvia, para ser utilizado durante el invierno, cuando se disminuye el crecimiento y conseguir un alimento a bajo costo con un valor nutritivo aceptable (Martínez-Fernández *et al.*, 2014).

2.9.2. Fases del proceso de ensilado

Este proceso de conservación tiene cuatro fases: aeróbica, fermentación, estabilización y utilización (Callejo, 2018).

Fase aeróbica. Comienza cuando el forraje es segado y se prolonga mientras no se alcancen las condiciones de anaerobiosis en el silo, no es deseable porque conlleva pérdida de materia seca, energía y carbohidratos solubles que requieren las bacterias ácido lácticas para la fermentación (Callejo, 2018). Las células permanecen vivas por un tiempo mientras consumen el oxígeno del aire, el dióxido de carbono generado contribuye a que las células aún vivas obtengan energía mediante la formación de ácido láctico, que disminuye el pH, lo que favorece el establecimiento de los organismos implicados en los procesos de fermentación subsecuentes (Martínez-Fernández *et al.*, 2014).

Fase de fermentación. La microflora se encuentra adherida al forraje, la cual es responsable de la fermentación, algunos de estos acidifican el forraje y se desarrollan en ausencia de aire,

otros pueden crecer en presencia de aire y perjudican al ensilado, a continuación, se presentan las fases de fermentación:

Fermentación acética. Se desarrollan bacterias coliformes que producen ácido acético a partir del ácido láctico, para esto se requiere un pH de 4.2, posteriormente se reemplazan por cocos lácticos (*Streptococcus*), (Martínez-Fernández *et al.*, 2014).

Fermentación láctica. Es la última etapa, comienza cuando se alcanzan las condiciones de anaerobiosis dentro del forraje (Callejo, 2018), donde las bacterias lácticas que degradan los azúcares y otros carbohidratos solubles presentes en el forraje hasta ácido láctico, para esto diversos cocos lácticos son sustituidos por *Lactobacillus*, estas bacterias requieren pH entre 3 y 4 más condiciones anaerobias, por último, su acción es inhibida por la escasez de azúcares solubles y acumulación de ácido láctico (Martínez-Fernández *et al.*, 2014).

La fermentación es muy intensa los tres días posteriores al cierre del silo, este proceso se disminuye cuando se alcanza la estabilidad después de 15 y 20 días desde la elaboración, pero se recomienda esperar un mes para poder abrir el silo. Es importante para obtener un buen ensilado que haya ausencia de aire, suficiente contenido de azúcares y bajada rápida del pH (Martínez-Fernández *et al.*, 2014).

Fase de estabilidad. Si la cantidad de ácido láctico formado es suficiente para que el pH descienda por debajo de 4, se inhibe la actividad y desarrollo de las bacterias y enzimas proteolíticas de la planta, llegando a una estabilidad, lo que permite su conservación mientras no haya entrada de oxígeno (Callejo, 2018).

Fase de utilización. Para minimizar las pérdidas, el ensilado se debe consumir lo más pronto posible una vez abierto, ya que los microorganismos aerobios comienzan a crecer cuando el

silo es expuesto al aire. El ensilado es estable durante meses o mientras se conserven las condiciones de anaerobiosis, aunque se recomienda que sea consumido en un máximo de un año después de su preparación (Callejo, 2018).

Sin embargo, existen fermentaciones secundarias que son indeseables y se deben evitar como son la fermentación butírica llevada a cabo por *Clostridium* y requieren un pH superior a 4, este pH sube a consecuencia del amoníaco favoreciendo proliferación de *Bacillus* que generan más amoníaco, si el pH alcanza 5 se desarrollan y producen la putrefacción del forraje. La fermentación alcohólica responsable de las levaduras con producción de etanol y otros alcoholes que puede alterar la conservación del forraje (Martínez-Fernández *et al.*, 2014).

IV. JUSTIFICACIÓN

Debido al aporte que representan los sistemas de producción de leche en pequeña escala a la producción nacional de leche cobran un papel muy importante, ya que también contribuyen al desarrollo rural de las comunidades donde se desarrolla esta actividad.

Uno de los principales problemas que enfrentan estos sistemas en pequeña escala es la poca disponibilidad de forraje en la época de invierno y de sequía, donde los productores consideran el uso de praderas cultivadas, pero una limitante es el lento crecimiento del forraje durante esta época, donde hay limitación en el riego, así como bajas temperaturas.

Por ello, una prioridad es introducir estrategias de alimentación de bajo costo donde los forrajes utilizados disminuyan los costos de producción, considerando las limitaciones climáticas que se presentan en ciertas temporadas que permita tener acceso al forraje durante todo el año, mantener la producción y calidad de leche tomando en cuenta las condiciones del productor como lo son la disponibilidad de terreno y de animales.

El forraje tradicionalmente usado en los sistemas de producción de leche es el maíz, pero debido a su ciclo de producción más largo se pueden incluir otros cultivos de ciclo corto que poseen menor requerimiento hídrico, así también para prolongar la disponibilidad de forraje de buena calidad se debe considerar la conservación de forrajes.

Otro factor por considerar es contribuir a mejorar la calidad nutricional de los forrajes, que se puede lograr incluyendo leguminosas en los cultivos y pueda verse reflejado en la respuesta productiva de las vacas lecheras.

III. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN EXPERIMENTO UNO

1. ¿Cuál es el rendimiento en kg MS del forraje de trigo y de maíz?
2. ¿Cuáles son las características nutricionales del ensilado de trigo, ensilado de maíz y del ensilado de trigo con maíz?
3. ¿Cuál es el efecto de la alimentación con ensilado de maíz, ensilado de trigo o ensilado de trigo con maíz en la respuesta productiva de vacas lecheras, en cuanto a rendimiento de leche, peso vivo, condición corporal y composición química de leche?
4. ¿Existe un efecto en el análisis de costos la implementación de los ensilados de trigo, trigo con maíz o ensilado de maíz?

V. HIPÓTESIS GENERAL EXPERIMENTO UNO

No existen diferencias en la calidad nutritiva en términos de MS, MO, PC, FDN, FDA, DIVMS y el pH de los ensilados de trigo, trigo con maíz o maíz.

No existen diferencias entre el ensilado de trigo, ensilado de trigo con maíz o ensilado de maíz al incluirlo en la alimentación de vacas lecheras en cuanto a la respuesta productiva en términos de rendimiento, composición química de la leche, peso vivo y condición corporal.

No existen diferencias en el análisis de costos al incluir los ensilados de trigo, trigo con maíz o maíz.

VI. OBJETIVOS EXPERIMENTO UNO

6.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la inclusión de ensilado de maíz, ensilado de trigo o del ensilado de trigo con maíz en la alimentación de vacas lecheras sobre el desempeño animal, rendimiento y calidad del forraje durante la época seca en sistemas de producción de leche en pequeña escala.

6.2. Objetivos específicos

Comparar las variables de rendimiento y calidad nutritiva del ensilado de trigo, ensilado de trigo con maíz y ensilado de maíz, y a través de las técnicas de laboratorio establecidas.

Evaluar la composición química de los ensilados de trigo, trigo con ebo y maíz, y el concentrado, determinando las variables de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y estimación de la energía metabolizable (eEM) y pH.

Medir las variables de rendimiento de leche (RL), peso vivo (PV), condición corporal (CC), y consumo de materia seca (CMS) con la finalidad de comparar la respuesta productiva de las vacas lecheras a través de la alimentación con ensilado de trigo, ensilado de trigo con maíz y ensilado de maíz.

Analizar la leche con el fin de obtener la composición química en términos de grasa, proteína y lactosa mediante el uso de un equipo llamado “Lactoscan” y el nitrógeno ureico en leche a través de la técnica colorimétrica enzimática.

Realizar un análisis económico a través de la metodología de presupuestos parciales para conocer el costo de cada tratamiento de los ensilados evaluados.

VII. MATERIALES Y MÉTODO EXPERIMENTO UNO

7.1 Área de estudio

El estudio se realizó en el municipio de Aculco, ubicado al noroeste del Estado de México con una altura de 2440 msnm, con clima templado subhúmedo y temperatura media máxima de 24 °C y una media mínima de 8 °C y precipitación pluvial anual entre 700 y 1000 mm (López-González *et al.*, 2017), con una época de lluvias en verano (mayo a octubre) y una época seca durante el invierno y primavera (noviembre a mayo) con heladas entre noviembre y febrero (Burbano-Muñoz *et al.*, 2018).

Los análisis de laboratorio se realizaron en el laboratorio de análisis de alimentos y forrajes del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales de la Universidad Autónoma del Estado de México.

7.2. Desarrollo de experimento

El experimento se realizó bajo un esquema de investigación participativa rural (Conroy, 2005), con un productor de leche en pequeña escala, este experimento tuvo una duración de 42 días divididos en 3 periodos de 14 días de los cuales 11 días son de adaptación a la dieta y 3 días para la toma de muestras (Plata-Reyes *et al.*, 2021; Muciño-Alvarez *et al.*, 2021), este se llevó a cabo del 18 de enero de 2022 al 11 de marzo de 2022.

7.3. Variables animales y tratamientos

Se utilizaron 6 vacas Holstein multíparas con una producción de leche promedio por día de 10.7 ± 3.4 kg/vaca y un peso vivo promedio de 482 ± 87 kg/vaca. Las vacas se agruparon en pares de acuerdo con el número de partos y rendimiento preexperimental de leche, donde a

cada par de vacas se le asignó un tratamiento bajo un diseño experimental de cuadro latino 3x3 repetido dos veces.

Se implementaron tres tratamientos como se muestra a continuación:

1. **WS**= 9.8 kg/MS de ensilado de trigo
2. **WMS**= 4.9 kg/MS de ensilado de maíz/ 4.9 kg/MS de ensilado de trigo
3. **MS**= 9.8 kg/MS de ensilado de maíz

La ración de las vacas se dividió en dos porciones, una se ofreció a las 8:00 h y otra a las 15:00 h. Las vacas se suplementaron con 4.6 kg/MS de concentrado comercial por día, dividido en dos porciones, ofrecidas antes de cada ordeño.

7.4. Distribución de las vacas en los periodos experimentales y tratamientos

Las vacas se distribuyeron en dos grupos de acuerdo con el rendimiento de leche y etapa de lactación dentro de un cuadro latino 3x3 repetido dos veces.

La asignación de las vacas a los tratamientos a lo largo de los periodos experimentales se observa en el cuadro 1.

Cuadro 1. Asignación de las vacas en los tratamientos y periodos experimentales.

Experimento uno. Cuadro latino 3x3.

Cuadro I

Tratamiento	Periodos		
	I	II	III
WS	5959	5957	7137
WMS	7137	5959	5957
MS	5957	7137	5959

WS= Ensilado de trigo; **WMS**= Ensilado de trigo; **MS**= Ensilado de maíz.

Cuadro II

Tratamiento	Periodos		
	I	II	III
WS	2888	9856	7141
WMS	7141	2888	9856
MS	9856	7141	2888

WS= Ensilado de trigo; **WMS**= Ensilado de trigo; **MS**= Ensilado de maíz.

7.5. Establecimiento de los cultivos

El maíz se cultivó y fertilizó de acuerdo con las prácticas que realiza el productor, que consistió en la aplicación de 197-0-0 NPK por hectárea, a una densidad de siembra de 43 kg/ha de semilla, se estableció en una parcela de temporal el día 23 de mayo de 2021, el cultivo se cosechó el 1º de noviembre de 2021 a los 161 días postsiembra en un estado fenológico lechoso-masoso.

El cultivo de trigo se estableció en una parcela de riego, a una densidad de siembra de 120 kg/ha, la dosis de fertilizante fue de 103-60-40 NPK dividida en dos aplicaciones la primera al inicio de la siembra y la segunda y la segunda el 21 de septiembre de 2021. Se cosechó el día 03 de diciembre de 2021 a los 99 días postsiembra, en un estado lechoso-masoso (Espitia *et al.*, 2012).

Ambos cultivos se cosecharon para posteriormente ser ensilados por separado en un silo tipo pastel cada uno, para esto, el forraje cosechado se colocó a nivel de suelo, donde se colocaron capas de forraje y compactando cada una con ayuda de un tractor; al terminar de colocar todo el forraje, este fue tapado con plástico negro de calibre 600 y cubierto con tierra.

7.6. Variables de producción de forraje

7.6.1. Producción de masa herbácea

Para realizar la toma de muestras del cultivo de maíz, la parcela se dividió en 3 subparcelas, dentro de cada una se tomaron muestras a los 160 días postsiembra seleccionando al azar cinco metros lineales en 3 sitios diferentes, a 10 cm sobre el suelo (Elizondo y Boschini,

2001), se pesó el material cosechado, posteriormente este fue secado en una estufa de aire forzado a 55°C para determinar la masa herbácea (HM) en kg MS/ha.

Respecto al cultivo de trigo, la parcela se dividió en 3 subparcelas, dentro de cada una se tomaron 3 muestras para determinar masa herbácea a los 98 días postsiembra, con ayuda de cuadrantes de 0.5 x 0.5 m (0.25 m²) cortando el forraje a 10 cm del suelo (Hodgson, 1994), para pesar el forraje y posteriormente secarlo para determinar la masa herbácea en kg MS/ha.

7.6.2. Altura

Para el cultivo de maíz se registró la altura de las plantas, midiendo la longitud de las mismas plantas cosechadas, se usó una cinta métrica y se registró la altura en m.

Para el cultivo de trigo, la altura se midió con cinta métrica y se registraron los datos en m.

7.6.3. Composición química y digestibilidad de los ensilados

Posterior a la apertura del silo, se tomaron muestras del ensilado a diferentes alturas, profundidades y distancias (Martínez-Fernández *et al.*, 2014) durante el último día de medición de cada periodo experimental, de igual forma se tomó una muestra de concentrado, para realizar los análisis químicos.

Se analizaron los siguientes componentes: materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) la materia orgánica (MO), digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS), estimación de la energía metabolizable (eEM) y pH.

La materia seca (MS) se determinó al colocar las muestras en una estufa de aire forzado a 65°C durante 48 horas (González-Alcántara *et al.*, 2020), posteriormente se procesaron en un molino Pulvex 200. Para obtener la MO se incineró la muestra durante 3 horas a 550°C. El cálculo de la materia orgánica se realizará mediante la resta de la MS total menos el contenido de cenizas (Wattiaux, 2002). El contenido de nitrógeno se estimó mediante el método Kjeldahl (González-Alcántara *et al.*, 2020), la proteína cruda (PC) se calculó como el contenido de N x 6.25; el contenido de Fibra Detergente Neutro (FDN) y Fibra Detergente Ácido (FDA) se determinaron mediante la técnica de micro bolsas Ankom (Ankom, 2005), basado en el método desarrollado por Van Soest *et al.* (1991). La Digestibilidad *in vitro* de la Materia Seca (DIVMS) se determinó mediante el método Ankom-Daisy (Ankom, 2005b); la energía metabolizable (EM) se estimó mediante la ecuación de CSIRO (2007).

El pH del ensilado se midió con un medidor de pH, para esto se tomó una muestra de forraje que se mezcló en 100 ml de agua destilada, se dejó durante 15 min y después se realizó la medición del pH (Bernardes *et al.*, 2019).

7.7. Variables de producción animal

7.7.1. Rendimiento de leche

Se midió el rendimiento de leche de cada vaca durante los 3 días de medición de cada periodo, durante dos ordeños al día a las 5:00 y 16:00 h, expresada en kg/vaca/día, utilizando para ello una báscula de reloj con capacidad de 20 kg.

7.7.2. Composición química de la leche

El rendimiento de leche de cada ordeño fue registrado durante los últimos tres días de cada periodo experimental. Utilizando una báscula de reloj con capacidad de 20 kg.

Las muestras para determinar la composición química se recolectaron de los contenedores de leche de cada vaca, después del ordeño, previa homogeneización de la leche, se tomó una muestra por la mañana y una por la tarde, cada una de 100 ml, posteriormente de estas muestras se realizó una alícuota por cada día de medición. Más adelante se refrigeró la muestra para después realizar el análisis de la composición química de la leche en términos de grasa, proteína y lactosa, mediante el analizador de leche por ultrasonido Lactoscan. Milk Analyzer^{MR}.

7.7.3. Nitrógeno ureico en leche (NUL)

Se tomó una muestra de leche, que se mantuvo en congelación para determinar el nitrógeno ureico en leche. Este análisis se determinará mediante la técnica colorimétrica enzimática descrita por Chaney y Marbach (1962).

7.7.4. Peso vivo

El peso vivo de cada vaca (kg) se registró al inicio y al final de cada periodo experimental durante dos días consecutivos, después del ordeño de la mañana, utilizando una báscula portátil Gallagher, con capacidad de 1000 kg.

7.7.5. Condición corporal

Esta se evaluó al principio y al final de cada periodo experimental en una escala de 1 a 5 puntos, la cual se evaluó por la misma persona (Wattiaux, 2013).

7.7.6. Consumo de materia seca

La ración de las vacas se determinó con base en el 3% de su peso vivo, la cual se calculó en base seca, la ración fue dividida en dos. Para estimar el consumo se ofrecieron las raciones en los horarios correspondientes, posteriormente se colectó el material que rechazaron las vacas, el cual se pesó y se restó de la cantidad inicial para determinar el consumo de materia seca.

7.8. Diseño experimental y análisis estadístico

7.8.1. Variables de producción animal

Las variables de producción animal se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) mediante un diseño experimental de cuadro latino 3x3 con seis vacas durante los tres periodos de evaluación utilizando el paquete estadístico Minitab V.19. Se utilizó el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + S_i + C_{(ij)} + P_k + t_l + e_{ijkl}$$

Dónde:

μ = media general

S_i = Efecto debido a los cuadros ($i= 1, 2$)

$C_{(ij)}$ = Efecto debido a las vacas dentro de los cuadros ($j= 1, 2, 3$)

P_k = Efecto debido a los periodos experimentales ($k= 1, 2, 3$)

T_l = Efecto debido al tratamiento ($l= 1, 2, 3$)

e_{ijkl} = Error experimental.

Las diferencias significativas entre medias se compararán mediante la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

7.8.2 Variables de composición química

Para el análisis de la composición química, digestibilidad *in vitro* y estimación de energía metabolizable del ensilado de maíz, ensilado de trigo y ensilado de trigo con maíz se realizó un análisis de varianza (ANOVA) mediante un diseño experimental completamente al azar, utilizando el paquete estadístico Minitab V.19, mediante el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Dónde: μ = Media general

T_i = Efecto debido a los tratamientos ($i = 1, 2$)

e = Error residual

Las diferencias significativas entre medias se compararon mediante la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

7.9 Análisis económico

El análisis económico se realizó mediante la metodología de presupuestos parciales (Celis-Alvarez *et al.*, 2016), considerando los costos de alimentación que incluyen el establecimiento del cultivo, fertilización, costo de ensilado y alimento concentrado y los retornos por concepto de la venta de leche.

VIII. RESULTADOS EXPERIMENTO UNO

8.1 Artículo publicado

Se presenta la carta de aceptación, primera página y el resumen del primer artículo publicado en la revista Chilean Journal of Agricultural Research. La referencia bibliográfica se presenta a continuación:

Alvarez-García, C.D., Arriaga-Jordán, C.M., Estrada-flores, J.G., López-González, F. 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): 398-207.

<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392023000400398>



CHILEAN JOURNAL
of AGRICULTURAL RESEARCH

Chillán, Chile, May 11, 2023

Mister/Miss
Felipe López-González
Universidad Autónoma del Estado de México
Toluca
México

Dear author:

We are pleased to inform you that the manuscript **Wheat or maize silage in feeding strategies for cows in small-scale dairy systems during the dry season**, of **Cloe D. Alvarez-Garcia, Carlos M. Arriaga-Jordan, Julieta G. Estrada-Flores, and Felipe Lopez-Gonzalez**, code CJAR220304, has been accepted for publication in Chilean Journal of Agricultural Research.

Your manuscript will be published in Volume 83, issue 04, in August 2023.

Sincerely yours




Pablo Undurraga D.
Editor

Chilean J. Agricultural Research

Instituto de
Investigaciones
Agropecuarias

INIA Guilmapu: Avda Vicente Méndez 515, Chillán, Casilla 426
Tel.: +56 42 220 6780

RESEARCH ARTICLE

Wheat or maize silage in feeding strategies for cows in small-scale dairy systems during the dry season

Cloe D. Álvarez-García¹, Carlos M. Arriaga-Jordán¹, Julieta G. Estrada-Flores¹, and Felipe López-González^{1*}

¹Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Campus UAEM El Cerrillo, CP 50090, Toluca, Estado de México, México.

*Corresponding author (flopezg@uaemex.mx).

Received: 25 November 2022; Accepted: 23 January 2023, doi:10.4067/S0718-58392023000400398

ABSTRACT

The conservation of forage as silage allows its application during the dry season in dairy cattle feeding. The most commonly used forage for this purpose is maize (*Zea mays* L.), but due to the possible effects of climate change, the diversification of crops with shorter agronomic cycles as wheat (*Triticum aestivum* L.) should be considered. Therefore, the objective was to evaluate the chemical composition of silages, the productive response of dairy cows fed wheat and maize silage, as well as their feeding costs. Three treatments were evaluated with 9.8 kg DM cow⁻¹ d⁻¹ silage plus 4.6 kg DM cow⁻¹ d⁻¹ commercial concentrate each. Treatments were 100% wheat silage (WS), 50% wheat silage-50% maize silage (WMS), and 100% maize silage (MS). Six Holstein cows were used in groups of three randomly assigned to treatment sequence in a 3×3 Latin square design repeated twice. There were significant differences ($P < 0.05$) between treatments in silage chemical composition, except in NDF and ADF ($P > 0.05$). There were nonsignificant differences in animal variables ($P > 0.05$) with mean milk yield of 15.4 kg cow⁻¹ d⁻¹, 33.7 g kg⁻¹ milkfat, 30.5 g kg⁻¹ milk protein, 481.2 kg live weight and 2.1 body condition score. There were significant differences ($P < 0.05$) in silage and total DM intake in the third experimental period (three periods, 14 d each one) with 8.1 and 12.7 kg DM cow⁻¹ d⁻¹, respectively. Although cost for wheat silage were higher than maize silage, all three treatments showed positive margins on feeding costs.

Key words: Dairy production systems, dry season, silage, wheat.

INTRODUCTION

It is estimated that around 150 million small-scale dairy farms are engaged in milk production worldwide, most of them in developing countries, so if properly managed, the small-scale dairy sector could serve for poverty reduction (Hemme and Otte, 2010). In Mexico, small-scale milk production systems are characterized by herds of 3 to 35 cows plus replacements, comprised over 70% of specialized dairy farms and accounted for over a third of national milk production (Martínez-García et al., 2015). Within these systems, dairy farmers face uncertainty factors, such as the price of inputs and products (Posadas-Domínguez et al., 2013), which is related to feed costs, as these range from 52% to 70% of production costs (Martínez-García et al., 2015) in addition to a high dependence on external inputs such as commercial concentrate, straw, and hay, which limits their sustainability (Gómez-Miranda et al., 2020a).

The importance of ruminants lies in their ability to convert forage into food of animal origin, which becomes more relevant in terms of global food production as the population grows in the coming decades (Wilkinson and Davies, 2012), e.g., globally milk production is projected to grow by 1.8% in the next decade (OECD-FAO, 2022).

Wheat or maize silage in feeding strategies for cows in small-scale dairy systems during the dry season

Abstract

The conservation of forage as silage allows its application during the dry season in dairy cattle feeding. The most commonly used forage for this purpose is maize (*Zea mays* L.), but due to the possible effects of climate change, the diversification of crops with shorter agronomic cycles as wheat (*Triticum aestivum* L.) should be considered. Therefore, the objective was to evaluate the chemical composition of silages, the productive response of dairy cows fed wheat and maize silage, as well as their feeding costs. Three treatments were evaluated with 9.8 kg DM cow⁻¹ d⁻¹ silage plus 4.6 kg DM cow⁻¹ d⁻¹ commercial concentrate each. Treatments were 100% wheat silage (WS), 50% wheat silage-50% maize silage (WMS), and 100% maize silage (MS). Six Holstein cows were used in groups of three randomly assigned to treatment sequence in a 3×3 Latin square design repeated twice. There were significant differences ($P < 0.05$) between treatments in silage chemical composition, except in NDF and ADF ($P > 0.05$). There were nonsignificant differences in animal variables ($P > 0.05$) with mean milk yield of 15.4 kg cow⁻¹ d⁻¹, 33.7 g kg⁻¹ milkfat, 30.5 g kg⁻¹ milk protein, 481.2 kg live weight and 2.1 body condition score. There were significant differences ($P < 0.05$) in silage and total DM intake in the third experimental period (three periods, 14 d each one) with 8.1 and 12.7 kg DM cow⁻¹ d⁻¹, respectively. Although cost for wheat silage were higher than maize silage, all three treatments showed positive margins on feeding costs.

Key words: Dairy production systems, dry season, silage, wheat.

IX. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN EXPERIMENTO DOS

1. ¿Cuál es el rendimiento en kg MS del cultivo de trigo, trigo asociado con ebo y maíz en términos de kg MS/ha?
2. ¿Existe un efecto por parte de los ensilados de trigo, trigo con ebo o maíz en el desempeño productivo de vacas lecheras?
3. ¿Existe diferencia en la calidad nutritiva en términos de MS, MO, PC, FDN, FDA, DIVMS, eEM y pH de los ensilados de trigo, trigo con ebo o maíz durante la época seca?
4. ¿Existe un efecto en el análisis de costos la implementación de los ensilados de trigo, trigo con ebo o maíz?

X. HIPÓTESIS GENERALES EXPERIMENTO DOS

No existen diferencias en la calidad nutritiva en términos de MS, MO, PC, FDN, FDA, DIVMS y el pH de los ensilados de trigo, trigo con ebo o maíz.

No existen diferencias entre el ensilado de trigo, ensilado de trigo con ebo o ensilado de maíz al incluirlo en la alimentación de vacas lecheras en cuanto a la respuesta productiva en términos de rendimiento, composición química de la leche, peso vivo y condición corporal.

No existen diferencias en el análisis de costos al incluir los ensilados de trigo, trigo con ebo o maíz.

XI. OBJETIVOS EXPERIMENTO DOS

11.1. Objetivo general

Evaluar la inclusión de ensilado de trigo en comparación con un ensilado de trigo con ebo y un ensilado de maíz en la alimentación de vacas lecheras sobre el desempeño animal, rendimiento y calidad del forraje durante la época seca en sistemas de producción de leche en pequeña escala.

11.2. Objetivos específicos

Comparar las variables de rendimiento y calidad nutritiva de los ensilados de trigo, ensilado de trigo con ebo y ensilado de maíz.

Evaluar los ensilados de trigo, trigo con ebo y maíz con la finalidad de determinar la composición química en términos de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y estimación de la energía metabolizable (eEM) y pH a través de las técnicas de laboratorio establecidas.

Medir las variables de rendimiento de leche (RL), peso vivo (PV), condición corporal (CC), y consumo de materia seca (CMS) con la finalidad de comparar la respuesta productiva de las vacas lecheras a través de la alimentación con ensilado de trigo, ensilado de trigo con ebo y ensilado de maíz.

Analizar la leche con el fin de obtener la composición química en términos de grasa, proteína y lactosa mediante el uso del equipo llamado “Lactoscan” y el nitrógeno ureico en leche a través de la técnica colorimétrica enzimática.

Realizar un análisis económico para conocer el costo de cada tratamiento de los ensilados evaluados a través de la metodología de presupuestos parciales.

XII. MATERIALES Y MÉTODOS EXPERIMENTO DOS

12.1. Sitio de estudio

El estudio se llevó a cabo en el municipio de Aculco, en el noroeste del Estado de México, entre 20° 06 y 20° 17 N y entre 99° 40 y 100° W, a una altura de 2440 msnm, con clima templado subhúmedo con una época de lluvias de mayo a octubre, con temperatura media de 13.5°C (Celis-Alvarez *et al.*, 2016).

Los análisis de laboratorio se realizaron en el laboratorio de análisis de alimentos y forrajes del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales de la Universidad Autónoma del Estado de México.

12.2. Desarrollo del experimento

El experimento se realizó bajo un esquema de investigación participativa rural (Conroy, 2005), donde los productores tienen un papel activo en el desarrollo de prácticas, apoyando en la generación de conocimiento y proveen un contexto social, económico y cultural que pueden determinar qué tan viable es la adopción (García *et al.*, 2019).

El experimento se llevó a cabo con un productor de leche en pequeña escala, tuvo una duración de 72 días divididos en seis periodos de 12 días cada uno (Miguel *et al.*, 2019) con 10 días de adaptación a la dieta y dos días de toma de muestras, el cual inició el día 1° de febrero de 2023 y finalizó el 13 de abril de 2023, el cual se llevó a cabo durante la época seca.

12.3. Variables y animales experimentales

Se seleccionaron 3 vacas Holstein con características productivas homogéneas con un peso vivo promedio de 396 ± 38 kg. Se asignó un tratamiento a cada vaca (López-González *et al.*, 2019) a lo largo de los seis periodos experimentales, bajo un diseño experimental de cuadro latino 3x3 repetido dos veces en el tiempo, con tres vacas en las filas y tres vacas en las columnas (periodos experimentales). Una de las limitaciones dentro de la investigación participativa rural es la falta de suficientes unidades experimentales, dado que los hatos de los productores en pequeña escala son pequeños (Conroy, 2005).

Los tratamientos que se implementaron se presentan a continuación:

1. **WHTS**= 8.3 kg MS de ensilado de trigo
2. **WVS**= 8.3 kg MS de ensilado de trigo con ebo
3. **MSLG**= 8.3 kg MS de ensilado de maíz

La ración de las vacas se dividió en dos porciones, una se ofreció a las 8:00 h y otra a las 15:00 h. Las vacas se suplementaron con 3.7 kg/MS de concentrado comercial por día, dividido en dos porciones.

12.4. Distribución de las vacas en los periodos experimentales y tratamientos

Las vacas se distribuyeron en dos grupos de acuerdo con el rendimiento de leche y etapa de lactación dentro de un cuadro latino 3x3 repetido dos veces.

La asignación de las vacas a los tratamientos a lo largo de los periodos experimentales se observa en el cuadro 1.

Cuadro 2. Asignación de las vacas en los tratamientos y periodos experimentales.

Experimento dos. Cuadro latino 3x3.

Cuadro I

Tratamiento	Periodos		
	I	II	III
WHTS	2888	2891	3001
WVS	3001	2888	2891
MSLG	2891	3001	2888

WHTS= Ensilado de trigo; **WVS**= Ensilado de trigo con ebo; **MSLG**= Ensilado de maíz

Cuadro II

Tratamiento	Periodos		
	IV	V	VI
WHTS	3001	2891	2888
WVS	2891	2888	3001
MSLG	2888	3001	2891

WHTS= Ensilado de trigo; **WVS**= Ensilado de trigo con ebo; **MSLG**= Ensilado de maíz

12.5 Establecimiento de los cultivos

El maíz se cultivó siguiendo las prácticas que realiza el productor participante, el cual se sembró el día 16 de mayo de 2022 con una densidad de semilla de 36 kg/ha, no se realizó ningún tipo de fertilización, el cultivo se cosechó el día 20 de octubre de 2022 a los 157 días postsiembra en un estado lechoso-masoso. El forraje cosechado se ensiló en un silo tipo búnker, para esto, el material vegetal fue picado, colocado en capas y compactado con un tractor y finalmente cubierto con plástico negro calibre 600 y sellado con tierra.

Por otro lado, el cultivo de trigo se sembró el día 19 de julio de 2022 con una densidad de semilla de 140 kg/ha.

El cultivo de trigo asociado con ebo se sembró el día 19 de julio de 2022 con una densidad de semillas de 140 kg/ha, a una proporción de 70:30 cereal-leguminosa, lo que equivale a 98 kg de semilla de trigo y 42 kg de semilla de ebo.

Ambos cultivos se fertilizaron a una dosis de 103-60-40 NPK, la cual se dividió en dos aplicaciones, la primera a la siembra y la segunda a los 29 días postsiembra.

El cultivo de trigo se cosechó el día 16 de octubre a los 89 días postsiembra. El cultivo de trigo asociado con ebo se cosechó el día 15 de octubre a los 88 días postsiembra. Ambos cultivos se cosecharon en un estado lechoso-masoso.

Posterior a la cosecha del forraje de trigo y trigo con ebo, se ensilaron por separado en un silo tipo pastel a nivel de suelo, el material vegetal fue picado y colocado en capas que fueron compactadas con ayuda de un tractor y por último fueron sellados con plástico negro calibre 600 y sellados con tierra.

12.6. Variables de producción de forraje

12.6.1. Producción de masa herbácea

En cuanto a la toma de muestras del cultivo de maíz, la parcela se dividió en 3 subparcelas, de cada una se tomaron muestras a los 157 días postsiembra seleccionando al azar cinco metros lineales en 3 sitios diferentes, a 10 cm sobre el suelo, se pesó el material cosechado, posteriormente este fue secado para determinar la masa herbácea (HM) en kg MS/ha.

Para la toma de muestras del cultivo de trigo y trigo asociado con ebo, la parcela se dividió en 3 subparcelas, dentro de cada una se tomaron 3 muestras para generar 9 muestras de cada cultivo para determinar masa herbácea a los 88 y 89 días postsiembra para el cultivo de trigo asociado con ebo y el cultivo de trigo respectivamente, con ayuda de cuadrantes de 0.5 x 0.5 m (0.25 m²) el forraje fue cortado a 10 cm del suelo (Hodgson, 1994), para ser pesado y posteriormente fue secado en una estufa de aire forzado a 55°C para determinar la masa herbácea en kg MS/ ha.

12.6.2. Altura

La altura del cultivo de maíz se registró, midiendo 15 plantas cosechadas a 10 cm del suelo, esta se registró en m.

La altura del cultivo de trigo se realizó dividiendo la parcela en 3 subparcelas, en cada una se tomaron 15 mediciones que se registraron en m.

12.6.3. Composición química y digestibilidad de los ensilados

Se realizó la apertura de los silos de maíz, trigo y trigo con ebo, para realizar la toma de muestras del ensilado a diferentes alturas, profundidades y distancias (Martínez-Fernández

et al., 2014), las muestras se tomaron durante el último día de medición de cada periodo experimental, también se tomó una muestra de concentrado, para realizar los análisis químicos.

Se realizó el análisis de la composición química, los componentes analizados fueron materia seca (MS), para ello, se colocaron las muestras en una estufa de aire forzado a 55°C durante 48 horas, más adelante se procesaron en un molino Pulvex 200. Para obtener la MO se incineró la muestra durante 3 horas a 550°C. El cálculo de la materia orgánica se realizará mediante la resta de la MS total menos el contenido de cenizas (Wattiaux, 2002). El contenido de nitrógeno se estimó mediante el método Kjeldahl, para determinar la proteína cruda (PC) se calculó como el contenido de N x 6.25. El contenido de Fibra Detergente Neutro (FDN) y Fibra Detergente Ácido (FDA) se determinaron mediante la técnica de micro bolsas Ankom (Ankom, 2005), basado en el método desarrollado por Van Soest *et al.* (1991). La Digestibilidad *in vitro* de la Materia Seca (DIVMS) se determinó mediante el método Ankom-Daisy (Ankom, 2005b); la energía metabolizable (EM) se estimó mediante la ecuación de la AFRC (1993), calculando el valor de la materia orgánica digestible en la materia orgánica (DOMD), a partir de la ecuación de CSIRO (2007) para el cálculo de energía metabolizable.

El pH del ensilado se midió con un medidor de pH, para esto se tomó una muestra de forraje que se mezcló en 100 ml de agua destilada, se dejó durante 15 min y después se realizó la medición del pH.

12.7. Variables de producción animal

12.7.1. Rendimiento de leche

Se midió el rendimiento de leche de cada vaca durante los últimos dos días de medición de cada periodo experimental. Se realizaron dos ordeños al día el primero a las 5:00 h y el segundo a las 16:00 h, el rendimiento de leche se expresó en kg/vaca/día, para ello se utilizó una báscula de reloj con capacidad de 20 kg.

12.7.2. Composición química de la leche

Se tomaron muestras de leche para determinar la composición química, las muestras se recolectaron de los contenedores de leche de cada vaca, después del ordeño, previa homogeneización de la leche, se tomaron dos muestras, una del ordeño de la mañana y una del ordeño de la tarde, se tomó una muestra de 100 ml, más adelante se realizó una alícuota de estas muestras, una por cada día de medición. Se refrigeró la muestra para después realizar el análisis de la composición química de la leche mediante el uso de un analizador de leche por ultrasonido Lactoscan. Milk Analyzer^{MR},

12.7.3. Nitrógeno ureico en leche (NUL)

De la alícuota preparada, se tomó una muestra de leche, que se mantuvo en congelación para determinar el nitrógeno ureico en leche. Este análisis se determinará mediante la técnica colorimétrica enzimática (Chaney y Marbach, 1962).

12.7.4. Peso vivo

El peso vivo de cada vaca se registró al inicio y al final de cada periodo experimental durante dos días consecutivos, este se realizó después del ordeño de la mañana, el registro se realizó en kg, para ello se utilizó una báscula portátil Gallagher, con capacidad de 1000 kg.

12.7.5. Condición corporal

Esta se realizó en una escala de 1 a 5 puntos (Wattiaux, 2013), al principio y al final de cada periodo experimental, esta fue evaluada por la misma persona.

12.7.6. Consumo de materia seca

La ración de las vacas se calculó con base en el 3% de su peso vivo, la cual se calculó en base seca, la ración fue dividida en dos. Para determinar el consumo, cada ración se ofreció en los horarios correspondientes, más adelante se colectó el material que rechazaron las vacas, el cual se pesó y se restó de la cantidad ofrecida al inicio para determinar el consumo de materia seca, el cual se registró en kg.

12.8. Diseño experimental y análisis estadístico

12.8.1. Variables de producción animal

Las variables de producción animal se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) mediante un diseño experimental de cuadro latino 3x3 repetido en el tiempo, el cual se realizó con tres vacas durante los seis periodos de evaluación, los datos fueron analizados mediante un modelo de efectos mixtos, utilizando el paquete estadístico Minitab V.19. Se utilizó el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + S_i + C_{(i)j} + P_k + t_l + e_{ijkl}$$

Dónde:

μ = media general

S_i = Efecto debido a los cuadros ($i= 1, 2$)

$C_{(i)j}$ = Efecto debido a las vacas dentro de los cuadros ($j= 1, 2, 3$)

P_k = Efecto debido a los periodos experimentales ($k= 1, 2, 3, 4, 5, 6$)

T_l = Efecto debido al tratamiento ($l= 1, 2, 3$)

e_{ijkl} = Error experimental.

Las diferencias significativas entre medias se compararán mediante la prueba de Tukey ($P<0.05$).

12.8.2. Variables de composición química

Para el análisis de la composición química, digestibilidad *in vitro* y estimación de energía metabolizable del ensilado de trigo, ensilado de trigo con ebo y ensilado de maíz se realizó un análisis de varianza (ANOVA) mediante un diseño experimental de parcelas divididas (Kaps and Lamberson, 2004), utilizando el paquete estadístico Minitab V.19, mediante el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + P_j + R_k + TP_{ij} + e_{ijk}$$

Dónde:

μ = Media general

T_i = Efecto del tratamiento con ensilado ($i=1, 2, 3$)

P_j = Efecto debido al periodo experimental ($j=1, 2, 3, 4, 5, 6$)

R_k = Efecto de la repetición ($k=1, 2$)

TP_{ij} = Interacción entre tratamientos y periodos experimentales

e_{ijk} = Error experimental.

Las diferencias significativas entre medias se compararon mediante la prueba de Tukey ($P<0.05$).

12.9. Análisis económico

El análisis económico se realizó mediante la metodología de presupuestos parciales (Celis-Alvarez *et al.*, 2016), considerando los costos de alimentación que incluyen el establecimiento del cultivo, fertilización, costo de ensilado y alimento concentrado y los ingresos por concepto de la venta de leche. Los presupuestos parciales permiten comparar opciones basadas en los costos (Ávalos-Cerdas y Villalobos-Monge, 2018), ya que solamente se toman en consideración los costos asociados con la decisión de usar o no un tratamiento (Reyes, 2001).

XIII. RESULTADOS EXPERIMENTO DOS

13.1. Segundo artículo enviado

Se presenta la carta de recepción y el resumen del segundo artículo enviado en la revista *Indian Journal of Animal Sciences*, titulado “Whole-crop wheat or wheat-common vetch silages for small-scale dairy systems in the dry season” con la autoría de Cloe Dafne Alvarez García, Carlos Manuel Arriaga Jordán, Julieta Gertrudis Estrada Flores y Felipe López González

Alvarez-García, C.D., Arriaga-Jordán, C.M., Estrada-flores, J.G. y López-González, F. Instituto de ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). Universidad Autónoma del Estado de México, Campus UAEM El Cerrillo Piedras Blancas, 50090, Toluca, Estado de México, México.

Autor de correspondencia: Felipe López González (flopezg@uaemex.mx)

RV: Submission Acknowledgement 147271



Felipe Lopez Gonzalez

Para Carlos Manuel Arriaga Jordan; Julieta Gertrudis Estrada Flores; cloedafne.ag; Alvarez Garcia Cloe Dafne

lunes 08/01/2024 05:36 p.



Responder

Responder a todos

Reenviar



Alvarez-García et al. Wheat or wheat - vetch silage for SSDS.docx
103 KB



IJAnS_Certificate CDAG.pdf
83 KB

De: Editor <editor.ijans@icar.gov.in>

Enviado: lunes, 8 de enero de 2024 05:27 p. m.

Para: Felipe Lopez Gonzalez <flopezg@uaemex.mx>

Asunto: Submission Acknowledgement 147271

Hello Felipe López González:

Thank you for submitting the manuscript, "Whole-crop wheat or wheat-common vetch silages for small-scale dairy systems in the dry season (Article Id: 147271)" to The Indian Journal of Animal Sciences. With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site:

Manuscript URL: <https://epubs.icar.org.in/index.php/IJAnS/authorDashboard/submission/147271>

Username: lopez

Thank you for considering this journal as a venue for your work.

[The Indian Journal of Animal Sciences](#)

Whole-crop wheat or wheat-common vetch silages for small-scale dairy systems in the dry season

ABSTRACT

Small-scale dairy systems have milk sales as the main income for these farming families who, in spite of uncertain scenarios, have been resilient and shown their adaptation capabilities, where feed resources are based on forages produced mainly in their farms. Forage of small grain cereals provide adequate nutrition for dairy cows as silage in the dry season, and the association with common vetch could increase soil fertility, higher dry matter yields, and a better nutritional quality. The objective was to evaluate in an on-farm participatory experiment three treatments of 8.3 kg DM/cow/day of silage plus 3.7 kg DM/cow/day of commercial concentrate. Treatments were: WHTS = 100% wheat whole-crop silage, WVS=100% whole-crop silage of wheat-common vetch, and MSLG= 100% maize silage. Three lactating Holstein cows were randomly assigned to treatments in a 3x3 Latin Square repeated in time design, maximizing limited experimental units. There were significant differences in chemical composition of silages ($p<0.05$) and interactions ($p<0.05$) for DM, OM and pH. There were significant differences ($p<0.05$) for MUN, silage and total DMI, but not for milk yield or composition. Economically, the three treatments had positive margins over feed costs. The inclusion of whole-crop wheat, wheat- common vetch, or maize silages are viable options in the feeding of dairy cows during the dry season. However, the experiment also showed the potential of small-grain cereal silage, as wheat silage, in the face of reduced rainfall that precludes adequate maize growth with yields below the wheat and wheat-common vetch crop, with longer times between sowing and harvest, and at higher costs.

Keywords: Milk production, dry season, crop associations, wheat, common vetch, silage.

XIV. CONCLUSIONES GENERALES

Con base en los resultados que se obtuvieron dentro del desarrollo de esta investigación, se puede concluir que pueden utilizarse alternativas al ensilado de maíz como estrategia de alimentación para vacas lecheras, dado que el maíz es el cultivo más usado dentro de los sistemas de producción de leche en pequeña escala, pero al tener un ciclo de crecimiento largo y un alto requerimiento de agua, que puede tener algunas desventajas debido a que el nivel de precipitaciones no es el mismo todos los años, esto puede afectar su crecimiento, limitándolo en situaciones de baja precipitación, que tendrán como resultado un bajo rendimiento del cultivo y como consecuencia de ensilado, como se pudo observar en este estudio. El ensilado de trigo representa una de estas alternativas, ya que este cereal posee características favorables como tener un ciclo de crecimiento corto y menor requerimiento hídrico, que se adapta a las condiciones climáticas y de manejo presentes dentro de los sistemas de producción de leche en pequeña escala, con calidad nutritiva que sumado a la inclusión de ebo en el cultivo, permite mejorar la composición química del ensilado y podría disminuir el uso de fertilizantes nitrogenados debido a la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico al suelo. Estas alternativas permiten obtener márgenes positivos sobre los costos de alimentación.

XV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFRC 1993 Energy and Protein Requirements for Ruminants. An advisory manual prepared by the Animal and Food Research Council. Technical Committee on Response to Nutrients. 159. CAB International, Wallingford, UK.

ALBARRÁN, B., GARCÍA, A., ESPINOZA, A., ESPINOSA, A., ARRIAGA, C.M. (2012) Maize silage in the dry season for grazing dairy cows in small scale production systems in the Mexico's Highlands, *Indian Journal Animal Research*, 46(4), 317-324. https://www.researchgate.net/publication/285965190_Maize_silage_in_the_dry_season_for_grazing_dairy_cows_in_small-scale_production_systems_in_Mexico's_highlands

ANAYA-ORTEGA, J.P., GARDUÑO-CASTRO, G., ESPINOZA-ORTEGA, A., ROJO-RUBIO, R. (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 dairy production systems in the Highlands of Mexico, *Tropical Animal Health and Production*, 41, 607–616. <https://doi.org/10.1007/s11250-008-9231-5>

ANKOM TECHNOLOGY (2005) Procedures (for NDF and ADF). Recuperado de <http://www.ankom.com/> (Acceso 22 de septiembre 2021).

ANKOM TECHNOLOGY (2005b): *In vitro* true digestibility using the DAISY II Incubator. Ankom Technology Method 3. Consultado en <http://www.ankom.com/>

ÁVALOS-CERDAS, J.M. AND VILLALOBOS-MONGE, A. (2018) Análisis económico: un estudio de caso en *Jatropha curcas* L. mediante la metodología de presupuestos

- parciales, *Agronomía Mesoamericana*, 29(1), 95-104. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i1.27901>
- BENIDER, C., LAOUR, S., MADANI, T., GUNDOUZ, A. AND KELALECHE, H. (2021) The Effect of Cereal-legume Intercropping Systems on the Cereal Grain Yield under Semi-arid Conditions, *Agricultural Science Digest*, 41(4), 610-614.
- BERNARDES, T.F., GERVÁSIO, J.R.S., DE-MORAIS, G. AND CASAGRANDE, D.R. (2019) Technical note: A comparison of methods to determine pH in silages, *Journal of Dairy Science*, 102(10), 9039-9042. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16553>
- BURBANO-MUÑOZ, V.A., LÓPEZ-GONZÁLEZ, F., ESTRADA-FLORES, J.G., SAINZ-SÁNCHEZ, P.A. AND ARRIAGA-JORDÁN, C.M. (2018). Oat silage for grazing dairy cows in small scale dairy systems in the highlands of central Mexico. *African Journal of Range and Forage Science*, 35(1), 63-70. <https://doi.org/10.2989/10220119.2018.1473493>
- CALLEJO, A. (2018) Conservación de forrajes (V): Fundamentos del ensilado. Departamento de producción agraria. Consultado en: https://oa.upm.es/53336/1/INVE_MEM_2018_286059.pdf
- CARRILLO-HERNÁNDEZ S. LÓPEZ-GONZÁLEZ F. ESTRADA-FLORES J. G. AND ARRIAGA- JORDÁN C. M. (2020) Milk production and estimated enteric methane emission from cows grazing ryegrass pastures in small-scale dairy systems in Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 52, 3609–3619. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-023980>

CARRILLO-HERNÁNDEZ S, VELARDE-GUILLÉN J, LÓPEZ-GONZÁLEZ F AND

ARRIAGA-JORDÁN C M. (2023) Mixed small grain cereal silages in the feeding of dairy cows in small scale dairy systems. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 26(3), 1-11.

CDRSSA- Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. 2019. La producción y el comercio de lácteos en México. pp. 1-14.

CELIS-ALVAREZ, M.D., LÓPEZ-GONZÁLEZ, F., MARTÍNEZ-GARCÍA, C.G., ESTRADA-FLORES, J.G. AND ARRIAGA-JORDÁN, C.M. (2016) Oat and ryegrass silage for small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 48, 1129–1134. DOI 10.1007/s11250-016-1063-0

CHANEY, A.L. AND MARBACH, E.P. (1962) Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clinical Chemistry*. 8: 130-132. <https://doi.org/10.1093/clinchem/8.2.130>

CHEN L, GUO G, YUAN X, ZHANG J, LI J AND SHAO T. 2016. Effects of applying molasses, lactic acid bacteria and propionic acid on fermentation quality, aerobic stability and *in vitro* gas production of total mixed ration silage prepared with oat-common vetch intercrop on the Tibetan Plateau. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(5), 1678-85.

CONROY, C. (2005) Participatory Livestock Research. Bourton on Dunsmore, Warwickshire, UK: ITDG Publishing.

CSIRO, (2007). Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants. CSIRO publishing. Collingwood, Australia. 295 pp.

ELIZONDO, J. AND BOSCHINI, C. (2001) Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del forraje de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 12(2), 181-187. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43712208>

ESPINOZA-ORTEGA, A., ESPINOSA-AYALA, E., BASTIDA-LÓPEZ, J., CASTAÑEDA-MARTÍNEZ, T. AND ARRIAGA-JORDÁN, C.M. (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.

ESPITIA, E., VILLASEÑOR, H.E., TOVAR, R., DE LA O, M. AND LIMÓN, A. (2012) Momento óptimo de corte para rendimiento y calidad de variedades de avena forrajera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(4), 771-783. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000400012

FADUL-PACHECO, L., WATTIAUX, M.A., ESPINZA-ORTEGA, A., SÁNCHEZ-VERA, E. AND ARRIAGA-JORDÁN, C.M. (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. Doi: 10.1080/21683565.2013.775990

FAO, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. (2010) Status and prospects for smallholder milk production - A global perspective,

- by Hemme, T. and Otte, J. FAO, Rome, Italy. Consultado en: <http://www.fao.org/3/i1522e/i1522e.pdf>
- FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (2023). Smallholders in the value chain. Disponible en: <https://www.fao.org/dairy-production-products/socio-economics/smallholders-in-the-value-chain/es/>
- FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (2024). Sistemas de producción de leche. Disponible en: <https://www.fao.org/dairy-production-products/production/production-systems/en/>
- FAO AND GDP. (2019) FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS Y GLOBAL DAIRY PLATFORM INC. Climate Change and the Global Dairy Cattle Sector – The Role of the Dairy Sector in a Low-Carbon Future. Rome, Italia. <https://www.fao.org/3/CA2929EN/ca2929en.pdf>
- FILYA, I. (2003) Nutritive value of whole crop wheat silage harvested at three stages of maturity. *Animal Feed Science and Technology*, 103, 85–95. Doi: 10.1016/S0377-8401(02)00284-5
- FRANKE, A.C., VAN DEN BRAND, G.J., VANLAUWE, B. AND GILLER, K.E. (2018) Sustainable intensification through rotations with grain legumes in Sub-Saharan Africa: A review, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 261, 172-185. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.09.029>.
- FUNDACIÓN CHILE Y MINISTERIO DE AGRICULTURA (2011) Manual de recomendaciones. Cultivo de trigo. Trigo Check. Unidad Cropcheck Chile. Alimentos y Biotecnología. Santiago, Chile.

GARCIA, E., SILES, P., EASH, L., VAN-DER-HOEK, R., KEARNEY, S.P., SMUKLER, S.M. AND FONTE, S.J. (2019) Participatory evaluation of improved grasses and forage legumes for smallholder livestock production in Central America, *Experimental Agriculture*, 55(5) 776-92.
<https://doi.org/10.1017/S0014479718000364>

GARDUÑO-CASTRO, Y., ESPINOZA-ORTEGA, A., GONZÁLEZ-ESQUIVEL, C.E., MATEO-SALAZÁR, B. AND ARRIAGA-JORDÁN, C.M. (2009) Intercropped oats (*Avena sativa*) - common vetch (*Vicia sativa*) silage in the dry season for small-scale dairy systems in the Highlands of Central Mexico, *Tropical Animal Health and Production*, 41, pp. 827–834. <https://doi.org/10.1007/s11250-008-9258-7>

GERSSSEN-GONDELACH, S., WICKE, B. AND FAAIJ, A. (2015) Assessment of driving factors for yield and productivity developments in crop and cattle production as key to increasing sustainable biomass potentials, *Food and Energy Security*, 4(1), 36–75. <https://doi.org/10.1002/fes3.53>

GÓMEZ-MIRANDA, A., VEGA-GARCÍA, J.I., NARVAEZ-URIBE, O., MORALES-ALMARAZ, E., LÓPEZ-GONZÁLEZ, F. AND ARRIAGA-JORDÁN, C.M. (2020) Evaluación de un concentrado de pasta de canola y mazorca de maíz para vacas lecheras en pastoreo de pastizales nativos en los valles altos de México, *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(58), 1-9.
<https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/3109/1436>

GONZÁLEZ-ALCÁNTARA, F.D.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, 1903–1910.
- GONZÁLEZ-FIGUEROA, S.S., AGUIRRE-MANCILLA, C.L., COVARRUBIAS-PRIETO, J., CERVANTES, F. AND GRAGEDA-CABRERA, O.A. (2018) Efecto del fraccionamiento de la fertilización nitrogenada aplicada al trigo sobre la calidad de su semilla, *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(2): 291-301. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342018000200291
- GRDC. GRAINS RESEARCH AND DEVELOPMENT CORPORATION (2016) Wheat, section 3, planting. 1-27. Consultado en: https://grdc.com.au/__data/assets/pdf_file/0027/373905/GrowNote-Wheat-South-03-Planting.pdf
- GRDC - Grains Research and Development Corporation. 2017. GrowNotes: Vetch. Australian government.
- HAYDEN, Z.D., NGOUAIJO, M. AND BRAINARD, D.C. (2014) Rye–Vetch Mixture Proportion Tradeoffs: Cover Crop Productivity, Nitrogen Accumulation, and Weed Suppression, *Agronomy Journal*, 106, 904-914. <https://doi.org/10.2134/agronj2013.0467>

HEMME, T., IFCN Dairy Team and IFCN Researchers (2007) IFCN Dairy Report 2007, (International Farm Comparison Network, IFCN Dairy Research Center, Kiel, Germany).

HERNÁNDEZ, N., SOTO, F. AND PLANA, R. (2015) Comportamiento del crecimiento y rendimiento del cultivo del trigo (*Triticum aestivum* L.) en tres fechas de siembra, *Cultivos tropicales*, 36, 86-92.

HERNÁNDEZ MORALES, P., ESTRADA-FLORES, J.G., AVILÉS-NOVA, F., YONG-ANGEL, G., LÓPEZ-GONZÁLEZ, F., SOLÍS-MÉNDEZ, A.D. AND CASTELÁN-ORTEGA, O.A. (2013) Tipificación de los sistemas campesinos de producción de leche del sur del estado de México, *Universidad y ciencia*, 29(1), 19-31. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792013000100003&lng=es&tlng=es.

HEREDIA-NAVA, D., ESPINOZA-ORTEGA, A., GONZÁLEZ-ESQUIVEL, C.E. AND ARRIAGA-JORDÁN, C.M. (2007) Feeding strategies for small-scale dairy systems based on perennial (*Lolium perenne*) or annual (*Lolium multiflorum*) ryegrass in the central highlands of Mexico, *Tropical Animal Health and Production*, 39, 179-188.

HODGSON J. (1990) *Grazing Management: Science into Practice* (Longman Scientific and Technical, Harlow). 203p.

HUSSAIN, M.I., SHAH, S.H., HUSSAIN, S. AND IQBAL, K. 2002. Growth, Yield and Quality Response of Three Wheat (*Triticum aestivum* L.) Varieties to Different Levels of N, P and K, *International Journal of Agriculture & Biology*, 4(3), 362-364. https://www.researchgate.net/publication/242296858_Growth_Yield_and_Quality_

Response_of_Three_Wheat_Triticum_aestivum_L_Varieties_to_Different_Levels_of_N_P_and_K

LÓPEZ-GONZÁLEZ, F., ROSAS-DÁVILA, M., CELIS-ALVAREZ, M.D., MORALES-ALMARAZ, E., DOMÍNGUEZ-VARA, I.A. AND ARRIAGA-JORDÁN, C.M. (2017) Milk production under grazing of different pasture grasses in small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico, *Journal of Livestock Science*, 8, 92-97. https://www.researchgate.net/publication/315875121_Milk_production_under_grazing_of_different_pasture_grasses_in_small-scale_dairy_systems_in_the_highlands_of_central_Mexico

LÓPEZ-GONZÁLEZ, F., SÁNCHEZ-VALDÉS, J.J., CASTELÁN-ORTEGA, O.A., ALBARRÁN-PORTILLO, B. AND ESTRADA-FLORES, J.G. (2019) Productive response of crossbred cows grazing *Brachiaria decumbens* pasture to supplementation of *Saccharomyces cerevisiae*, *Indian Journal of Animal Sciences*, 89(3), 287–291.

MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A., ARGAMENTERÍA-GUTIÉRREZ, A. AND DE LA ROZA, B. (2014) Manejo de forrajes para ensilar. Editado por: Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentaria (SERIDA) del Principado de Asturias, Villaviciosa, Asturias, España. <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=6079>

MARTÍNEZ-GARCÍA, C.G., RAYAS-AMOR, A.A., ANAYA-ORTEGA, J.P., MARTÍNEZ-CASTAÑEDA, F.E., ESPINOZA-ORTEGA, A., PROSPERO-BERNAL, F. AND ARRIAGA-JORDÁN, C.M. (2015) Performance of small-scale

- dairy farms in the highlands of central Mexico during the dry season under traditional feeding strategies, *Tropical Animal Health and Production*, 47, 331–337. Doi 10.1007/s11250-014-0724-0
- MIGUEL, M.F., DELAGARDE, R. AND RIBEIRO-FILHO, H.M.N. (2019) Corn silage supplementation for dairy cows grazing annual ryegrass at two pasture allowances, *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 71(3), 1037-1046. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-9795>
- MUCIÑO-ÁLVAREZ, M., ALBARRÁN-PORTILLO, B., LÓPEZ-GONZÁLEZ, F. AND ARRIAGA-JORDÁN, C.M. (2021). Multi-species pastures for grazing dairy cows in small-scale Dairy systems in the highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 53, 113. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02564-y>.
- MUSTAFA, A.F. AND SEGUIN, P. (2004) Chemical Composition and *In Vitro* Digestibility of Whole-Crop Pea and Pea–Cereal Mixture Silages Grown in South-western Quebec, *Journal of Agronomy and Crop Science*, 190: 416-421. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2004.00123.x>
- NESTARES, A. (2014) Técnicas de conservación de forrajes para la alimentación animal. Ministerio de Agricultura y Riego, Instituto Nacional de Innovación Agraria. Consultado en: <https://pgc-snia.inia.gob.pe:8443/jspui/handle/inia/730>
- OECD-FAO (2021), OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/19428846-en>

PARIS, W., MARCHESAN, R., CECATO, U., NEWTON, T., ZIECH, M. F. AND SILVEIRA, G. D. (2012) Dynamics of yield and nutritional value for winter forage intercropping, *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 34(2), 109-115.

PINCAIY-FIGUEROA, P.E., LÓPEZ-GONZÁLEZ, F., VELARDE-GUILLÉN, J., HEREDIA-NAVA, D., MARTÍNEZ-CASTAÑEDA, F.E. FERNANDO, V. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, A. AND ARRIAGA-JORDÁN, C.M. (2016) Cut and carry vs. grazing of cultivated pastures in small-scale dairy systems in the central highlands of Mexico, *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 110(2), 349-363.
<http://repositorio.cualtos.udg.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/659/2/Cut%20and%20carry%20vs.%20grazing%20of%20cultivated%20pastures.pdf>

PIREZ VALÉRIO, I., FÉLIX DE CARVALHO, F.I., BENIN, G., DA SILVEIRA, G., GONZALEZ DA SILVA, J.A., NORNBORG, R., HAGEMANN, T., DE SOUZA LUCHE, H. AND COSTA DE OLIVEIRA, A. (2013) Seeding density in wheat: the more, the merrier?, *Sci. Agric*, 70(3), 176-184. Doi 10.1590/S0103-90162013000300006

PLATA-REYES, D.A., GÓMEZ-MIRANDA, A., LÓPEZ-GONZÁLEZ, F., DOMÍNGUEZ-VARA, I.A. and ARRIAGA-JORDÁN, C.M. (2016) Evaluación de *bromus catharticus* vahl como recurso para praderas en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el Altiplano Central de México, *Innovación Sostenible en Pastos: hacia una Agricultura de Respuesta al Cambio Climático*, 55^a Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, Coruña.

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.

PRÓSPERO-BERNAL, F., MARTÍNEZ-GARCÍA, C.M., OLEA-PÉREZ, R., LÓPEZ-GONZÁLEZ, F. AND ARRIAGA-JORDÁN, C.M. (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.
<https://doi.10.1007/s11250-017-1360-2>

RETES, R., MORENO, S., DENOGEAN, F.G., MARTÍN, M. AND IBARRA, F. (2013) Determinación de rentabilidad de trigo en la costa de Hermosillo, Sonora, *Revista Mexicana de Agronegocios*, 32, 348-357.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14125584016>

REYES, M. (2001) Análisis económico de experimentos agrícolas con presupuestos parciales: Re-enseñando el uso de este enfoque. Centro de Información Agrosocioeconómica, pp. 1-31. Guatemala.

RIBEIRO-FILHO, H., DALL-ORSOLETTA, A., MENDES, D. AND DELAGARDE, R. (2021) Dry matter intake and milk production of grazing dairy cows supplemented with corn silage or a total mixed ration offered ad libitum in a subtropical area, *Animal Science Journal*, 92(1), 2-10.
<https://doi.org/10.1111/asj.13558>

SAINZ-RAMÍREZ, A., LÓPEZ-GONZÁLEZ, F., DOMÍNGUEZ-VARA, I.A. AND ARRIAGA-JORDÁN, C.M. (2016) Caracterización nutricional de ensilados de maíz (*Zea mays* L.) utilizados en sistemas de producción de leche a pequeña escala en el altiplano central de México. En: *Innovación Sostenible en Pastos: hacia una Agricultura de Respuesta al Cambio Climático*. Editado por: Baez, M.D, 111-115.

SAINZ-RAMÍREZ, A., ESTRADA-FLORES, J.G., MORALES-ALMARAZ, E., FLORES-CALVETE, G., LÓPEZ-GONZÁLEZ, F. AND ARRIAGA-JORDÁN, C.M. (2021) Effect of the inclusion of sunflower silage for cows in small-scale dairy systems in the highlands of Mexico, *Journal of Livestock Science*, 12,95-102. doi:10.33259/JLivestSci.2021.95-102.

SIAP. (2020) Panorama Agroalimentario 2020. Subsector agrícola, trigo. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (Sader).
https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2020/Atlas-Agroalimentario-2020

SIAP. (2021) Panorama Agroalimentario 2021. Subsector pecuario, leche de bovino. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (Sader).

SIAP. (2022) Panorama Agroalimentario 2022. Subsector pecuario, leche de bovino. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (Sader).

- SIAP. (2023) Panorama Agroalimentario 2023. Subsector pecuario, leche de bovino. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (Sader). https://drive.google.com/file/d/1FWHntHMgJw_uOse_MsOF9jZQDAm_FOD9/view
- SILVEIRA, E. A. AND FRANCO, R. (2006) Conservación de forrajes: primera parte, *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 7(11), 1-24. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63612653004>
- SUASTE-FRANCO, M.P., SOLÍS-MOYA, E., LEDESMA-RAMÍREZ, L., DE LA CRUZ-GONZALEZ, M.L., GRAGEDA-CABRERA, O.A. AND BÁEZ-PÉREZ, A. 2013. Efecto de la densidad y método de siembra en el rendimiento de grano de trigo (*Triticum aestivum L.*) en el Bajío, México. *Agrociencia*, 47, 159-170. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952013000200005
- VAN SOEST PJ, ROBERTSON JB, Y LEWIS BA. (1991) Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition, Department of Animal Science and Division of Nutritional Sciences, Cornell University, New York, U.S.A.
- VEGA-GARCÍA, J.I., LÓPEZ-GONZÁLEZ, F., MORALES-ALMARAZ, E., ARRIAGA-JORDÁN, C.M. (2021) Grazed rain-fed small-grain cereals as a forage option for small-scale dairy systems in central Mexico, *Tropical Animal Health and Production*, 53(5), 511. doi:10.1007/s11250-021-02958-y.

VEGA-GARCIA, J.I., LOPEZ-GONZALEZ, F., MORALES-ALMARAZ, E.

and ARRIAGA-JORDAN, C. M. (2023) Secondary growth rye or triticale silage: Small-grain cereals as a dual-purpose forage option for small-scale dairy systems in the highlands of Mexico, *Chilean Journal of Agricultural Research*, 83(1), 31-42. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392023000100031>.

WATTIAUX, M.A. (2002) Composición y análisis de alimentos. En Instituto Babcock para la investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera. Universidad de Wisconsin Madison. Consultado en <http://babcock.wisc.edu/es/node/143>.

WATTIAUX, M.A. (2013). Grados de Condición Corporal. En: Esenciales Lecheras. Instituto Babcock, Estados Unidos.

WEINBERG, Z.G. AND CHEN, Y. (2013). Effects of storage period on the composition of whole crop wheat and corn silages, *Animal Feed Science and Technology* 185: 196-200. <https://doi.org/10.1016/J.ANIFEEDSCI.2013.08.009>

XVI. ANEXOS EXPERIMENTO UNO

16.1. Datos preexperimentales de las vacas que se usaron para el experimento

Vaca	Producción de leche (kg de leche/ día)	Peso vivo (kg)	Condición corporal (1-5)	No. Partos	Días en lactación
5959	12.1	526	2.3	3	49
7137	14.8	496	2	4	21
5957	10.7	518	2.2	3	171
2888	8.1	384	2	2	232
7141	8.4	410	2	4	79
9856	10.1	558	2.3	6	280

16.2. Promedios de variables del forraje y de los ensilados

16.2.3. Producción de masa herbácea y altura de los cultivos de trigo y maíz

Cultivo	Subdivisiones	Altura (m)	Materia seca	Masa herbácea (kgMS/ha)	MH/día (kg MS)
Trigo	S1	0.7	305.4	5388.4	54.4
	S2	0.7	413.1	4770.0	48.2
	S3	0.8	358.9	5723.7	57.8
Maíz	S1	3.1	233.2	13913.3	126.5
	S2	2.7	236.9	13512.0	98.0
	S3	2.8	235.1	15775.8	124.9

16.2.4. Promedios por tratamiento y por periodo experimental de las variables de composición química (g/kg MS), digestibilidad in vitro de la materia seca (g/kg) y estimación de Energía Metabolizable (MJ/kg) y pH de los ensilados

Tratamiento	Periodo	MS (g/kg)	MO	PC	FDN	FDA	DIVMS	EMe	pH
WS	1	259.9	856.4	80.5	515.8	277.7	584.3	8.3	4.2
WS	2	255.9	856.4	78.8	583.5	306.6	611.9	8.6	4.4
WS	3	255.9	819.5	84.0	649.3	397.6	542.4	7.6	4.8
WMS	1	327.6	882.7	85.7	520.4	318.2	603.7	8.6	3.9
WMS	2	336.8	898.2	80.5	552.0	325.1	640.6	9.1	3.9
WMS	3	345.0	883.7	73.5	612.7	363.6	578.4	8.2	4.0
MS	1	259.9	909.3	77.1	529.3	302.9	640.3	9.1	3.8
MS	2	255.9	926.1	77.0	556.0	308.5	638.2	8.9	3.8
MS	3	255.9	931.0	69.1	550.7	306.2	609.4	8.5	3.7

MS=Materia Seca; **PC**= Proteína Cruda; **MO**= Materia Orgánica; **FDN**= Fibra Detergente Neutro; **FDA**=Fibra Detergente Ácido; **DIVMS**= Digestibilidad *in vitro* de la materia seca; **eEM**=Energía Metabolizable; **WS**= Ensilado de trigo; **WMS**= Ensilado de trigo con maíz; **MS**= Ensilado de maíz.

16.2.5. Promedios de composición química del concentrado

Variable

MS (g/kg)	922.1
MO (g/kgMS)	900.3
PC (g/kgMS)	182.1
FDN (g/kgMS)	176.5
FDA (g/kgMS)	50.6
DIVMS (g/kgMS)	878.3
EMe (MJ/kg MS)	12.5

MS=Materia Seca; **PC**= Proteína Cruda; **MO**= Materia Orgánica; **FDN**= Fibra Detergente Neutro; **FDA**=Fibra Detergente Ácido; **DIVMS**= Digestibilidad *in vitro* de la materia seca; **eEM**=Energía Metabolizable.

16.3. Promedios por tratamientos y periodo experimental de las variables de producción animal

16.3.1. Variables de producción de leche, peso vivo y condición corporal

Vaca	Cuadro	Tratamiento	Periodo	Producción de leche (kg leche/vaca/día)	Peso vivo	Condición corporal
5959	1	WS	1	17.3	499.0	3.0
5959	1	WMS	2	19.6	523.0	2.5
5959	1	MS	3	20.4	514.0	2.5
7137	1	WMS	1	19.1	513	2
7137	1	MS	2	22.3	524	2
7137	1	WS	3	22.0	536	2
5957	1	MS	1	18.0	507	3
5957	1	WS	2	15.2	500.5	3
5957	1	WMS	3	14.9	496	3
2888	2	WS	1	10.2	369	2.5
2888	2	WMS	2	11.8	392.5	3
2888	2	MS	3	11.9	393	3
7141	2	WMS	1	12.7	414.5	2.5
7141	2	MS	2	13.2	431	2.5
7141	2	WS	3	13.2	425	2.5
9856	2	MS	1	13.9	553	3
9856	2	WS	2	11.5	538	2.5
9856	2	WMS	3	10.9	534	2.5

WS= Ensilado de trigo; **WMS**= Ensilado de trigo con maíz; **MS**= Ensilado de maíz.

16.3.2. Promedio de variables de composición química de la leche; grasa, proteína, lactosa (g/kg), y nitrógeno ureico en leche (mg/dL) por tratamiento y periodo experimental

Vaca	Cuadro	Tratamiento	Periodo	Grasa (g/kg)	Proteína (g/kg)	Lactosa (g/kg)	NUL (mg/dL)
5959	1	WS	1	29.7	30.5	45.8	10.8
5959	1	WMS	2	28.8	30.5	45.7	11.6
5959	1	MS	3	32.7	30.9	46.5	10.4
7137	1	WMS	1	32.7	30.4	45.6	10.6
7137	1	MS	2	29.9	29.4	44.1	11.5
7137	1	WS	3	26.8	31.1	46.6	10.4
5957	1	MS	1	32.8	30.4	45.7	8.7
5957	1	WS	2	31.4	30.3	45.5	12.8
5957	1	WMS	3	29.8	30.8	46.2	15.0
2888	2	WS	1	39.7	30.8	46.3	10.2
2888	2	WMS	2	38.4	31.5	47.3	9.8
2888	2	MS	3	40.9	30.9	46.5	11.3
7141	2	WMS	1	36.1	29.4	44.1	10.7
7141	2	MS	2	32.8	29.4	44.1	9.6
7141	2	WS	3	38.5	29.7	44.7	10.6
9856	2	MS	1	33.0	31.4	47.2	9.6
9856	2	WS	2	34.7	31.0	46.5	14.1
9856	2	WMS	3	37.3	31.2	46.9	13.9

WS= Ensilado de trigo; **WMS=** Ensilado de trigo con maíz; **MS=** Ensilado de maíz.

16.3.3. Promedios de variables de consumo de materia seca (CMS) por tratamiento y periodo experimental (kg MS/vaca/día)

Vaca	Cuadro	Tratamiento	Periodo	CMS	Rechazo	CMS	CMS
				Ensilado	ensilado	concentrado	Total
5959	1	WS	1	7.8	2.0	4.6	12.4
5959	1	WMS	2	7.6	2.2	4.6	12.6
5959	1	MS	3	8.5	1.3	4.6	13.1
7137	1	WMS	1	7.6	2.2	4.6	12.2
7137	1	MS	2	8.2	1.6	4.6	12.8
7137	1	WS	3	8.0	1.8	4.6	12.6
5957	1	MS	1	8.1	1.7	4.6	12.7
5957	1	WS	2	8.3	1.5	4.6	12.8
5957	1	WMS	3	8.5	1.3	4.6	13.1
2888	2	WS	1	7.1	2.7	4.6	11.7
2888	2	WMS	2	6.8	3.0	4.6	11.7
2888	2	MS	3	7.3	2.5	4.6	11.9
7141	2	WMS	1	7.5	2.3	4.6	12.1
7141	2	MS	2	7.7	2.1	4.6	12.2
7141	2	WS	3	8.0	1.8	4.6	12.6
9856	2	MS	1	7.8	2.0	4.6	12.4
9856	2	WS	2	8.2	1.6	4.6	12.7
9856	2	WMS	3	8.1	1.7	4.6	12.7

CMS= Consumo de materia seca; **WS=** Ensilado de trigo; **WMS=** Ensilado de trigo con maíz; **MS=** Ensilado de maíz.

XVII. ANEXOS EXPERIMENTO DOS

17.1. Datos preexperimentales de las vacas que se usaron para el experimento

Vaca	Producción de leche por día	Peso vivo	Condición corporal	No. Partos	Días en lactación
2888	10.8	430	2.2	3	150
3001	12.3	405	2.2	2	90
2891	12.7	354	2.1	1	19

17.2. Promedios de variables del forraje y de los ensilados

17.2.3. Producción de masa herbácea y altura de los cultivos de trigo y maíz

Cultivo	Altura (m)	Materia seca	Masa herbácea (kgMS/ha)	MH/día (kg MS)
Trigo	0.7	343.9	5560.7	62.5
Trigo asociado con ebo	0.7	271.6	6801.0	77.3
Maíz	1.6	308.9	2267.2	14.4

17.2.4. Promedios por tratamiento y por periodo experimental de las variables de composición química (g/kg MS), digestibilidad in vitro de la materia seca (g/kg) y estimación de Energía Metabolizable (MJ/kg) y pH de los ensilados

Tratamiento	Periodo	MS (g/kg)	MO	PC	FDN	FDA	DIVMS	MEe	pH
WHTS	1	340.1	873.9	90.2	496.7	296.3	685.1	10.4	4.23
WHTS	2	306.2	904.8	92.8	509.0	293.7	670.3	10.2	4.24
WHTS	3	298.3	862.3	89.2	507.3	303.3	649.1	9.9	4.10
WHTS	4	243.4	883.6	88.4	511.9	310.7	649.8	9.9	4.22
WHTS	5	243.3	863.6	85.7	568.7	325.1	616.0	9.4	3.93
WHTS	6	247.3	870.2	86.6	561.8	348.6	610.4	9.0	4.06
WVS	1	252.3	886.5	119.0	518.3	316.7	689.1	10.4	4.06
WVS	2	230.8	891.3	112.9	512.8	317.2	665.9	10.1	3.96
WVS	3	252.7	880.1	112.9	533.2	321.9	669.8	10.2	4.09
WVS	4	278.9	899.3	115.5	545.9	325.1	655.0	10.0	4.15
WVS	5	254.2	868.6	107.7	551.7	333.0	647.3	9.9	4.05
WVS	6	240.1	895.1	100.6	565.9	340.0	620.9	9.5	4.06
MSLG	1	294.2	905.2	64.7	534.5	297.0	641.0	9.8	3.86
MSLG	2	286.2	926.5	64.7	533.1	290.5	635.8	9.7	3.68
MSLG	3	288.7	934.6	65.6	545.6	325.1	631.7	9.7	3.84
MSLG	4	270.6	934.9	63.0	556.5	349.8	623.2	9.5	3.69
MSLG	5	276.0	937.4	57.7	558.0	388.4	620.7	9.5	3.68
MSLG	6	284.5	933.7	57.7	562.0	396.3	623.8	9.6	3.73

MS=Materia Seca; **PC**= Proteína Cruda; **MO**= Materia Orgánica; **FDN**= Fibra Detergente Neutro; **FDA**=Fibra Detergente Ácido; **DIVMS**= Digestibilidad *in vitro* de la materia seca; **eEM**=Energía Metabolizable; **WHTS**= Ensilado de trigo; **WVS**= Ensilado de trigo con maíz; **MSLG**= Ensilado de maíz.

17.2.5. Promedios de composición química del concentrado

Variable	Concentrado
MS (g/kg)	927.0
MO (g/kgMS)	841.4
PC (g/kgMS)	184.6
FDN (g/kgMS)	355.4
FDA (g/kgMS)	166.2
DIVMS (g/kgMS)	721.0
EMe (MJ/kg MS)	10.8

MS=Materia Seca; **PC**= Proteína Cruda; **MO**= Materia Orgánica; **FDN**= Fibra Detergente Neutro; **FDA**=Fibra Detergente Ácido; **DIVMS**= Digestibilidad *in vitro* de la materia seca; **eEM**=Energía Metabolizable.

17.3. Promedios por tratamientos y periodo experimental de las variables de producción animal

17.3.1. Variables de producción de leche, peso vivo y condición corporal

Vaca	Cuadro	Tratamiento	Periodo	Producción de leche (kg leche/vaca/día)	Peso vivo	Condición corporal
2888	1	WHTS	1	10.2	397.0	2.1
2888	1	WVS	2	9.0	389.0	2.1
2888	1	MSLG	3	8.5	384.0	2.1
2888	2	MSLG	4	9.2	389.0	2.1
2888	2	WVS	5	8.6	391.0	2.1
2888	2	WHTS	6	9.7	392.0	2.1
3001	1	WVS	1	12.2	434.0	2.3
3001	1	MSLG	2	12.7	424.0	2.3
3001	1	WHTS	3	12.4	420.0	2.3
3001	2	WHTS	4	12.4	412.0	2.3
3001	2	MSLG	5	11.4	415.0	2.3
3001	2	WVS	6	11.5	426.0	2.3
2891	1	MSLG	1	13.1	350.0	2.1
2891	1	WHTS	2	12.5	345.0	2.1
2891	1	WVS	3	13.1	354.0	2.1
2891	2	WVS	4	12.7	348.0	2.1
2891	2	WHTS	5	12.0	343.0	2.1
2891	2	MSLG	6	11.8	344.0	2.1

WHTS= Ensilado de trigo; **WVS=** Ensilado de trigo con maíz; **MSLG=** Ensilado de maíz.

17.3.2. Promedio de variables de composición química de la leche; grasa, proteína, lactosa (g/kg), y nitrógeno ureico en leche (mg/dL) por tratamiento y periodo experimental

Vaca	Cuadro	Tratamiento	Periodo	Grasa (g/kg)	Proteína (g/kg)	Lactosa (g/kg)	NUL (mg/dL)
2888	1	WHTS	1	38.1	28.3	42.5	17.7
2888	1	WVS	2	40.5	28.0	40.9	15.8
2888	1	MSLG	3	39.6	28.1	41.8	18.3
2888	2	MSLG	4	40.0	27.8	41.9	13.9
2888	2	WVS	5	34.0	28.8	42.0	18.8
2888	2	WHTS	6	34.8	29.9	44.8	17.9
3001	1	WVS	1	36.1	29.5	44.3	16.3
3001	1	MSLG	2	35.4	29.6	44.1	12.7
3001	1	WHTS	3	33.3	30.1	44.5	17.5
3001	2	WHTS	4	35.7	30.0	45.0	15.3
3001	2	MSLG	5	42.4	27.8	41.0	12.8
3001	2	WVS	6	33.5	28.9	43.3	18.3
2891	1	MSLG	1	36.2	29.7	44.6	12.3
2891	1	WHTS	2	32.4	29.3	42.8	16.5
2891	1	WVS	3	33.9	28.9	43.2	16.7
2891	2	WVS	4	33.5	28.5	42.7	17.8
2891	2	WHTS	5	37.3	29.7	44.6	17.9
2891	2	MSLG	6	41.5	28.8	43.3	11.9

WHTS= Ensilado de trigo; **WVS=** Ensilado de trigo con maíz; **MSLG=** Ensilado de maíz.

17.3.2. Promedios de variables de consumo de materia seca (CMS) por tratamiento y periodo experimental (kg MS/vaca/día)

Vaca	Cuadro	Tratamiento	Periodo	CMS Ensilado	Rechazo ensilado	Consumo concentrado	CMS Total
2888	1	WHTS	1	6.6	1.7	3.7	10.3
2888	1	WVS	2	6.6	1.7	3.7	10.3
2888	1	MSLG	3	7.1	1.2	3.7	10.8
2888	2	MSLG	4	6.9	1.4	3.7	10.6
2888	2	WVS	5	6.2	2.1	3.7	9.9
2888	2	WHTS	6	6.3	2.0	3.7	10.0
3001	1	WVS	1	7.0	1.3	3.7	10.7
3001	1	MSLG	2	7.4	0.9	3.7	11.1
3001	1	WHTS	3	7.0	1.3	3.7	10.7
3001	2	WHTS	4	6.8	1.5	3.7	10.5
3001	2	MSLG	5	6.4	1.9	3.7	10.1
3001	2	WVS	6	6.5	1.8	3.7	10.2
2891	1	MSLG	1	6.4	1.9	3.7	10.1
2891	1	WHTS	2	6.2	2.1	3.7	9.9
2891	1	WVS	3	5.9	2.4	3.7	9.6
2891	2	WVS	4	6.0	2.3	3.7	9.7
2891	2	WHTS	5	6.1	2.2	3.7	9.8
2891	2	MSLG	6	6.3	2.0	3.7	10.0

CMS= Consumo de materia seca; **WS**= Ensilado de trigo; **WMS**= Ensilado de trigo con maíz; **MS**= Ensilado de maíz.

XVIII. ARTÍCULO EN COLABORACIÓN

Se trabajó un artículo como coautora, el cual se titula: “Effect of harvest date on botanical, morphological, and nutritional composition of mixed crops of small-grain cereals for silage” a la Revista Agro Productividad, con la autoría de: Sirley Carrillo Hernández, Cloe Dafne Alvarez García, José Velarde Guillén, Felipe López González y Carlos Manuel Arriaga Jordán.

Carrillo-Hernández, S., Álvarez- García, C.D., Velarde-Guillén, J., López-González, F. and Arriaga-Jordán, C.M. Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México. Campus UAEM El Cerrillo, El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, México, Código Postal 50090.

Autor de correspondencia: cmarriagaj@uaemex.mx

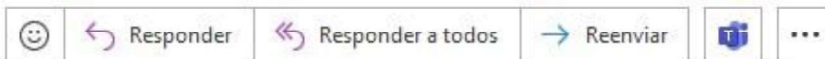
Se presenta carta de recepción y resumen.

RV: [AgroP] Acuse de recibo del envío



Carlos Manuel Arriaga Jordan

Para Sirley Carrillo Hernandez; Alvarez Garcia Cloe Dafne;
 Jose Velarde Guillén (jvg.svlc@gmail.com); Felipe Lopez Gonzalez



martes 19/09/2023 11:19 a. m.

Universidad Autónoma del Estado de México

De: Dr. Jorge Cadena Iñiguez <agroproductividadeditor@gmail.com>

Enviado el: lunes, 18 de septiembre de 2023 05:36 p. m.

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

Asunto: [AgroP] Acuse de recibo del envío

Carlos Manuel Arriaga-Jordán:

Gracias por enviar el manuscrito "Effect of harvest date on botanical, morphological, and nutritional composition of mixed crops of small-grain cereals for silage" a Agro Productividad. Con el sistema de gestión de publicaciones en línea que utilizamos podrá seguir el progreso a través del proceso editorial tras iniciar sesión en el sitio web de la publicación:

URL del manuscrito: <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/authorDashboard/submission/2689>

Nombre de usuario/a: cmarriagajordan

Si tiene alguna duda puede ponerse en contacto conmigo. Gracias por elegir esta editorial para mostrar su trabajo.

Dr. Jorge Cadena Iñiguez

[Agro Productividad](#)

ABSTRACT

Objective: To evaluate the effect of harvest date on the botanical, morphological and nutritional composition of silage from small grain cereal mixtures.

Design/methodology/approach: Laboratory silages of three crops of small grain cereal mixtures (BR, barley + rye; BT, barley + triticale and RT, rye + triticale) were made on two harvest dates (HD1, 60 days and HD2, 80 days post-sowing). Statistical analysis was performed under a 3x2 factorial model and the variables were botanical, morphological and nutritional composition.

Results: The proportion of cereal decreased from HD1 to HD2 ($p<0.05$). Spikes and stems in barley and triticale increased in HD2. Rye had a high proportion of stems on both dates. Crude protein (CP) decreased and neutral detergent and acid detergent fiber increased in HD2 ($p<0.05$). The variables pH, dry matter content, digestibility and metabolizable energy were affected by the interaction between harvest date and mixture ($p<0.05$). RT quality had less variation between HD1 and HD2 and BT had more CP, less fiber and presented higher digestibility and energy content ($p<0.05$).

Limitations on study/implications: Knowing the characteristics of a cereal mixture depending on the harvest date can help in making decisions for the production of quality silage.

Findings/conclusions: Harvest date has an effect on the proportion of components in small grain cereal mixtures for silage, on their morphological and nutritional composition; effect that depend to the cereal species in the mix.

Keywords. *Hordeum vulgare*; *Secale cereale*; *Triticosecale Wittmack*; forage mixture; silage.