



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

**MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES**

**EL TRITICALE COMO RECURSO FORRAJERO EN SISTEMAS DE
PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA EN EL NOROESTE DEL
ESTADO DE MÉXICO**

TESIS

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

P R E S E N T A:

FELIPE DE JESÚS GONZÁLEZ ALCÁNTARA

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. Noviembre de 2018.



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

EL TRITICALE COMO RECURSO FORRAJERO EN SISTEMAS DE
PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA EN EL NOROESTE DEL
ESTADO DE MÉXICO

TESIS

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

P R E S E N T A:
FELIPE DE JESÚS GONZÁLEZ ALCÁNTARA

COMITÉ DE TUTORES:

Dra. Julieta Gertrudis Estrada Flores
Dr. Carlos Manuel Arriaga Jordán
Dr. Ernesto Morales Almaráz

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. Noviembre de 2018

DEDICATORIAS

A mis padres por brindarme todo su apoyo, sus consejos y por alentarme a no darme por vencido.

A mi hermana por incitarme a seguir preparándome, por su apoyo y comprensión.

A mi familia gracias por darme todo su apoyo, estar en los momentos de alegría y en los momentos malos.

A mis amigos por todas las aventuras que pasamos juntos.

A mis compañeros y amigos del SPLPE, por toda la ayuda brindada en la realización de mi proyecto.

A todo el personal y administrativos del ICAR, por todo por todo el apoyo brindado.

RESUMEN

En épocas de escasez de forraje como invierno e inicio de primavera, cuando las praderas se ven afectadas por factores climáticos, se han promovido estrategias como es el uso de forrajes alternativos como cereales de grano pequeño, para suplementar al ganado lechero en los sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE). El uso del triticale brinda grandes ventajas, al ser un híbrido combina las características de sus progenitores haciendo una planta más resistente tanto a factores bióticos y abióticos.

En el trabajo se evaluó la inclusión del ensilado de Triticale (*X. Triticosecale Witt.*) cv Bicentenario TCL 08 (ETB), en la dieta de vacas lecheras en pastoreo continuo de praderas de ballico perenne (*Lolium perenne*) cv Bargala (LBT) o festuca alta (*Festuca arundinacea*) (FAT), asociadas con trébol blanco (*Trifolium repens*) cv. Ladino y suplementadas con 4.65 kg MS de concentrado (CT). Los tratamientos fueron T1=7.5 kg MS ETB+ LBT+ 4.65 kg MS de CT; T2= 7.5 kg MS ETB+ LBT+ 4.65 kg MS de CT; T3= 7.5 kg MS ETB+ FAT+ 4.65 kg MS de CT; T4= 7.5 kg MS ETB+ 1FAT+ 4.65 kg MS de CT.

El corte de forraje en un estado fenológico de anthesis propició una adecuada fermentación con un pH de 4.6 que permitió la estabilidad de la materia ensilada, como resultado un forraje de calidad con una PC de 96 g/kg MS, FND de 667 g/kg MS, y DEMS de 713 g/kg MS.

Se encontraron diferencias ($P<0.05$) en la acumulación neta de forraje (ANF), altura de las praderas y en la composición química, resultando la pradera de FAT con una mayor producción de forraje pero una menor calidad nutritiva en comparación con LBT.

No hubo diferencias significativas ($P>0.05$) para rendimiento de leche, composición química y nitrógeno ureico en leche (NUL), peso vivo (PV) y condición corporal (CC) entre tratamientos. La utilización de una mayor cantidad de ensilado aumenta los costos de producción, sin embargo, el mayor gasto económico se debió al concentrado que

represento 63%.

Como conclusión la utilización de ETB en épocas donde la disponibilidad de forraje es escasa, permite mantener la producción de leche, sin producir efectos negativos en el animal.

Como resultado de estancia en el CIAM es presentado un capítulo de libro como primer autor, en el cual se evaluó el uso de inoculante sobre la calidad fermentativa y estabilidad aeróbica en ensilados de laboratorio de maíz y sorgo.

ABSTRACT

In the season of forage scarcity as is winter and the start of spring, when pastures are limited by climatic factors, strategies as the use of alternative forages from small-grain cereals are promoted to complement dairy cattle in small-scale dairy systems (SSDS). Triticale has several advantages, since as a hybrid combines the characteristics of its progenitors, being more resistant to biotic and abiotic factors.

This work evaluated the inclusion of triticale silage (*X. Triticosecale Witt.*) cv Bicentenario TCL 08 (ETB) in the diet of dairy cows under continuous grazing of pastures of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) cv. Bargala (LBT) or tall fescue (*Festuca arundinacea*) (FAT) associated with white clover (*Trifolium repens*) cv. Ladino and supplemented with 4.65 kg DM of concentrate (CT). Treatments were T1=7.5 kg DM ETB+ LBT+ 4.65 kg DM of CT; T2= 7.5 kg DM ETB+ LBT+ 4.65 kg DM of CT; T3= 7.5 kg DM ETB+ FAT+ 4.65 kg DM of CT; T4= 7.5 kg MS ETB+ FAT+ 4.65 kg DM of CT.

Triticale forage was cut at anthesis which enabled a good fermentation with a pH of 4.6 with enabled the stability of silage, resulting in a quality forage with 96 g/kg DM of CP, 667 g/kg DM of NDF, and EDDM of 713 g/kg MS. There were differences ($P<0.05$) in net herbage accumulation (NHA), sward height and in the chemical composition of pasture, with FAT showing higher herbage yields but with lower nutritive quality compared to LBT.

There were no significant differences ($P>0.05$) for milk yield, composition or milk urea nitrogen (MUN), live weight, or body condition score (BCS). Higher amounts of silage increased production costs; although the highest item in expenses was the concentrate that represented 63%. Conclusion is that ETB in seasons with low availability of forage enables to sustain milk yields without detrimental effects on cows.

As results from the academic stay in CIAM, a book chapter as first author is included, that reports the evaluation of inoculant on the fermentative quality and aerobic stability in laboratory silages of maize and sorghum.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento al proyecto al que este trabajo pertenece (Clave 129449 CB-2009) y por la beca otorgada para los estudios de posgrado.

A la Dra. Julieta Gertrudis Estradas Flores, por toda su ayuda, los consejos brindados, por su paciencia.

Al Dr. Carlos Manuel Arriaga Jordán, por influir en seguir preparándome, por su confianza, por los consejos tanto para mi preparación académica como para la vida.

Al Dr. Ernesto Morales Almaraz, por brindarme su confianza y apoyo para la realización de este proyecto.

Al Dr. Felipe López González por todo su apoyo durante todo el trabajo realizado, por sus consejos de cómo solucionar los problemas que se presentaban y sobre todo por su amistad.

Al Dr. Gonzalo Flores Calvete y el Dr. César Resch Zafra por aceptarme y por el apoyo brindado durante la estancia en el CIAM.

A los investigadores y compañeros del CIAM por la ayuda brindada y por su amistad, muchas gracias.

Al productor Erick Omar y a su familia por haber permitido realizar el experimento en su unidad de producción y su hospitalidad.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1. Sistemas de producción de leche	2
2.1.1. Sistemas de Producción de leche en Pequeña Escala (SPLPE).....	3
2.2. Producción de leche en México.....	4
2.3. El pastoreo en praderas	4
2.4. Festuca alta (<i>Festuca arundinacea</i> o <i>Lolium arundinaceum</i>).....	5
2.5. <i>Lolium perenne</i> cv Bargala	6
2.6. Alimentos alternativos o suplementos en la dieta de las vacas	6
2.7. Forrajes de cereales	6
2.7.1. Triticale (X Triticosecale).....	8
2.8. Ensilado	8
III. JUSTIFICACIÓN	10
IV. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	11
V. HIPÓTESIS.....	12
VI. OBJETIVOS	13
VII. MATERIALES Y MÉTODOS	14
7.1 Tipo de diseño.....	14
7.2. Localización del campo experimental.....	14
7.3. Localización del instituto de investigación	14
7.4. Producción de forraje para ensilado	14
7.5. Medición de las variables de campo en el cultivo de triticale.....	15
7.5.1. Rendimiento en kg de forraje/ha antes del corte	15
7.6. Variables a medir en el ensilado de Triticale.....	15

7.7. Pastoreo.....	16
7.8. Variables a medir en la pradera	16
7.8.1. Altura de la pradera	16
7.8.2. Acumulación Neta de Forraje (ANF).....	16
7.9. Concentrado	17
7.10. Material biológico.....	17
7.11. Tratamientos.....	17
7.12. Aleatorización de tratamientos	18
7.13. Variables evaluadas	19
7.13.1. En el animal	19
7.13.1.1. Rendimiento de leche	19
7.13.1.2. Peso vivo	19
7.13.1.3. Condición corporal	19
7.13.1.3. Consumo de alimento.....	19
7.13.2. Análisis de laboratorio	19
7.13.2.1. Análisis de leche	20
7.13.2.2. Análisis químicos del alimento	20
7.14. Diseño experimental	21
7.15. Análisis de datos.....	22
7.16. Análisis económico	22
VIII. RESULTADOS	23
8.1 Artículo enviado a la Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias.....	23
Efecto de la inclusión del ensilado de triticale en la dieta de vacas lecheras en pastoreo de praderas de ballico perenne (<i>Lolium perenne</i>) o alta fescue (<i>Lolium</i>	

<i>arundinaceum</i>) en sistemas de producción de leche en pequeña escala ..	24
8.2. Primer autor del capítulo del libro “Avances de la Investigación sobre Producción Animal y Seguridad Alimentaria.....	51
8.2.1. Constancia.....	57
8.3. Resultado de la estancia en el Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM)	58
8.3.1. Autor del capítulo de libro “Efecto de la aplicación de inoculante sobre la calidad fermentativa y estabilidad aeróbica de ensilados de maíz y sorgo”	59
8.3.2. EFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA Y DE LA INOCULACIÓN CON MICORRIZAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y VALOR NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE MAÍZ FORRAJERO EN LA ZONA INTERIOR DE GALICIA	75
8.3.3. EFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA SOBRE EL RENDIMIENTO, COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR NUTRICIONAL DE MAÍZ, GIRASOL Y SORGO COSECHADOS PARA FORRAJE EN LA ZONA SECA DE GALICIA.....	84
8.3.4. Coautor en el trabajo presentado en XXXIX Reunião de Primavera da Sociedade Portuguesa de Pastagens e Forragens (SPPF), “Forragens e Pastagens no Noroeste Atlantico”	93
8.3.4.Coautor en el articulo publicado en la revista “vaca pinta”	97
IX. CONCLUSIONES	105
X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	106
XI. ANEXOS.....	113

ÍNDICE DE FIGURAS, CUADROS Y TABLAS

Figura 1. Localización del Municipio de Aculco	14
Figura 2. Estados Zadocks	15
Cuadro 1. Tratamientos evaluados	17
Cuadro 2. Aleatorización de tratamientos.....	18

ARTÍCULO

Cuadro 1. Composición química del ensilado y el concentrado comercial ..	45
Cuadro 2. Acumulación neta de Forraje (ANF) y altura	46
Cuadro 3. Composición química de las praderas	46
Cuadro 4. Rendimiento y composición química de la leche, peso vivo y condición corporal de las vacas.....	48
Cuadro 5. Consumo de alimento (kg MS/d)	49
Cuadro 6. Costos de producción (MXN)	50

CAPÍTULO DE LIBRO

Cuadro 1. Acumulación neta de Forraje (ANF) y altura	54
Cuadro 2. Composición química de forrajes	54
Cuadro 4. Rendimiento y composición química de la leche, peso vivo (PV) y condición corporal (CC) de las vacas	55

I. INTRODUCCIÓN

Existen diferentes factores que afectan a los sistemas de producción de leche en pequeña escala, uno de ellos es al no producir y abastecer los alimentos necesarios dentro de la finca que proporcionen los requerimientos nutricionales para producciones de leche moderadas, por lo que hacen uso de la compra de insumos externos en especial de concentrados comerciales elevando sus costos de alimentación y se ven afectados en su economía.

Debido a que la producción de forraje en praderas cultivadas o inducidas no es la misma durante todo el año y existe una escasez de forraje durante la época de invierno, en donde el crecimiento de las plantas es más lento por la interacción que se tiene con el clima, conlleva a la utilización de otros forrajes alternativos de alimentación de las vacas, que se adapten a estas condiciones.

El triticale es un híbrido que combina las características nutricionales en cuanto a aminoácidos del trigo y el vigor de la planta del centeno, además de adaptarse a temperaturas adversas por lo que se convierte en una alternativa forrajera para ser producido dentro de la finca y proporcionado al ganado, y finalmente evitar pérdidas en la producción de leche y la viabilidad y rentabilidad de estos sistemas.

Además de brindarles los requerimientos necesarios a los bovinos lecheros, es necesario producir leche con mejores cualidades nutricionales para el ser humano.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Sistemas de producción de leche

En México se diferencian 4 diferentes sistemas de producción pecuaria, clasificados de acuerdo al número de animales que se tienen en la granja y además del nivel tecnológico con lo que cuenta, las cuales se clasifican en: intensivo o especializado, el semiintensivo o Semi-especializado, doble propósito y el familiar o de traspatio (SAGARPA, 2016).

En el sistema especializado se destaca el ganado Holstein y en menor proporción Pardo Suizo y Jersey, animales con una excelente genética para la producción de leche, además de que se cuenta con un sistema de procesamiento de la leche producida, una característica importante de este sistema es que la ordeña es mecánica con ordeñadoras automatizadas. Cabe destacar que en este sistema la producción es en estabulación haciendo uso de grandes cantidades de concentrado para mantener los requerimientos nutricionales de los animales (Cortez-Arriola *et al.*, 2015).

De igual manera que en el sistema especializado, en el sistema Semi-especializado predominan las razas Holstein y Pardo Suizo. La alimentación de este sistema se basa en una parte del día en pastoreo y la otra en estabulación consumiendo una mezcla alimenticia basada en forraje y concentrado. No se cuenta con un sistema de procesamiento de leche muy equipado, la ordeña es mecánica utilizando ordeñadoras sencillas, sin embargo también se realiza manualmente. Se localizan principalmente en regiones centrales montañosas al igual que los sistemas familiares (Cortez-Arriola *et al.*, 2015).

En el sistema doble propósito se tiene dos ingresos económicos; el primero la venta de leche y el segundo la venta de animales para carne, en el cual se utilizan las razas cebuinas y cruza con ganado Europeo, la alimentación se basa en el pastoreo.

El sistema familiar o de traspatio se desarrolla en extensiones pequeñas de terreno con una cantidad reducida de animales. El ordeño se da de forma manual y en menor

medida se utilizan ordeñadoras sencillas para 2 animales, la alimentación se basa en el pastoreo o suministro de forrajes producidos por la propia granja, está dado por el trabajo colectivo de los integrantes de las familias (Arancha *et al.*, 2014).

2.1.1. Sistemas de Producción de leche en Pequeña Escala (SPLPE)

Los sistemas de producción de leche se caracterizan por tener de 3 hasta 35 vacas más sus remplazos, basados en el trabajo familiar con poca superficie de terreno (Fadul-Pacheco *et al.*, 2013). En este sistema la familia y la finca progresan colectivamente además que tienen potencial para avanzar a modelos más productivos y sostenibles (Arancha *et al.*, 2014).

La producción de leche a pequeña escala ha sido una opción fiable hacia los pequeños productores gracias a que es una fuente de empleo al dejarles una retribución económica, brindarles un sustento diario, disminuyendo su nivel de pobreza, además de hacer uso de los recursos forrajeros de la región (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007).

En estos sistemas, al no llevar registro de los ingresos y egresos de la unidad de producción, así como del seguimiento de la lactación y salud del animal, se presentan múltiples factores que aumentan los costos de producción, al presentar más días abiertos entre partos, problemas reproductivos, enfermedades como es el caso de la mastitis. Aunado a una alta dependencia en insumos externos (especialmente concentrado comercial y en menor medida forrajes), además el reducido equipamiento para la producción y conservación de la leche generan un menor margen de ganancia.

Con los altos costos de producción, se requiere de alternativas para su disminución, en lo cual estos sistemas implementan la mano de obra familiar (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007), que en gran medida es un ahorro económico al no requerir personal externo que labore en la finca.

A pesar de las limitaciones y carencias que se presentan en los SPLPE, se han mantenido a través de los años (SAGARPA, 2015).

La principal forma de alimentación en estos sistemas se basa en cultivar forrajes dentro de la producción, para satisfacer la demanda nutricional de los animales que permita reducir costos, pero al no ser suficiente para la alimentación del ganado hacen uso de la compra de insumos externos en especial de concentrados (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007).

2.2. Producción de leche en México

La leche además de ser un alimento de buena calidad nutritiva, forma parte de la alimentación humana y permite que las familias tengan un sustento económico día a día (Espinoza-Ortega *et al.*, 2007).

La producción de leche ha ido en aumento, hasta el mes de diciembre de 2017 se produjeron 11 mil 807 litros de leche, ocupando la novena posición a nivel mundial en la producción de leche, y el tercer lugar en América latina (SIAP, 2017). El Estado de México ocupa el octavo lugar en el país en producción de leche, el primer lugar lo ocupa el estado de Jalisco.

Debido a que a los pequeños productores no se les paga las características fisicoquímicas de la leche, en comparación con otros sistemas, sino que les pagan por la cantidad de leche producida, solo buscan incrementar los litros producidos que es por lo que obtienen recursos económicos para subsistir.

2.3. El pastoreo en praderas

Una pradera, es aquella en la cual el hombre tiene participación en la preparación de la tierra, siembra y fertilización una vez establecida, con el paso del tiempo se han integrado nuevas variedades de pastos con mayor rendimiento, calidades nutritivas y más resistentes (Teuber *et al.*, 2007). Para las praderas se utiliza principalmente gramíneas en asociación con alguna leguminosa como un tipo de sinergismo. Las primeras praderas tecnificadas en el Estado de México, se implantaron en 1967 conocidas como tipo "Temascalcingo" utilizando mezclas de Trebol rojo Kenland, Trebol Berseem Pasto westerwold tetraploide y pasto orchad, con un rendimiento de 236.9

ton/ha en forraje verde (Servín de la Mora, 1968). A través de los años y conjuntamente mediante experimentos se ha demostrado que praderas inducidas de alta calidad son capaces de mantener producciones de hasta 30 L en vacas sin suplementación por día (Riquelme, 2008).

Las vacas lecheras requieren de tener forraje disponible en las praderas que satisfagan sus necesidades, por lo cual al no tener suficiente forraje propicia a que sea una limitante de consumo aunado a la cantidad de concentrado que se le proporcione (Arriaga-Jordán y Holmes 1986; Arriaga-Jordán *et al.*, 2002).

Teuber *et al.*, (2007) define a el pastoreo como el proceso por el cual los animales retiran del potrero el forraje disponible, para su transformación en un producto vendible.

El uso de las praderas bajo pastoreo ha demostrado una disminución en los costos de producción, lo que resulta muy rentable para el productor ya que al reducir los costos en la alimentación hay un mayor margen de ganancia (Pincay *et al.*, 2013).

El pastoreo a través de los años ha generado mejoras en las unidades de producción, los productores no requieren de cortar o segar el pasto para alimentar a sus animales. En pastoreo el animal recolecta su propio alimento que es de mejor calidad que el que se le proporciona, por lo que al no tener que cortar no gasta en instrumental como son: guadañas, limas, gasolina, que implican un costo económico y la fertilización de las praderas es continua, al depositar los animales las heces en la pradera. El no tener a los animales tanto tiempo hacinados en un corral, se evitan problemas de salud, entre uno de los que más afecta la producción es la mastitis. Por lo consiguiente el que el animal recolecte su propio alimento se disminuye el costo por litro de leche.

2.4. Festuca alta (*Festuca arundinacea* o *Lolium arundinaceum*)

La Festuca alta (*Festuca arundinacea* o *Lolium arundinaceum*) es una gramínea perenne de clima templado, representa una de las especies más sembradas en el mundo. La temperatura óptima para su crecimiento oscila entre los 20 y 25 ° C (Jauregui *et al.*,2016). Festuca posee raíces más profundas y desarrolladas que hace

que pueda tolerar bajos niveles de nutrientes vegetales y tensiones abióticas extremas (frio, calor, sequias). Entre sus cualidades además de su resistencia presenta un mayor rendimiento en comparación con *Lolium perenne*, pero tiene una menor digestibilidad, menor consumo voluntario y es susceptible a la festucosis (Thomas *et al.*, 2002; Cougnon *et al.*, 2013).

2.5. *Lolium perenne* cv Bargala

Es una gramínea de clima templado, su nombre común es ryegrass, su crecimiento es de tipo erecto, la altura promedio es de 30 a 40 cm. Es de rápido establecimiento, tolerante a la roya de hoja, excelente palatabilidad y de alta calidad nutritiva, excelente vigor para su uso en corte o en pastoreo. Aporta nutricionalmente: proteína 19.7%, 2.41 Mcal / kg MS de energía metabolizable, 40.50 % de fibra neutro detergente y 22.60% de fibra ácido detergente (Calsamiglia *et al.*, 2004).

2.6. Alimentos alternativos o suplementos en la dieta de las vacas

Los forrajes deben proporcionarles los requerimientos necesarios al animal para mantenimiento y para mantener la producción, en el momento que estos forrajes no satisfagan las necesidades de los animales es necesario la utilización de alimentos como suplementos uno de estos es el concentrado comercial pero el hacer uso de este en gran medida no es redituable para el productor por el precio tan alto que tiene, por lo que al utilizar forrajes conservados como es el caso del ensilado en el cual los forrajes mantienen su valor nutricional, además de que reducen la utilización de los concentrados (Albarrán *et al.*, 2012).

2.7. Forrajes de cereales

En los sistemas de producción la época más crítica es en invierno ya que el forraje escasea y se requiere de alimento de buena calidad que le brinde la mayor cantidad de nutrientes al animal para que cumpla sus requerimientos de mantenimiento y producción.

En cualquier sistema de producción de leche lo principal es obtener mayor cantidad a

un menor costo, uno de los inconvenientes es la época de secas, por lo que la producción de pasto durante el invierno es un punto importante, (Tomoso, 2009). Además se deben de evaluar otras alternativas para cumplir los requerimientos de los bovinos, lo que se busca es disminuir el déficit de forraje además de la compra de más concentrado del habitual, una de estas alternativas es el uso de forrajes de cereales que tiene una excelente adaptación agroecológica (escasas precipitaciones y bajas temperaturas), de los que se puede obtener forraje en la época de invierno y obtener un mayor número de cosechas durante el año, ya que las pasturas perennes cultivadas o naturales en época de invierno presentan baja disponibilidad de forraje (Moreyra *et al.*, 2014).

Otro factor importante al cual se enfrenta los sistemas de producción de leche en pequeña escala y todo el mundo es a los efectos del cambio climático, entre los posibles efectos son la disminución de lluvias, sequías más prolongadas, fríos más intensos, influirá en la cantidad de agua disponible para los cultivos ya sean temporales o de riego, al hacer uso de forrajes alternativos que se adapten a estos cambios del clima se permitirá el abastecimiento de forrajes con excelente calidad nutritiva.

Los forrajes de cereales son una gran alternativa para tener forrajes de buena calidad nutritiva en épocas de sequía y frente a los posibles efectos del cambio climático, estos forrajes pueden ser sembrados después de algún cultivo tradicional como es el caso del maíz, al ser cultivos resistentes a bajas temperaturas y ser de ciclo corto, no interfieren para la siembra posterior de maíz, la siembra comienza desde octubre, noviembre, diciembre, enero (Murillo *et al.*, 2001; Núñez *et al.*, 2010; Rodríguez *et al.*, 2015).

La ventaja de estos forrajes es que se pueden utilizar de diferentes maneras solos, en asociación con diferentes forrajes, ya sea para pastoreo, henificado, o alimentación en fresco. Para los forrajes de cereales el momento crucial donde se requiere de una mayor cantidad de nutrientes (calcio, magnesio y azufre) es en su fase fenológica de crecimiento (Luis *et al.*, 2008).

2.7.1. Triticale (*X Triticosecale*)

Es un forraje que en los últimos años se ha incrementado su producción, al ser un cereal con buena calidad para adaptarse a los periodos de sequía. Es un cereal resultado del cruzamiento de trigo (*Triticum ssp.*) con centeno (*Secale ssp.*) con el fin de combinar la calidad nutritiva del grano en cuanto a nivel proteico y de aminoácidos del trigo, así como su productividad, con el vigor de la planta del centeno, su resistencia a la sequía, bajas temperaturas y limitantes del suelo (Mellado *et al.*, 2008), además de la resistencia a enfermedades fungosas, adaptación a áreas que reciben mayor precipitación fluvial durante el invierno que en el verano (200 a 500 mm) (González *et al.*, 2004).

El triticale puede ser utilizado al igual que los otros forrajes de cereales de grano pequeño como monocultivo o mezclas con otros cultivos para obtener una mayor producción de forraje. En comparación con la avena, el triticale tiene una producción mayor de materia seca y otro punto importante es que mientras avanza su desarrollo fenológico presenta menor pérdida de calidad (Mendoza-Elos *et al.*, 2011).

2.8. Ensilado

El ensilado es una forma de conservar las características nutricionales de los forrajes, basado en la fermentación anaeróbica del forraje, a través de la intervención de los microorganismos presentes en los forrajes ensilados (Silveira y Franco, 2006; Sánchez, 2005).

Este método de conservación debe de reunir características que permitan mantener el forraje en buen estado, factores tanto de la planta (humedad, carbohidratos solubles) como del proceso (tamaño de partícula, compactación, tapado) (Jaimes *et al.*, 2009). Con una humedad de entre 60% y 70 % el forraje es picado a 2 cm de tamaño, compactado y cubierto con un plástico, para eliminar todo el oxígeno presente del ensilado (Sánchez, 2005). La eliminación del oxígeno permite que proliferen las bacterias lácticas, las cuales van a transformar los azúcares en ácido láctico, el cual actúa como conservador del ensilado manteniendo un pH menor a 5, que restringe el

desarrollo de las bacterias que producen ácido acético y butírico que son las causantes de la degradación de las proteínas (Silveira y Franco, 2006).

III. JUSTIFICACIÓN

Debido a que en los sistemas de producción de leche en pequeña escala la producción de forraje en las praderas cultivadas no es el mismo en todo el año, en primavera hay una producción suficiente, pero en invierno disminuye drásticamente y es muy lento su crecimiento debido a condiciones climatológicas que influyen en las plantas. Esto da paso a evaluar y buscar nuevas alternativas para la alimentación de los bovinos de leche, evaluar forrajes que se adapten a las condiciones de invierno donde el forraje es escaso además que se adapten a los posibles efectos del cambio climático que propiciara menor cantidad de agua para los cultivos. Algunos de estos forrajes alternativos, son los forrajes de cereales de grano pequeño al reunir cualidades que los hacen ser forrajes de gran adaptabilidad y resistencia a las condiciones invernales y frente a los posibles efectos del cambio climático.

IV. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es la respuesta productiva y calidad nutritiva del triticale para la alimentación de vacas lecheras?

¿Qué efecto tiene la alimentación con dos niveles de ensilado de triticale y pastoreo de dos gramíneas de clima templado en la respuesta productiva de vacas lecheras?

¿Cuál es el costo por concepto de alimentación en la inclusión de ensilado de triticale en diferentes proporciones y la utilización de dos gramíneas?

V. HIPÓTESIS

No existen diferencias significativas en el desempeño productivo en términos de rendimiento y composición química (grasa, proteína y lactosa, NUL) de leche, peso vivo y condición corporal de vacas lecheras suplementadas con diferentes niveles de ensilado de Triticale cv *Bicentenario*, en pastoreo de *Festuca alta* y *Lolium perenne* cv Bargala.

VI. OBJETIVOS

General:

- Evaluar el ensilado de triticale en diferentes niveles de inclusión (5 y 7.5 kg MS/ día) como suplemento en la dieta de vacas lecheras en Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala del Noroeste del Estado de México.

Particulares:

- Analizar la composición química del ensilado de triticale en términos de Materia Seca (MS), Materia Orgánica(MO), Proteína Cruda (PC), Fibra Detergente Neutro (FDN), Fibra Detergente Ácido (FDA) y Digestibilidad *in vitro* (DEVMS), para conocer su calidad nutritiva.
- Estimar la acumulación neta de forraje para determinar la producción de materia seca/ ha de praderas cultivadas.
- Evaluar el rendimiento de leche en kg de leche/vaca/día de vacas lecheras suplementadas con ensilado de triticale en pastoreo continuo.
- Determinar la composición química de la leche en cuanto al contenido de grasa, proteína y lactosa, pH, concentración de nitrógeno ureico en leche (mg/dL), para determinar su calidad nutritiva.
- Realizar el análisis económico a través del método de presupuestos parciales por conceptos de alimentación resultantes en la inclusión de dos niveles de ensilado y dos variedades de gramíneas en pastoreo continuo.

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Tipo de diseño

Se realizó un diseño experimental, mediante la experimentación en finca bajo el enfoque de investigación participativa rural (Conroy, 2005).

7.2. Localización del campo experimental

El experimento se realizó en el Municipio de Aculco, Estado de México, localizado a 20° 06´ Norte y 99° 50´ Oeste, a una altitud de 2,440 msnm. El clima de la región es templado subhúmedo con lluvias en verano (INEGI, 2009).



Figura 1. Localización del municipio de Aculco

7.3. Localización del instituto de investigación

Las muestras de alimento y de leche se analizaron en los laboratorios del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), del campus El Cerrillo Piedras Blancas.

7.4. Producción de forraje para ensilado

Se sembró una superficie de 0.65 ha de Triticale variedad Bicentenario, la cual

anteriormente había sido utilizada para la siembra de maíz, la fecha de siembra fue el 6 de Noviembre de 2016, con una densidad de 120 kg/ha la cual se fertilizo a una 60-40-00 NPK (Sánchez et al. 2015) y posteriormente se le dio un riego por aspersión. El ensilado se realizó en febrero de 2017 a los 97 días post-siembra, se cortó la planta en un estado fenológico de antesis.

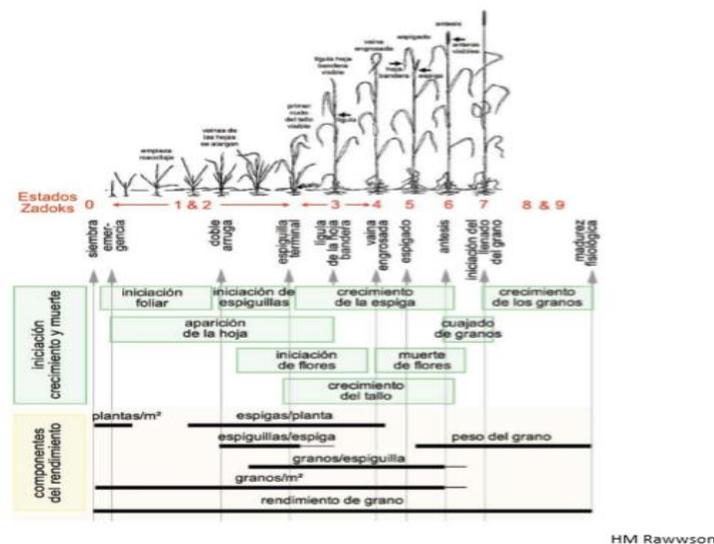


Figura 2. Estados zedocks (FAO, 2001)

7.5. Medición de las variables de campo en el cultivo de triticale

7.5.1. Rendimiento en kg de forraje/ha antes del corte

Antes del corte se realizaron 5 muestreos al azar para determinar la producción de materia verde y materia seca, se utilizó un cuadrante de 0.50 m por 0.50 m (0.25m²), se cortó el forraje que se encontraba dentro del cuadrante a ras de suelo con tijeras de esquila.

7.6. Variables a medir en el ensilado de Triticale

Del ensilado de triticale cv Bicentenario se tomó una muestra lo más homogénea posible del silo, parte superior, intermedia e inferior (Martínez *et al.*, 2014), al inicio del experimento y en cada periodo experimental, posteriormente se pesaron 300 g de silo

para meterlo a secar para su posterior análisis en el laboratorio.

7.7. Pastoreo

Para pastoreo continuo intensivo, se utilizaron dos praderas con una superficie de 0.83 ha cada una, la primera con pasto *Lolium perenne* (cv. Bargala), establecida en el año 2016, la segunda con pasto Festuca alta (*Festuca arudinacea*) establecida en el 2009, ambas asociadas con trébol blanco (*Trifolium repens* cv. Ladino), fertilizadas con 40 kg de N/ha al inicio del experimento.

7.8. Variables a medir en la pradera

Las variables que se midieron en la pradera son: acumulación neta de forraje: materia verde, materia seca kg/ha y altura comprimida (cm).

7.8.1. Altura de la pradera

Las mediciones de altura de cada pradera se realizaron los días 14 de cada período experimental, de acuerdo a la técnica de plato ascendente descrita por Hodgson (1994), la cual consiste en un plato de aluminio que se desliza sobre una varilla central graduada en centímetros. Al realizar la medición la varilla toca el suelo y el plato de aluminio es suspendido por la altura y densidad del forraje permitiendo conocer la altura comprimida del forraje. La técnica consta de 20 mediciones en zigzag con un patrón de “W” cada 20 pasos, abarcando el área total de cada pradera.

7.8.2. Acumulación Neta de Forraje (ANF)

Se calculó con la finalidad de determinar el crecimiento promedio en cada período, este es un método directo que estima la producción de forraje disponible en la pradera para los animales.

Se colocaron 6 jaulas de exclusión en cada pradera siguiendo la metodología descrita por (Heredia-Nava *et al.* 2007), de manera al azar se colocaron en toda la pradera, se cortó utilizando el cuadrante de metal de 40 cm por 40 cm una muestra de fuera de la jaula donde esta muestra correspondió al día cero del periodo, posteriormente en el día

14 se cortó en la superficie que abarcaba la jaula una muestra con el mismo cuadrante la cual correspondió al día 14 del primer periodo posteriormente las jaulas se cambiaron de lugar y se volvió a realizar el mismo procedimiento durante los periodos a evaluados.

Además se realizó la técnica de pastoreo simulado que consiste en recolectar muestras de forraje al azar con la mano simulando los cortes que realiza el animal al pastorear, la cual se refrigeró para su traslado al laboratorio para la realización de su análisis bromatológico.

7.9. Concentrado

Durante los cuatro de medición se tomó una muestra de concentrado para su posterior análisis.

7.10. Material biológico

Se utilizaron 8 vacas de raza Holstein, con peso vivo promedio (PV) de las vacas al inicio del experimento fue de 502 ± 2.77 kg, en una etapa de lactación de 129 ± 87 y una producción de leche de 12 ± 2.77 kg/vaca/día y una condición corporal de 2, las cuales se dividieron en dos grupos.

7.11. Tratamientos

Cuadro 1. Tratamientos evaluados

Tratamiento	Pradera	Ensilado de triticale (kg MS)	Concentrado (kg MS)
T1	LBT	7.5	4.65
T2	LBT	5.0	4.65
T3	FAT	7.5	4.65
T4	FAT	5.0	4.65

LBT: (*Lolium perenne*) cv Bargala; FAT; Festuca alta (*Festuca arundinacea*)

Las praderas fueron pastoreadas durante 8 horas (9:00- 17:00), el ensilado se les proporciono posterior a la ordeña de la tarde y el concentrado comercial con 18% PC se les proporciono en dos partes, durante la ordeña de la mañana y la ordeña de la tarde,

7.12. Aleatorización de tratamientos

Las vacas y las secuencias de los tratamientos fueron asignadas completamente al azar, quedando distribuidas en el cuadro 2:

Cuadro 2. Aleatorización de tratamientos

VACAS	PERIODOS				VACAS	PERIODOS			
	I	II	III	IV		I	II	III	IV
4	T1	T3	T4	T2	8	T2	T4	T3	T1
1	T2	T1	T3	T4	6	T4	T3	T1	T2
3	T4	T2	T1	T3	7	T3	T1	T2	T4
2	T3	T4	T2	T1	5	T1	T2	T4	T3

Tratamientos: T1=7.5 kg MS ETB+ LBT+ 4.65 kg MS DE CT; T2= 7.5 kg MS ETB+ LBT+ 4.65 kg MS DE CT; T3= 7.5 kg MS ETB+ FAT+ 4.65 kg MS DE CT; T4= 7.5 kg MS ETB+ FAT+ 4.65 kg MS DE CT

Los periodos de medición fueron de 14 días (10 días de adaptación y 4 días de medición)

- PI= Periodo I (8 de mayo al 21 de mayo)
- PII= Periodo II (22 de mayo al 04 de junio)
- PIII= Periodo III (05 de junio al 18 de junio)
- PIV= Periodo IV (19 de junio al 02 de julio)

7.13. Variables evaluadas

7.13.1. En el animal

7.13.1.1. Rendimiento de leche

Se realizó durante los últimos 4 días de cada periodo la medición del rendimiento individual de leche por vaca en el ordeño de la mañana y de la tarde utilizando una báscula de reloj con una capacidad de 20 kg, la cual se reportó como kg/vaca/día.

7.13.1.2. Peso vivo

Se realizó la medición del peso vivo (kg), se pesaron dos ocasiones, una por la tarde después del ordeño y la otra por la mañana utilizando una báscula portátil con una capacidad de 1000 kg.

7.13.1.3. Condición corporal

Se evaluó de acuerdo a la técnica descrita por Wattiaux (2013), la cual consiste en la observación de las vacas considerando una escala de 5 puntos, en la cual el número 1 corresponde a una vaca muy flaca, el número 2 es una vaca ligeramente flaca, el número 3 es una vaca con una buena condición corporal, no se le ven las costillas, presenta más musculo en el dorso, el número 4 es una vaca ligeramente gorda y el número 5 es una vaca muy gorda.

7.13.1.3. Consumo de alimento

El consumo de ensilado fue registrado diariamente, pesando el ensilado ofrecido y el ensilado rechazado durante cada periodo de medición. El consumo de pradera se calculó estimando el requerimiento de energía para mantenimiento y producción del animal y la estimación de la energía metabolizable de los alimentos utilizados en la dieta. (Baker, 1982).

7.13.2. Análisis de laboratorio

Después de tomar las muestras de alimentos y de leche se procedió a realizar los

análisis en el laboratorio del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) mediante las técnicas estandarizadas.

7.13.2.1. Análisis de leche

En los cuatro días de medición de cada período experimental se tomaron muestras individuales de leche diariamente, las muestras se trasladaron en una hielera al laboratorio para determinar grasa, proteína y lactosa mediante un analizador de ultrazonido Ekomilk®.

Las muestras para determinar el contenido de nitrógeno ureico en leche (NUL) se mantuvieron en congelación hasta su análisis, el cual se determinó a través del método colorimétrico de Chaney and Marbach (1962)

7.13.2.2. Análisis químicos del alimento

De las muestras de pastoreo simulado de las praderas, ensilados y concentrados se procedió a molerlos en un molino centrífugo con una criba de 2mm para posteriormente realizar los análisis bromatológicos.

- Materia seca (MS): se pesaron 300g de muestra en una estufa de aire forzado a 65°C durante 48 horas.
- Proteína cruda: se utilizó el método de Kendal, calculando el total de PC al multiplicar la cantidad de nitrógeno total presente en la muestra por 6.25 (AOAC, 2007).
- Cenizas: Se pesaron 2 g de muestra en canastillas de aluminio se incineraron en una mufla a temperatura de 550°C durante 3 horas (Wattiaux, 2002).
- Fibra Detergente Neutro (FND) y Fibra Acido Detergente (FDA), utilizando el equipo analizador de fibras Ankom 2000.
- Digestibilidad *in vitro* método enzimático (DEMS): Se determinó el contenido de FDN de 1 g de muestra pesada y colocada en bolsas F57 selladas por calor.

Posteriormente se realizó la incubación de las muestras utilizando el equipo Daisy Incubator a 40°C por 24 horas, transcurridas las 24 horas se realizaron 5 enjuagues con agua destilada a 60°C, se secaron en una estufa a 103±1 °C durante 12 h, se pesaron y se incineraron a 550°C durante 3 horas y se vuele a pesar (Riveros y Argamentaría, 1987)

- Energía metabolizable (EM): se determinó a partir de la digestibilidad enzimática de la materia seca (DEMS) de los alimentos ($3.61 \times \text{DIVMS} \times 4.184 / 1000$) de acuerdo con Di marco (2011).
- Se determinó el pH de los silos utilizando un potenciómetro (Tejada, 1985)

7.14. Diseño experimental

Se utilizara un diseño de cuadro latino 4 x 4 repetido dos veces en el tiempo con un arreglo factorial 2 x 2 siguiendo el siguiente modelo:

$$Y_{ijklm} = \mu + S_i + C_{j(i)} + P_k + ETB_l + LBTFAT_m + (ETB * LBTFAT)_{lm} + e_{ijklm}$$

Dónde:

Y_{ijklm} : Variable respuesta;

μ : Media general;

S_i : Efecto de los cuadros (1,2);

$C_{j(i)}$: efecto de las vacas dentro de los cuadros;

P_k : efecto debido a los periodos;

ETB_l : efecto del nivel de inclusión del ensilado;

$LBTFAT_m$: efecto debido al pasto;

$ETB * LBTFAT_{lm}$: interacción entre el nivel de inclusión de ensilado y efecto debido al

pasto;

e_{ijklm} : variación residual.

Para la evaluación de los forrajes se utilizó un diseño de parcelas divididas con el siguiente modelo:

$$Y_{ijklm} = \mu + R_i + LBTFAT_j + E_k + P_l + LBTFAT * P_{il} + e_{ijklm}$$

Dónde: Y_{ijklm} : Variable respuesta;

μ : Media general;

R_i : efecto debido repeticiones (1,2);

$LBTFAT_j$: efecto debido al pasto (B,F) (Parcela mayor);

E_k : error residual para las parcelas mayor;

P_l : efecto debido a los periodos (I,II,III,IV) (Parcela menor);

$LBTFAT * P_{il}$: efecto interacción entre el tipo de pasto y periodos;

e_{ijklm} : error residual (Parcela menor).

7.15. Análisis de datos

Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza, utilizando el paquete estadístico Minitab. V14 y cuando se presentaron diferencias se utilizó la prueba Tukey a un nivel de significancia de ($P < 0.05$).

7.16. Análisis económico

El análisis económico se realizó mediante la metodología de presupuestos parciales, tomando en cuenta los costos de alimentación para evaluar su impacto en los costos de producción mediante la metodología utilizada por Sainz-Sánchez *et al.*, (2016).

VIII. RESULTADOS

8.1 Artículo enviado a la Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias

Carta de recepción de artículo.

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

De: MVZ. Arturo García Fraustro [<mailto:cienciaspecuarias@inifap.gob.mx>]

Enviado el: martes, 16 de octubre de 2018 06:03 p. m.

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

Asunto: [RMCP] Envío recibido

Carlos Manuel Arriaga Jordan:

Hemos recibido y agradecemos el envío de su manuscrito: "Efecto de la inclusión del ensilado de triticale en la dieta de vacas lecheras en pastoreo de praderas de ballico perenne (*Lolium perenne*) o alta fescue (*Lolium arundinaceum*) en sistemas de producción de leche en pequeña escala" a la Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. A través del sistema de gestión de revistas online usted podrá seguir su progreso del proceso editorial identificándose en el sitio web de la revista:

URL del manuscrito:

<http://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/author/submission/5110>

Nombre de usuario/o: cmarriagajordan

Si tiene cualquier pregunta no dude en contactar con nosotros/as a cienciaspecuarias@inifap.gob.mx. Gracias por tener en cuenta nuestra revista para difundir su trabajo.

MVZ. Arturo García Fraustro

Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias

Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias

<http://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/>

**Efecto de la inclusión del ensilado de triticale en la dieta de vacas lecheras en
pastoreo de praderas de ballico perenne (*Lolium perenne*) o alta fescue (*Lolium
arundinaceum*) en sistemas de producción de leche en pequeña escala**

**Effect of the inclusión of triticale in the diet of dairy cows grazing pastures of
perennial ryegrass (*Lolium perenne*) or tall fescue (*Lolium arundinaceum*) in
small-scale dairy systems**

Resumen

El objetivo fue evaluar la respuesta productiva de vacas lecheras complementadas con ensilado de Triticale (*X. Triticosecale Witt.*) cv Bicentenario TCL 08 (ETB) en dos niveles de inclusión (7.5 y 5 kg MS/d), en pastoreo continuo de dos variedades de gramínea: ballico perenne (*Lolium perenne*) cv Bargala (LBT) y Festuca alta (*Lolium arundinaceum*) (FAT) asociadas con trébol blanco (*Trifolium repens*) cv. Ladino suplementadas con 4.65 kg de MS/d de concentrado comercial (CT), utilizando un diseño de cuadro latino 4x4 repetido dos veces con un arreglo factorial 2x2. La composición química de ETB fue de 96 g/kg MS de PC, FND de 667 g/kg MS, DEMS de 713 g/kg MS, pH de 4.6. Se encontraron diferencias ($P<0.05$) en la acumulación neta de forraje (ANF) y altura de las praderas fue superior FAT con 10.8 % por ha y 34.71 % por día en comparación con LBT; sin embargo, la composición química de LBT fue superior en calidad presentando una mayor ($P<0.05$) PC, DEMS, y EM estimada. No hubo diferencias significativas ($P>0.05$) en rendimiento de leche (12.26 ± 2.63 kg/vaca/día), tampoco en la composición química de la leche en grasa, proteína, lactosa y NUL con valores promedio de 33.06 ± 0.45 g/kg, 33.34 ± 0.21 g/kg, 47.9 ± 0.36 g/kg y 10.47 ± 2.25 g/dl, respectivamente, así como en condición corporal (2.4 ± 0.22) y peso vivo (490 ± 72.8 kg). Se concluye que a mayor inclusión del ensilado se observó una menor ingesta de pasto y aumentan los costos de alimentación, por lo que una inclusión moderada complementa mejor el pastoreo.

Palabras clave: Ensilado, Pastoreo, Sistemas de producción de leche en pequeña escala, México

Abstract

The objective was to assess the productive response of dairy cows complemented with triticale (*X. Triticosecale Witt. cv Bicentenario TCL 08 (ETB)*) at two levels of inclusion (7.5 and 5 kg DM/d), under continuous grazing of two species of grass: perennial ryegrass (*Lolium perenne cv Bargala (LBT)*) and tall fescue (*Lolium arundinaceum*) (FAT) associated with white clover (*Trifolium repens cv. Ladino*) supplemented with 4.65 kg DM/d of commercial concentrate (CT). Experimental design was a 4x4 Latin Square repeated two times with a 2X2 factorial arrangement. Chemical composition of ETB was 96 g CP/kg DM, 667 g NDF/kg DM, 713 g EDDM/kg DM, and pH of 4.6. There were differences ($P<0.05$) in net herbage accumulation (NHA) and sward height between pastures, with a 10.8% higher NHA per ha and 34.7% per day in FAT than LBT; although chemical composition of LBT was better with higher ($P<0.05$) PC, EDDM, and estimated EM. There were no differences ($P>0.05$) in milk yield (12.26 ± 2.63 kg/vaca/día) or chemical composition of milk with mean values of 33.06 ± 0.45 g milkfat/kg, 33.34 ± 0.21 g milk protein/kg, 47.9 ± 0.36 g lactose/kg and 10.47 ± 2.25 mg MUN/dl, nor in body condition score (mean 2.4 ± 0.22) or live weight (490 ± 72.8 kg). Conclusion is that at greater inclusion of ETB, a lower intake of pasture and higher feeding costs so that a moderate rate of inclusion better complements grazing.

Keywords: Silage, Grazing, Small-scale dairy systems, México

Introducción

Los sistemas de producción de leche están diferenciados desde los de subsistencia hasta los tecnificados, distinguiéndose 4 sistemas: especializado; semi-especializado; doble propósito y familiar o de traspatio, también conocido como pequeña escala ⁽¹⁾; este último constituye más de las dos terceras partes de las granjas a nivel nacional, con más del 38% de la producción lechera.

Los Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala (SPLPE) han desarrollado su producción a través de actividades mixtas, englobando la agricultura y la ganadería, permitiéndoles producir alimentos de calidad, generar empleos (participación familiar), obtener un sustento económico a través de la venta diaria de leche ⁽²⁾, además de aportar al desarrollo local ⁽³⁾.

La utilización de forrajes como maíz, rastrojos, gramíneas en asociación con una leguminosa de corte y acarreo o para pastoreo, así como la utilización de pastizales nativos, producidos dentro de la unidad permite a los productores reducir los costos de alimentación. Sin embargo, en época invernal e inicio de primavera, donde predominan las bajas temperaturas y el déficit hídrico producen un desarrollo más lento⁽⁴⁾, y una escasez de forraje para la alimentación propiciando la búsqueda de forrajes alternativos que sean capaces de soportar dichos factores limitantes y que sean una alternativa alimenticia capaz de cubrir los requerimientos necesarios para la producción de leche durante estas épocas.

Los forrajes de cereales de grano pequeño⁽⁵⁾ representan una alternativa viable por su ciclo corto de crecimiento, su gran adaptabilidad a las condiciones agroclimáticas. Entre

estos cereales se encuentra el triticale, híbrido originado de la combinación de trigo (*Triticum ssp.*) con centeno (*Secale ssp.*), dando como resultado un cultivo con el potencial productivo y valor nutritivo del trigo, la rusticidad y resistencia a enfermedades del centeno⁽⁶⁾. Entre las cualidades del triticale resalta la menor pérdida de nutrientes conforme avanza su estado fenológico⁽⁷⁾.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la implementación en la dieta del ganado lechero ensilado de Triticale (*X. Triticosecale Witt.*) cv Bicentenario TCL 08 en la respuesta productiva, composición química de la leche y costos de producción, pastoreando dos variedades de gramíneas en sistemas de producción de leche en pequeña escala.

Materiales y métodos

Área de estudio

El experimento se realizó del 10 de abril al 4 de junio de 2017, en el Municipio de Aculco, en el altiplano central de México, localizado a 20° 06' Norte y 99° 50' Oeste, a una altitud de 2,440 msnm. El clima de la región es templado subhúmedo con lluvias en verano (Aw)⁽⁸⁾.

Establecimiento del triticale

La siembra del Triticale (*X. Triticosecale Witt.*) cv Bicentenario TCL 08 (ETB), se realizó en noviembre del 2016 en una superficie de 0.65 ha con una dosis de siembra de 120 kg/ ha, se fertilizo con una dosis de 60-40-00 N-P-K, cosechado en febrero de 2017, en un estado de antesis según Zadoks et al⁽⁹⁾, con un rendimiento de 2968 kg/MS. El

muestreo del ensilado se hizo mediante la técnica descrita por Martínez et al ⁽¹⁰⁾ tomando una muestra a diferentes alturas y distancias en cada periodo de medición.

Manejo de las praderas

Se utilizaron dos praderas con una superficie de 0.83 ha cada una, para pastoreo continuo intensivo, la primera con pasto *Lolium perenne* (cv. *Bargala*) (LBT) y la segunda con pasto *Festuca alta* (*Lolium arundinaceum*) (FAT), ambas asociadas con trébol blanco (*Trifolium repens* cv. *Ladino*), fertilizadas con 40 kg de N/ha al inicio del experimento.

Las mediciones en las praderas se realizaron el día 14 de cada periodo. La acumulación neta de forraje (ANF) se registró como kg MS/ha ⁽¹¹⁾. Se colocaron 6 jaulas de exclusión al azar en diferentes lugares de cada pradera, se cortaron utilizando un cuadrante de 0.16 m², con tijeras a nivel del suelo fuera de la jaula al inicio y final de cada periodo experimental (14 días). En cuanto a la altura de la pradera se registró con un medidor de placa ascendente, realizando 20 mediciones por parcela/periodo. Se tomaron muestras simuladas de pastoreo en cada periodo experimental para la determinación de la composición química

Análisis químico de los alimentos

Para la determinación de materia seca (MS) de los forrajes y concentrado se pesaron 300 g en un horno de aire forzado a 65 ° C durante 48 horas hasta obtener su peso constante. Cada muestra de forraje se molió con una criba de 0.2 mm y se evaluaron los parámetros de calidad nutritiva. Se determinó por incineración a 550 ° C en una

mufla la cantidad de cenizas, y por diferencia la materia orgánica (MO)⁽¹²⁾, la PC mediante el método de Kjeldahl⁽¹³⁾, Fibra Detergente Ácido (FDA) y Fibra Detergente Neutro (FDN) mediante el método de micro-bolsa⁽¹⁴⁾, para determinar el pH del ensilado se utilizó un potenciómetro⁽¹⁵⁾. Además se determinó la digestibilidad enzimática de la materia seca (DEMS) siguiendo los criterios de Riveros y Argamentaría⁽¹⁶⁾. El contenido de energía metabolizable (ME) se calculó a partir de la DEMS⁽¹⁷⁾.

Manejo del experimento

Se utilizaron 8 vacas de raza Holstein, bajo un arreglo estadístico de cuadro latino 4x4 con un arreglo factorial 2x2, repetido dos veces, el peso vivo promedio (PV) de las vacas al inicio del experimento fue de 502±2.77 kg, en una etapa de lactación de 129±87 y una producción de leche de 12±2.77 kg/vaca/día y una condición corporal de 2. Las vacas fueron asignadas en 2 grupos de 4 vacas cada uno, de acuerdo a su producción y etapa de lactación.

El experimento tuvo una duración de 56 días, dividido en cuatro periodos de catorce días cada uno, de los cuales los primeros diez días fueron de adaptación a la dieta y los últimos cuatro días fueron para la toma de muestras y medición de la respuesta productiva.

El ordeño de las vacas se realizó a las 06:00 y 17:00 horas, el rendimiento de leche se registró los últimos cuatro días de cada periodo experimental con un báscula de reloj con una capacidad de 20 kg, además se tomó una muestra de leche por vaca en las dos ordeñas, se realizó una alícuota de 100 ml de ambas muestras y se mantuvo en refrigeración hasta realizar su análisis en el laboratorio, la composición química de la

leche (grasa, proteína, lactosa) se determinó utilizando un Ekomilk®, la determinación de Nitrógeno Ureico en Leche (NUL) se realizó a través del método colorimétrico bajo la técnica descrita por Chaney y Marbach ⁽¹⁸⁾. El peso vivo (kg) se midió utilizando una báscula de barras Gallagher con capacidad de 1000 kg, y se evaluó la condición corporal en el día 14 de cada periodo experimental ⁽¹⁹⁾.

Tratamientos

Los tratamientos a evaluar consistieron en dos niveles de inclusión de ETB pastoreando dos especies de gramíneas quedando la definición de la siguiente forma T1=7.5 kg MS ETB+ LBT+ 4.65 kg MS de CT; T2= 7.5 kg MS ETB+ LBT+ 4.65 kg MS de CT; T3= 7.5 kg MS ETB+ FAT+ 4.65 kg MS de CT; T4= 7.5 kg MS ETB+ FAT+ 4.65 kg MS de CT.

El ETB se les proporciono posterior a la ordeña de la tarde, el tiempo de pastoreo fue de 8 horas/día (9:00- 17:00), el CT se les suministro 50% en la ordeña de la mañana y 50% en la ordeña de la tarde.

Análisis estadístico

Para la evaluación del desempeño animal se utilizó un diseño de cuadro latino 4x4 repetido dos veces en tiempo con un arreglo factorial 2x2 siguiendo el siguiente modelo ⁽²⁰⁾.

$$Y_{ijklm} = \mu + S_i + C_{j(i)} + P_k + ETB_l + LBTFAT_m + (ETB*LBTFAT)_{lm} + e_{ijklm}$$

Dónde: Y_{ijklm} : Variable respuesta; μ : Media general; S_i : Efecto de los cuadros (1,2); $C_{j(i)}$: efecto de las vacas dentro de los cuadros; P_k : efecto debido a los periodos; ETB: efecto del nivel de inclusión del ensilado; BF: efecto debido al pasto; ETB*LBTFAT: interacción

entre el nivel de inclusión y debido al pasto; e_{ijklm} : variación residual.

Para la evaluación de los forrajes se utilizó un diseño de parcelas divididas con el siguiente modelo:

$$Y_{ijklm} = \mu + R_i + LBTFAT_j + E_k + P_l + LBTFAT * P_{il} + e_{ijklm}$$

Dónde: Y_{ijklm} : Variable respuesta; μ : Media general; R_i : efecto debido repeticiones(1,2); $LBTFAT_j$: efecto debido al pasto(B,F) (Parcela mayor); E_k : error residual para las parcelas mayores; P_l : efecto debido a los periodos (I,II,III,IV) (parcela menor); BFP_{il} : efecto interacción entre el nivel el pasto y periodos; e_{ijklm} : error residual (Parcela menor)

La prueba de Tukey se aplicó cuando las diferencias fueron significativas ($P < 0.05$).

Análisis Económico

Se usaron presupuestos parciales para comparar los costos de alimentación entre tratamientos, utilizando solo los costos de alimentación y rendimiento de leche ⁽²¹⁾.

Resultados

La cosecha del triticale en etapa fenológica de anthesis permitió mantener un pH de 4.6 que garantizó la estabilidad del ensilado, manteniendo una buena calidad tanto en PC, DEMS y EM (Cuadro 1).

La ANF de FAT fue de 222.4 kg MS/ha, 15.9 kg MS/día más en comparación con la pradera de LBT, asimismo la altura de la pradera de FAT fue superior con 1 cm con respecto a LBT (Cuadro 2). Se observaron diferencias ($P < 0.05$) en ANF por ha y por día entre los periodos, con una superior producción en el PI, disminuyendo en el PII y PIII,

umentando en PIV. La altura tuvo el mismo comportamiento.

El Cuadro 3 muestra la composición química donde se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) para la mayoría de las variables evaluadas excepto para MO. LBT presentó mayor cantidad en PC, DEMS y EM con 6.9 %, 7.9 % y 0.98 MJ/kg MS, más respectivamente, en comparación con FAT. En cuestión a FND y FAD, FAT obtuvo 11.9 % y 12 % más que LBT. La interacción entre pastos y periodos no fue significativa.

En cuanto a las variables evaluadas en los animales (Cuadro 4), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos. Con un rendimiento de leche promedio de 12.3 ± 2.64 kg/día entre los cuatro tratamientos. Con una media de composición química de grasa de 33.07 ± 0.45 g/kg, proteína de 33.34 ± 0.21 g/kg, lactosa de 47.65 ± 0.36 g/kg y NUL de 10.47 ± 2.25 mg/d. El PV y la CC se mantuvo en un promedio de 490 ± 73 kg y 2.4 ± 0.22 respectivamente

En el Cuadro 5 se encontraron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) en el consumo de ensilado y pradera atribuidas al nivel de inclusión de ETB. Entre los tratamientos a los cuales se les ofreció 7.5 kg MS de ETB, T1 tuvo 3.8% mayor aceptación del ensilado en comparación de T3. En los tratamientos con 5 kg MS de ETB, T4 tuvo una mayor aceptación con 2.5% superior a T4.

El Cuadro 6 muestra los costos totales de alimentación en donde el concentrado representó el mayor costo económico 58.3 % para T1 y T3, el 67.4 % para T2 y T4, la pradera representó el 0.35 % para T1 y T3 ofreciéndoles 7.5 kg MS de ensilado, mientras al suministrarles 5 kg MS de ensilado el consumo de pradera fue de 1.7 %. La

inclusión de mayor cantidad de ensilado aumento los costos de producción representando el 41.3% para T1 y T3, mientras que para T2 y T4 con menor cantidad de ensilado representó el 30.8 % del costo total de alimentación. El costo de alimentación/kg de leche representó el 66 % para el T1 y T3, mientras que para T2 y T4 el 55 %.

Discusión

Composición química del ensilado

A medida que avanza el estado de madurez de un forraje, disminuye su calidad nutritiva, esto debido al incremento de los nutrientes menos digeribles que constituyen la pared celular de las plantas (FDA, FDN)⁽²²⁾. El corte del forraje en un estado fenológico de anthesis dio como resultado un ensilado de buena calidad, según lo reportado por Rojas et al⁽²³⁾ que dice que un forraje conservado de buena calidad es aquel que su digestibilidad es del 70%. ETB no mostro variaciones entre los periodos con un contenido de PC de 90 g/kg MS y una DEMS de 713 g/kg MS, resultado inferior para PC a los reportados por Aguilar-López et al⁽²⁴⁾ con 115 g/kg MS en un estado de grano de lechoso masoso, pero similar a lo reportado por Rojas et al⁽²³⁾ evaluando diferentes etapas de corte en variedades de triticales en lo cual obtuvo valores de PC 83 g/kg MS y una digestibilidad del 720 g/kg MS en el estado de anthesis. Para mantener un ensilado de buena calidad uno de los factores más importantes es mantener un pH menor a 5, para permitir la proliferación de bacterias ácido lácticas, restringiendo el crecimiento de microorganismos que afecten la calidad de la materia prima^(25,26), condición que se cumple en el pH del presente trabajo. El pH del ensilado fue superior a

lo reportado por Keles et al⁽²⁵⁾, con un promedio de 4.1, pero similares a lo reportado por Kaplan et al⁽²⁷⁾, evaluando diferentes genotipos de triticale ensilados, reportan valores de 4.6 a 4.9.

Acumulación neta de Forraje y altura

La sequía y las bajas temperaturas son los principales factores que limitan el crecimiento de los forrajes⁽²⁸⁾. La mayor resistencia de FAT a los factores antes mencionados obtuvo un rendimiento con una diferencia de 34.7 % más que LBT, rendimiento similar a lo reportado por Cougnon et al⁽²⁹⁾ comparando estas dos especies de pastos. Sin embargo, con una ANF de 419.19 kg MS/ha, 29.94 kg MS/día, la pradera LBT presentó resultados superiores a los reportados por Plata-Reyes et al⁽³⁰⁾ comparando variedades de pastos, reportan ANF para *Lolium perenne* de 324.82 kg MS/ha y 20.23 kg MS/ día en primavera y otoño.

La altura ideal de las praderas destinadas para realizar pastoreo debe ser de entre 5 a 8 cm, inferior a esta altura se presenta una restricción del consumo voluntario⁽³¹⁾, los resultados obtenidos en este trabajo se encuentran por debajo de lo reportado por el autor mencionado anteriormente, es un factor que ocasiona que el consumo voluntario sea bajo. Los resultados de la altura son similares a lo reportado por diversos autores encontrando alturas de 3.1 cm a 3.8 cm en praderas utilizadas para pastoreo^(32,33).

Composición química de las praderas

Se considera a un forraje de buena calidad cuando presenta aproximadamente el 70% de digestibilidad de la materia seca, menos de 50 FDN y más de 15% de PC⁽¹⁷⁾, ambas

praderas utilizadas son de buena calidad ya que se encuentran dentro de los parámetros antes mencionados. La pradera de LBT a pesar de tener una menor producción de forraje presentó los mejores parámetros de composición química, altos valores de PC, DEMS y EM, y bajos contenidos de FND, FAD. La DEMS y PC fue superior en LBT (81.97 % y 22.66 %) en comparación con FAT (75.94 % y 21.09 %), relación similar a lo reportado por Cougnon et al ⁽²⁹⁾ en Bélgica evaluando las mismas especies de gramíneas en siembras puras, en diferentes combinaciones y asociadas con trébol, siendo superior *Lolium perenne*. La FND y FDA para LBT (46.2 %, 21.49 %) y FAT (52.47%, 24.44 %) son similares a lo reportado por Plata- Reyes et al ⁽³³⁾. La composición química de LBT es similar a lo reportado por Celis- Alvarez et al ⁽³⁴⁾ en sistemas de producción de leche en pequeña escala.

Variables animales

Diversos factores pueden afectar la producción y composición de la leche, entre estos se encuentran los que son propios del animal como la raza, el número de partos, edad, estado de lactancia; y factores extrínsecos como el efecto de la época del año, la duración entre las ordeñas, factores ambientales y sobre todo la composición de la dieta ⁽³⁵⁾. La media de rendimiento de leche fue inferior a lo reportado por Albarrán et al ⁽³²⁾ con rendimientos de leche de 19 kg/día evaluando diferentes niveles de inclusión de ensilado de maíz, los resultados del trabajo estuvieron influenciados por la etapa de lactación en la que se encontraban las vacas. El contenido de grasa (36.33 g/kg), proteína (34.15g/kg) y lactosa (48.93g/kg) se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la norma mexicana NMX-700-COFOCALEC-2004⁽³⁶⁾. Harper et al ⁽³⁷⁾

comparando ensilado de triticale y ensilado de trigo, encontraron valores de lactosa de 48.8 g/kg, resultados similares a los observados en este trabajo, sin embargo reportaron valores superiores de grasa de 38 g/kg. La determinación de NUL es una herramienta para evaluar el balance proteico de la dieta de los animales. El NUL fue inferior a los reportado por Harper et al ⁽³⁷⁾ (12.7 mg/dL) utilizando ensilado de triticale, y ligeramente inferior a lo reportado por Celis-Álvarez et al ⁽³⁴⁾. Los valores de NUL en este trabajo se encuentran entre los valores reportados por otros autores ^(38,39), donde mencionan que estas concentraciones no tienen efecto en el rendimiento de leche y salud del animal.

Consumo de alimentos

Cuando las vacas reciben suplementos ya sea concentrados o forrajes, el consumo de MS de pradera disminuye ⁽⁴⁰⁾, como se puede observar al aumentar la inclusión de ETB 2.5 kg MS (T1 y T3) el consumo de pradera es menor en comparación con los tratamientos T2 y T3, lo cual nos indica que existe un efecto de sustitución en los tratamientos donde se oferto una mayor inclusión de ensilado. Los resultados de consumo de pradera fueron menores a lo reportado por Celis- Alvarez et al ⁽³⁴⁾ quien reporta consumos de pradera de hasta 3.37 kg de MS /vaca/día, utilizando diferentes niveles de inclusión de ensilado de maíz y ensilado de avena con ryegras. Los resultados bajos de consumo de pradera pueden atribuirse a una sobreestimación de la EM de los alimentos.

Costos de producción

La utilización de 7.5 kg de MS de ETB resulto en el aumento de 13.5% en el costo total

de alimentación en comparación con la utilización de 5 kg de MS de ETB, no encontrándose diferencias en la composición química de la leche, PV y CC. Al aumentar el costo total de alimentación se disminuye el margen de ganancia/ kg de leche (Cuadro 6), así T1 y T3 tuvieron un menor margen de ganancia/ kg de leche de 34% mientras que T2 y T4 obtuvieron un margen de ganancia del 45%. El mayor gasto económico se debió a la compra de CT, que representó en promedio el 63% del costo total de la alimentación similar a lo reportado por otros autores^(20,33, 35).

Conclusiones e Implicaciones

La inclusión de ensilado de triticale cv Bicentenario (7.5-5 kg MS) en la dieta de vacas lecheras en pastoreo durante la época de secas donde el crecimiento del forraje se ve limitado, representa una opción viable para mantener producciones de 12.3 L/vaca/día.

Sin embargo, al incluir una mayor cantidad (7.5 kg) de ETB en la dieta de ganado lechero incrementa los costos de producción por alimentación y disminuye el margen de ganancia, sin tener efecto en la composición química de la leche.

Agradecimientos

Los autores expresan su gratitud al productor que participó en el experimento cuya privacidad se respeta al no revelar su nombre, así mismo al Consejo de Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento al proyecto al que este trabajo pertenece (Clave 129449 CB-2009) y por la beca otorgada al primer autor.

Literatura citada

1. SAGARPA -Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2016) disponible en: www.sagarpa.gob.mx. Consultado 26 noviembre 2016.
2. Espinoza-Ortega A, Espinosa-Ayala E, Bastida-López J, Castañeda-Martínez T, Arriaga-Jordán CM. Small-scale dairy farming in the highlands of central Mexico: Technical, economic and social aspects and their impact on poverty. *Exp Agri* 2007; 43:241-256.
3. Villaberde M, Alves J, Sabanés L, Martínez R, Pereira F. Sistemas familiares de producción agropecuaria y su potencialidad para producir alimentos sanos. *Redvet* 2006;7(12):1-14.
4. Tomoso JC. Cereales forrajeros de invierno. *Agromercado* 2009 149:1-4
5. Payne TS, Amri A, Humeid B, Rukhkyan N. Guías para la regeneración de germoplasma: cereales de grano pequeño. En: Dulloo M.E., Thormann I., Jorge M.A. and Hanson J., editors. *Crop specific regeneration guidelines* [CD-ROM]. CGIAR System-wide Genetic Resource Programme (SGRP), Rome, Italy 2008;1-12.
6. Castro N, Rufach H, Capellino F, Domínguez R, Paccapelo H. Evaluación del rendimiento de forraje y grano de triticales y tricepiros. *RIA* 2011;37(3):281-289.
7. Mendoza-Elos M, Cortez-Baheza E, Rivera-Reyes JE, Rangel-Lucio JA, Andrio-Enríquez E, Cervantes-Ortiz F. Época y densidad de siembra en la producción y calidad de semilla de triticale (*X Triticosecale Wittmack*). *Agron Mesoam*

2011;22(2):309-316.

8. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Aculco, México. Clave geoestadística 15003.2009. Disponible en <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/15/>
Consultado 13 septiembre 2016
9. Zadoks JCT, Konzak C. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res* 1974;14:415-421.
10. Martínez FA, Argamentería GA, De la Roza DB. Manejo de forrajes para ensilar. Ed.: Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario 2014; 280 .
11. Heredia-Nava D, Espinoza-Ortega A, González-Esquivel CE, Arriaga-Jordán CM. Feeding strategies for small-scale dairy systems based on perennial (*Lolium perenne*) or annual (*Lolium multiflorum*) ryegrass in the central highlands of México. *Trop Anim Health Prod* 2007;39:179-188.
12. AOAC. Official methods of analysis. 15th ed. Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemists 1990.
13. AOAC International. Official Methods of analysis, Gaithersburg, MD 2007.
14. Ankom. Procedures (for NDF and ADF). Ankom Technology Method. 2005 (<http://www.ankom.com>. Consultado 15 septiembre 2016.
15. Tejada I. Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal. Ed. Sistema de educación continua en Producción Animal A.C. México DF. 1985.

16. Riveros E, Argamentería A. Métodos Enzimáticos de Predicción de la digestibilidad In Vivo de la Materia Orgánica de Forrajes, En: Avances en Producción Animal, Ed. Mario Silva G., Chile. 1987;12: 59-75.
17. Di Marco O. Estimación de la calidad de los forrajes. Facultad de Ciencias Agrarias, Unidad Integrada Blancarde 2011. http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/45calidad.pdf. consultado el 30 Nov 2016.
18. Chaney AL, Marbach EP. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clinical Chemistry* 1962;8:130-132.
19. Wattiaux MA. Grados de condición corporal. En Instituto Babcock para la investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera 2002.
20. Sainz-Sánchez PA, López-González F, Estrada-Flores JG, Martínez-García CG, Arriaga-Jordán CM. Effect of stocking rate and supplementation on performance of dairy cows grazing native grassland in small-scale systems in the highlands of central Mexico. *Trop Anim Health Prod* 2017;49:179-186.
21. Alfonso-Ávila AR, Wattiaux MA, Espinoza-Ortega A, Sánchez E, Arriaga-Jordán CM. Local feeding strategies and milk composition in small-scale dairy production systems during the rainy season in the highlands of Mexico. *Trop Anim Health Prod* 2012;44:637-644.
22. Sánchez GR, Gutiérrez BH. Características forrajeras de variedades de triticale en condiciones de sequía. *REMEXCA*;6(3): 645-650.
23. Rojas GC, Catrileo SA, Manríquez BM, Calabí FF. Evaluación de la época de

- corte de Triticale (X Triticosecale Wittmack) para ensilaje. *Agric Tec* 2004;64(1):34-40.
24. Aguilar-López EY, Bórquez JL, Domínguez IA, Morales-Osorio A, Gutiérrez-Martínez MG, González RM. Forage Yield, Chemical Composition and In Vitro Gas Production of Triticale (X Triticosecale wittmack) and Barley (*Hordeum vulgare*) asociated with Common Vetch (*Vicia sativa*) Preserved as Hay or Silage. *J Agri Sci* 2013;5(2):227-238.
25. Keles G, Kurtoglu V, Demirci U, Ates S, Canatan T, Kan M, Gunes A. Conservation Characteristics of Triticale-Hungarian Vetch Silage Ensiled with Homo-fermentative or Hetero-fermentative Lactic Acid Bacteria in Jars. *Anim Nut Feed Techno* 2014;14:69-79.
26. Sánchez M L. Estrategias modernas para la conservación de forrajes en sistemas de producción bovina tropical. *Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 2005;6(2):69-80.
27. Kaplan M, kökten K, akçura M. Determination of Silage Characteristics and Nutritional Values of Some Triticale Genotypes. *Turkjans* 2014 1(2):102-107.
28. Moreyra F, Giménez F, López JR, Tranier E, Real Ortellado M, Krüger H, Mayo A, Labarthe F. *Verdeos de Invierno*, 1ª ed. INTA, Buenos Aires. 2014.
29. Cougnon M, Baert J, Van Waes C, Reheul D. Performance and quality of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) and perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and mixtures of both species grown with or without white clover (*Trifolium repens* L.) under cutting management. *Grass Forage Sci* 2013;69:666–667.

30. Plata-Reyes DA, Gómez-Miranda A, López-González F, Domínguez-Vara IA, Arriaga-Jordán CM. 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*, SEEP 2016;291-296.
31. Hodgson, J. Manejo de pastos, teoría y práctica. Diana, México 1994.
32. Albarrán B, García A, Espinoza A, Espinoza E, Arriaga CM. Maize silage in the dry season for grazing dairy cows in small-scale production systems in Mexico's highlands. *Indian J Anim Res* 2012;46 (4):317-324.
33. Plata-Reyes DA, Morales-Almaraz E, Martínez-García CG, Flores-Calvete G, López-González F, Prospero-Bernal F, Valdez-Ruiz CL, *et al.* Milk production and fatty acid profile of dairy cows grazing four grass species pastures during the rainy season in small-scale dairy systems in the highlands of Mexico. *Trop Anim Health Prod* 2018 <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1621-8>
34. Celis-Alvarez MD, López-González F, Martínez-García CG, Estrada-Flores JG, Arriaga-Jordán, CM. Oat and ryegrass silage for small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico *Trop Anim Health Prod* 2016;48:1129-1134.
35. Arias, RA, Mader TL, Escobar PC. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Arch Med Vet* 2008;40(1):7-22.
36. COFOCALEC-Consejo para el Fomento de la Calidad de Leche y Sus Derivados A.C. (2004). NMX-700-COFOCALEC-2004. Sistema producto leche alimento lácteo leche cruda de vaca especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos

de prueba. México, D.F.

37. Harper TM, Giallongo F, Roth GW, Hristov AN. Inclusion of wheat and triticale silage in the diet of lactating dairy cow. *J Dairy Sci* 2017;100:1-13.
38. Wattiaux MA, Nordheim EV, Crump P. Statistical Evaluation of Factors and Interactions Affecting Dairy Herd Improvement Milk Urea Nitrogen in Commercial Midwest Dairy Herds. *J Dairy Sci* 2005;88:3020-3035.
39. Powell M, Wattiaux A, Broderick G A. Short communication: evaluation of milk urea nitrogen as a management tool to reduce ammonia emissions from dairy farms. *J Dairy Sci* 2011; 94: 4690–4695.
40. Bargo F. Suplementación en Pastoreo: Conclusiones sobre las últimas experiencias en el mundo. (2003) Disponible en: www.agro.uba.ar/sites/default/files/catedras/bargo.pdf consultado 10/11/17.

Cuadro 1. Composición química del ensilado y el concentrado comercial

	MS	CENIZAS	MO	PC	FND	FAD	DEMS	EM	pH
ETB	293.33	121.05	878.95	90.60	666.77	358.73	713.30	10.77	4.6
CT	931.35	141.99	858.00	187.86	381.96	152.40	893.53	13.50	-

ETB= Ensilado de triticale; CT= concentrado comercial; MS= Materia seca (g/kg); MO= Materia Orgánica (g/kg MS); PC= Proteína cruda (g/kg MS); FND= Fibra neutro detergente (g/kg MS); FAD= Fibra ácido detergente (g/kg MS); DEMS= Digestibilidad enzimática de la materia seca (g/kg); EM= energía metabolizable (MJ/kg MS)

Cuadro 2. Acumulación neta de Forraje (ANF) y altura

Variable	Pradera	Periodos				MEDIA	EEMPM	EEMpm
		PI	PII	PIII	PIV			
ANF (kg MS/ha)	LBT	706.8	315.6	332.2	322.2	419.2	22.85**	32.31*
	FAT	1142.0	569.4	366.3	488.5	641.6		
	Media	924.4^a	442.5^b	349.2^b	405.4^b			
ANF (kg MS/día)	LBT	50.5	22.5	23.7	23.0	29.9	1.63**	2.3**
	FAT	81.6	40.7	26.2	34.9	45.8		
	Media	66.0^a	31.6^b	24.9^b	29.0^b			
Altura (cm)	LBT	4.0	3.2	3.2	3.0	3.4	0.163***	0.231**
	FAT	5.1	3.9	3.8	4.5	4.3		
	Media	4.5^a	3.6^b	3.5^b	3.7^b			

LBT= *Lolium perenne* cv Bargala; FAT= Festuca alta; EEMPM= Error estándar de la media parcela mayor (pastos); EEMpm= Error estándar de la media parcela menor (periodos); NS P>0.05, * P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

Cuadro 3. Composición química de las praderas

Variable	Variedad	Periodos				MEDIA	EEMPM	EEMpm
		PI	PII	PIII	PIV			
MS (g/kg)	LBT	208.1	204.3	179.2	202.6	198.6	2.60**	3.67*
	FAT	233.3	217.2	201.3	257.6	227.3		
	Media	220.7^a	210.8^{ab}	190.2^b	230.1^a			
MO (g/kg MS)	LBT	883.9	877.0	883.9	887.9	883.2	1.59 ^{NS}	2.26 ^{NS}

El triticale como recurso forrajero en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el noroeste del Estado de México

	FAT	880.2	877.1	875.2	885.1	879.4		
	Media	882.1	877.1	879.5	886.5			
PC (g/kg MS)	LBT	227.5	195.9	241.5	241.4	226.6	3.46*	4.98**
	FAT	227.5	192.5	225.8	197.8	210.9		
	Media	227.5^a	194.2^b	233.7^a	219.6^a			
FND (g/kg MS)	LBT	536.3	563.4	382.5	366.5	462.2	5.6**	7.92***
	FAT	570.8	655.7	453.7	418.6	524.7		
	Media	553.6^b	609.6^a	418.1^c	392.6^c			
FAD (g/kg MS)	LBT	209.2	263.8	202.0	184.8	214.9	2.03**	2.88**
	FAT	256.5	283.9	225.9	211.2	244.4		
	Media	232.8^b	273.8^a	213.9^{bc}	198.0^c			
DEMS (g/kg)	LBT	812.1	819.5	820.5	826.7	819.7	2.31***	3.27 ^{NS}
	FAT	744.8	767.6	762.7	744.4	754.9		
	Media	778.4	793.6	791.6	785.5			
EM (MJ/kg MS)	LBT	12.3	12.4	12.4	12.5	12.38	0.034**	0.049 ^{NS}
	FAT	11.2	11.6	11.5	11.2	11.4		
	Media	11.8	12.0	12.0	11.9			

MS= Materia seca; MO= Materia Orgánica; PC= Proteína cruda; FND= Fibra neutro detergente; FAD= Fibra ácido detergente; DEMS= Digestibilidad enzimática de la materia seca; EM= energía metabolizable; LBT= *Lolium perenne* cv Bargala; FAT= Festuca alta; EEMPM= Error estándar de la media parcela mayor (pastos); EEMpm= Error estándar de la media parcela menor (periodos); NS P>0.05, * P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

Cuadro 4. Rendimiento y composición química de la leche, peso vivo y condición corporal de las vacas

Variable	Tratamientos				EEM
	T1	T2	T3	T4	
RL (kg/día)	12.13	12.34	11.95	12.62	0.29 ^{NS}
Grasa (g/kg)	32.21	33.53	32.73	33.79	0.70 ^{NS}
Proteína (g/kg)	33.10	33.08	33.44	33.74	0.53 ^{NS}
Lactosa (g/kg)	46.79	47.97	48.67	47.18	1.14 ^{NS}
NUL (mg/dL)	10.68	10.58	10.37	10.25	0.70 ^{NS}
PV (kg)	495.25	478.44	495.81	491.06	5.67 ^{NS}
CC	2.38	2.31	2.44	2.31	0.06 ^{NS}

RL= Rendimiento de leche; NUL= Nitrógeno Ureico en Leche; PV= Peso vivo; T1=7.5 kg MS ETB+ LBT+ 4.65 kg MS DE CT; T2= 7.5 kg MS ETB+ LBT+ 4.65 kg MS DE CT; T3= 7.5 kg MS ETB+ FAT+ 4.65 kg MS DE CT; T4= 7.5 kg MS ETB+ FAT+ 4.65 kg MS DE CT; EEM= Error Estándar de la Media, NS: P>0.05.

Cuadro 5. Consumo de alimento (kg MS/d)

Variable	Tratamientos				EEM
	T1	T2	T3	T4	
Concentrado	4.65	4.65	4.65	4.65	
Ensilado	6.84	4.05	6.58	4.62	0.14***
Ensilado rechazado	0.67	0.95	0.92	0.38	
Pradera	0.16	1.11	0.31	0.91	0.15***
Consumo total	11.65	9.81	11.54	10.17	

T1=7.5 kg MS ETB+ LBT+ 4.65 kg MS DE CT; T2= 7.5 kg MS ETB+ LBT+ 4.65 kg MS DE CT; T3= 7.5 kg MS ETB+ FAT+ 4.65 kg MS DE CT; T4= 7.5 kg MS ETB+ FAT+ 4.65 kg MS DE CT.; EEM Error Estándar de la Media, *** P<0.001.

Cuadro 6. Costos de producción (MXN)

	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Concentrado Comercial (\$)	2864.40	2864.40	2864.40	2864.40
Pradera (\$)	11.94	80.81	22.57	66.25
Ensilado (\$)	2066.90	1224.72	1989.79	1397.09
Costo total de alimentación (\$)	4943.24	4169.93	4876.76	4327.74
Rendimiento total de Leche (kg)	1358.56	1382.08	1338.40	1413.44
Precio de venta/kg de Leche (\$/kg)	5.50	5.50	5.50	5.50
Ingresos por ventas de leche (\$)	7472.08	7601.44	7361.20	7773.92
Margen sobre los costos de alimentación (\$)	2528.84	3431.51	2484.44	344.18
Margen de ganancia/ kg de leche (\$/kg)	1.86	2.48	1.86	2.44
Costos de alimentación/kg de leche (\$)	3.64	3.02	3.64	3.06
Margen de ganancia/ costos de alimentación/ vaca (\$/kg)	22.58	30.64	22.18	30.77

T1=7.5 kg MS ETB+ LBT+ 4.65 kg MS DE CT; T2= 7.5 kg MS ETB+ LBT+ 4.65 kg MS DE CT; T3= 7.5 kg MS ETB+ FAT+ 4.65 kg MS CT; T4= 7.5 kg MS ETB+ FAT+ 4.65 kg MS CT.

8.2. Primer autor del capítulo del libro “Avances de la Investigación sobre Producción Animal y Seguridad Alimentaria.



**Avances de la Investigación sobre
Producción Animal y Seguridad
Alimentaria en México**



Editores:
José Herrera Camacho, Alfonso Juventino Chay Canul, Fernando Casanova Lugo,
Ángel Trinidad Piñeiro Vázquez, Lilliana Márquez Benavides, Evelia Santillán
Ferreira, José Arce Menocal

RESPUESTA PRODUCTIVA DE VACAS LECHERAS EN PASTOREO A LA INCLUSIÓN DE ENSILADO DE TRITICALE EN SISTEMAS DE PRODUCCION DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA

[PRODUCTIVE RESPONSE OF DAIRY COWS IN SHEPHERDING TO THE INCLUSION OF TRITICALE SILAGE IN MILK PRODUCTION SYSTEMS IN SMALL SCALE]

F. J. González-Alcántara¹, C. M. Arriaga-Jordán¹, F. López-Gonzalez¹, E. Mórales-Almaraz², J. G. Estrada-Flores^{1*}

1 Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR)

2 Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Universidad Autónoma del Estado de México, Campus UAEM El Cerrillo, El Cerrillo Piedras Blancas, 50090 Toluca, Estado de México, México. * jgestradaf@uaemex.mx

RESUMEN

Se evaluó la respuesta productiva de vacas lecheras suplementadas con dos niveles de inclusión de ensilado de Triticale (*X. Triticosecale Witt.*) cv Bicentenario TCL 08 (ETB) (7.5 y 5 kg MS) en pastoreo continuo de praderas ballico perenne (*Lolium perenne*) vs Bargala (LB) y Festuca alta (*Festuca arundinacea*) (FA), y 4.64 kg MS de concentrado comercial (CT), con un arreglo de cuadro latino 4x4. Se evaluó la composición química de los alimentos y de la leche. El ensilado de triticale presento una proteína de 90.60 g/kg MS y una fibra neutro detergente de 666.77 g/kg MS. La pradera de LB obtuvo mayor cantidad de proteína en relación con FA (226.59g/kg MS, 210.9 g/kg MS) Los resultados de rendimiento de leche no presentaron diferencias entre los tratamientos evaluados (P>0.05), con un rendimiento promedio de 10.44 kg por vaca al día. Los valores correspondientes a la condición corporal y peso vivo fueron similares entre tratamientos (P>0.05); manteniendo un promedio de 2.41 para condición corporal y 486.9 kg para peso vivo. Los contenidos de grasa, proteína, lactosa y NUL en leche fueron similares entre tratamientos (P>0.05) de 36.33 g/kg, 34.15 g/kg y 10.5 g/kg respectivamente. La inclusión del ensilado de triticale en la dieta de las vacas lecheras mantiene la producción en épocas de déficit de forraje.

Palabras clave: *Lolium perenne* vs Bargala, Festuca alta, pastoreo continuo, rendimiento de leche.

SUMMARY

To evaluate the productive response of dairy cows supplemented with two inclusion levels of Triticale silage (*X. Triticosecale Witt*) cv Bicentennial TCL 08 (ETB) (7.5 and 5 kg DM) in continuous pasture of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) vs Bargala (LB) and tall fescue (*Festuca arundinacea*) (FA), and 4.64 kg of MS of commercial concentrate (TC), with a 4x4 Latin square arrangement. The chemical composition of food and milk was evaluated. The silage of triticale

presented a protein of 90.60 g/kg DM and a neutral detergent fiber of 666.77 g/kg DM. The LB meadow obtained a greater amount of protein in relation to FA (226.59 g/kg DM, 210.9 g/kg DM). The milk yield results showed no differences between the evaluated treatments (P>0.05), with an average yield of 10.44 kg per cow per day. The values corresponding to body condition and live weight were similar between treatments (P>0.05); maintaining an average of 2.41 for body condition and 486.9 kg for live weight. The contents of fat, protein, lactose and NUL in milk were similar between treatments (P> 0.05) of 36.33 g/kg, 34.15 g/kg and 10.5 g/kg respectively. The inclusion of triticale silage in the diet of dairy cows maintains production in times of forage deficit.

Keywords: *Lolium perenne* vs Bargala, tall Fescue, continuous grazing, milk yield.

Introducción

En los sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE), conocidos como sistemas familiares o de traspatio, la integración de prácticas agrícolas y ganaderas ha permitido a las familias campesinas tener un sustento económico mediante la producción y venta diaria de leche (Espinoza-Ortega *et al.* 2007). El uso de rastrojos, pastoreo de praderas cultivadas, praderas de corte y acarreo, pastoreo de pastizales nativos, así como la utilización de forrajes en fresco representan algunas de las formas de alimentación del ganado en estos sistemas. No obstante en épocas de invierno e inicio de primavera, donde los factores ambientales provocan un lento crecimiento del forraje, se hace necesario evaluar forrajes alternativos que sean de ciclo corto para ser sembrados después del cultivo tradicional, que no compitan con la alimentación humana y se adapten a los posibles efectos del cambio climático como son escasas precipitaciones y sequías prolongadas. Los forrajes de cereales de grano pequeño son una gran alternativa para tener forraje de buenos valores nutritivos ante los mencionados problemas.

El Triticale considerado como cereal de grano pequeño (Payne *et al.* 2008), resultado de la combinación de trigo (*Triticum* ssp.) con centeno (*Secale* ssp.), manteniendo las cualidades del trigo tanto en nivel proteico, como la productividad; y del centeno, su resistencia a sequías, bajas temperaturas y resistencia a enfermedades como la roya (Mellado *et al.* 2008). Una de las cualidades que lo resaltan es la alta producción de materia seca (MS), conforme avanza su desarrollo fenológico presenta menor pérdida de nutrientes en comparación con la avena, además de que puede ser utilizado en la alimentación del ganado en fresco y heno o ensilado (Mendoza-Elos *et al.* 2011). El ensilado ha demostrado mantener la calidad nutritiva de la planta, aunado a las cualidades del triticale este alimento representa una buena alternativa en la alimentación del ganado lechero. El objetivo de este trabajo fue la evaluación del efecto de la alimentación con ensilado de Triticale (*X. Triticosecale* Witt.) cv Bicentenario TCL 08 a dos niveles de inclusión sobre la respuesta productiva y composición de la leche, bajo un sistema de pastoreo continuo intensivo utilizando dos variedades de gramíneas de clima templado en SPLPE del noroeste del Estado de México.

Material y Métodos

El experimento se realizó del 2 de abril al 4 de junio de 2017, en el altiplano central de México, en el municipio de Aculco, localizado a 20° 06' Norte y 99° 50' Oeste, a una altitud de 2,440 msnm, con un clima templado subhúmedo con lluvias en verano (INEGI, 2009). ETB fue sembrado a una dosis de 120 kg/ha en noviembre del 2016, y cosechado en febrero de 2017 a los 97 días post siembra para ensilarlo, en un estado de anthesis según Zadoks *et al.* (1974). A los 58 días se abrió el ensilado, del cual en cada periodo se tomó una muestra homogénea, tomando forraje a diferentes alturas y distancias (Martínez *et al.* 2014). El periodo experimental tuvo una duración de 52 días, dividido en 4 periodos de 14 días (10 de adaptación, 4 de toma de muestras y recopilación de datos)

Se realizó el pastoreo continuo intensivo, utilizando dos praderas inducidas, la primera con pasto *Lolium perenne* cv. Bargala (LB), establecida el 6 de noviembre de 2016, la segunda con pasto *Festuca arundinacea* (FA) variedad desconocida, ambas asociadas con trébol blanco (*Trifolium repens* cv. Ladino) con una superficie de 0.83 ha. Las mediciones en las praderas se realizaron el día 14 de cada periodo. La acumulación neta de forraje (ANF) se registró como kg MS/ha, siguiendo la metodología descrita por Heredia-Nava *et al.* (2007). Se colocaron 6 jaulas de exclusión en diferentes lugares de las praderas aleatoriamente, se cortaron utilizando un cuadrante de 0.16m², con tijeras a nivel del suelo fuera de la jaula al comienzo del período y dentro a los 14 días. En cuanto a la altura de la pradera se registró con un medidor de placa ascendente, realizando 20 mediciones por parcela/período. Se realizó pastoreo simulado en cada período experimental para determinar su composición química.

A cada muestra de alimento se le determino la materia seca (MS) en un horno de aire forzado a 65 °C durante 48 horas a peso constante. Cada muestra de forraje seco, se molió con una criba de 0.2mm y se evaluaron los parámetros de calidad nutritiva. Se determinó por incineración a 550 °C en un horno de mufla la cantidad de cenizas, y por la diferencia se estimó la materia orgánica (MO), proteína cruda (PC) mediante el método de Kjeldahl (AOAC, 2007), Fibra Detergente Ácida (FAD) y Fibra Detergente Neutra (FDN) mediante el método de micro-bolsa (Ankom, 2005).

Se utilizaron 4 vacas de raza Holstein, con un peso vivo (PV) promedio de 502kg y una condición corporal de 2.3. El rendimiento de leche se registró en cada ordeño, se tomó una muestra de leche por vaca, se determinó la composición química de la leche (grasa, proteína, lactosa) con el equipo Ekomilk, la

determinación de Nitrógeno Ureico en Leche (NUL) se realizó bajo la técnica descrita por Chaney y Marbach (1962): Método Colorimétrico Enzimático. Se realizó la medición del peso vivo (kg), y se evaluó la condición corporal en el día 14 de cada periodo (Wattiaux 2013). Se compararon 4 tratamientos; T1: LB+ 7.5 kg MS ETB; T2: LB + 5 kg MS ETB; T3: FA+ 7.5 kg MS ETB; T4: FA+ 5 kg MS ETB. Las vacas pastorearon durante 8 hrs / d (de 9:00 a 17:00 h), suplementadas con 4.64kgMS de CT con 18% de PC se ofreció 50% en la mañana y 50% en la tarde y el ensilado de triticale se les suministro por la tarde. Para el análisis estadístico se utilizó un cuadro latino 4x4 siguiendo el siguiente modelo; $Y_{ijk} = \mu + T_i + V_j + P_k + e_{ijk}$, donde: Y_{ijk} : Variable respuesta; μ : Media general; T_i : efecto debido a los tratamientos (T1,2,3,4); V_j : efecto debido a las vacas; P_k : efecto debido a los periodos (I,II,III,IV); e_{ijk} : error estándar.

Resultados y discusión

En el cuadro 1 se muestra el promedio de ANF por ha y por día, la pradera de LB mostro un rendimiento de 222.45kg MS/ha y 16 kg MS/día menos que la pradera FA, cuyos resultados fueron superiores a los reportados por Plata-reyes *et al.* (2016) con una ANF para LB de 324.82 g MS/ha y 20.23 g MS/ día. La altura de la pradera de FA fue superior que la de LB por casi un centímetro. Los resultados obtenidos en este trabajo, son menores a los mencionados por Hodgson (1994) en donde la altura de las praderas destinadas para realizar pastoreo debe de ser de entre 5 a 8cm, inferior a esta altura se muestra una restricción del consumo voluntario.

Cuadro 1. Acumulación neta de Forraje (ANF) y altura

Variable	ANF (kg MS/ha)	ANF (kg MS/día)	Altura (cm)
LB	419.19	29.94	3.35
FA	641.64	45.83	4.30

LB: *Lolium perenne* (cv Bargala); FA: *Festuca arundinacea*

En la composición química de las praderas (Cuadro 2), la pradera de Festuca mostro un contenido de MS (12.7%), FND (11.9%) y FAD (12%) superior a la pradera de Bargala y un contenido menor en PC (6.9%). ETB no mostro variaciones entre los periodos con un contenido de PC de 90.60 g/kg MS, resultados inferiores a los reportados por Aguilar-Lopez *et al.* (2013) con 115 g/kg MS en un estado de grano de lechoso masoso.

Cuadro 2. Composición química de los forrajes

Variable	LB	FA	ETB	CT
MS(g/kg)	198.55	227.33	293.33	931.35
MO(g/kg MS)	883.20	879.40	878.95	858.00
PC(g/kg MS)	226.59	210.90	90.60	187.86
FND(g/kg MS)	462.18	524.71	666.77	381.96
FAD(g/kg MS)	214.93	244.36	358.73	152.40

LB: *Lolium perenne* (vs Bargala); FA: *Festuca arundinacea*; ETB: Triticale (cv Bicentenario); CT: concentrado MO: Materia Orgánica; PC: Proteína cruda; FDN: Fibra detergente Neutro; FDA: Fibra detergente Ácido

En cuanto a las variables evaluadas en los animales (Cuadro 3), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos. Con un rendimiento de leche promedio de 10.44 kg/día entre los cuatro tratamientos; se puede observar que numéricamente el T1 fue superior que los demás tratamientos. El contenido de grasa, proteína y lactosa se encuentra dentro de los parámetros establecidos en la norma mexicana NMX-700-COFOCALEC-2004. Harper *et al.* (2017) compararon ensilado de triticale y ensilado de trigo, encontraron valores de Proteína de 48 g/kg y de lactosa de 48.8 g/kg MS resultados similares a los reportados en este trabajo.

Cuadro 3. Rendimiento y composición química de la leche, peso vivo (PV) y condición corporal (CC) de las vacas

Variable	Tratamientos				Media	EEM
	T1	T2	T3	T4		
Rendimiento de Leche (kg/día)	10.85	10.35	10.17	10.40	10.44	0.29 ^{NS}
Grasa(g/kg)	34.66	36.41	36.35	37.92	36.33	0.68 ^{NS}
Proteína(g/kg)	34.80	33.47	34.06	34.26	34.15	0.82 ^{NS}
Lactosa(g/kg)	48.00	48.46	49.65	49.62	48.93	2.15 ^{NS}
NUL(mg/dL)	10.16	11.80	10.36	9.68	10.50	1.45 ^{NS}
PV (kg)	493.00	477.00	486.25	491.38	486.91	3.67 ^{NS}
CC (1-5)	2.38	2.38	2.50	2.38	2.41	0.06 ^{NS}

NUL; Nitrógeno ureico en leche; T1: LB+7.5kgMS ETB; T2: LB + 5 kg MS ETB; T3:FA+7.5 kg MS ETB; T4: FA+ 5 kg MS ETB; EEM Error Estándar de la Media, NS: p>0.05.

El NUL con un promedio de 10.50mg/dL fue inferior a los reportado por Harper *et al.* (2017), con un promedio de 12.7 mg/dL utilizando ensilado de triticale, y ligeramente inferior a lo reportado por Celis-Alvarez *et al.* (2016) con un promedio de 11.26 mg/dL, quien evaluó ensilados de maíz y avena con Ryegrass en SPLPE en la misma zona. El PV promedio obtenido fue de 486.6 kg/vaca, no se observaron diferencias estadísticas.

Conclusión

Al no observarse efecto en el rendimiento de leche, peso vivo, condición corporal y composición química de leche por el nivel de inclusión del ensilado así como de la variedad de pasto evaluado, se concluye que la integración de ETB en la alimentación del ganado lechero resulta en una opción viable para mantener la producción y calidad de la leche en los SPLPE, brindando a los animales alimento de buena calidad en épocas donde el crecimiento del forraje es lento.

Referencias

- Aguilar-López, E.Y., Bórquez, J. L., Domínguez, I.A., Morales-Osorio, A., Gutiérrez-Martínez, M. G., González, R.M. (2013). Forage Yield, Chemical Composition and In Vitro Gas Production of Triticale (X Triticosecale wittmack) and Barley (Hordeum vulgare) asociated with Common Vetch (Vicia sativa) Preserved as Hay or Silage. *Journal of Agricultural Science*. 5(2):227-238.
- Ankom. (2005). Procedures (for NDF and ADF). Ankom Technology Method. (<http://www.ankom.com/> Accessed 15 June 2015).
- AOAC International. (2007). Official Methods of analysis, Gaithersburg, MD.
- Celis-Alvarez, M.A., López-González, F., Martínez-García, C.G., Estrada-Flores, J.G., 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.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI. (2009): Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Aculco, México. Clave geoestadística 15003. Disponible en <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/15/15003.pdf> (Consultado, 12 de Agosto de 2015).
- Chaney, A.L., Marbach, E.P. (1962). Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clinical Chemistry*. 8: 130-132.
- COFOCALEC-Consejo para el Fomento de la Calidad de Leche y Sus Derivados A.C. (2004). NMX-700-COFOCALEC-2004. Sistema producto leche alimento lácteo leche cruda de vaca especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba. México, D.F.
- Espinoza-Ortega, A., Espinosa-Ayala, E., Bastida-López, J., Castañeda-Martínez, T., 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.
- Harper, T.M., Giallongo, F., Roth, G.W., Hristov, A.N. (2017). Inclusion of wheat and triticale silage in the diet of lactating dairy cow. *Journal Dairy Science*. 100:1–13.
- Heredia-Nava, D., Espinoza-Ortega, A., González-Esquível, C.E., 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 México. *Tropical Animal Health and Production*,

- 39:179-188.
- Hodgson, J. (1994). Manejo de pastos, teoría y práctica. Diana, México.
- Martínez, F.A., Argamenteoría, G.A., De la Roza, D.B. (2014). Manejo de forrajes para ensilar. Ed.: Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario. 280.
- Mellado, Z.M., Matus, T.I, Madariaga, B.R. (2008). Antecedentes sobre el triticale en Chile y otros países. Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán, Chile, Boletín INIA No. 183.
- Mendoza-Elos, M., Cortez-Baheza, E., Rivera-Reyes, J.E., Rangel-Lucio, J.A., Andrio-Enríquez, E., Cervantes-Ortiz, F. (2011). Época y densidad de siembra en la producción y calidad de semilla de triticale (*X Triticosecale Wittmack*). Agronomía Mesoamericana. 22(2):309-316.
- Payne, T.S., Amri, A., Humeid, B., Rukhkyan, N. (2008). Guías para la regeneración de germoplasma: cereales de grano pequeño. En: Dulloo M.E., Thormann I., Jorge M.A. and Hanson J., editors. Crop specific regeneration guidelines [CD-ROM]. CGIAR System-wide Genetic Resource Programme (SGRP), Rome, Italy. 12.
- Plata-Reyes, D.A., Gómez-Miranda, A., López-González, F., Domínguez-Vara, I.A., 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, SEEP. 291-296.
- Wattiaux, M.A. (2002). Grados de condición corporal. En Instituto Babcock para la investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera.
- Zadoks, J.C.T., Konzak, C. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Res. 14:415-421.

8.2.1. Constancia



La Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria otorga la presente

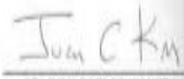
CONSTANCIA A:

F. DE J. GONZALEZ ALCATARA, C. M. ARRIAGA-JORDÁN, F. LÓPEZ-GONZALEZ, E. MORALES-ALMARAZ, J. G. ESTRADA-FLORES

POR SU PARTICIPACIÓN CON LA PONENCIA

RESPUESTA PRODUCTIVA DE VACAS LECHERAS EN PASTOREO A LA INCLUSIÓN DE ENSILADO DE TRITICALE EN SISTEMAS DE PRODUCCION DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA

EN LA XLV REUNIÓN CIENTÍFICA DE LA ASOCIACIÓN MEXICANA PARA LA PRODUCCIÓN ANIMAL Y SEGURIDAD ALIMENTARIA, La cual se llevó a cabo del 13 al 15 de junio del 2018, en la ciudad de Morelia, Michoacán.

 DR. SAMUEL PINEDA GUILLERMO PRESIDENTE DEL COMITÉ ORGANIZADOR LOCAL DIRECTOR INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS Y FORESTALES	 DR. JOSÉ HERRERA CAMACHO COORDINADOR GENERAL XLV REUNION CIENTÍFICA DE LA ASOCIACION MEXICANA PARA LA PRODUCCION ANIMAL Y SEGURIDAD ALIMENTARIA	 DR. JUAN CARLOS KU VERA PRESIDENTE ASOCIACION MEXICANA PARA LA PRODUCCION ANIMAL Y SEGURIDAD ALIMENTARIA AC.
--	---	---



Morelia, Mich., Méx.

8.3. Resultado de la estancia en el Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM)

La estancia se realizó del 4 de septiembre del 2017 al 2 de febrero del 2018 en el departamento de pastos y forrajes bajo la tutoría del jefe de departamento el Dr. Gonzalo Flores Calvete, además de desarrollar actividades en la unidad de producción de leche supervisado por responsable el Dr. César Resch Zafra.

Durante la estancia se realizó una revisión de literatura para formular un sustento teórico a los experimentos, además se realizó el registro y reporte de los datos obtenidos en campo y en el laboratorio.

El trabajo desarrollado en campo y en el laboratorio durante la estancia consistió en la toma de muestras de forrajes de los diferentes experimentos, las cuales se etiquetaron y se transportaron al laboratorio del CIAM para determinar su calidad nutritiva. Se determinó de cada muestra: materia seca en una estufa a 60 °C durante 24 horas y se evaluó su composición química (PC, FAD, FDN, EM y digestibilidad de la MS y MO), mediante el equipo de Espectroscopia del infrarrojo Cercano (NIRS). El uso del NIRS es una gran herramienta en el laboratorio por su rapidez a la hora de realizar el análisis bromatológico de los forrajes.

Como resultado de la estancia fueron tres capítulos de libro, uno como autor principal y dos como coautor en el libro “Pastoralismo y vías pecuarias. Conectando tradición e innovación”. Además de ser Coautor en el trabajo presentado en XXXIX Reunião de Primavera da Sociedade Portuguesa de Pastagens e Forragens (SPPF), “Forragens e Pastagens no Noroeste Atlantico.

8.3.1. Autor del capítulo de libro “Efecto de la aplicación de inoculante sobre la calidad fermentativa y estabilidad aeróbica de ensilados de maíz y sorgo”

CONECTANDO TRADICIÓN E INNOVACIÓN PASTORALISMO Y VIAS PECUARIAS

PASTORALISMO Y VIAS PECUARIAS

CONECTANDO TRADICIÓN E INNOVACIÓN

TERUEL, 25-29 JUNIO 2018

57ª REUNIÓN CIENTÍFICA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PASTOS

ORGANIZAN

SEPE, Colegio Oficial de Veterinarios de Teruel, Gobierno de Aragón, Diputación de Teruel, Universidad de Zaragoza, and others.

COLABORAN

European Union, ARCA, Gobierno de Aragón, Diputación de Teruel, and others.

PUBLICACIÓN PATROCINADA POR

Diputación de Teruel

EDITORAS:

S. ROIG Y O. BARRANTES

ISBN: 978-84-608-7708-0

COMITÉ CIENTÍFICO DE LA 57ª REUNIÓN CIENTÍFICA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PASTOS Y III CONGRESO NACIONAL DE VÍAS PECUARIAS Y TRASHUMANCIA

ALBANELL TRULLÀS, ELENA. UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA.
ALBIZU BEITIA, ISABEL. NEIKER-TECNALIA. DERIO. BIZKAIA.
BÁEZ BERNAL, MARÍA DOLORES. INGACAL-CIAM. XUNTA DE GALICIA.
BARTOLOMÉ FILELLA, JORDI. UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA.
BARRANTES DÍAZ, OLIVIA. UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.
BLÁZQUEZ CARRASCO, ÁNGEL. UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA.
BUSQUÉ MARCOS, JUAN. CIFA-GOBIERNO DE CANTABRIA.
CANALS TRESSERRAS, ROSA MARÍA. UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA.
CEBOLLA LOZANO, CONSUELO. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID.
CHOCARRO GÓMEZ, CRISTINA. UNIVERSITAT DE LLEIDA.
FANLO DOMÍNGUEZ, ROSARIO. UNIVERSITAT DE LLEIDA.
FERNÁNDEZ REBOLLO, PILAR. ETSIAM- UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA.
FLORES CALVETE, GONZALO. INGACAL-CIAM.
GÓMEZ GARCÍA, DANIEL. IPE-CSIC.
LEIVA MORALES, MARÍA JOSÉ. UNIVERSIDAD DE SEVILLA.
LÓPEZ-CARRASCO FERNÁNDEZ, CELIA. JUNTA DE COMUNIDADES DE CASTILLA LA MANCHA
LÓPEZ DÍAZ, JULIO ENRIQUE. INGACAL-CIAM. XUNTA DE GALICIA.
MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, ADELA. SERIDA. ASTURIAS.
OLIVEIRA PRENDES, JOSÉ ALBERTO. UNIVERSIDAD DE OVIEDO.
OLLETA CASTAÑER, JOSÉ LUIS. UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.
PÉREZ CORONA, ESTHER. UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID.
POBLACIONES SUÁREZ, MARÍA JOSÉ. UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA.
RAMO GIL, MARÍA ÁNGELES. UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.
RAMOS ANTÓN, JUAN JOSÉ. UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.
REINÉ VIÑALES, RAMÓN. UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.
ROBLES CRUZ, ANA BELÉN. ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL ZAIDÍN-CSIC. GRANADA.
RODRÍGUEZ ROJO, MARÍA DEL PILAR. UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA.
ROIG GÓMEZ, SONIA. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.
RODRÍGUEZ-VÁZQUEZ DE ALDANA, BEATRIZ. IRNASA-CSIC. SALAMANCA.
SAN MIGUEL AYANZ, ALFONSO. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.
SANTAMARÍA BECERRIL, ÓSCAR. UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA.
VICENTE MAINAR, FERNANDO. SERIDA. ASTURIAS.



ÍNDICE

SECCIÓN

PRODUCCIÓN ANIMAL CON BASE EN PASTOS

- 11 Ponencia sesión Producción Animal
Evaluación de la sostenibilidad integral y retos sanitarios en los sistemas de ovino de carne
Ana Olaizola y Marian Rama. Universidad de Zaragoza.
- 13 Efectos del porcentaje de ensilado de girasol incluido en la dieta de vacas lecheras sobre la producción y perfil de ácidos grasos de la leche. G. Salcedo, A. Villar, F. Caloto, R. Pérez.
- 22 Influencia del modo de aporte de la hierba sobre el perfil de ácidos grasos de la leche de vaca. S. de la Torre, L.J. Royo, A. Martínez-Fernández, F. Vicente.
- 31 Producción y perfil de ácidos grasos en leche de vacas en praderas del pasto subtropical Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en comparación con tres gramíneas templadas en sistemas de producción de leche en pequeña escala en México. D.A. Plata, E. Morales, C.G. Martínez-García, G. Flores, F. López-González, F. Prospero, C.L. Valdez, Y.G. Zamora, C.M. Ariaga.
- 40 Contribución a la autenticación de muestras de leche de vacas en pastoreo a partir de su composición de ácidos grasos. A. Botana, L. González, S. Pereira-Crespo, C. Resch, R. Lorenzana, M. Veiga, G. Flores-Calvete.
- 49 Predicción del perfil de ácidos grasos y autenticación del origen alimentario de la leche de vaca mediante NIRs. S. Pereira-Crespo, L. González, A. Botana, M. Veiga, C. Resch, R. Lorenzana, N. Núñez-Sánchez, G. Flores-Calvete.
- 59 Caracterización de la alimentación de los rebaños de ovino lechero de la CAPV adscritos a la DOP Idiazabal: resultados preliminares. N. Mandaluniz, I. Goñi, J. Aranz, M. Malina, A. García-Rodríguez, R. Ruiz.
- 67 ¿Es posible estimar la composición de la dieta de las vacas en función de parámetros de su leche? A. Villar, G. Salcedo, G. Flores, F. Vicente, P. Eguinoa, I. Vázquez, L. Royo, G. Mercé, B. Fernández, J. Busqué.
- 75 Identificación de dietas típicas y relación dieta-composición de la leche de vaca en explotaciones gallegas. A. Botana, L. González, S. Pereira-Crespo, C. Resch, R. Lorenzana, M. Veiga, G. Flores-Calvete.
- 84 Estimación *in situ* del contenido en nutrientes del purín de porcino por métodos rápidos. M.J. García-Pomar, D. Bóez, V. García-Souta, J. Castro, J.M. Blanco, M. Fernández-Pardo, M. Giménez, I. García-Przedo.
- 93 Dinámica de las explotaciones con vacuno lechero en España durante las tres últimas décadas: el caso de la Camisa Cantábrica. E. García, I. Vázquez, A.J. García.
- 102 Caracterización y evolución del censo ganadero de las Islas Baleares. M. Llompart, J. Gulías, J. Jaume, S. Jay, J. Cifre.
- 111 Pastoreo de avena negra para vacas en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el altiplano central de México. J.I. Vega, F. López-González, J.G. Estrada, F. Prospero, C.M. Ariaga.
- 120 Análisis de la producción ovina de alta montaña en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca. N. Delgado, A.R. Martínez-Campos, C. González Rebeles, J.G. Estrada.

SECCIÓN
BOTÁNICA Y ECOLOGÍA DE PASTOS

- 129** Ponencia sesión Botánica y Ecología de pastos
Valor de los pastos iberolevantinos como refugios de biodiversidad
Gonzalo Mateo Sanz. Universidad de Valencia.
- 133** Evolución de la vegetación tras quemas prescritas del matorral de erizón en el Pirineo aragonés. D. Gómez, D. Badía, J.L. Mora, C. Armas, S. Palacio, G. Montserrat.
- 142** Evaluación de la calidad bromatológica del erizón tras el uso de fuego prescrito para la mejora de pastos en el Pirineo Central. J.L. Mora, C. Armas, D. Badía, G. Montserrat, S. Palacio, D. Gómez.
- 151** Efecto de la quema prescrita en la composición del pasto bajo el arbolado de un bosque mediterráneo. R. Farla.
- 158** Respuesta post-incendio de una comunidad de lastonar de *Festuca scaberrima* L. en el espacio natural de Sierra Nevada. L. Levy, M.E. Ramos, M. Tognetti, J.L. González-Rebollar, A.B. Robles.
- 167** Estudio del efecto del efecto de la aplicación de quema prescrita sobre la recuperación de pastos en lanas del Pla de la Calma (Parque Natural del Montseny). J. Plaixats, M.J. Brancana, L. Martínez-Ujaldón.
- 176** Contribución de un rebaño ovino trashumante a la biodiversidad: endozoocoria. T. Quintán, R. Reiné, O. Barrantes.
- 185** El papel de los márgenes en la diversidad florística de los prados de montaña. C. Chocarro, A. Juárez.
- 194** Evolución de la superficie y usos de las parcelas de prados de siega entre 1957, 1986 y 2016 en el valle del Ésera (Pirineo de Huesca). J. Ascaso, J. Domingo, O. Barrantes, D. Guzmán, R. Reiné.
- 203** Producción herbácea en áreas pastadas y excluidas al pastoreo en la Sierra de Guadarrama. T. Martínez, J. Mbulifo.
- 212** 21 años de producción de pastos herbáceos en el CIA "Dehesón del Encinar", Oropesa, Toledo. C. López-Carrasco, S. Roig.
- 221** Valoración de la producción forrajera de Cantabria: integrando modelos de alta resolución climática y de producción de pasto. J. Busqué, D. San Martín, J. Bedía.

SECCIÓN

SILVOPASCICULTURA Y GESTIÓN DE SISTEMAS PASTORALES

- 230** Ponencia sesión Silvopascicultura y Gestión de sistemas pastorales **Boregueros: Pastoreo en el oeste americano**
Carlos Tarazona. Diputación General de Aragón.
- 234** Sostenibilidad de los sistemas de ovino de leche en Navarra. J.M. Mangado, J.M. Lasarte, M. Anáin, P. Lazkanotegi, J.M. Intxaustiandietia, P. Eguinoa.
- 245** Estructura productiva y manejo del territorio en las explotaciones con vacuno lechero de Cantabria. I. Vázquez, E. García, A.I. García.
- 253** Trashumancia y paisaje en la reserva de la biosfera de Redes (Asturias): pasado, presente y expectativas de futuro. J.A. González-Díaz, B. González-Díaz, R. Rosa.
- 262** Relación entre las unidades de ganado mayor en las explotaciones ganaderas y algunas características topográficas de las parcelas privadas en la pradería de San Juan de Plan (Huesca). A.J. Aguirre, F. Fillaí, A. Baruel, D. Gómez.
- 271** Cría de caballos autóctonos en peligro de extinción en las montañas cantábricas. Beneficios medioambientales y desafíos económicos. L. Mújica, M.V. Sorriés, R.M. Canals.
- 279** Estimación de la producción de pastos herbáceos de dehesa a diferentes escalas mediante sensores remotos. R.J. Gómez Grández, C. Aguilár, A.B. Caño, A. García, M.P. González Dugo.
- 287** Efecto de los ungulados en la acumulación de materia orgánica y la densidad aparente del suelo. M. Ibáñez, A. Romero, C. Cardona, J. Vadell, J. Bartolomé, E. Serrano, E. Baraza.
- 294** Los cortafuegos como atrayente natural para cabras asilvestradas en la prevención de incendios. J.C. Pareja, J. Bartolomé, E. Serrano, E. Baraza.
- 302** Cambios florísticos del pasto inducidos por bosta de ganado vacuno y escarabajos coprófagos en pinares (*P. pinea* L.) del P.N.de Doñana. M.J. Leiva, B. Ojeda.
- 311** Morfología de la regeneración en dehesas con distinto tipo de gestión. A. López-Sánchez, R. Perea, R. Dizo, S. Roig.
- 320** Potencial pascícola de las cubiertas naturales en cultivos de almendra de los altiplanos granadino y almeriense. M.E. Ramos, V. de Lejter, J.L. González-Rebollar, A.B. Robles.
- 329** La innovación como motor de conservación de los sistemas ganaderos extensivos de La Vera (Cáceres, España). P.M. Herrera, J. Majadas, G. Beaufoy, R. Comasco.
- 339** Análisis multi-actor de la sostenibilidad y viabilidad del sector ovino de carne en Aragón. T. Rodríguez-Ortega, D. Martín-Collado, I. Casasús, A. Olazola, A. Bernués.
- 348** Ensayo preliminar en mejora de pastos de secano en una zona marginal de la isla de Tenerife. P. Méndez, A. Sicilia, S. Álvarez, A. Reyes, F. Cubas, L.A. Bermejo.
- 357** Actuaciones de mejora en la red de dehesas del proyecto Ufe BIO-DEHESA. Prospección del efecto de la fertilización fosfórica en la composición y calidad de los pastos. P. Fernández-Rebollo, M. Losada, M.T. Hidalgo, J.R. Leal, J. Fernández Habas, R. Villar, A. García Moreno, B. Caño, R.J. Gómez Grández, M.P. González Dugo.
- 364** Efecto de la implementación del ensilado de maíz y/o pastoreo en la sostenibilidad de los sistemas de producción de leche en pequeña escala en el altiplano central de México. F. Próspero, C.G. Martínez-García, F. López-González, R. Olea, C.M. Ariaga.
- 375** La avinocultura en Xalatlaco: trashumancia local en el centro México. L. Brunett, A. Sainz-Ramírez, F. López-González, M. Rosas, C.M. Ariaga.
- 383** Preferencia del venado cola blanca en cautiverio por los principales árboles forrajeros del trópico seco centroamericano. K. López-Segovias, L.R. Rocha, E. Serrano, J. Bartolomé.

SECCIÓN PRODUCCIÓN VEGETAL

- 392** Ponencia sesión Producción Vegetal
La esparceta, un cultivo antiguo pero muy vivo
Joaquín Albar Lete. Sociedad Española de Malherbología. Universidad de Zaragoza.
- 393** Evaluación del ensilado de girasol y ensilado de maíz en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el altiplano central de México. A. Sainz-Ramírez, J.G. Estrada, E. Morales, G. Flores, F. López González, C.M. Ariaga.
- 400** El ensilado de maíz como opción viable para productores de leche en pequeña escala. C. Martínez-García, M.G. Gutiérrez Nicio, F. Próspero, J.D. García Villegas, C.M. Ariaga.
- 408** Avances en la tecnología NIRS y su aplicación al análisis de ensilados de maíz. S. Modroño, A. Soldado, A. Martínez-Fernández, B. de la Rosa.
- 417** Evaluación de la idoneidad de híbridos de maíz cultivados en Galicia para la obtención de sémola utilizada en la industria cervecera. M.J. Bande, J.L. Olmedo, P. Mari, D. Labraña.
- 424** Evaluación de genotipos promisorios de cebada (*Hordeum vulgare*) en los Andes centrales de Perú. J. Uocsa, L.R. Gómez-Pando, A. Martínez-Fernández, C.A. Gómez-Bravo.
- 434** Evaluación agronómica y nutritiva de diferentes genotipos de triticale para pienso. M.J. Poblaciones, D. Reynolds, N. Pinheiro, A. Rivera-Martín, T. García-White, S. Rodrigo, O. Santamaría.
- 443** Evaluación estacional del valor nutritivo de pastos de puerto en México. J. Martínez-Hernández, C.M. Ariaga, R. Rosa, R. Celaya, J. Valdés, J.G. Estrada.
- 452** Estrategias de mejora en la producción de biomasa herbácea y de su calidad nutritiva en pastizales y pastos de dehesa en clima semiárido mediterráneo. J. Vélez, O. Santamaría, L. Olea.
- 461** Efecto del tipo de esparceta sobre la composición química y la degradabilidad de la materia seca y del nitrógeno de los heno. D. Andueza, F. Muñoz, I. Delgado, S. Demdoun.
- 469** Comparación del valor forrajero de una nueva variedad de cebada capuchona (cv Mochona) respecto a triticale (cv Titania) en condiciones de secano. E. Albonell, R. Casals, M.J. Broncano, A. Bhadi, C.L. Manuelian, F. Balle, I. Romagosa, G. Coja.
- 478** Haba forrajera en monocultivo o asociada con raigrás italiana: rendimiento y calidad de sus ensilados. S. Baizán, F. Vicente, A. Martínez-Fernández.
- 487** Efecto de la aplicación de inoculantes sobre la calidad fermentativa y estabilidad aeróbica de ensilados de maíz y sorgo. F. González-Alcántara, A. Gómez-Miranda, D. Plata, S. Pereira-Crespo, M. Veiga, A. Botana, J. Valladares, L. González, C. Resch, G. Flores-Calvete.
- 496** Efectos de la disponibilidad de agua sobre el rendimiento, composición química y valor nutricional de maíz, girasol y sorgo cosechados para forraje en la zona seca de Galicia. A. Gómez-Miranda, F. González-Alcántara, D. Plata, S. Pereira-Crespo, A. Botana, J. Valladares, M. Veiga, C. Resch, G. Flores-Calvete.
- 505** Efecto de la disponibilidad de agua y de la inoculación con micorizas sobre el rendimiento y valor nutricional del cultivo de maíz forrajero en la zona interior de Galicia. D. Plata, F. González-Alcántara, A. Gómez-Miranda, S. Pereira-Crespo, A. Botana, J. Valladares, M. Veiga, C. Resch, G. Flores-Calvete.

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE INOCULANTE SOBRE LA CALIDAD FERMENTATIVA Y ESTABILIDAD AERÓBICA DE ENSILADOS DE MAÍZ Y SORGO

**F. González-Alcántara^{1,2}, A. Gómez-Miranda^{1,2}, D. Plata-Reyes^{1,2}, S. Pereira-Crespo³, M. Veiga²,
A. Botana², L. González², C. Resch², G. Flores-Calvete²**

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario 100, 50000 Toluca (México). ²Instituto Galego de Calidade Alimentaria.

Centro de Investigación Agrarias de Mabegondo (INGACAL-CIAM). Apdo. 10, 15080 A Coruña.

³Laboratorio Interprofesional Galego de Análise do Leite (LIGAL), Mabegondo, 15318 Abegondo, A Coruña. Correspondencia: gonzalo.flores.calvete@xunta.es

Resumen

En este trabajo se evaluó el efecto de la especie forrajera (maíz vs. sorgo) y el uso de un aditivo biológico (un inoculante comercial a base de bacterias lácticas vs. un control sin aditivo) sobre la calidad nutricional y fermentativa y la estabilidad aeróbica en silos de laboratorio. El ensilado de maíz mostró un menor contenido en fibra neutro detergente y un mayor valor energético (unidades forrajeras leche, UFL) de la materia seca (MS) en comparación con el ensilado de sorgo (39,7 vs. 61,5 % MS y 0,97 vs. 0,76 UFL kg⁻¹ DM, respectivamente). La calidad fermentativa de los ensilados de ambas especies fue adecuada, sin diferencias apreciables entre tratamientos de aditivo. El tiempo de exposición al aire para que el forraje alcance una diferencia de +2 °C con la temperatura ambiente fue significativamente más elevado (40,6 vs. 36,4 h) y el tiempo para alcanzar la temperatura máxima fue asimismo superior (48,9 vs. 45,8 h) para los ensilados con inoculante. Se concluye acerca de la buena ensilabilidad del maíz y del sorgo y del efecto positivo del inoculante sobre la estabilidad aeróbica del ensilado.

Palabras clave: cultivo de verano, silos de laboratorio, *Lactobacillus buchneri*, deterioro aeróbico.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es el cereal más usado como forraje ensilado en las explotaciones de vacuno de leche de Galicia debido a su alta productividad, elevado contenido en energía y facilidad para ensilar correctamente. Actualmente, el cultivo del maíz forrajero en Galicia ocupa aproximadamente 60 mil ha, representando más del 65 % del total de la superficie de este cultivo

en España y contribuye de forma decisiva a la alimentación del rebaño lechero de la comunidad autónoma gallega, estimándose que aproximadamente el 70 % de la leche producida en Galicia procede de dietas en las que el ensilado de maíz es el forraje mayoritario (Flores *et al.*, 2017).

En determinadas zonas lecheras del interior de Galicia, la variabilidad en las precipitaciones de verano compromete los rendimientos de maíz obtenidos, en particular en el caso de suelos arenosos y con escasa profundidad. En tales condiciones, el cultivo de sorgo forrajero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) se considera una alternativa para la producción de forraje ensilado, debido a su tolerancia a condiciones de escasez de agua y nutrientes comparado con el maíz (Farré y Faci, 2006).

Entre las ventajas del maíz y del sorgo para su utilización como ensilados se cuenta, de forma decisiva, la capacidad para fermentar correctamente. Sin embargo, el alto contenido en carbohidratos no estructurales de los ensilados de estas especies, los convierte en un medio proclive a la multiplicación de levaduras y de mohos frente a la entrada de aire en el silo o su exposición al aire una vez abierto. El deterioro aeróbico es uno de los principales problemas que afectan a la conservación y la calidad higiénica de los ensilados, y en particular los de maíz, ocasionando no sólo una disminución del valor nutricional, sino que, además, pueden tener un efecto negativo en la calidad de la leche y en la salud animal y humana (Driehuis y Oude Elferink, 2000).

El uso de inoculantes en cuya composición están presentes bacterias lácticas heterofermentativas, como *Lactobacillus buchneri*, actúan eficazmente contra los mohos y levaduras, mejorando la estabilidad aeróbica de ensilados de maíz y sorgo (Filya, 2003).

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de la aplicación de un inoculante con una mezcla de bacterias lácticas homo y heterofermentativas sobre la calidad de conservación y la estabilidad aeróbica de ensilados de maíz y de sorgo.

MATERIAL Y MÉTODOS

El cultivo del forraje utilizado en este ensayo se realizó en la finca del CIAM en Mabegondo (A Coruña), zona costera de clima atlántico a 100 m de altitud, en condiciones de seco. Se evaluaron dos cultivos forrajeros de verano, maíz (*Zea mays* L. cv Sensor) y sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench cv PR84F). La siembra se realizó entre el 16 y 18 de mayo de 2017 con una sembradora de precisión ajustada a una densidad teórica de 200 000 y 110 000 plantas

ha⁻¹ para sorgo y maíz, respectivamente. La floración del maíz tuvo lugar alrededor del 1 de agosto y la del sorgo dos semanas después, realizándose la cosecha de ambos cultivos el 25 de septiembre, coincidiendo con un estado de la línea de leche de entre $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ para el maíz y el estado del grano lechoso-pastoso para el sorgo.

En la fecha citada se cortaron manualmente un total de 50 plantas de cada especie, a una altura de 15 cm de la base, siendo posteriormente picadas por separado con una trituradora de forrajes VIKING. De cada cultivo se tomaron dos alícuotas de aproximadamente 12 kg cada una, sobre una de las cuales se aplicó con un pulverizador manual una solución del inoculante SORBENSYL Soluble® (STI Biotechnologie, compuesto por *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus rhamnosus* y *Lactococcus lactis*), a la dosis recomendada por el fabricante y sobre la otra alícuota un volumen igual de agua utilizando el mismo procedimiento (tratamientos de inoculante y control, respectivamente). Posteriormente, para cada combinación de factores (especie e inoculante), se elaboraron 5 silos de laboratorio (repeticiones) en bolsas de polietileno, dentro de un tubo de PVC de 2,2 L de capacidad útil y con sistema de control de efluente, según el diseño y procedimiento descrito por Flores *et al.* (1997). Se realizaron un total de 20 silos de laboratorio, siendo registrado el peso neto del forraje en el momento de confeccionar los silos y a los 60 días, momento en el que se procedió a la apertura de los mismos. Sobre muestra fresca de forraje de cada silo se determinó el contenido en materia seca (MS) mediante secado en estufa de aire forzado a 80 °C durante 16 horas y la capacidad tampón (CT) según la metodología descrita por Playne y McDonald (1966).

A la apertura de los silos se registró la variación de peso de cada unidad experimental y se calculó la pérdida de materia seca en porcentaje sobre el peso inicial. Se tomaron muestras del forraje extraído de cada silo y se determinó el contenido en MS por secado en estufa de aire forzado a 80 °C durante 16 horas, siendo este valor corregido por la pérdida de volátiles en la estufa (MSc) aplicando los coeficientes de volatilidad propuestos por Dulphy y Demarquilly (1981). Sobre las muestras (forraje fresco y ensilado) secas y molidas a 1 mm, mediante modelos de predicción NIRS desarrollados en el CIAM, se determinaron los siguientes parámetros: materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), fibra ácido detergente (FAD), fibra neutro detergente (FND) y almidón (AMD) de ambas especies y la digestibilidad de la materia orgánica (DMO) del maíz forrajero. En ausencia de calibraciones NIRS para estimar la digestibilidad del sorgo, el valor de DMO se calculó según la expresión $DMO=73,39-0,5594FAD$ obtenida a partir de datos de Chibani *et al.* (2010).

La calidad fermentativa de las muestras de los ensilados de sorgo se determinó por métodos de referencia. Sobre el extracto de 50 g de muestra fresca de ensilado, macerada a temperatura ambiente durante 2 horas en 150 ml de agua destilada, se determinó el pH, nitrógeno amoniacal (N-NH₃) con un electrodo selectivo (Orion) y el nitrógeno soluble (Nsol) mediante digestión macro Kjeldahl. Los ácidos de fermentación (láctico, LCT; acético, ACT) se determinaron por cromatografía de gases según la metodología descrita por Stern y Endres (1991). Los parámetros de N-NH₃ y Nsol se refirieron al nitrógeno total y los ácidos de fermentación a materia seca. En el caso de los ensilados de maíz los parámetros de calidad fermentativa se determinaron mediante espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) mediante calibraciones obtenidas en el CIAM.

Las determinaciones de estabilidad aeróbica se realizaron en cámara isoterma a 20 °C, según O'Kiely (1993). Cada media hora durante siete días, utilizando un registrador automático de temperaturas (Squirrel Serie 100, Eltek Data Loggers) se registró la evolución de la temperatura de una alícuota de 400 g de muestra por cada silo de laboratorio que estaban depositadas dentro de sendas cajas de poliestireno de 35 x 23 x 8 cm, dotadas con tapa, en las cuales se habían practicado dos orificios para la entrada de aire y colocado un termopar conectado al registrador. Otros ocho termopares se utilizaron para medir la temperatura ambiente de la cámara, siendo calculada la diferencia de temperaturas (Tdif) entre el ambiente y el interior de cada caja aireada. Se utilizaron tres índices de estabilidad aeróbica propuestos por O'Kiely (1993): la diferencia de temperaturas máxima (Tdif max), el tiempo (h) hasta que la diferencia de temperaturas, Tdif, superó 2 °C (HORAS Tdif > 2) y el tiempo (h) hasta que se alcanzó la diferencia máxima de temperaturas (HORAS Tdif máx).

Siguiendo un modelo factorial especie x inoculante, con cinco repeticiones, el análisis estadístico se realizó mediante ANOVA, utilizando el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS/STAT v 9.2 (SAS Institute, 2009) considerando fijos los factores especie e inoculante, y aleatorio la repetición.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestra la composición química y valor nutritivo del forraje fresco de maíz y sorgo antes de ensilar. El ensilado de maíz mostró un contenido en MS (36,4 vs. 28,1 %), AMD (34,1 vs. 9,0 % MS) y DMO (74,4 vs. 61,0 %) claramente superior al ensilado de sorgo y un contenido en PB ligeramente menor (6,2 vs. 6,4 % MS). La capacidad tampón del forraje fresco fue

baja en ambos casos, pero el sorgo mostró un valor superior al del maíz (181 vs 135 meq kg MS⁻¹). Las diferencias observadas en la composición química y digestibilidad del maíz y sorgo en estado fresco se mantienen para el forraje ensilado (Tabla 2).

Tabla 1. Composición química y valor nutricional del forraje de maíz y sorgo antes de ensilar.

Especie	MS	MO	PB	FND	FAD	AMD	DMO	UFL
Maíz	38,8	97,8	6,2	39,3	19,8	34,1	74,4	1,01
Sorgo	30,2	96,2	6,4	61,6	32,8	9,0	61,0	0,78
<i>p</i>	***	***	*	***	***	***	***	***

MS: materia seca (%); MO: materia orgánica (% MS); PB: proteína bruta (% MS); FND: fibra neutro detergente (% MS); FAD: fibra ácido detergente (% MS); AMD: almidón (% MS); DMO: digestibilidad de la materia orgánica (%); UFL: unidades forrajeras leche (kg⁻¹ MS); *p*: significación del test F en el ANOVA (*: *p*<0,05; ***: *p*<0,001).

Los silos de laboratorio de maíz y sorgo no produjeron efluente, en consonancia con el alto contenido en MS del forraje ensilado, superior o igual al 30% en ambos casos. Tampoco se observó forraje deteriorado aeróbicamente a la apertura de los silos y las pérdidas de MS son atribuibles, por tanto, fundamentalmente a los fenómenos de respiración aerobia durante la manipulación del forraje fresco y la subsiguiente fermentación que tuvo lugar tras el cierre de los silos. El nivel de pérdidas de MS para ambos cultivos fueron reducidas (7,5 y 8,6 % de la MS total ensilada inicialmente para maíz y sorgo, respectivamente), siendo significativamente superiores para el sorgo y no afectadas por el uso de inoculante. En cuanto a la calidad de fermentación, en ambos casos fue satisfactoria según los criterios recomendados por Dulphy y Demarquilly (1981), con niveles de pH inferiores a 4,0 y valores de N amoniacal y soluble por debajo de los niveles que denotan una fermentación correcta (10 y 50 % sobre N total, respectivamente). No se observó un efecto significativo del uso de inoculante sobre la composición química, digestibilidad y valor energético de los ensilados de maíz y de sorgo.

Tabla 2. Efecto de la especie y el uso de inoculante sobre la composición química, valor nutricional, calidad fermentativa y estabilidad aeróbica del ensilado.

	EFECTOS PRINCIPALES						INTERACCIÓN E*I				
	ESPECIE (E)			INOCULANTE (I)			Maíz		Sorgo		
	Maíz	Sorgo	<i>p</i>	CTRL	INOC	<i>P</i>	CTRL	INOC	CTRL	INOC	<i>P</i>
MS	36,4	28,1	***	32,3	32,3	NS	36,3	36,4	28,2	28,1	NS
MO	96,8	96,0	***	96,4	96,4	NS	96,7	96,8	96,0	96,0	NS

El triticale como recurso forrajero en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el noroeste del Estado de México

PB	6,3	6,7	***	6,4	6,5	NS	6,2	6,3	6,6	6,7	NS
FND	39,7	61,5	***	50,4	50,8	NS	39,5	39,9	61,3	61,7	NS
FAD	22,2	34,4	***	28,3	28,3	NS	22,1	22,2	34,5	34,4	NS
AMD	35,1	9,1	***	22,3	21,9	NS	35,3	34,9	9,3	9,0	NS
DMO	72,9	60,1	***	66,5	66,5	NS	72,9	72,8	60,1	60,1	NS
UFL	0,97	0,76	***	0,87	0,87	NS	0,97	0,97	0,76	0,76	NS
Ph	3,71	3,70	*	3,70	3,71	NS	3,71	3,71	3,69	3,70	NS
LCT	4,6	7,2	***	6,3	5,5	**	4,7	4,6	8,0	6,5	**
ACT	1,8	2,5	***	2,0	2,3	**	1,6	2,0	2,5	2,5	*
N-NH ₃	4,8	5,1	***	5,1	4,8	**	5,0	4,6	5,2	5,1	NS
Nsol	43,6	36,1	***	39,9	39,8	NS	43,7	43,5	36,2	36,1	NS
PERDMS	7,5	8,6	*	8,0	8,1	NS	7,2	7,8	8,7	8,4	NS
Hora Tdif > 2	38,8	38,2	NS	36,4	40,6	*	35,4	42,2	37,4	39,0	NS
Tdif max(°C)	10,6	12,6	NS	12,5	10,7	NS	12,4	8,8	12,6	12,6	NS
Hora Tmax	48,5	46,2	NS	45,8	48,9	*	46,1	50,8	45,4	46,9	NS

MS: Materia seca; MO: materia orgánica (% MS); PB: proteína bruta (% MS); FND: fibra neutro detergente (% MS); FAD: fibra ácido detergente (% MS); AMD: almidón (% MS); DMO: digestibilidad de la materia orgánica (%); UFL: unidades forrajeras leche (UFL kg⁻¹ MS); LCT: láctico (% MS); ACT: acético (% MS); N-NH₃: Nitrógeno amoniacal (% Nitrógeno total); Nsol: Nitrógeno soluble (% Nitrógeno total); PERDMS: Pérdida de MS; INOC: inoculante; p: significación del test F en el ANOVA (NS: no significativo; *: p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001).

El inoculante no modificó significativamente el pH de los ensilados, que se mantuvo en el entorno de 3,70 para ambos cultivos. La concentración de ácido láctico fue superior para el tratamiento control comparado con el inoculante, mientras que el contenido en acético fue superior para este último, con valores medios de 6,3 vs. 5,5 % MS para el ácido láctico y de 2,0 y 2,3 %MS para el acético, tratamientos control e inoculante, respectivamente. Esto se corresponde con el efecto de la actividad de los lactobacilos heterofermentativos productores de ácido acético presentes en el producto comercial, concordando con lo descrito por otros autores en ensayos similares (Fernández-Lorenzo *et al.*, 2007; Filya, 2003). Por otra parte, los ensilados tratados con inoculante mostraron un contenido en N amoniacal significativamente inferior al del tratamiento control (4,8 vs. 5,1 % del N total), no habiendo diferencia en cuanto a la proporción de N soluble, que fue muy baja e inferior al 40% del N total, tanto para el tratamiento control como para el de inoculante. Globalmente, ambos cultivos desarrollaron una fermentación correcta incluso en el

tratamiento control, confirmando por tanto su buena ensilabilidad.

En cuanto a los parámetros de estabilidad aeróbica de los ensilados, no se aprecian diferencias entre ambos cultivos, cuando se promedian los valores de los ensilados tratados o no con inoculante. Como media, se alcanza una diferencia de +2 °C con la temperatura ambiente a las 38 h de exposición del forraje al aire. Esta diferencia alcanzó un máximo de 10,6 °C a las 48,5 h para el caso del maíz y de 12,6 °C a las 46,2 h para el del sorgo, sugiriendo una menor estabilidad aerobia del sorgo, probablemente influenciada por un mayor contenido en azúcares solubles en la planta fresca en el momento de ensilar (no mostrados en las tablas) derivado de un estado menos maduro del grano. Los ensilados tratados con inoculante mostraron una estabilidad aeróbica ligera pero significativamente superior a los no tratados. El tiempo de exposición al aire para que el forraje alcance una diferencia de +2 °C con la temperatura ambiente fue significativamente más elevado (40,6 vs. 36,4 h) y el tiempo para alcanzar la temperatura máxima fue asimismo superior (48,9 vs. 45,8 h) para los ensilados con inoculante. Diversos autores han relacionado el efecto positivo de la aplicación de un inoculante con *Lactobacillus buchneri* sobre la estabilidad aeróbica del ensilado con el mayor contenido en acético que actúa inhibiendo la proliferación de hongos y levaduras (Fernández-Lorenzo *et al.*, 2007; Filya, 2003).

El comportamiento de los ensilados de maíz y de sorgo fue globalmente uniforme respecto al uso o no del inoculante, como demuestra la ausencia de interacciones significativas para la mayor parte de las variables estudiadas. Sólo se detectó un efecto significativo de la interacción especie x inoculante respecto de la concentración de los ácidos láctico y acético en los ensilados. En el primer caso, el contenido de láctico no se ve afectado por la inoculación del forraje en el caso del maíz, pero si en el del sorgo, donde dicho contenido se ve significativamente reducido por el uso de aditivo (valores de 4,7 y 4,6 % MS para el maíz y 8,0 y 6,5 % MS para el sorgo, respectivamente). En el segundo caso, el contenido en acético del ensilado tratado con inoculante se incrementó para el maíz, mientras que no varió para el sorgo, siendo observados valores medios de 1,6 y 2,0 % MS para el maíz y de 2,5 y 2,5 % MS para el sorgo, respectivamente. Estas diferencias podrían atribuirse a la menor capacidad tampón y mayor contenido en MS del maíz, donde la fermentación se detendría a una concentración de láctico inferior a la alcanzada en el caso del sorgo.

CONCLUSIONES

El ensilado de maíz mostró un mayor valor energético y un menor valor proteico en

comparación con el ensilado de sorgo. Ambos forrajes fermentaron correctamente y los ensilados obtenidos mostraron una calidad fermentativa satisfactoria. La utilización del inoculante mostró un efecto positivo con respecto a la estabilidad de los ensilados tras su apertura y contacto con el aire.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por los proyectos ATT 2017/181 de la Xunta de Galicia y RTA2014-0086-C03-03 del INIA. Felipe González Alcántara, Aida Gómez Miranda y Dalia Plata Reyes realizaron una estancia en el CIAM en 2017/2018 becada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del Gobierno de México.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chibani C., Chabaca R. y Boulberhane D. (2010) Fourrages algériens. 1. Composition chimique et modèles de prédiction de la valeur énergétique et azotée. *Livestock Research for Rural Development*, 22(8), 1-11.

Driehuis F. y Oude Elferink S.J. (2000) The impact of the quality of silage on animal health and food safety: a review. *Veterinary Quarterly*, 22(4), 212-216.

Dulphy J.P. y Demarquilly C. (1981) Problèmes particuliers aux ensilages. En: Andrieu J. *et al.* (eds). *Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants*, 81-104. Versailles, Francia: INRA Public.

Farré I. y Faci J.M. (2006) Comparative response of maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) to deficit irrigation in a Mediterranean environment. *Agricultural Water Management*, 83, 135-143.

Fernández-Lorenzo B., Barreal L.M., Flores G., González A.A., Valladares J., Pereira S. y Cardelle M. (2007) Estabilidad aeróbica y calidad fermentativa e higiénica de ensilados de maíz. Efecto de la fecha de aprovechamiento y del uso de inoculantes. *Pastos*, 37(1), 71-80.

Filya I. (2003) The effect of *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria, on the fermentation, aerobic stability and ruminal degradability of wheat, sorghum and maize silages. *Journal of Applied Microbiology*, 95, 1080-1086.

Flores G., González-Arráez A. y Castro J. (1997) Evaluación de la utilidad de dos tipos de silos a pequeña escala para experimentación en calidad de ensilados. En: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca (eds) *Los pastos extensivos: Producir conservando*, pp. 373-378. Sevilla-Huelva, España: SEEP.

Flores-Calvete G., Martínez-Fernández A., Doltra J., García A. y Eguinoa P. (2017) Encuesta sobre estructura y sistemas de alimentación de las explotaciones lecheras de Galicia, Cornisa Cantábrica

y Navarra. Proyecto INIA-RTA2012-00065-C05. INTIA, 52 pp. <http://ciam.gal/pdf/informeinia.pdf>

O'Kiely P. (1993) Influence of partially neutralised blend of aliphatic organic acids on fermentation, effluent production and aerobic stability of autumn grass silage. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 32, 12-26.

Playne M.J. y McDonald P. (1966) The buffering constituents of herbage and of silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 17(6), 264-268.

SAS INSTITUTE (2009) SAS/Stat User's Guide, v.9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

Stern M. y Endres M. (1991) *Laboratory manual. Research techniques in ruminant nutrition*. University of Minnesota, USA: Department of Animal Science.

Effect of use of inoculant on fermentation quality and aerobic stability of sorghum and maize silages

Summary

In the present work the effect of forage specie (maize vs. sorghum) and application of a biological additive (commercial inoculant vs. control without additive) on the nutritive value, the fermentation quality and the aerobic stability of silages was studied. The forages were ensiled in laboratory silos in a factorial design (species x additive) with five replications. Maize silage showed a lower neutral detergent fiber content and a higher energy content (milk forage units, UFL) in the dry matter (DM) compared with sorghum silage (39.7 vs. 61.5 % DM and 0,97 vs. 0,76 UFL kg⁻¹ DM, respectively). The fermentative quality of both crop species was adequate, without appreciable differences between additive treatments. The time of exposure to air for the ensiled forage to reach a temperature gradient over 2 °C above the ambient temperature was significantly higher (40.6 vs. 36.4 h), so was the time to reach the maximum temperature (48.9 vs. 45.8 h) for inoculant-treated silages. It is concluded about the good ensilability of both maize and sorghum forage and the positive effect of the inoculant on the aerobic stability of silages.

Key words: summer crop, laboratory silos, *Lactobacillus buchneri*, aerobic deterioration.

8.3.2. COAUTOR: EFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA Y DE LA INOCULACIÓN CON MICORRIZAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y VALOR NUTRICIONAL DEL CULTIVO DE MAÍZ FORRAJERO EN LA ZONA INTERIOR DE GALICIA

D. Plata-Reyes^{1,2}, F. González-Alcántara^{1,2}, A. Gómez-Miranda^{1,2}, S. Pereira-Crespo³, A. Botana², M. Veiga², C. Resch², G. Flores-Calvete²

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario 100, 50000 Toluca (México). ²Instituto Galego de Calidade Alimentaria. Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (INGACAL-CIAM). Apdo. 10, 15080 A Coruña. ³Laboratorio Interprofesional Galego de Análise do Leite (LIGAL), Mabegondo, 15318 Abegondo, A Coruña. Correspondencia: gonzalo.flores.calvete@xunta.es

Resumen

En este trabajo se evaluó la influencia de la inoculación de la semillas con micorrizas arbusculares sobre el rendimiento y valor nutricional del cultivo de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en condiciones de regadío y de secano, en la zona interior de la provincia de Lugo (Galicia, NO de España) durante el verano de 2017. El riego se efectuó por goteo con una dosis total de 300 mm entre mediados de julio y comienzos de septiembre. El rendimiento por hectárea de materia seca (MS), de proteína bruta (PB) y de energía (unidades forrajeras leche, UFL) se incrementó significativamente por el riego del cultivo en un 43%, 68% y 47%, respectivamente, en comparación con el secano. La micorrización aumentó significativamente el rendimiento de PB (21%) y de UFL (10%) por hectárea, siendo este efecto semejante para el cultivo en secano y en regadío. Se concluye acerca de la importante mejora del rendimiento del maíz irrigado en las condiciones de la Galicia interior y la uniformidad de la respuesta a la inoculación con micorrizas del maíz, en particular referida a la producción de proteína por hectárea, independientemente de la disponibilidad de agua.

Palabras clave: cultivo de verano, déficit hídrico, simbiosis micorrizado arbuscular, rendimiento, calidad nutritiva.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del maíz protagonizó el proceso de intensificación forrajera de las

explotaciones lecheras gallegas desde mediados de los años 80 del pasado siglo hasta la actualidad. Ante la reducida disponibilidad de tierras para ampliar la base territorial, muchas explotaciones recurrieron a la ampliación de la superficie de cultivo del maíz para reducir la dependencia de alimentos del exterior. Actualmente, el cultivo del maíz forrajero en Galicia ocupa aproximadamente 60 mil ha, representando más del 65 % del total de la superficie de este cultivo en España y contribuye de forma decisiva a la alimentación del rebaño lechero. Según estimaciones de Flores *et al.* (2017), un 40% de la leche de vaca producida en Galicia en el año 2014 procedía de raciones tipo “ensilado de maíz”, donde la proporción de ensilados de maíz y de hierba en la MS forrajera de la dieta de las vacas era, respectivamente el 58% y el 25%, mientras que el volumen de leche producida con raciones tipificadas como “ensilado de hierba y de maíz” (donde la proporción de dichos ensilados era, respectivamente, 45% para el ensilado de hierba y 38% para el maíz) representaría aproximadamente un tercio del total producido en esta comunidad. La alta productividad, el elevado valor energético y la facilidad para ensilar correctamente son razones que explican la importancia creciente del cultivo de maíz forrajero en las granjas lecheras gallegas, siendo utilizado habitualmente en rotaciones intensivas de dos cultivos por año con raigrás italiano como cultivo de invierno. Este sistema, sin embargo, no está exento de riesgos y dificultades derivadas del cultivo en suelos inadecuados para el cultivo del maíz por su excesiva pendiente y/o poca profundidad y sobre todo por razones climáticas, en la que la incidencia de la sequía estival, especialmente severa en zonas del interior de Galicia, limita la productividad de este cultivo forrajero.

La simbiosis micorrízico-arbuscular (MA) supone una estrategia efectiva que confiere a las plantas micorrizadas una mayor resistencia frente al estrés abiótico por déficit hídrico (Subramanian *et al.*, 1997). Este fenómeno ha sido ampliamente estudiado ya que puede suponer un mecanismo para mejorar la producción agrícola en las zonas afectadas por la sequía. Las micorrizas constituyen una matriz en la que el suelo forma agregados, con mejor estructura y aireación, y con ello mayor número de organismos que viven en comunidades rizosféricas estables que permiten la formación de una fase orgánica desarrollada, mejorando la presencia de nutrientes y la retención de agua, imprescindibles en periodos de sequía. Con el fin de aumentar la tolerancia de los cultivos

frente a situaciones de estrés abiótico, es de interés evaluar alternativas que incrementen la producción al favorecer el desarrollo radicular, la absorción de nutrientes, aumentar la eficiencia de los fertilizantes, mejorar la fertilidad y microflora del suelo para favorecer el incremento de la producción forrajera.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la influencia de la micorrización arbuscular sobre el rendimiento y valor nutricional del cultivo de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en condiciones de riego óptimo y de estrés hídrico, en la zona interior de la provincia de Lugo (Galicia, NO de España).

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó durante el periodo comprendido entre mediados de mayo y finales de septiembre de 2017, en las tierras agrícolas de la Fundación José Luís Taboada, situadas en Cartelos (Carballedo, Lugo), ubicadas en el interior de Galicia (42° 34' N, 7° 51' W), en una zona de clima continental a 600 m de altitud, de inviernos fríos, húmedos y veranos cálidos y secos, con suelos de textura franco arenosa, con pH 6,4 y unos niveles de 52 mg L⁻¹ de P (Olsen, extraído en NaHCO₃) y 263 mg L⁻¹ de K (extraído en NH₄NO₃).

El ensayo se realizó en rotación con un cultivo invernal de leguminosas anuales y el área experimental se preparó siguiendo un diseño en parcelas divididas (parcela principal: inoculación de la semilla con micorrizas vs. control sin inóculo, subparcela: riego vs. secano) con cinco repeticiones. Cada parcela elemental (repetición) tenía una superficie de 192 m² (12 m x 16 m) en las que se sembraron 16 líneas de cultivo, con una separación de 75 cm entre líneas. El laboreo consistió en el alzado del suelo con arado de vertedera seguido de un pase de grada rotativa vertical, aplicando posteriormente una fertilización de 200 kg de N, 80 kg de P₂O₅ y 150 kg de K₂O por hectárea. La variedad de maíz utilizada en el ensayo fue Fenelon, híbrido de ciclo medio, que se sembró el 16 de mayo de 2017 con una sembradora de precisión ajustada a una densidad teórica de 90 x 10³ plantas ha⁻¹. Se realizó un tratamiento herbicida en preemergencia con Camix (Mesotriona 4 % + Metolacloro 40 %), a una dosis de 5 L ha⁻¹. En la siembra de una de las parcelas principales se utilizó semilla recubierta con inóculo micorrízico COVERON MIX de WAM® (compuesto por *Glomus intraradices* y *Glomus mosseae*), aplicado según la dosis recomendada por el fabricante, sembrándose en la otra semilla sin inocular.

En una de las dos mitades de cada parcela elemental se instaló un sistema de riego

por goteo mediante la colocación en superficie de tubos flexibles con goteros integrados a 30 cm, situando un tubo por cada dos surcos de maíz que aplicó una dosis total de 300 mm desde mediados de julio hasta comienzos de septiembre. La otra mitad no recibió ningún aporte hídrico durante el ensayo. El forraje en ambas parcelas fue cosechado el 26 de septiembre, estando el maíz en un estado de entre $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$ de la línea de leche.

La cosecha de cada parcela elemental se realizó manualmente, cortando las plantas de dos transectos de 2 m en las líneas centrales, a una altura aproximada de 12 cm del suelo, midiéndose la altura de la planta y diámetro del tallo a 15 cm de la base. Del total de la biomasa cosechada, se tomó una muestra de planta entera (PE) y se separaron manualmente las fracciones mazorca (MZ) y parte vegetativa (PV) constituida por hojas, tallos y espigas. Cada fracción fue pesada y troceada por separado en una picadora de forrajes VIKING, por cuarteos sucesivos, se tomó una alícuota de aproximadamente 1000 g de cada fracción y de la PE. La determinación de materia seca se realizó en estufa de aire forzado Unitherm, a 80 °C durante 16 h y fue seguida por la molienda de las muestras secas en un molino de martillos con tamiz de 1 mm. La composición química y valor nutricional de las muestras se estimó mediante espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS), utilizando las calibraciones desarrolladas en el CIAM para la estimación de los contenidos en materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), almidón (AMD) y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DMOIV), siendo calculado posteriormente el contenido en energía neta y expresado en Unidades Forrajeras Leche (UFL).

El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA considerando la disponibilidad de agua (regadío vs. seco) y la aplicación de micorrizas (control vs. semilla micorrizada) como factores fijos y la repetición como factor aleatorio, seguida de la comparación de medias por el test de Duncan, en caso de significación del test F en el ANOVA. El procedimiento utilizado fue PROC GLM de SAS (SAS Institute, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestra la temperatura media y la precipitación acumulada mensual en el período de mayo a septiembre, comparada con los valores medios de 9 años para la zona. Como puede observarse, el cultivo se realizó en condiciones de temperatura ligeramente superior a la media y con una pluviometría acumulada similar a

la media de los últimos 9 años, pero con una distribución menos uniforme a lo largo del ensayo. Durante el desarrollo del cultivo no se observaron problemas de encamado, especies adventicias, plagas y enfermedades ni ataques de pájaros.

Tabla 1. Valores de temperatura media y precipitación acumulada mensual en Cartelos en 2017 y medias para la zona (2008-2016).

		Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Período ensayo
Temperatura media (°C)	2017	16,7	19,7	20,9	20,6	16,8	18,9
Media		14,4	17,8	20,0	20,1	18,2	18,1
Precipitación (mm)	2017	86,5	29,9	6,4	41,0	11,2	174,9
Media		67,8	30,9	18,4	15,0	43,5	175,5

La Tabla 2 muestra los resultados relativos a altura de la planta, diámetro del tallo, porcentaje de mazorca en la biomasa total y rendimiento. Las plantas cultivadas en ausencia de riego mostraron una menor altura (202 vs. 236 cm) y un menor porcentaje de mazorca en la biomasa total (50,1 vs. 53,5 %). La extracción por hectárea de materia seca, proteína y energía del cultivo de maíz en regadío fueron 18 447 Kg MS ha⁻¹, 1 080 Kg PB ha⁻¹ y 17 451 UFL ha⁻¹ superando en un 43%, 68% y 47 %, respectivamente, a la registrada en secano. En Lugo, López-Cedrón *et al.* (2006), en un estudio en el que evaluaron durante 5 años el efecto del riego por aspersión sobre la productividad de maíz forrajero, indicaron un incremento que osciló desde un 18 hasta un 62 %, dependiendo de la severidad de la sequía.

Tabla 2. Efecto de la disponibilidad de agua y la micorrización sobre la altura de la planta, diámetro del tallo y producción de la planta entera de maíz.

	EFECTOS PRINCIPALES						INTERACCIÓN DA*MICO				
	Disponibilidad de agua (DA)			Micorrización (MICO)			Regadío		Secano		
	Regadío	Secano	p	Micorrizas	Control	p	Micorrizas	Control	Micorrizas	Control	P
N	20	20		20	20		10	10	10	10	
H	236	202	***	215	223	*	230	242	200	203	NS
DT (H15)	21,6	21,5	NS	22,1	21,0	*	22,4	20,8	21,7	21,2	NS
PCTMZ	53,5	50,1	*	52,6	51,0	+	54,2	52,8	51,0	49,1	NS
kg MS ha ⁻¹	18447	12844	***	16209	15081	+	19122	17771	13297	12391	NS
kg PB ha ⁻¹	1080	643	***	945	778	**	1191	969	699	587	NS
UFL ha ⁻¹	17451	11832	***	15341	13942	*	18382	16519	12300	11365	NS

H: altura de la planta (cm); DT: diámetro del tallo a 15 cm del suelo (mm); PCTMZ: porcentaje de mazorca en la materia seca de la planta (%); MS: materia seca; PB: proteína bruta; UFL: Unidades forrajeras leche; p: significación del test F en el ANOVA (NS: no significativo; +: p<0,10; *: p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001).

Las plantas cultivadas con la semilla micorrizada mostraron una menor altura (215 vs. 223 cm) pero un superior diámetro de la base del tallo (22,1 vs. 21,0 mm) en comparación

con el tratamiento control. La inoculación aumentó significativamente el rendimiento en PB (945 vs. 778 kg PB ha⁻¹) y en UFL (15 341 vs. 13 942 UFL ha⁻¹) siendo observada una tendencia ($p < 0,0$) hacia una mayor proporción de mazorca en la materia seca total de la planta (52,6% vs. 51,0%) y una mayor producción de MS (16 209 vs. 15 081 kg MS ha⁻¹) en el cultivo micorrizado. Este efecto positivo de la inoculación de la semilla del maíz sobre su rendimiento se manifestó de forma similar en la zona regada y no regada, sugiriendo que, si bien el efecto de las micorrizas sobre el cultivo en seco confirma su utilidad para aliviar las condiciones de estrés impuestas por la falta de humedad (Brachmann y Parniske, 2006), la respuesta a la inoculación en plantas irrigadas parece evidenciar el efecto positivo en la absorción de nutrientes cuando la falta de agua no es un factor limitante (Hetrick *et al.*, 1987).

Tabla 3. Efecto de la disponibilidad de agua y la micorrización sobre el valor nutricional de la planta entera de maíz, y de las fracciones mazorca y parte vegetativa.

	EFECTOS PRINCIPALES						INTERACCIÓN DA*MICO				
	Disponibilidad de agua (DA)			Micorrización (MICO)			Regadío		Secano		
	Regadío	Secano	p	Micorrizas	Control	p	Micorrizas	Control	Micorrizas	Control	P
n	20	20		20	20		10	10	10	10	
<i>Planta entera</i>											
MS	33,0	36,7	***	34,7	35	NS	32,5	33,5	36,9	36,5	NS
MO	97,6	97,7	NS	97,5	97,8	*	97,5	97,8	97,6	97,8	NS
PB	5,8	5,0	**	5,8	5,1	***	6,2	5,4	5,3	4,8	NS
FAD	24,0	24,6	+	23,7	24,8	*	23,4	24,6	24,1	25,1	NS
FND	48,6	48,8	NS	48,0	49,4	NS	48,1	49,1	48,0	49,6	NS
AMD	27,1	24,5	**	26,3	25,3	NS	27,7	26,5	24,9	24,1	NS
DMOIV	70,6	69,2	**	70,6	69,1	**	71,7	69,5	69,6	68,8	NS
UFL	0,94	0,92	**	0,94	0,92	**	0,96	0,93	0,93	0,92	NS
<i>Mazorca</i>											
MS	53,4	54,3	*	53,5	54,2	+	52,4	54,3	54,6	54,1	*
MO	98,0	98,1	+	98,0	98,1	**	97,9	98,1	98,0	98,2	NS
PB	6,8	6,3	*	6,8	6,2	*	7,1	6,5	6,5	6,0	NS
FAD	8,1	8,2	NS	8,3	8,1	NS	8,3	7,9	8,3	8,2	NS
FND	22,0	22,1	NS	22,3	21,7	NS	22,4	21,6	22,3	21,9	NS
AMD	55,5	55,6	NS	55,2	55,8	NS	54,8	56,1	55,6	55,6	NS
DMOIV	79,3	78,2	*	78,8	78,7	NS	79,6	79,1	78,1	78,3	NS
UFL	1,10	1,08	*	1,09	1,09	NS	1,10	1,10	1,08	1,08	NS
<i>Parte vegetativa</i>											
MS	24,7	29,2	***	26,8	27,0	NS	24,1	25,3	29,5	28,8	*
MO	96,3	96,2	NS	96,0	96,5	*	96,0	96,7	96,0	96,3	NS
PB	4,9	3,5	***	4,7	3,7	***	5,6	4,2	3,8	3,2	NS
FAD	37,7	38,1	NS	37,3	38,5	NS	36,4	38,9	38,1	38,0	NS
FND	66,2	67,0	NS	65,6	67,6	+	64,4	68,1	66,9	67,2	NS

El triticale como recurso forrajero en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el noroeste del Estado de México

DMOIV	60,9	62,6	*	62,6	60,8	*	62,6	59,2	62,6	62,5	*
UFL	0,78	0,80	*	0,80	0,78	*	0,80	0,75	0,80	0,80	*

MS: materia seca (%); MO: materia orgánica (% MS); PB: proteína bruta (% MS); FAD: fibra ácido detergente (% MS); FND: fibra neutro detergente (% MS); AMD: almidón (% MS); CNET: carbohidratos no estructurales (% MS); DMO: digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (%); UFL: Unidades forrajeras leche (kg^{-1} MS); p: significación del test F en el ANOVA (NS: no significativo; +: $p < 0,10$; *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$).

Las plantas regadas mostraron tanto en la PE como ambas fracciones (MZ y PV) unos contenidos en PB superiores a los de las plantas no irrigadas (Tabla 3), destacando la magnitud del incremento en la PV (+1,4 unidades porcentuales), lo cual se relaciona con la reducción de la absorción de nutrientes en condiciones de déficit hídrico (Rambal y Debussche, 1995). Diversos trabajos reportan en la bibliografía el efecto de la sequía sobre la calidad del forraje. Por ejemplo, los resultados derivados de un reciente meta-análisis realizado por Dumont *et al.* (2015) en pastos mediterráneos indican que el estrés hídrico aumenta en un 7 % la digestibilidad del forraje, mientras que en este trabajo se observó una disminución de DMOIV en la PE (-2 %) y un aumento en la fracción PV (+2,6 %).

La planta de maíz micorrizada, en comparación con el tratamiento control, mostró un menor contenido en FAD (23,7 vs. 24,8 %MS), una superior concentración de PB (5,8 vs. 5,1 % MS) y mayor DMOIV (70,6 vs. 69,1 %). Este efecto positivo de la inoculación sobre el valor nutricional de la planta se reprodujo en las fracciones PV y PE, en particular en el mayor contenido proteico de la planta micorrizada, hecho que se relaciona con la substancial contribución de las MA a la nutrición nitrogenada de las plantas hospedadoras, debido a la capacidad que poseen para aceleran la descomposición de la materia orgánica del suelo, incrementando así la disponibilidad del N en el suelo (Hodge *et al.*, 2001) y su transferencia a la planta (Johansen y Jensen, 1996). El efecto de la inoculación sobre la calidad nutricional del maíz fue, en general, semejante en las plantas regadas comparadas con las cultivadas en seco, con la salvedad de que la digestibilidad del maíz micorrizado, comparado con el control no tratado, fue superior únicamente en condiciones de regadío.

CONCLUSIONES

En condiciones de seco del interior de Galicia, el cultivo del maíz forrajero muestra una fuerte respuesta productiva al riego en los meses centrales del verano. Se

observó un moderado efecto positivo de la inoculación de la semilla con micorrizas sobre la productividad del maíz, tanto en secano como en regadío, aumentando sobre todo el rendimiento en proteína por hectárea.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por los proyectos ATT 2017/181 de la Xunta de Galicia y RTA2014-0086-C03-03 del INIA. Dalia Plata Reyes, Felipe González Alcántara y Aida Gómez Miranda realizaron una estancia en el CIAM en 2017/2018 becada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del Gobierno de México.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brachmann A, Parniske M (2006) The most widespread symbiosis on earth. *PLoS Biol* 4(7): e239. DOI: 10.1371/journal.pbio.0040239
- Dumont B., Andueza D., Niderkorn V., Lüscher A., Porqueddu C. y Picon-Cochard C. (2015) A meta-analysis of climate change effects on forage quality in grasslands: specificities of mountain and Mediterranean areas. *Grass and Forage Science*, 70(2), 239-254.
- Flores-Calvete G., Martínez-Fernández A., Doltra J., García A. y Eguinoa P. (2017) Encuesta sobre estructura y sistemas de alimentación de las explotaciones lecheras de Galicia, Cornisa Cantábrica y Navarra. Proyecto INIA-RTA2012-00065-C05. INTIA, 52 pp. <http://ciam.gal/pdf/informeinia.pdf>
- Hetrick D., Kitt D.G., Wilson G.T. (1987). Effects of drought stress on growth responses in corn, sudan grass and big bluestem to *Glomus etunicatum*. *New Phytologist* 105, 403-410.
- Hodge A., Campbell C.D. y Fitter A.H. (2001) An arbuscular mycorrhizal fungus accelerates decomposition and acquires nitrogen directly from organic material. *Nature*, 413, 297-299.
- Johansen A. y Jensen E.S. (1996) Transfer of N and P from intact or decomposing roots of pea to barley interconnected by an arbuscular mycorrhizal fungus. *Soil Biology & Biochemistry*. 28(1), 73-81.
- López-Cedrón F., Ruíz-Nogueiras B., Confalone A., Piñeiro J. y Sau F. (2006) Productividad de la rotación anual Raigrás-Maíz en Galicia: evaluación durante cinco años en regadío y secano y bajo dos sistemas de siembra. *Pastos*, 36(2), 193-216.
- Rambal S. y Debussche G. (1995) Water balance of Mediterranean ecosystems under a changing climate. En: Moreno J.M. y W.C. Oechel (Eds.) *Global Change and Mediterranean-type Ecosystems*, pp. 386-407. New York, USA: Springer Verlag.
- SAS Institute (2009). SAS/STAT, V.9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Subramanian K.S., Charest C., Dwyer L.M. y Hamilton I. (1997) Effects of arbuscular mycorrhizae on leaf water potential, sugar content, and P content during drought and recovery of maize. *Canadian Journal of Botany*, 75(9), 1582-1591.

Effect of irrigation and mycorrhizal inoculation on yield and nutritive value of forage maize grown in the inner zone of Galicia

Summary

A field experiment was conducted to examine the effect of the arbuscular mycorrhiza seed inoculation in different water availability (irrigation vs. rainfed) on yield and nutritive value of forage maize (*Zea mays* L.) grown for forage in the inner dryland zone of Lugo province (Galicia, NW Spain), during the summer of 2017. Drip irrigation provided a total water dose of 300 mm between mid-July and the beginning of September. Irrigation strongly increased yield per hectare of dry matter (DM), crude protein (PB) and energy (milk forage units, UFL) of maize, by 43%, 68% and 47%, respectively, compared with rainfed conditions. Mycorrhization of the seeds significantly increased maize yields of PB (21%) and UFL (10%) per hectare, being this effect of a similar magnitude in the irrigated vs. rainfed conditions. It is concluded about the marked improvement of maize productivity by irrigation during the central summer months in the interior of Galicia conditions and the uniformity of the response to the mycorrhizal inoculation of maize, particularly with regard to protein yield per hectare, independently of the water availability situation.

Key words: summer crop, water stress, arbuscular mycorrhiza symbiosis, dry matter production, feed quality.

8.3.3. COAUTOR: EFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA SOBRE EL RENDIMIENTO, COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR NUTRICIONAL DE MAÍZ, GIRASOL Y SORGO COSECHADOS PARA FORRAJE EN LA ZONA SECA DE GALICIA

A. Gómez-Miranda^{1,2}, F. González-Alcántara^{1,2}, D. Plata-Reyes^{1,2}, S. Pereira-Crespo³, A. Botana², M. Veiga², C. Resch², G. Flores-Calvete²

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario 100, 50000 Toluca (México). ²Instituto Galego de Calidade Alimentaria.

Centro de Investigación Agrarias de Mabegondo (INGACAL-CIAM). Apdo. 10, 15080 A Coruña.

³Laboratorio Interprofesional Galego de Análise do Leite (LIGAL), Mabegondo, 15318 Abegondo, A Coruña. Correspondencia: gonzalo.flores.calvete@xunta.es

Resumen

En este trabajo se evaluó el comportamiento productivo y el valor nutritivo del cultivo de maíz, girasol y sorgo, en condiciones de secano y regadío (pluviometría total de 300 mm aplicados por aspersión entre julio y septiembre), en la zona interior de la provincia de Lugo (Galicia, NO de España) en el verano de 2017. Se observó una fuerte respuesta al riego en cuanto al rendimiento de materia seca (MS) por hectárea para los tres cultivos, siendo incrementado por un factor de 1,8 para el sorgo, de 2,1 para el maíz y de 2,4 para el girasol, comparado con el rendimiento observado en secano. La disponibilidad de agua no alteró substancialmente la composición química de los cultivos, si bien la digestibilidad del maíz cultivado en secano fue superior a la correspondiente al cultivo irrigado. El rendimiento del maíz (20,5 y 9,6 t MS ha⁻¹) prácticamente duplicó al del sorgo (12,0 and 5,0 t MS ha⁻¹) y al del girasol (10,9 and 5,8 t MS ha⁻¹), respectivamente, tanto en regadío como en secano. Se concluye acerca de la necesidad del riego para asegurar un adecuado rendimiento de los cultivos de verano en la zona interior de Galicia.

Palabras clave: cultivo de verano, déficit hídrico, rendimiento, calidad nutritiva.

INTRODUCCIÓN

La principal fuente de alimentación para el ganado lechero más utilizado en las explotaciones de vacuno de leche gallegas es el maíz forrajero. Un reciente trabajo indica que el 71 % de la leche producida en Galicia proviene de dietas en las que el ensilado de maíz es el

ingrediente mayoritario en las raciones (Flores *et al.*, 2017).

La práctica totalidad del cultivo de maíz en Galicia se realiza en condiciones de secano, por lo que, en zonas no óptimas para el cultivo del maíz, como pueden ser terrenos arenosos o con poca profundidad, la producción puede estar comprometida debido a la variabilidad en las precipitaciones del verano. Debido a esto, se ha incrementado el interés por parte de los ganaderos en la utilización de otros cultivos alternativos, como puede ser el sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) y el girasol (*Helianthus annuus* L.), que podrían asegurar la producción de forraje durante el verano, al poseer una mayor tolerancia al déficit hídrico, altas temperaturas y ser menos exigentes en nutrientes. También se une el interés por la respuesta de estos cultivos a la utilización de sistemas de riego en su producción, ya que en determinadas zonas del interior de Galicia existen las instalaciones necesarias para poner en marcha este tipo de producción.

Recientes trabajos indican la posibilidad del cultivo de sorgo (Botana *et al.* 2017) y girasol (Sainz-Ramírez *et al.* 2017) en condiciones de secano y regadío en el interior de Galicia. Sin embargo, no existe información sobre el comportamiento del maíz forrajero en condiciones similares, por lo que en este trabajo se estudiaron y compararon los efectos de la disponibilidad de agua sobre la producción y valor nutricional del maíz forrajero, sorgo y girasol en la zona interior de Galicia.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se realizó durante el período comprendido entre mediados de junio y principios de octubre de 2017, en la finca experimental del Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM) en Pobra do Brollón (Lugo), situada en una zona de clima continental en el interior de Galicia a 385 m de altitud.

Se evaluaron dos híbridos comerciales de girasol: una variedad forrajera, cv. Rumbosol 91 y una variedad de aceite, cv. ES Shakira; dos híbridos comerciales de sorgo: una variedad de grano, cv. Ascoli y una forrajera, cv. PFR84F y dos híbridos comerciales de maíz, cv. Boomer y cv. Sensor, ambos de ciclo medio. La siembra del maíz y el sorgo se realizó el 2 de junio de 2017 y la del girasol se realizó un mes más tarde, el 3 de julio de 2017. En el caso del maíz se realizó una resiembra en ambas variedades (Boomer: 12 de junio; Sensor: 27 junio) debido al ataque de gusanos del suelo en el cultivo. La siembra se realizó con una sembradora de precisión ajustada a una densidad teórica de 90 000, 200 000 y 80 000 plantas ha⁻¹ para maíz, sorgo y girasol, respectivamente.

Para cada cultivo y variedad se dispusieron dos parcelas homogéneas de aproximadamente 6,4 x 72 m cada una, estando situada una de ellas en el área de secano y la otra en la de regadío. Cada parcela fue dividida en 5 bloques de 6,4 x 12 m, separados por pasillos de 3,0 m. Durante las labores preparatorias del terreno antes de la siembra se aplicaron, para el girasol y el sorgo 80 kg de N, 80 kg de P₂O₅ y 80 kg de K₂O por hectárea y para el maíz 200 kg de N, 80 kg de P₂O₅ e 150 kg de K₂O por hectárea. Se aplicaron tratamientos herbicidas en función del cultivo, para el girasol se realizó un tratamiento en preemergencia con Challenge (Aclonifen 60%), a dosis de 3,25 L ha⁻¹, para el sorgo se realizó un tratamiento en postemergencia precoz con WING-P (Dimetenamida-p 21,25 % + Pendimetalina 25 %), a una dosis de 4 L ha⁻¹ y para el maíz se realizó un tratamiento en preemergencia con Camix (Mesotriona 4 % + Metolacloro 40 %), a una dosis de 5 L ha⁻¹.

El aporte de agua a la zona regada se realizó por aspersión desde el 13 de julio al 15 de septiembre, recibiendo una pluviometría total de 297 mm durante los meses de julio (86,9 mm), agosto (141,6 mm) y septiembre (68,5 mm), con una frecuencia de riego de dos veces por semana y una dosis de 4,6 mm día⁻¹, suficiente para cubrir las necesidades de humedad del cultivo. La otra mitad no recibió ningún aporte hídrico durante el ensayo. La precipitación registrada desde el 2 de junio hasta el 1 de octubre fue de 81,6 mm en total (35,8 mm en junio, 4,8 mm en julio, 25,4 mm en agosto y 15,6 mm en septiembre).

La fecha de cosecha (4 de octubre) fue la misma para todos los cultivos, estando el girasol en el estado R6-R7 (3-4 semanas tras la floración) de la escala de Schneiter y Miller (1981), el sorgo de la variedad Ascoli en grano vítreo y la variedad PR84F en estado lechoso-pastoso, mientras que el aprovechamiento del maíz de las variedades Boomer y Sensor se realizó en un estado aproximado de ½ y ¼ de la línea de leche, respectivamente. La cosecha se realizó manualmente, cortando las plantas de un transecto de 2 m en la línea central de cada parcela elemental, a una altura de 12 cm de la base, siendo medida la altura de la planta y el diámetro del tallo a 15 cm de la base. Del total de la biomasa cosechada, se tomó una muestra de planta entera (PE) y se separaron manualmente las fracciones inflorescencia (INF) y parte vegetativa (PV) constituida por las hojas y los tallos. Cada fracción fue pesada y troceada por separado en una picadora de forrajes VIKING y, por cuarteos sucesivos, se tomó una alícuota de aproximadamente 1000 g de cada fracción y de la PE. La determinación de materia seca se realizó en estufa de aire forzado Unitherm, a 80 °C durante 16 h y las muestras secas se molieron a 1 mm en un molino de martillos. La composición química y valor nutricional de las muestras se estimó mediante

espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS), utilizando las calibraciones desarrolladas en el CIAM para la estimación de los contenidos en materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD) para todas las especies, almidón (AMD) para sorgo y maíz, extracto etéreo (EE) para girasol, y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DMOIV) para maíz y girasol. En ausencia de calibraciones NIRS específicas para DMOIV del sorgo, ésta se estimó según la expresión $DMO=73,39-0,5594FAD$ obtenida a partir de datos de Chibani *et al.* (2010). Posteriormente, se calculó para las tres especies el contenido en energía neta, expresado en Unidades Forrajeras Leche (UFL).

El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA considerando la disponibilidad de agua (regadío vs. seco) y la variedad como factores fijos y la repetición como factor aleatorio. La comparación de medias se realizó a través del test de Duncan, utilizando el procedimiento PROC GLM de SAS (SAS Institute, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestra la temperatura media y la precipitación acumulada mensual en Pobra de Brollón en el período de julio a octubre, comparada con los valores medios de 56 años para la zona. Como puede observarse, el cultivo se realizó en condiciones de temperatura semejantes a la media, pero con una pluviometría acumulada un 45% inferior a los valores habituales. Durante el desarrollo del cultivo no se observaron problemas de encamado, enfermedades ni ataques de pájaros, si bien aparecieron problemas de malas hierbas en el cultivo del sorgo y girasol, debido a un deficiente funcionamiento de los herbicidas, que no controlaron la juncia (*Cyperus* spp.) y ataques de gusanos del suelo (*Agrotis* spp. y *Agriotes* spp.) que afectaron al cultivo del maíz.

Tabla 1. Valores de temperatura media y precipitación acumulada mensual en Pobra de Brollón en 2017 y medias para la zona (1960-2016).

		Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Período ensayo
Temperatura media (°C)	2017	19,3	20,3	20,1	16,1	19,0
Media		17,9	20,4	20,2	18,0	19,1
Precipitación (mm)	2017	35,8	4,8	25,4	15,6	81,6
Media		54,3	37,1	28,9	28,9	149,2

La Tabla 2 muestra los resultados relativos a altura de la planta, porcentaje de mazorca en la biomasa total, rendimiento y valor nutricional del maíz. Las plantas de maíz cultivadas sin riego mostraron una menor altura (1,35 vs 2,30 m), si bien la falta de agua no afectó al porcentaje de mazorca en la biomasa total. Los rendimientos de MS y PB del cultivo irrigado mostraron un incremento del 113 % en comparación con los de secano. En Lugo, López-Cedrón *et al.* (2006), en un estudio en el que evaluaron durante 5 años el efecto del riego por aspersión sobre la productividad de maíz forrajero, indicaron que el incremento del rendimiento osciló entre el 18 y 62 %, dependiendo de la severidad de la sequía. La composición química de la planta de maíz en ambos niveles hídricos no mostró diferencias significativas, excepto para el contenido en AMD, donde el valor en regadío duplicó al secano (17,9 vs. 9,3 % MS). La planta en condiciones de secano, en comparación con el tratamiento en regadío, mostró una mayor digestibilidad (70,6 vs. 73,7 %) con similares contenidos en fibra, atribuyéndose esta diferencia a la mayor digestibilidad de la fracción parte vegetativa (66,4 vs. 71,0 %) de las plantas sometidas a déficit hídrico (datos no mostrados en las tablas). Comparando las dos variedades de maíz, Boomer mostró un mayor rendimiento (18,18 vs. 12,01 t MS ha⁻¹), contenido en AMD (16,5 vs. 10,7 % MS) y una menor digestibilidad (71,0 vs. 73,3 %), si bien estas diferencias pueden ser atribuidas al diferente estado fenológico en que se encontraban en el momento de la cosecha.

Tabla 2. Efecto de la disponibilidad de agua y de la variedad sobre la altura de la planta, producción, composición química y valor nutricional de la planta entera de maíz.

	H	PCTMZ	PRODMS	PRODPB	MS	MO	PB	FAD	FND	AMD	DMOIV	UFL
Regadío	2,30	42,2	20,54	1,45	30,7	96,8	7,1	24,9	50,8	17,9	70,6	0,93
Secano	1,35	42,4	9,65	0,68	28,1	96,8	7,3	24,6	52,1	9,3	73,7	0,99
<i>P</i>	***	NS	***	***	NS	NS	NS	NS	NS	*	*	*
Boomer	2,08	41,2	18,18	1,25	31,5	97,0	6,8	25,2	52,1	16,5	71,0	0,94
Sensor	1,57	43,4	12,01	0,89	27,3	96,5	7,6	24,4	50,8	10,7	73,3	0,98
<i>P</i>	**	NS	***	***	**	*	***	NS	NS	*	*	*

H: Altura de la planta (m); PCTMZ: porcentaje de mazorca en la materia seca de la planta (%); PRODMS: rendimiento en materia seca (t MS ha⁻¹); PRODPB: rendimiento en proteína bruta (t PB ha⁻¹); MS: materia seca (%); MO: materia orgánica (% MS); PB: proteína bruta (% MS); FAD: fibra ácido detergente (% MS); FND: fibra neutro detergente (% MS); AMD: almidón (% MS); DMOIV: digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica; UFL: Unidades forrajeras leche (kg⁻¹ MS); *p*: significación del test F en el ANOVA (NS: no significativo; *: *p*<0,05; **: *p*<0,01; ***: *p*<0,001).

El cultivo de sorgo en seco obtuvo un rendimiento en MS (Tabla 3) claramente inferior al obtenido para el cultivo en regadío (5,88 vs 10,92 t MS ha⁻¹). Esta especie, a pesar de tratarse de un cultivo con cierta tolerancia a condiciones de escasez de agua, mostró una elevada respuesta (+86 % de rendimiento en MS) a la disponibilidad de agua, si bien de las tres especies evaluadas en este trabajo fue la que mostró una menor respuesta al riego. Un ensayo similar realizado en la misma ubicación y similares condiciones climáticas, Botana *et al.* (2017) citan una respuesta productiva al riego de igual magnitud, con rendimientos de 10,78 y 5,49 t MS ha⁻¹ en regadío y seco, respectivamente.

Tabla 3. Efecto de la disponibilidad de agua y de la variedad sobre la altura de la planta, producción, composición química y valor nutricional de la planta entera de sorgo.

	H	PCTPAN	PRODMS	PRODPB	MS	MO	PB	FAD	FND	AMD	UFL
Regadío	1,03	51,4	10,92	0,82	38,6	96,5	7,4	22,5	47,9	26,3	0,97
Secano	0,55	47,4	5,88	0,53	44,0	96,2	9,0	23,5	50,3	21,5	0,95
<i>p</i>	**	NS	**	**	*	NS	**	NS	NS	NS	NS
Ascoli	0,56	69,7	8,35	0,71	49,8	96,8	8,6	18,2	40,4	40,5	1,06
PR84F	1,01	29,2	8,45	0,64	32,7	95,9	7,8	27,8	57,9	7,3	0,86
<i>p</i>	***	***	NS	NS	**	**	NS	***	***	***	***

H: Altura de la planta (m); PCTPAN porcentaje de panícula en la materia seca de la planta (%); PRODMS: rendimiento en materia seca (t MS ha⁻¹); PRODPB: rendimiento en proteína bruta (t PB ha⁻¹); MS: materia seca (%); MO: materia orgánica (% MS); PB: proteína bruta (% MS); FAD: fibra ácido detergente (% MS); FND: fibra neutro detergente (% MS); AMD: almidón (% MS); UFL: Unidades forrajeras leche (kg⁻¹ MS); *p*: significación del test F en el ANOVA (ns: no significativo; *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$).

La planta de sorgo cultivada en seco, en comparación con el tratamiento irrigado, mostró una menor altura (1,03 vs. 0,55 m) y un contenido superior de PB (7,4 vs 9,0 %MS), mientras que el contenido en fibra, almidón y valor energético no se vio afectado por la disponibilidad de agua.

No se observaron diferencias significativas entre ambas variedades, con valores medios de 8,3 y 8,4 t MS ha⁻¹ para Ascoli y PR84F, respectivamente. En la misma localización, Botana *et al.* (2017) observaron un rendimiento mayor en la variedad forrajera PFR84F (11,4 t MS ha⁻¹) comparado con la de grano Ascoli (5,8 t MS ha⁻¹) lo que se atribuye a las diferentes condiciones climáticas. La variedad de grano mostró un mayor porcentaje de panícula (69,7 vs. 29,2 %), menor

talla (0,56 vs. 1,01 m) y superior contenido en almidón (40,5 vs. 7,3 % MS) comparada con la forrajera, en concordancia con lo observado por Botana *et al.* (2017).

El comportamiento del girasol en las diferentes condiciones hídricas puede observarse en la Tabla 4, mostrando una alta respuesta productiva a la disponibilidad de agua (+137 % de rendimiento en MS) con valores de 12,0 t MS ha⁻¹ en regadío y 5,0 t MS ha⁻¹ en secano. Las plantas cultivadas en regadío, comparadas con las no irrigadas, duplicaron su altura (1,50 vs 0,75 m) y mostraron una mayor proporción de la fracción capítulo en la MS total (60,3 vs. 46,6 %).

Por otra parte, la variedad forrajera Rumbosol 91, en comparación con la variedad de aceite Shakira, mostró mayor rendimiento en MS de (9,8 vs. 7,2 t MS ha⁻¹), mayor altura (1,32 vs. 0,93 m), menor proporción de la fracción capítulo en la MS total (48,6 vs. 58,3 %), menor contenido en EE (7,0 vs. 10,5 % MS) y menor valor energético (0,79 vs. 0,88 UFL). Los resultados obtenidos en el presente trabajo en cuanto al efecto de la disponibilidad de agua sobre el rendimiento y composición químico-bromatológica del girasol concuerdan, en líneas generales, con los obtenidos en similares condiciones de ensayo por Sainz-Ramírez *et al.* (2017).

Tabla 4. Efecto de la disponibilidad de agua y de la variedad sobre la altura de la planta, producción, composición química y valor nutricional de la planta entera de girasol.

	H	PCTCAP	PRODMS	PRODPB	MS	MO	PB	FAD	FND	EE	DMOIV	UFL
Regadío	1,50	46,6	12,03	1,07	20,7	89,7	9,0	32,3	40,8	8,6	59,1	0,82
Secano	0,75	60,3	5,06	0,53	18,0	89,0	10,6	31,6	38,9	9,0	60,9	0,85
<i>p</i>	***	***	**	**	*	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS
Rumbosol91	1,32	48,6	9,82	0,88	19,8	89,1	9,4	32,4	40,2	7,0	60,3	0,79
Shakira	0,93	58,3	7,27	0,72	18,9	89,6	10,2	31,4	39,5	10,5	59,6	0,88
<i>p</i>	**	**	**	*	*	NS	NS	NS	NS	*	NS	**

H: Altura de la planta (m); PCTCAP: porcentaje de capítulo en la materia seca de la planta total (%); PRODMS: rendimiento en materia seca (t MS ha⁻¹); PRODPB: rendimiento en proteína bruta (t PB ha⁻¹); MS: materia seca (%); MO: materia orgánica (% MS); PB: proteína bruta (% MS); FAD: fibra ácido detergente (% MS); FND: fibra neutro detergente (% MS); EE: extracto etéreo (% MS); DMOIV: digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica; UFL: Unidades forrajeras leche (kg⁻¹ MS); p: significación del test F en el ANOVA (ns: no significativo; *: p<0,05; **: p<0,01; ***: p<0,001).

Comparando la productividad de los tres cultivos en este trabajo, el maíz mostró un rendimiento en MS claramente superior al de los otros cultivos de verano tanto en regadío (88 y 71 %) como en secano (64 y 91 %) para sorgo y girasol, respectivamente. Por su parte, la productividad media de los cultivos de sorgo y de girasol fue semejante en los dos niveles de

disponibilidad de agua del ensayo. La respuesta del rendimiento a la disponibilidad de agua fue alta en todos los casos, multiplicándose la producción de MS por hectárea de los cultivos en seco por un factor de 1,8 para el sorgo, de 2,1 para el maíz y de 2,4 para el girasol.

CONCLUSIONES

La productividad de los tres cultivos de verano en seco se vio prácticamente duplicada por la disponibilidad de agua. El maíz mostró contundentemente su superioridad productiva comparado con el sorgo o el girasol tanto en seco como en regadío. Dada la influencia de las particulares condiciones climáticas en el año de ensayo sobre los resultados obtenidos, aconsejan repetir el experimento en diferentes campañas antes de extraer conclusiones definitivas.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por los proyectos ATT 2017/180 y 2017/182 de la Xunta de Galicia y RTA2014-0086-C03-03 del INIA. Aida Gómez Miranda, Felipe González Alcántara y Dalia Plata Reyes realizaron una estancia en el CIAM en 2017/2018 becada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del Gobierno de México.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Botana A., Sainz-Ramírez A., Valladares J., Pereira-Crespo S., Veiga M., Resch C. y Flores-Calvete G. (2017) Productividad y composición química del sorgo para ensilar cultivado con y sin riego en Galicia. En: Bartolome J. *et al.* (Eds.) *Renaturalización vs Ruralización*, pp., 90-95. Barcelona, España: Sociedad Española para el estudio de los pastos.

Chibani C., Chabaca R. y Boulberhane D. (2010) Fourrages algériens. 1. Composition chimique et modèles de prédiction de la valeur énergétique et azotée. *Livestock Research for Rural Development*, 22(8), 1-11.

Flores-Calvete G., Martínez-Fernández A., Doltra J., García A. y Eguinoa P. (2017) Encuesta sobre estructura y sistemas de alimentación de las explotaciones lecheras de Galicia, Cornisa Cantábrica y Navarra. Proyecto INIA-RTA2012-00065-C05. INTIA, 52 pp. <http://ciam.gal/pdf/informeinia.pdf>

López-Cedrón F., Ruíz-Nogueira B., Confalone A., Piñeiro J. y Sau F. (2006) Productividad de la rotación anual de raigrás-maíz en Galicia: Evaluación durante cinco años en regadío y seco por dos sistemas de siembra. *PASTOS*, XXXVI(2), 193-216.

Sainz-Ramírez A., Botana A., Valladares J., Pereira-Crespo S., Veiga M., Resch C. y Flores-Calvete G. (2017) Efecto de la disponibilidad de agua sobre el rendimiento, composición química y valor nutricional de tres variedades de girasol cosechadas para forraje en la zona seca de Galicia. En: Bartolomé J. *et al.* (Eds.) *Renaturalización vs Ruralización*, pp., 96-101. Barcelona, España:

Sociedad Española para el estudio de los pastos.

SAS Institute (2009) SAS/STAT, V.9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

Schneiter A.A. y Miller J.F. (1981) Description of sunflower growth stages. *Crop Science*, 21, 901-903.

Irrigation effect on yield, chemical composition and nutritive value of maize, sunflower and sorghum grown for forage in the dryland Galicia

Summary

It is evaluated in this work the effect of water availability (irrigation vs. rainfed) on yield, chemical composition and nutritive value of three summer crops (maize, sorghum and sunflower) grown for forage in the interior zone of Lugo province (Galicia, NW Spain) during the summer of 2017. Sprinkler irrigation provided a total water dose of 300 mm in the summer (July to September) period. The results showed a strong response in terms of dry matter (DM) yield per hectare to irrigation for the three crops, being increased by a factor of 1,8 for sorghum, 2,1 for maize and 2,4 for sunflower compared with the respective yields in rainfed conditions. Water availability did not appreciably affect chemical composition of crops although maize grown in rainfed conditions tended to have a higher digestibility compared with irrigated crop. Maize DM yield (20.5 and 9.6 t DM ha⁻¹) almost doubled that of sorghum (12.0 and 5.0 t DM ha⁻¹) and sunflower (10.9 and 5.8 t DM ha⁻¹), respectively, both in irrigated and rainfed conditions. It is concluded about the need of irrigation with a moderate dose of water to ensure an adequate summer forage crops yield in the interior zone of Galicia.

Key words: summer crop, water stress, dry matter production, feed quality.

8.3.4. Coautor en el trabajo presentado en XXXIX Reunião de Primavera da Sociedade Portuguesa de Pastagens e Forragens (SPPF), “Forragens e Pastagens no Noroeste Atlântico”



*L*ivro de *R*esumos

SPPF/2018

2018

ISBN 978-989-54127-0-9 (Versão em PDF)

FICHA TÉCNICA

Organização, Edição Design e Composição:

Sociedade Portuguesa de Pastagens e Forragens (SPPF)

Produção e Propriedade Intelectual

Sociedade Portuguesa de Pastagens e Forragens (SPPF)

Tiragem: 80 exemplares

Os resumos publicados são da inteira responsabilidade dos autores.

COMPARAÇÃO DO POTENCIAL FORRAGEIRO E VALOR NUTRITIVO DE MILHO E SORGO PARA SILAGEM EM REGIME DE SEQUEIRO ÚMIDO NA GALIZA

S. Pereira-Crespo¹; D.A. Plata-Reyes^{2,3}, A. Gómez-Miranda^{1,2}, F.J. González-Alcántara^{2,3}, M. Veiga², A. Botana², J. Valladares², C. Resch², G. Flores-Calvete²

¹Laboratorio Interprofesional Galego de Análise do Leite (LIGAL), Mabegondo, 15318 Abegondo, A Coruña, Galiza, Espanha. ²Centro de Investigación Agrarias de Mabegondo, Galiza, Espanha. Apdo. 10, 15080 A Coruña. ³Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario 100, 50000 Toluca (México). E-mail: soniapereira@ciam.gal.

A principal forragem para a alimentação do gado vacum leiteiro na Galiza é o milho forrageiro (*Zea mays* L.), sobretudo nas explorações de maior dimensão. A prática totalidade da cultura do milho nesta região realiza-se em condições de sequeiro, pelo que, em zonas não ótimas para o seu cultivo, como podem ser terrenos arenosos ou com pouca profundidade, a produção pode estar comprometida devido à variabilidade nas precipitações do verão. Devido a isto, nos últimos anos tem-se assistido a um interesse acrescido em algumas culturas alternativas, como pode ser o sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), que poderiam assegurar a produção de forragem durante o verão, devido à sua tolerância, comparado com o milho, a condições de escassez de água.

Neste trabalho avaliou-se o comportamento produtivo e o valor nutritivo da cultura de milho (cv. Sensor) e sorgo forrageiro (cv. PR84F) para silagem, em condições de sequeiro, nos terrenos de experimentação (3,5 hectares cada um) do CIAM em Mabegondo (Galiza, Espanha), zona costeira de clima atlântico a 100 m de altitude. A pluviometria total foi de 182 mm entre a sementeira (16 maio) e a colheita (26 setembro), e as doses de adubação foram (fundo + cobertura): azoto (120+75 kg ha⁻¹), fósforo (120 kg ha⁻¹) e potássio (220 kg ha⁻¹). Com o objeto de ampliar a base de dados de amostras padrão de referência realizou-se a determinação da digestibilidade *in vivo* da matéria orgânica (DMO) das forragens em estado fresco, utilizando ovinos alojados em gaiolas metabólicas seguindo a metodologia em uso no CIAM, conforme a normativa de experimentação animal vigente.

Na colheita, o estágio fenológico do milho foi de 2/3 linha de leite com un teor de matéria seca (MS) de 41,7 %. O sorgo colheitou-se no estágio grão leitoso-pastoso e 25,9 % MS. A produção de MS do sorgo (11,59 t ha⁻¹) foi ligeiramente inferior à do milho (13,46 t ha⁻¹). Ambas as forragens apresentaram un baixo teor de proteína bruta (PB), sendo a do milho (7,4 %MS) inferior á do sorgo (9,8 %MS). Os conteúdos em fibra neutra detergente (FND) e fibra ácida detergente (FAD) foram claramente superiores para o sorgo, cun valores para FND e FAD de 56,2 vs. 38,3 %MS e 30,7 vs. 19,0 %MS, respectivamente. Consequentemente, o sorgo apresentou unha DMO (58,3 vs. 70,1 %) e un valor energético (UFL: 0,74 vs. 0,94) notavelmente inferiores ao milho. Enquanto ao teor en amido, o milho mostrou, como era de esperar, un teor muito superior (34,9 vs. 10,4 %MS). O rendimento por hectare de matéria orgânica digestível (MOD) foi un 39% superior para o milho, enquanto que a de proteína foi un 13% superior para o sorgo (6,55 vs. 9,15 t MOD/ha e 1,13 vs. 0,99 t PB/ha).

Conclui-se que, nas condições do experimento, a cultura do milho apresenta vantagens significativas relativamente ao sorgo, embora o melhor rendimento proteico desta especie.

Palavras-chave: Forragens de verão, produção de matéria seca, digestibilidade da matéria orgânica *in vivo*, valor energético.

8.3.4. Coautor en el artículo publicado en la revista “vaca pinta”

ESPECIAL: ENSILADO



Cultivo de sorgo var. PIS-97 en el CIAM antes de iniciar la cosecha. Instituto Agrario Galego, 25/09/2012

El sorgo como alternativa forrajera al cultivo del maíz

En el siguiente artículo repasamos la información existente sobre el sorgo, referida fundamentalmente a los trabajos realizados en el CIAM, desde el punto de vista de la productividad y del valor nutricional de este cultivo.

S. Pereira-Guepo¹, R. Díaz², J. Páez³, B. Plata-Beyre⁴, A. Gómez-Miranda⁵, F. González-Moctezuma⁶, A. Botana⁷, M. Yeigo⁸, J. Villedorres⁹, I. González¹, C. Breda¹, C. Flores-Galante¹
¹Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM)
²Instituto de Ciencias Agrarias y Rector (ICAR) Universidad Autónoma del Estado de México

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del sector productor de vacuno lechero en Galicia ha ido unido al incremento de la importancia de la utilización de forrajes ensilados en la alimentación del ganado, acentuada en los últimos años paralelamente a una rápida concentración de la producción en un número cada vez más reducido de explotaciones. Comparando la información obtenida en encuestas realizadas en el CIAM a una amplia muestra de explotaciones lecheras gallegas en los años 1996 y 2013 (Flores *et al.*, 2003; Flores *et al.*, 2017) se observa que, en dicho periodo, el número de granjas se dividió por cuatro, mientras la producción por explotación se multiplicaba por seis y la producción total de leche aumentaba en casi un 70 %,

consolidando a Galicia como la principal región productora de leche de vaca de España.

En este fuerte proceso de ajuste, las explotaciones lecheras gallegas que permanecieron en el sector no fueron capaces de acomodar su incremento productivo con el de la base territorial forrajera, lo que motivó un aumento de la carga ganadera y de la dependencia del suministro de concentrados y materias primas alimentarias procedentes de fuera de las explotaciones. En paralelo se produjo una mayor intensificación forrajera de la SAU disponible centrada en un incremento del cultivo del maíz forrajero (*Zea mays* L.), el predominio de los ensilados sobre el consumo de forrajes frescos y una disminución del uso de hierba de pradera, lo cual se puso de manifiesto sobre todo en las explotaciones de mayor dimensión.

Según el Anuario de Estadística del Mapama (2017), en las explotaciones lecheras gallegas se sembraría actualmente el 64 % de la superficie total de España (106.000 ha) del cultivo del maíz forrajero. Una estimación de la importancia del uso de ensilado de maíz en las raciones de las vacas de leche de la denominada “España húmeda” la podemos encontrar en el informe *Encuesta sobre estructura y sistemas de alimentación de las explotaciones lecheras de Galicia, Cornisa Cantábrica y Navarra*, fruto de un trabajo colaborativo entre los centros públicos de investigación dependientes de las comunidades autónomas de Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco y Navarra (Flores *et al.*, 2017). En él se indica que, de las aproximadamente 3,8 M toneladas de leche total producida en la zona norte, aproximadamente 2,5 M toneladas (el 65 % del total) proceden de explotaciones que utilizan típicamente dietas basadas en ensilado de maíz como principal ingrediente forrajero, lo que representa el 65 % de la leche total, cifra que, en el caso de Galicia, ascendería al 71 % de la leche.

La alta productividad, el elevado valor energético y la facilidad para ensilar correctamente son razones que explican la importancia creciente del cultivo de maíz forrajero en las explotaciones lecheras, siendo utilizado la mayoría de las veces en rotaciones intensivas de dos cultivos por año con raigrás italiano como cultivo de invierno. No obstante, este sistema no está exento de riesgos y dificultades derivadas del cultivo en suelos inadecuados para el maíz por su excesiva pendiente y/o poca profundidad y, sobre todo, por razones climáticas, en las que la realización de siembras tardías y la incidencia de la sequía estival, especialmente severa en zonas del interior, en terrenos con escasa capacidad de retención de agua, limita la productividad del maíz forrajero.

Por estas razones en los últimos años se incrementó el interés acerca del comportamiento de otros cultivos de verano alternativos al maíz, como es el caso del sorgo cultivado para forraje.

CONSIDERACIONES SOBRE EL CULTIVO DEL SORGO

El sorgo (nombre científico: *Sorghum Moedor* (L.) Moench) es nativo de áreas tropicales de África. Los registros más antiguos de su cultivo datan del año 3000 a.C. en Egipto. Encuadrado en la familia de las Poáceas (gramíneas), figura entre los cinco cultivos más importantes del mundo, conjuntamente con el trigo, la avena, el maíz y la cebada. La especie es monoica (tiene los órganos florales masculinos y femeninos en la misma planta), como es el caso del maíz, pero, a diferencia de este, la inflorescencia es hermafrodita, en forma de panícula en la parte superior de la planta. El peso de mil semillas del sorgo oscila aproximadamente entre 25 y 35 g, y tiene un tamaño unas diez veces inferior a la del grano de maíz. Originalmente es una planta de porte alto, si bien las variedades mejoradas para grano son de talle bajo para facilitar la recolección. La planta ha sido adaptada, a través de la mejora genética, a una gran diversidad de am-

bientes y aprovechamientos como es el consumo en verde, mediante ensilado o para la producción de grano, dirigida en este caso tanto a la alimentación humana como a la animal.

El sorgo, al igual que el maíz, es una planta C4, de mayor eficiencia fotosintética en ambientes cálidos, comparada con la de las plantas C3, más adaptadas a los climas templados. Las necesidades térmicas del sorgo son más exigentes que para el maíz. Su siembra se debe hacer cuando la media de las temperaturas del suelo (a 10 cm) tomadas durante cinco días alcancen los 14 °C. La emergencia de las plántulas en estas circunstancias acontecerá entre 3 y 5 días. Las siembras con bajas temperaturas provocan un nacimiento desigual y una baja densidad de plantas. El desarrollo de la planta se activa a partir de los 18 °C y su óptimo de crecimiento es de aproximadamente 30 °C. Adicionalmente, se adapta a un amplio rango de suelos (pH 5,5-8,5), combinando la tolerancia al estrés hídrico con una mayor resistencia a la salinidad.

► EN LOS ÚLTIMOS AÑOS SE INCREMENTÓ EL INTERÉS ACERCA DEL COMPORTAMIENTO DE OTROS CULTIVOS DE VERANO ALTERNATIVOS AL MAÍZ, COMO ES EL CASO DEL SORGO CULTIVADO PARA FORRAJE

El sorgo presenta unas menores exigencias hídricas, con una alta eficiencia en el uso del agua, requiriendo un 30-40 % menos comparado con el maíz por unidad de materia seca acumulada. No obstante, la planta responde bien al riego, citándose en la bibliografía incrementos de 250 a 500 kg de materia seca (MS) por hectárea por cada 10 mm de agua hasta los 200-250 mm en total, si bien la respuesta es sumamente variable dependiendo de la climatología particular de cada año. ►

14.75 ENCILLAMENTE IN SUPERABLE

LA MEJOR SOLUCION PARA TU E PLOTACION

29.900€ IVA

- > Motor Common Rail de 75CV
- > Inversor bajo el volante
- > TDF 540/540E conexión servocéntrica
- > Velocidad máxima 40 km/h
- > Sistema hidráulico doble bomba
- > Elevador con Lift-O-matic y dos distribuidores hidráulicos
- > Cabina plana con aire acondicionado

Consulte a concesionarios oficiales de la red New Holland. Válido hasta el 31/12/2018.

SERVICIO 24 HORAS AL 111 111*
 ASISTENCIA E INFORMACIÓN 24/7
*La llamada es gratuita desde teléfonos fijos. Antes de llamar consulte los horarios de atención, consulte también con su operador

NEW HOLLAND AGRICULTURE

ESPECIAL: ENSILADO



LA SIEMBRA DEL SORGO SE DEBE HACER CUANDO LA MEDIA DE LAS TEMPERATURAS DEL SUELO (A 10 CM) TOMADAS DURANTE CINCO DÍAS ALCANCE LOS 14 °C

Esta tolerancia a la falta de humedad se atribuye a una serie de características morfológicas y fisiológicas. Las principales características que le confieren al sorgo una mayor resistencia a la sequía son (Borroani y Tabacco, 2014):

- sistema radical profundo y extenso, que permite explorar una mayor profundidad de los horizontes del suelo,
- hojas fuertemente cutinizadas, cubiertas de una sustancia corosa (pruina) y con bajo número de estomas pequeños y hundidos en la lámina foliar,
- consumo unitario de agua reducido (200 L/kg MS vs. 450-700 L/kg MS del maíz),
- protoplasma capaz de soportar altas temperaturas y elevada deshidratación sin daños irreversibles,
- capacidad de entrar en paradas vegetativa en el caso de estrés hídrico elevado al ralentizar los procesos vitales y recuperarlos en el momento en el que las condiciones hídricas sean más favorables (en el maíz un estrés hídrico elevado es irremediable para la planta y deja de crecer).

Importancia del cultivo de sorgo en España

La importancia del cultivo del sorgo en España es reducida. Según los datos del Anuario de Estadística Agraria del Mapama (2017), se cultivaban 8,3 mil ha para grano (68 % en regadío) con un rendimiento medio de grano de 5,4 t/ha en regadío y de 2,3 t/ha en secanos. La superficie cultivada para forraje era aproximadamente la mitad, con 4,0 mil ha (42 % en regadío), con rendimientos medios de forraje (materias frescas) de 41 t/ha en regadío y 12 t/ha en secano. Aproximadamente un 74 % de la producción se aprovechaba para ensilado, un 22 % en verde, un 2 % como heno y una proporción equivalente se desecaba. En Galicia este cultivo es prácticamente desconocido y no figura en las estadísticas oficiales de cultivos para esta comunidad.

Tipos de sorgos

Botánicamente, dentro del género *Sorghum* figuran como especies el *Sorghum bicolor* (L.) Moench (sinónimo *Sorghum vulgare Pers.*) y el pasto del Sudán *Sorghum × drummondii* (Steud.) Millsp. & Chas (sinónimo *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf o *Sorghum bicolor* (L.) Moench ssp. *drummondii* (Steud.) de Wet).

En relación a su aprovechamiento se pueden definir tres tipos principales de sorgos: a) los cultivados para grano, aprovechados para piensos animales o para confección de productos industriales para consumo humano, con la particularidad de que su almidón no tiene gluten; b) los cultivados para ensilado, que incluyen variedades de doble propósito (grano-forraje), con mayor o menor porcentaje de grano o de tipo *hwr* (plantas con el gen *brwra mid-rib*), y c) el pasto del Sudán, de tipo forrajero, de hojas y tallos finos, alta relación hoja/tallo, que pueden ser aprovechados en pastoreo, corte para verde, heno y ensilado. Para estos mismos propósitos se pueden usar las variedades de un cuarto grupo, constituido por los híbridos de sorgo y pasto del Sudán, de características intermedias entre ambos, si bien el secado al sol, cuando se corta para heno, se hace más dificultoso al tener las hojas más anchas y los tallos más gruesos que el pasto del Sudán. Los tipos *hwr* presentan la nervadura central de hoja de color marrón y se desarrollaron específicamente para forraje, presentando tallos y hojas menos lignificados y una mayor digestibilidad de la fibra. No obstante, las variedades *hwr* a veces son menos resistentes a plagas y a enfermedades y con frecuencia presentan un mayor grado de encamado y menor rendimiento que las variedades estándar, lo cual limita la adopción de variedades *hwr* por los agricultores.

Preparación del terreno y siembra del sorgo

Debido al pequeño tamaño de la semilla del sorgo, la preparación del terreno debe ser cuidadosa, con una cama superficial homogénea que asegure que la semilla entra en íntimo contacto con la tierra. La profundidad de siembra recomendada es de unos 4-5 cm y la densidad de siembra puede oscilar aproximadamente entre 170-180 mil plantas/ha para sorgos de grano (7-8 kg de semilla/ha), 200-230 mil plantas/ha para sorgos de ensilado (8-10 kg de semilla/ha) y hasta 600-700 mil plantas/ha para los forrajeros (18-20 kg de semilla/ha). El crecimiento inicial del sorgo es más lento que el del maíz debido a que la planta, una vez germinada, dirige preferentemente su desarrollo a establecer el sistema radicular frente a la parte vegetativa. A partir de los 15-20 cm de altura, con las raíces ya bien establecidas, la planta comienza a absorber nutrientes de forma rápida y crece vigorosamente.

Fertilización del cultivo del sorgo

La disponibilidad de nutrientes para el cultivo depende de distintos factores, como el tipo de suelo, el cultivo precedente en la rotación y las condiciones ambientales. La fertilización a aplicar se basará en el análisis del suelo y en el rendimiento esperado. En los aprovechamientos en un solo corte para ensilar y para suelos de riqueza media en fósforo y potasio y producciones de 5-6 t grano/ha o 8-10 t MS/ha de forraje estaría indicado aplicar unos 130-180 kg de N, 50-60 kg P₂O₅ y 100-150 kg de K₂O por hectárea. La totalidad del fósforo y potasa y la mitad del N se incorporaran antes de la siembra y la otra mitad del N cuando la planta de sorgo tenga 5-6 hojas. Cuando el aprovechamiento se hace en dos o más cortes, se recomienda fertilizar con 35-50 kg de N/ha después de cada corte para favorecer el rebrote, siempre y cuando haya disponibilidad de agua. ■

118 | Vaca Pinta n.º 5 | 06/2018

ESPECIAL: ENSILADO



Tabla 1. Composición del forraje de distintos tipos de sorgo en comparación con el ensilado de maíz

Tipo de sorgo Aprovechamiento	MS (%)	DMO (%)	PE (% MS)	EE (% MS)	Ca (% MS)	P (% MS)	K (% MS)
Sorgo grano							
Ensilado	30	63	7.5	3.0	0.35	0.21	1.37
Sorgo forrajero							
Ensilado	27	61	6.2	2.6	0.34	0.17	1.12
Pasto del Sudán							
Heno, vegetativo	18	73	16.8	3.9	0.43	0.41	2.14
Heno, heno de la floración	23	66	8.8	1.8	0.43	0.36	2.14
Heno	91	59	8.0	1.8	0.55	0.30	1.87
Ensilado	26	58	10.8	2.8	0.46	0.21	2.25
Maíz forrajero							
Ensilado	33	73	8.1	3.1	0.23	0.22	0.96

MS, materia seca; DMO, digestibilidad de la materia orgánica; PE, proteína bruta; EE, extracto éterico; Ca, calcio; P, fósforo; K, potasio

Fuente: adaptado de Undersander (2001)

Valor nutricional de los sorgos forrajeros. En condiciones normales de cultivo, con suelos de calidad media y ausencia de estrés hídrico, el rendimiento del sorgo es mucho menor del que tiene el maíz, solo superando la productividad de este en condiciones límite, por lo general de estrés hídrico y baja disponibilidad de nutrientes. En la tabla 1 se muestra la composición química y digestibilidad del forraje de distintos tipos de sorgo en comparación con el ensilado de maíz.

Desde un punto de vista nutricional para los rumiantes, en un estudio donde se comparó la composición nutricional de distintos tipos de sorgo en comparación con el ensilado de maíz, Undersander (2001) indica que el sorgo, en comparación con el maíz, es una planta menos energética, de un valor proteico semejante (bajo en ambos casos) y con un mayor contenido en calcio y fósforo (tabla 1).

Aunque todos los granos son importantes fuentes de energía para el ganado vacuno en la forma de almidón, existen diferencias en la composición

y en su tasa de liberación en el tracto digestivo del animal. El almidón de los cereales de invierno (p. ej., trigo y centeno) es de rápida exposición, solubilidad y fermentación en el rumen. El almidón del sorgo, al igual que el de maíz, es de fermentación ruminal más lenta que la de los cereales de invierno, lo cual es de interés desde un punto de vista nutricional para lograr una mayor eficiencia en el aprovechamiento de la energía y nitrógeno en el rumen y optimizar el crecimiento microbiano. La fracción de almidón que escapa a la fermentación ruminal es digerida en el intestino delgado, proporcionando una interesante fuente de glucosa para el animal.

Presencia de componentes antinutricionales en la planta de sorgo

Existen variedades de sorgos con alto contenido en taninos, lo cual es un inconveniente desde el punto de vista nutricional por la baja aptitud del forraje para el ganado; en el mercado se pueden encontrar variedades seleccionadas con bajos taninos. Otro factor

EL COSTE DE LA TONELADA DE FORRAJE DEPENDE MÁS DEL RENDIMIENTO QUE TENEMOS POR HECTÁREA QUE DEL COSTE DEL CULTIVO

antinutricional que está presente en la planta de sorgo es la durrina. Se trata de un glucósido productor de ácido cianhídrico (ácido prúxico), potencialmente muy peligroso para la salud de los animales. El riesgo depende del tipo de sorgo (muy bajo en el pasto del Sudán, potencialmente alto en el sorgo e intermedio en los híbridos de sorgo x pasto del Sudán), de la variedad dentro de cada tipo, del momento de aprovechamiento de la planta y de las condiciones ambientales. Las dificultades son mayores cuando la utilización es en verde y se aprovecha la capacidad de rebrote del sorgo. La durrina se acumula en plantas jóvenes, en los rebrotos tras un aprovechamiento y en plantas que detuvieron su desarrollo por condiciones adversas (seca, helada al final del ciclo). El peligro es mayor en los rebrotos nuevos de la base, por lo que se recomienda no consumir el forraje por debajo de los 45-60 cm de altura, o incluso más en condiciones de estrés hídrico y tras una fuerte fertilización nitrogenada. No se debe dejar el sorgo cortado y acumulado durante la noche para alimentar el ganado al día siguiente, ya que el calentamiento del forraje causa liberación de ácido cianhídrico, lo que hace el forraje más tóxico. En cualquier caso, cuando la forma de aprovechamiento es mediante heno o ensilado, particularmente cuando la planta ya formó el grano, el riesgo de contener este factor antinutritivo es muy bajo.

Uso de los sorgos forrajeros en verde. El aprovechamiento en verde de la planta podría ser de interés para cubrir el déficit de forraje fresco durante el verano. Se debe hacer en estado foliáceo debido a la pérdida de calidad a partir del encatado. Dentro de los distintos tipos de sorgos forrajeros (tipo pasto del Sudán, azacarsados y de baja lignina o *low*), los sorgos tipo Sudán producen una gran cantidad de forraje de calidad y tienen alta capacidad de rebrote. Uno de los problemas del aprovechamiento en verde es la mencionada posibilidad de intoxicación del

ganso por la presencia en la planta de durtina en determinadas condiciones. Los sorgos azucarados aportan menor cantidad de forraje y tienen un crecimiento inicial más lento. No son tan exigentes en el manejo del pastoreo, ya que aún en avanzado estado de desarrollo no pierden calidad debido al contenido de azúcar en los tallos. Los sorgos forrajeros *low* o nervadura marrón, presentan buen crecimiento y alta capacidad de rebrote al igual que los sorgos tipo Sudán. La diferencia con los otros tipos de sorgo forrajero radica en que presentan mayor calidad, en términos de digestibilidad, aumentando el consumo de forraje por animal principalmente hasta finales del verano. En general, en pastoreo se deben utilizar altas cargas instantáneas (pastoreo rotacional) con períodos cortos de estancia en cada parcela.

Momento óptimo de cosecha para ensilar el sorgo

El momento adecuado de recoger el sorgo para ensilar se aproximaría al del maíz, es cuando que el grano debería estar entre los estados de 1/2 a 3/4 de la línea de leche (es decir, que entre la mitad y un cuarto del grano tiene consistencia blanda o lechosa, estando el resto en estado harinoso o vítreo), pero en el caso del grano de sorgo no es posible aprovechar este estado, por lo que el concepto se aplica al estado de madurez del conjunto de granos de la panícula, que va madurando desde la parte superior a la inferior. Convencionalmente, por tanto, se considera el estado óptimo para ensilar el sorgo cuando el tercio superior de la panícula tiene los granos endurecidos, el tercio medio en estado pastoso y el inferior en estado lechoso. Cuando los silos se hacen cubiertos, en ambientes confinados, conviene ser precavidos durante las 3 o 4 primeras semanas por cuanto puede haber restos de ácido prúsico en el ambiente. El sorgo ensila con facilidad, de forma semejante a la del maíz forrajero, alcanzando rápidamente un pH de 4,0 que estabiliza de forma natural la masa de forraje. A causa de que a veces el sorgo se ensila con un nivel de humedad superior al del maíz forrajero, el contenido en ácido acético puede ser más elevado, si bien tiene la ventaja de conferir una mayor estabilidad del ensilado frente al deterioro aerobio.

SE CONSIDERA EL ESTADO ÓPTIMO PARA ENSILAR EL SORGO CUANDO EL TERCIO SUPERIOR DE LA PANÍCULA TIENE LOS GRANOS ENDURECIDOS, EL TERCIO MEDIO EN ESTADO PASTOSO Y EL INFERIOR EN ESTADO LECHOSO

RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS REALIZADOS EN EL CIAM QUE COMPARAN EL RENDIMIENTO Y VALOR NUTRICIONAL DEL MAÍZ CON DISTINTOS TIPOS DE SORGO APROVECHADOS PARA FORRAJE

En el CIAM se realizaron diferentes estudios acerca de la utilidad de estas forrajeras de verano para ensilar, entre los que se debe destacar el trabajo de J. Lloveras (1983-1985), en el que evaluó el comportamiento productivo y el valor nutricional de diferentes cultivos de verano (maíz, pasto del Sudán o híbridos) en las condiciones de secano en la zona costera, en Mabegondo (tabla 2) y en la zona interior de Lago, en A Pobra do Brollón (tabla 3). Las fechas de siembra de estos ensayos fueron entre principios de mayo y junio, y la cosecha entre finales de agosto y mediados de octubre. Las precipitaciones en los meses críticos del verano fueron algo superiores a la media de cada zona. Los resultados obtenidos en estas condiciones evidencian la superioridad productiva del maíz forrajero como cultivo de verano en las condiciones de secano húmedo en Mabegondo, mientras que en la localidad de A Pobra do Brollón el pasto del Sudán e híbridos muestran unos rendimientos comparables al maíz, debido a la mejor adaptación de estos cultivos a las temperaturas más elevadas de la Galicia interior. El valor energético del maíz fue, de forma consistente, superior al del pasto del Sudán e híbridos con sorgo, y la concentración proteica fue baja en todos los cultivos, con un valor de PE por debajo del 8 % MS.

Tabla 2. Cultivos de verano para ensilar: rendimiento por hectárea, contenido en proteína y digestibilidad en Mabegondo (A Coruña), media 3 años (1983-1985)

Cultivo	PROD (t MS/ha)	PE (% MS)	IND (% MS)	DMS (%)
Maíz	15,20	6,4	24,5	71,0
Pasto del Sudán	7,79	5,5	37,7	55,0
Sorgo x pasto del Sudán	9,92	6,1	37,1	53,4

MS: materia seca; MD: materia orgánica; PE: proteína bruta; IND: fibra ácido detergente; DMS: digestibilidad de la MS

Fuente: Lloveras (1990)

Tabla 3. Cultivos de verano para ensilar: rendimientos por hectárea, contenido en proteína y digestibilidad en A Pobra do Brollón (Lago), media 3 años (1983-1985)

Cultivo	PROD (t MS/ha)	PE (% MS)	IND (% MS)	DMS (%)
Maíz	14,07	7,7	25,7	69,3
Pasto del Sudán	12,26	7,2	33,4	57,4
Sorgo x pasto del Sudán	14,05	7,3	37,7	56,4

MS: materia seca; MD: materia orgánica; PE: proteína bruta; IND: fibra ácido detergente; DMS: digestibilidad de la MS

Fuente: Lloveras (1990)

Posteriormente, durante los años 2009 y 2010 J. Piñeiro y N. Díaz realizaron en el CIAM dos ensayos, en los que caracterizaron la productividad y la composición química de diversas variedades de sorgo, pasto del Sudán e híbridos de sorgo x pasto del Sudán, que incluían variedades con el gen *low* y convencionales. En la tabla 4 se muestra el resumen de los resultados obtenidos en el ensayo llevado a cabo en el año 2009, en el que se realizó un aprovechamiento en dos cortes, a los 80 y 120 días tras la siembra en las localidades de Mabegondo y A Pobra do Brollón. En el año 2010 el ensayo se repitió solo en Mabegondo, realizando el aprovechamiento para ensilar, en un solo corte a los 124 días de la siembra (tabla 5). En el caso de realizar el aprovechamiento en 2 cortes, los rendimientos medios totales fueron similares para los tres cultivos, con valores que oscilaron entre 9,6 y 11 t MS/ha. Los valores medios del aprovechamiento en un solo corte oscilaron entre 10 y 10,5 t MS/ha para los híbridos y el sorgo, respectivamente, seguido del pasto del Sudán (7,0 t MS/ha). Los contenidos en PND fueron elevados para todos los cultivos, en particular para el pasto del Sudán, que se corresponde con la especie que mostró el valor energético más bajo (55,3 %) comparado con el sorgo (62,2 %) e híbridos (63,5 %).

ESPECIAL: ENSILADO

Tabla 4. Rendimiento y composición química del cultivo de sorgo bicolor (SB), pasto del Sudán (SS) e híbrido de sorgo x pasto del Sudán (SB x SS) recogidos en dos cortes, a los 80 y 120 días tras la siembra (medias de las localidades de Mabegondo y A Pólea de Broilón, año 2009)

Especie	Producción (kg MS/ha)			Alfalfa (cm)	MS (%)	Composición química (%MS)					
	1.º corte	2.º corte	Total			MO	PE	IND	IND	AMD	CSA
SB	7.819	1.906	9.724	142	19,4	92,7	8,2	36,5	64,8	14,9	13,9
SBxSS	8.266	2.810	11.077	159	17,9	92,3	8,1	38,0	66,4	13,0	11,9
SS	5.798	3.901	9.695	120	19,2	89,9	9,4	38,0	64,8	10,3	9,3

MS: materia seca; MO: materia orgánica; PE: proteína bruta; IND: fibra neutro detergente; IND: fibra ácido detergente; AMD: almidón; CSA: carbohidratos solubles en agua; los valores medios de alfalfa, contenido en materia seca y composición química están ponderados por la proporción de biomasa extraída en los cortes sucesivos.

Fuente: resultados de J. Pérez y N. Díaz (2009)

Tabla 5. Rendimiento, altura de plantas, contenido en materia seca, composición química y digestibilidad *in vitro* del cultivo de distintas variedades de sorgo bicolor (SB), pasto del Sudán (SS) e híbrido de sorgo x pasto del Sudán (SB x SS) recogidas en un solo corte a los 124 días en Mabegondo (año 2010)

Especie	Producción (kg MS/ha)	Alfalfa (cm)	MS (%)	Composición química (%MS)						NDMD (%)
				MO	PE	IND	IND	AMD	CNT	
SB	10.521	173	25,9	95,1	6,1	33,5	60,7	3,7	19,1	67,2
SBxSS	10.095	205	26,9	95,3	5,6	32,5	58,0	3,7	21,9	63,5
SS	7.029	189	30,9	94,1	5,6	35,8	64,6	4,3	13,5	55,3

MS: materia seca; MO: materia orgánica; PE: proteína bruta; IND: fibra neutro detergente; IND: fibra ácido detergente; AMD: almidón; NDMD: digestibilidad de la materia orgánica *in vitro*.

Fuente: resultados de J. Pérez y N. Díaz (2010)

Tabla 6. Rendimiento, altura de plantas, contenido en materia seca, composición química y digestibilidad *in vitro* de cultivo de variedades del género Sorghum con y sin el gen *bwr* recogidos en un solo corte a los 124 días en Mabegondo

Tipo	Producción (kg MS/ha)	Alfalfa (cm)	MS (%)	Composición química (%MS)						NDMD (%)
				MO	PE	IND	IND	AMD	CNT	
no <i>bwr</i>	10.015	199	27,4	95,2	5,7	33,1	59,7	4,1	20,5	63,5
<i>bwr</i>	9.990	183	24,8	95,3	5,9	32,2	59,6	2,1	21,4	67,6

MS: materia seca; MO: materia orgánica; PE: proteína bruta; IND: fibra neutro detergente; IND: fibra ácido detergente; AMD: almidón; NDMD: digestibilidad de la materia orgánica *in vitro*.

Fuente: resultados de J. Pérez y N. Díaz (2010)

Tabla 7. Evolución del contenido en materia seca, composición química y digestibilidad *in vivo* de un híbrido de S. bicolor x S. sudanés en diferente estado fenológico (año 2010)

Estado	Fecha	MS (%)	Composición química (%MS)						DMD <i>in vivo</i> (%)	ODU (kg MS)
			MO	PE	IND	IND	AMD	CSA		
Vegetativo	29/08	16,5	91,9	11,8	34,0	61,0	0,0	9,0	45,75	0,00
Floración	29/09	20,9	95,7	6,7	36,6	59,8	0,6	17,4	56,24	0,70
Grano partero	29/10	25,0	96,0	5,7	35,1	61,2	4,4	16,8	53,81	0,67

MS: materia seca; MO: materia orgánica; PE: proteína bruta; IND: fibra neutro detergente; IND: fibra ácido detergente; CSA: carbohidratos solubles en agua; AMD: almidón; DMD: digestibilidad de la materia orgánica *in vivo*; Variedad Nutri-Honey, sembrada el 5 de julio y recogida a los 54, 86 y 116 días (corte único)

Fuente: resultados de G. Flores et al. (2010)

En la tabla 6 se muestra el resumen de los resultados relativos al rendimiento y al valor nutricional de la comparación de las variedades tipo *bwr* vs. convencionales (no *bwr*). La productividad observada en ambos tipos fue semejante y el valor energético fue claramente superior en las variedades *bwr*, que mostraron digestibilidad más elevada (67,6 vs. 63,5 %) a pesar de que los contenidos en fibra

(IND y IAD) fueron prácticamente iguales. Como se indicó anteriormente, los tipos *bwr* fueron desarrollados específicamente para un aprovechamiento forrajero y presentan un menor contenido de lignina en la pared celular, lo que condiciona un diferente nivel de disponibilidad para la degradación microbiana de la pared celular de los forrajes en el rumen (Dainum et al., 1968; Van Soest, 1994). Estos resultados evidencian que la estimación

del valor energético de los forrajes, realizada mediante ecuaciones de regresión basadas en la concentración de fibra, tiene el riesgo de proporcionar resultados de escasa fiabilidad con este tipo de forraje.

En otro estudio realizado en el CIAM, Flores et al. (2010) evaluaron la composición química y la digestibilidad *in vivo* de un híbrido de S. bicolor x S. sudanés (variedad Nutri-Honey). El cultivo fue sembrado el 5 de julio en Mabegondo y recogido en diferentes estados fenológicos: vegetativo (54 días), floración (86 días) y grano pastoso (116 días). Para la determinación de la digestibilidad *in vivo* se utilizaron ovinos alojados en jaulas metabólicas siguiendo la metodología en uso en el CIAM, conforme a la normativa de experimentación animal vigente. En la tabla 7 se muestra la evolución de la composición química y DMD *in vivo* de la planta de sorgo x pasto del Sudán con el avance de la madurez. Como era de esperar, la calidad de la planta disminuye conforme avanza la madurez del forraje, lo que se evidencia en la sucesiva caída de los valores de PE (de 11,8 a 5,7 % MS) y de la DMD *in vivo* (de 65,75 a 53,81 %) entre los estados vegetativo al de grano pastoso.

Una reciente aproximación a la comparación de los rendimientos de maíz y sorgo forrajero en gran parcela la proporcionan los resultados de otro estudio (Pérez-Cruz et al., 2018) realizado en el CIAM en 2017. En este trabajo se evaluaron los cultivos de maíz (cv. Sensor) y sorgo (cv. PR84F), sembrados en la línea experimental de Mabegondo, a mediados de mayo en una superficie de 3,5 ha cada uno, siguiendo un cultivo de invierno (mezcla de raigrás híbrido+leguminosas anuales). La siembra se realizó con una sembradora de precisión, ajustada a una densidad teórica de 200.000 y 110.000 plantas ha⁻¹ para sorgo y maíz, respectivamente. La pluviometría total durante el cultivo fue algo inferior a la media (182 vs. 197 mm) y las dosis de fertilización fueron: 195 kg de N, 120 kg de P₂O₅ y 220 kg de K₂O/ha para el maíz y 100 kg de N, 60 kg de P₂O₅ y 150 kg de K₂O/ha para el sorgo. La floración del maíz tuvo lugar alrededor del 1 de agosto y la del sorgo dos semanas después, realizándose la cosecha de ambos cultivos el 25 de septiembre, coincidiendo con un estado fenológico de 2/3 línea de leche para el maíz y el estado grano lechoso-pastoso para el sorgo.



Cosecha de sorgo y maíz del Sorlin var. Nandí Heavy (corte de sorgo) en un campo.

La composición nutricional de las muestras se estimó mediante los métodos de referencia empleados en el CIAM. Con el objeto de ampliar la base de datos de muestras patrón de referencia se realizó la determinación de la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica de los forrajes en estado fresco utilizando ovinos alojados en jaulas metálicas siguiendo la metodología en uso en el CIAM, conforme a la normativa de experimentación animal vigente.

Como puede observarse en la tabla 8, la producción del sorgo (11,59 t MS/ha) fue ligeramente inferior a la del maíz (13,46 t MS/ha). Los contenidos de materia seca del maíz y sorgo en el momento de la cosecha fueron de 41,7 % y 25,9 %, respectivamente. Ambos forrajes presentaron un bajo contenido de proteína bruta (PB), siendo la del maíz (7,4 % MS) inferior a la del sorgo (9,8 % MS). Los contenidos en fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD) fueron claramente superiores para el sorgo, con unos valores para FND y FAD de 56,2 vs. 38,3 % MS y 30,7 vs. 19,0 % MS, respectivamente. En consecuencia, el sorgo presentó una DMO *in vitro* (58,3 vs. 70,1 %) y un valor energético (UFL: 0,74 vs. 0,94) notablemente inferiores al maíz. En cuanto al contenido en almidón, el maíz mostró, como era de esperar, un contenido muy superior (34,9 vs. 10,4 % MS).

Integrando los valores de digestibilidad y proteína con el rendimiento de MS de ambos cultivos se observa que la producción por hectárea de materia orgánica digerible (MOD) fue un 39 % superior para el maíz, mientras que la de proteína fue un 13 % superior para el sorgo (6,55 vs. 9,15 t MOD/ha y 1,13 vs. 0,99 t PB/ha). Por tanto, en las condiciones del experimento, el cultivo del maíz presentó ventajas significativas en comparación al sorgo, a pesar del alto rendimiento proteico de esta especie.

Tabla 8. Rendimiento, composición química y digestibilidad *in vivo* de maíz y sorgo como cultivos de verano en gran parcela (año 2017)

	Maíz	Sorgo
Rendimiento		
Producción de MS (t/ha)	13,46	11,59
Producción de MOD (t/ha)	9,35	6,55
Producción de PB (t/ha)	0,99	1,13
Composición química		
MS (%)	41,7	25,9
MO (% MS)	97,6	97,0
PB (% MS)	7,4	9,8
FND (% MS)	39,0	56,2
FAD (% MS)	38,3	56,2
AMD (% MS)	34,9	10,4
Valor energético		
DMO <i>in vitro</i> (%)	70,1	58,3
UFL	0,94	0,74

MS: materia seca; MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; FND: fibra neutro detergente; FAD: fibra ácido detergente; AMD: almidón; DMO: digestibilidad de la materia orgánica *in vitro*.

Fuente: resultados de Perea-Castro et al. (2016)

Estabilidad y deterioro aerobio

Los principios básicos de la conservación de los forrajes mediante ensilado son: conseguir condiciones de anaerobiosis (ausencia de oxígeno) lo antes posible y disminuir el pH rápidamente hasta un valor ideal de 4 para inhibir la actuación de la flora clostridial, manteniendo posteriormente la estequiometría del forraje evitando el

acceso del aire a la masa ensilada hasta el momento de su consumo por el ganado. La ensilabilidad de un forraje es la mayor o menor facilidad para fermentar correctamente de forma natural. Los tres factores que definen la ensilabilidad de un forraje son: el contenido en materia seca, el contenido de carbohidratos solubles en agua y la capacidad tampón (resistencia a la acidificación durante la fermentación).

Entre las ventajas del maíz y del sorgo para su utilización como ensilados cuenta, de forma decisiva, la capacidad para fermentar correctamente, presentando habitualmente un contenido en MS elevado (por lo general mayor en el maíz), bajo poder tampón y alto contenido en carbohidratos solubles que favorecen la fermentación láctica y una rápida caída de pH. No obstante, el relativamente alto contenido en azúcares residuales de estos ensilados crean un medio propicio a la multiplicación de fermentos y de mohos cuando se produce la entrada de aire en el silo por un deficiente sellado o compactación de la masa de forraje o por su exposición al aire una vez abierto el silo. El deterioro aerobio es uno de los principales problemas que afectan a la conservación y a la calidad higiénica de los ensilados y, en particular, a los de maíz y sorgo, lo que ocasiona no solo una disminución del valor nutricional, sino que, además, pueden tener un potencial efecto negativo en casos extremos en la calidad de la leche y en la salud animal y humana (Driehuis y Gude Eldorink, 2000). Por estas razones en ocasiones puede ser de utilidad el uso de inoculantes en cuya composición están presentes bacterias lácticas heterofermentativas, como *Lactobacillus buchneri*, las cuales actúan eficazmente contra la proliferación de mohos y fermentos a través de la producción controlada de ácido acético durante la fermentación, mejorando la estabilidad aerobia de los ensilados (Piya, 2003). *



ESPECIAL: ENSILADO

A este respecto, en otro trabajo realizado recientemente en el CIAM, González-Alcántara *et al.* (2018) evaluaron el efecto de la aplicación de un inoculante comercial (SORBENSYL Soluble®, STI Biotechnology), compuesto por *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus rhamnosus* y *Lactococcus lactis*, sobre la calidad fermentativa y la estabilidad aerobia de silos de laboratorio de maíz y de sorgo. El material vegetal procedía de los cultivos realizados en gran parcela mencionados anteriormente y recogidos a finales de septiembre de 2017 en el CIAM. La estabilidad aerobia se evaluó mediante tres índices propuestos por O'Kiely (1993): la diferencia de temperaturas máxima (Tdif max), el tiempo (h) hasta que la diferencia de temperaturas, Tdif, superó 2 °C (hora Tdif > 2) y el tiempo (h) hasta que se alcanzó la diferencia máxima de temperaturas (hora Tdif max).

Los resultados del efecto de la especie y el uso de inoculante sobre la calidad fermentativa y estabilidad aerobia del ensilado se muestran en la tabla 9. Los ensilados no produjeron efluente, en consonancia con el alto contenido en MS del forraje ensilado (36,4 % para el maíz y 28,1 % para el sorgo) y, consecuentemente, el nivel de pérdidas fue bajo en ambos casos (7,5 y 8,6 % de la MS total ensilada inicialmente para maíz y sorgo, respectivamente). La calidad de fermentación de los ensilados fue satisfactoria, en líneas generales, tanto en el ensilado de maíz como en el de sorgo, mostrando la buena ensilabilidad de estos cultivos aún en ausencia de inoculante. El ensilado de sorgo mostró una fermentación más intensa, con valores superiores de ácidos láctico y acético, en consonancia con su menor contenido en materia seca y azúcares solubles, comparado con el ensilado de maíz. Siguiendo los criterios recomendados por Dulphy y Demarquilly (1981), una correcta fermentación se corresponde con niveles de pH inferiores a 4,0 y valores de N amoniacal y N soluble (expresados en porcentaje del N total) por debajo del 10 % y del 50 %, respectivamente.

Tabla 9. Efecto de la especie y el uso de inoculante sobre la calidad fermentativa y estabilidad aerobia del ensilado

	Cultivo		Día de inoculante		Maíz		Sorgo	
	Maíz	Sorgo	CIB	INOC	CIB	INOC	CIB	INOC
MS	36,4	28,1	32,3	32,3	36,3	36,4	28,2	28,1
pH	3,71	3,70	3,70	3,71	3,71	3,71	3,69	3,70
ICI	4,6	7,2	6,2	5,5	4,7	4,6	8,0	6,5
ACI	1,8	2,5	2,0	2,3	1,6	2,0	2,5	2,5
N NH ₃	4,8	5,1	5,1	4,8	5,0	4,6	5,2	5,1
Hsol	43,6	36,1	39,9	39,8	43,7	43,5	36,2	36,1
PERDMS	7,5	8,6	8,0	8,1	7,2	7,8	8,7	8,4
Hora Tdif > 2	38,8	38,2	36,4	40,6	35,4	42,2	37,4	39,0
Tdif max (°C)	10,6	12,6	12,5	10,7	12,4	8,8	12,6	12,6
Hora Tdif max	48,5	46,2	45,8	48,9	46,1	50,8	45,4	46,9

MS: materia seca; ICI: ácido láctico (%MS); ACI: ácido acético (%MS); N NH₃: nitrógeno amoniacal (% nitrógeno total); Hsol: nitrógeno soluble (% nitrógeno total); PERDMS: pérdidas de MS; CIB: tratamiento sin inoculante; INOC: tratamiento con inoculante

Fuente: González-Alcántara *et al.* (2018)

▶ LAS DIFERENCIAS ENTRE EL RENDIMIENTO DE AMBOS CULTIVOS SE ATENÚAN EN EL CASO DE SECADOS MÁS CÁLIDOS SIN DÉFICITS EXCESIVOS DE AGUA EN VERANO

La concentración de ácido láctico fue superior para el tratamiento control comparado con el inoculante, mientras que el contenido en acético fue superior para este último, en clara correspondencia con el efecto de la actividad de los lactobacilos heterofermentativos del producto comercial. Los valores medios de estabilidad aerobia de los ensilados de maíz y de sorgo fueron semejantes, sin diferencias apreciables entre estos. Los ensilados tratados con inoculante mostraron una estabilidad aerobia significativamente superior a los no tratados, siendo más evidente en el caso del ensilado de maíz, que mostró una menor concentración de acético en el ensilado control (no tratado con inoculante), comparado con el sorgo. Los resultados corroboran en líneas generales los efectos positivos obtenidos en otros ensayos realizados en el CIAM (Fernández-Lorenzo *et al.*, 2007) cuando se aplican inoculantes con bacterias lácticas homo y heterofermentativas a ensilados de maíz.

CONCLUSIONES

- En condiciones de secados húmedos y templados, el cultivo del maíz presenta una clara superioridad con relación al sorgo, en términos de rendimiento de materia seca y de energía por hectárea, debido a la mayor producción y digestibilidad del maíz.
- La extracción de proteína, en determinadas ocasiones, puede ser superior para el sorgo al presentar tenores de proteína más elevados que los del maíz.
- Las diferencias entre el rendimiento de ambos cultivos se atenúan en el caso de secados más cálidos sin déficits excesivos de agua en verano.
- Únicamente en caso de veranos secos en zonas del interior los resultados productivos del sorgo se esperan superiores a los del maíz.
- La capacidad de rebrote de las variedades de pasto del Sudán y sus híbridos con sorgo pueden ser de utilidad para proporcionar forraje verde en verano, siendo necesario prestarle atención a la presencia de componentes antinutricionales.
- Cultivadas para ensilar en corte único, las variedades híbridas de sorgo y las de sorgo x pasto del Sudán fueron más productivas en comparación con las de pasto del Sudán.
- Faltan estudios locales que demuestren el comportamiento del sorgo en relación con el maíz a distintos niveles de disponibilidad de agua durante el verano. ■

NOTA DE LOS AUTORES

La bibliografía citada en este trabajo está a disposición de los lectores mediante contacto con la primera autora: zestap@ciam.mx

IX. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos se puede concluir:

- La utilización de forrajes alternativos como es el triticale es una herramienta útil para los SPLPE durante las épocas de de secas, debido a su buena calidad nutricional, su rendimiento y resistencia a los factores ambientales.
- La utilización de dos diferentes niveles de inclusión de triticale no afectaron los rendimientos de leche, ni su composición química pero se tuvo un incremento en el costo de producción, con lo cual la utilización de 5 kg es una opción viable para la alimentación del ganado y reducir costos.
- El pastoreo de gramíneas de clima templado como es el caso de *Lolium perenne* y *Festuca arundinacea*, resultan praderas de buena calidad y de gran resistencia al pastoreo. Aunque FAT resultó con menor calidad nutritiva por kg de MS lo compensa con un mayor rendimiento y resistencia a las secas.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguilar-López EY, Bórquez JL., Domínguez IA, Morales-Osorio A, Gutiérrez-Martínez MG, González RM (2013). Forage Yield, Chemical Composition and In Vitro Gas Production of Triticale (X Triticosecale wittmack) and Barley (Hordeum vulgare) asociated with Common Vetch (Vicia sativa) Preserved as Hay or Silage. *Journal of Agricultural Science*, 5(2):227-238.
- Albarrán B, García A, Espinoza A, Espinoza E, Arriaga CM (2012). Maize silage in the dry season for grazing dairy cows in small-scale production systems in Mexico's highlands. *Indian Journal of Animal Research*, 46 (4);317-324.
- Alfonso-Ávila AR, Wattiaux MA, Espinoza-Ortega A, Sánchez E, Arriaga-Jordán CM (2012). Local feeding strategies and milk composition in small-scale dairy production systems during the rainy season in the highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 44:637-644.
- Ankom (2005). Procedures (for NDF and ADF). Ankom Technology Method. Disponible en <http://www.ankom.com/> Consultado 15 Junio 2015.
- AOAC (1990). Official methods of analysis. 15th ed. Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC International (2007). Official Methods of analysis, Gaithersburg, MD.
- Aranca V, Xercavins A, carreras R, Fernández C (2014). Ganaderías familiares de vacuno de leche: características, oportunidades y bienestar animal. *AFRIGA* año XXI- N°118.
- Arias RA, Mader TL, Escobar PC (2008). Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 40(1):7-22.
- Arriaga-Jordán CM, Albarrán-Portillo B, Espinoza-Ortega A, García-Martínez A and Castelán-Ortega OA (2002). On farm comparison feeding strategies based on forages for small-scale dairy production systems in the highlands of central Mexico. *Experimental Agriculture*, 38: 375-388.
- Bargo F (2003). Suplementación en Pastoreo: Conclusiones sobre las últimas experiencias en el mundo. Disponible en: www.agro.uba.ar/sites/default/files/catedras/bargo.pdf consultado 10/11/17.
- Calsamiglia S, Ferret A, Bach A. (2004). Tablas FEDNA de valor nutritivo de forrajes y subproductos fibrosos húmedos. Fundación para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid. 70.

- Castro N, Rufach H, Capellino F, Domínguez R, Paccapelo H (2011). Evaluación del rendimiento de forraje y grano de triticales y tricepiros. *Revistas de Investigaciones Agropecuarias*, 37(3):281-289.
- Celis-Alvarez, M.A., López-González, F., Martínez-García, C.G., Estrada-Flores, J.G., 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.
- Chaney AL, Marbach EP (1962) Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clinical Chemistry*, 8:130-132.
- Chaney AL, Marbach EP (1962). Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clinical Chemistry*. 8: 130-132.
- COFOCALEC- Consejo para el Fomento de la Calidad de Leche y Sus Derivados A.C. (2004). NMX-700-COFOCALEC-2004. Sistema producto leche alimento lácteo leche cruda de vaca especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba. México, D.F.
- Composición y análisis de alimentos. En Instituto Babcock para la investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera. Universidad de Wisconsin-Madison. Disponible en <http://babcock.wisc.edu/es/node/143>. Consultado el 16 de octubre de 2016.
- CONROY, C. (2005) *Participatory Livestock Research*, (ITDG Publishing, Bourton-on-Dunsmore, Warwickshire, U.K.)
- Cortez-Arriola J, Rossing AHW, Améndola MRD, Scholberg MSJ, Groot CJJ, Tiftonell P (2015). Leverages for on-farm innovation from farm typologies? An illustration for family-based dairy farms in north-west Michoacán, Mexico. *Agricultural Systems*, 135: 6–76.
- Cougnon M, Baer J, Van Waes C, Reheul D (2013). Performance and quality of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) and perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and mixtures of both species grown with or without white clover (*Trifolium repens* L.) under cutting management. *Grass and Forage Science*, 69; 666–677.
- Di Marco O (2011). Estimación de la calidad de los forrajes. Facultad de Ciencias Agrarias, Unidad Integrada Blancarde. http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/45calidad.pdf. Consultado el 30 Nov 2016.
- Espinoza-Ortega A, Espinosa-Ayala E, Bastida-López J, Castañeda-Martínez T, Arriaga-Jordán CM (2007). Small-scale dairy farming in the highlands of

central Mexico: Technical, economic and social aspects and their impact on poverty, *Experimental Agriculture*, 43: 241-256.

Espitia RE, Villaseñor M. H. E, Tovar G. R; De la O Olán M, Limón O. A. (2012). Momento óptimo de corte para rendimiento y calidad de variedades de avena forrajera *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(4); 771-783.

Espitia RE, Villaseñor MHE, Huerta EJ, Salmerón ZJJ , González IRM, Osorio AL (2007). Obsidiana, variedad de avena para la producción de grano y forraje en México. *Agricultura Técnica en México*, 33(1): 95-98

Fadul-Pacheco L, Wattiaux MA, Espinoza-Ortega A, Sánchez-Vera E, Arriaga-Jordan CM (2013): Evaluation of sustainability of smallholder dairy production systems in the Highlands of Mexico during the rainy season. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 8:882-901.

FAO (2001). Trigo regado disponible en <http://www.fao.org/docrep/006/x8234s/x8234s00.htm#Contents>. Consultado el 6 noviembre 2016.

Harper TM, Giallongo F, Roth GW, Hristov AN (2017). Inclusion of wheat and triticale silage in the diet of lactating dairy cow. *Journal Dairy Science*. 100:1–13.

Heredia-Nava D, Espinoza-Ortega A, González-Esquível CE, Arriaga-Jordán CM (2007). Feeding strategies for small-scale dairy systems based on perennial (*Lolium perenne*) or annual (*Lolium multiflorum*) ryegrass in the central highlands of México. *Tropical Animal Health and Production*, 39:179-188.

Hodgson, J (1994). Manejo de pastos, teoría y práctica. Diana, México.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI. (2009): Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Aculco, México. Clave geoestadística 15003. Disponible en <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/15/15003.pdf> (Consultado, 13 de Septiembre de 2016).

Insua JR, Di Marco ON, Agnusdei MG (2013) Calidad nutritiva de láminas de festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb) en rebrotes de verano y otoño. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 39 (3): 267-27.

Jaimes JJ, Hernández SJR, Vargas AM (2009). Efecto de tres niveles de carbohidratos sobre la calidad del ensilado. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 8 (1); 11-18.

Jauregui JM, Michelini DF, Agnusdei MG, Baudracco J, Sevilla GH, Chilbroste P, Lattanzi FA (2016). Persistence of tall fescue in a subtropical environment:

- tiller survival over summer in response to flowering control and nitrogen supply. *Grass and Forage Science*. 1-13
- Kaplan M, kökten K, akçura M (2014). Determination of Silage Characteristics and Nutritional Values of Some Triticale Genotypes. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergis*, 1(2):102-107.
- Keles G, Kurtoglu V, Demirci U, Ates S, Canatan T, Kan M, Gunes A (2014). Conservation Characteristics of Triticale-Hungarian Vetch Silage Ensiled with Homo-fermentative or Hetero-fermentative Lactic Acid Bacteria in Jars. *Animal Nutrition and Feed Technology*, 14:69-79.
- López-Guerrero I, Fontenot JP, García-Peniche TB (2011). Comparaciones entre cuatro métodos de estimación de biomasa en praderas de festuca alta. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 2 (2); 209-220.
- Luis DTS, González PA, Jaimes JJ, Cueto WJA, Hernández SJR (2008). Evaluacion De Fertilizantes Sobre La Avena Forrajera. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*,2(1) ; 73-82.
- Martínez FA, Argamentería GA, De la Roza DB (2014). Manejo de forrajes para ensilar. Ed.: Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario 280 .
- Martinez MAL, Pérez HM, Pérez ALM, Carrión PD, Gómez CG (2010b). Metabolismo de los lípidos en los rumiantes. *Revista electrónica de Veterinaria*, 11 (8); 1-21.
- Martinez MAL, Pérez HM, Pérez ALM, Carrión PD, Gómez CG, Garzón SAI (2013a). Efecto de los aceites y semillas en dietas para rumiantes sobre el perfil de ácidos grasos de la leche. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 4 (3);319-338.
- Martínez MAL, Pérez HM, Pérez ALM, Gómez CG (2013 c). Digestión de los lípidos en los rumiantes: una revisión. *INTERCIENCIA*, 35 (4);240-246.
- Martínez, FA, Argamentería GA, De la Roza DB (2014). Manejo de forrajes para ensilar. Ed.: Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario. 280.
- Mellado ZM, Matus TI, Madariaga BR (2008). Antecedentes sobre el triticale en Chile y otros países. *Boletín INIA No. 183*. Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán, Chile.
- Mellado ZM, Matus TI, Madariaga BR (2008). Antecedentes sobre el triticale en Chile y otros países. Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán,

Chile, Boletín INIA No. 183.

Mendoza-Elos M, Cortez-Baheza E, Rivera-Reyes JE, Rangel-Lucio JA, Andrio-Enríquez E, Cervantes-Ortiz F (2011). Época y densidad de siembra en la producción y calidad de semilla de triticale (*X Triticosecale Wittmack*). *Agronomía Mesoamericana*, 22(2):309-316.

Mendoza-Elos M, Cortez-Baheza E, Rivera-Reyes JE, Rangel-Lucio JA, Andrio-Enríquez E, Cervantes-Ortiz F (2011). Época y densidad de siembra en la producción y calidad de semilla de triticale (*X Triticosecale Wittmack*). *Agronomía Mesoamericana*, 22(2):309-316.

Mendoza-Elos M, Cortez-Baheza E, Rivera-Reyes JE, Rangel-Lucio JA, Andrio-Enríquez E, Cervantes-Ortiz F (2011). Época y densidad de siembra en la producción y calidad de semilla de triticale (*X Triticosecale Wittmack*). *Agronomía Mesoamericana*, 22(2):309-316.

Milne G.D (2009). Management in New Zealand, Australia, and South America. In: Fribourg, H.A.; Hannaway, D.B.; West, C.P. (eds.). Tall fescue for the Twentyfirst Century. Agron. Monogr. 53. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI; 101-118.

Moreyra F, Giménez F, López JR, Tranier E, Real Ortellado M, Krüger H, Mayo A, Labarthe F (2014). Verdeos de Invierno, 1ª ed. INTA, Buenos Aires.

Murillo AB, Escobar HA, Fraga MH, Pargas LR. (2001): Rendimiento de grano y forraje de líneas de triticale y centeno en Baja California Sur, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 24(2):145-153.

Núñez HG, Payan GJA, Pena RA, Gonzalez CF, Ruiz BO, Arzola AC. (2010): Caracterización agronómica y nutricional del forraje de variedades de especies anuales en la región norte de México, *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 1(2):85-98.

Payne TS, Amri A, Humeid B, Rukhkyan N (2008). Guías para la regeneración de germoplasma: cereales de grano pequeño. En: Dulloo M.E., Thormann I., Jorge M.A. and Hanson J., editors. Crop specific regeneration guidelines [CD-ROM]. CGIAR System-wide Genetic Resource Programme (SGRP), Rome, Italy. 1-12.

Pincay FPE, Darwin Heredia ND, Rayas AAA, Martínez CFE, Mainar FV, Martínez FA, Arriaga-Jordán CM (2013). Sustentabilidad económica de sistemas de producción de leche en pequeña escala: Efecto del pastoreo de praderas sobre costos de alimentación. En: Cavallotti Vázquez Beatriz A., Gustavo E. Rojo Martínez, Alfredo Cesín Vargas, Benito Ramírez Valverde y Carlos F. Marcof Álvarez (Coordinadores). *La ganadería en la seguridad*

alimentaria de las familias campesinas. 235 - 241. Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. ISBN: 432-341-300-0.

Plata-Reyes DA, Gómez-Miranda A, López-González F, Domínguez-Vara IA, Arriaga-Jordán CM (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, SEEP;291-296.

Plata-Reyes DA, Morales-Almaraz E, Martínez-García CG, Flores-Calvete G, López-González F, Prospero-Bernal F, Valdez-Ruiz CL, *et al* (2018). Milk production and fatty acid profile of dairy cows grazing four grass species pastures during the rainy season in small-scale dairy systems in the highlands of Mexico. Tropical Animal Health and Production, <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1621-8>.

Powell M, Wattiaux A, Broderick GA (2011). Short communication: evaluation of milk urea nitrogen as a management tool to reduce ammonia emissions from dairy farms. Journal Dairy Science, 94: 4690–4695.

Riveros E, Argamentería A (1987): Métodos Enzimáticos de Predicción de la digestibilidad In Vivo de la Materia Orgánica de Forrajes, En: Avances en Producción Animal, Vol. 12, Ed. Mario Silva G. 59-75, Chile.

Rodríguez, B.E, Morales R.E.J, Franco M.O, Santoyo C.E, Estraa C.G, Gutierrez R.F. (2015). Manejo de fertilización nitrogenada sobre los componentes del rendimiento de triticale. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 6(4); 721-733.

Rojas GC, Catrileo SA, Manríquez BM, Calabí FF (2004) Evaluación de la época de corte de Triticale (X Triticosecale Wittmack) para ensilaje. Agricultura Técnica,64(1):34-40.

SAGARPA -Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2016) disponible en: www.sagarpa.gob.mx. Consultado 26 noviembre 2016.

Sainz-Sánchez PA, López-González F, Estrada-Flores JG, Martínez-García CG, Arriaga-Jordán CM (2017). Effect of stocking rate and supplementation on performance of dairy cows grazing native grassland in small-scale systems in the highlands of central Mexico. Tropical Animal Health and Production,49:179-186.

Sánchez GR, Gutiérrez BH. Características forrajeras de variedades de triticale en condiciones de sequía. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 6(3): 645-

650.

Sánchez ML (2005). Estrategias modernas para la conservación de forrajes en sistemas de producción bovina tropical Corpoica. Ciencia y Tecnología Agorpecuaria, 6 (2); 69 -80.

Servín de la Mora J.M.(1968). Praderas tecnificadas tipo Temascalsingo. Memorandum técnico num 259. Secretaria de recursos hidráulicos.

SIAP – Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (2017).. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/> Consultado el 20 de enero 2018

Silveira PEA, Franco FR (2006). Conservación de forrajes: segunda parte REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, 7(11); 1-37

Tejada I (1985).Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal. Ed. Sistema de educación continua en Producción Animal A.C. México DF.

Teuber KN, Balocchi LO, Parga MJ. (2007): Manejo del pastoreo., Imprenta América, Osorno, Chile, 123.

Thomas HM, Morgan WG, Humphreys MW (2003). Designing grasses with a future – combining the attributes of Lolium and Festuca. Euphytica, 133: 19–26.

Tomoso JC. (2009). Cereales forrajeros de invierno. Agromercado., 149:1-4.

Villaberde M, Alves J, Sabanés L, Martínez R, Pereira F (2006). Sistemas familiares de producción agropecuaria y su potencialidad para producir alimentos sanos. Revista Electrónica de Veterinaria, 7(12):1-14.

Wattiaux MA, Nordheim EV, Crump P (2005). Statistical Evaluation of Factors and Interactions Affecting Dairy Herd Improvement Milk Urea Nitrogen in Commercial Midwest Dairy Herds. Journal Dairy Science,88:3020-3035.

Wattiaux, MA (2002). Grados de condición corporal. En Instituto Babcock para la investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera.

Zadoks JCT, Konzak C (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Res, 14:415-421.

XI. ANEXOS

11.1. Datos pre-experimentales de las vacas utilizadas en el experimento

Número de vaca	Rendimiento diario total de leche (kg/ día)	Peso vivo (kg)	Número de partos	Días en leche
Cuadro 1				
1	8.25	575.5	5	252
2	9.25	492.5	3	252
3	11.5	409	2	132
4	11.4	493	2	162
Cuadro 2				
5	11.35	621	6	72
6	12.55	414	1	80
7	14	466	3	25
8	17.2	552	3	57

11.2. Promedios de variables medidas por vaca, tratamiento y por periodo.

CUADRO	VACA	Tx	PERIODO	RL	PV	CC	NUL	Grasa	Proteína	Lactosa
1	1	T2	1	8.8	575.5	2	14.88	3.55	3.61	5.22
1	1	T1	2	9.2	571	2	8.07	3.70	3.39	4.91
1	1	T3	3	7.7	575	2.5	7.09	4.08	3.18	4.57
1	1	T4	4	8.1	578	2	7.00	4.33	3.51	5.08
1	2	T3	1	11.7	492.5	2.5	14.03	3.79	3.85	5.59
1	2	T4	2	11.3	492.5	2.5	10.04	3.81	3.49	5.05
1	2	T2	3	10.6	483	2.5	10.85	4.12	3.25	4.70
1	2	T1	4	11.0	502	2.5	9.19	3.73	3.42	3.96
1	3	T4	1	11.2	409	2.5	6.69	3.20	3.59	5.22
1	3	T2	2	11.8	394.5	2.5	10.18	3.21	3.16	4.59
1	3	T1	3	12.5	406	2.5	10.31	3.20	3.59	5.22
1	3	T3	4	10.5	404	2.5	10.31	3.31	3.41	4.96
1	4	T1	1	10.7	493	2.5	13.09	3.24	3.52	5.12
1	4	T3	2	10.8	473.5	2.5	10.00	3.36	3.19	4.74
1	4	T4	3	11.0	486	2.5	15.01	3.83	3.12	4.50
1	4	T2	4	10.2	455	2.5	11.30	3.69	3.37	4.88
2	5	T1	1	12.2	621	2	12.91	2.82	3.12	4.53
2	5	T2	2	14.4	531	2	7.58	2.60	3.17	4.62
2	5	T4	3	13.0	605	2	10.18	2.59	3.42	4.98
2	5	T3	4	11.1	615	2.5	8.61	2.54	3.29	4.80
2	6	T4	1	13.7	414	2.5	14.03	3.00	3.57	5.23
2	6	T3	2	12.5	405	2.5	11.07	2.91	3.38	4.91
2	6	T1	3	11.0	393	2.5	13.13	3.16	3.11	4.52
2	6	T2	4	11.8	412	2.5	9.69	3.05	3.45	5.01
2	7	T3	1	14.8	466	2	12.06	3.03	3.51	5.11
2	7	T1	2	14.3	422	2.5	10.00	3.26	3.27	4.74
2	7	T2	3	12.5	424.5	2	10.89	3.40	3.23	4.68
2	7	T4	4	14.7	412	2	10.85	3.16	3.43	4.33
2	8	T2	1	18.7	552	2.5	9.24	3.21	3.23	4.69
2	8	T4	2	18.0	532	2.5	8.16	3.12	2.87	4.15
2	8	T3	3	16.6	535.5	2.5	9.78	3.18	2.95	4.26
2	8	T1	4	16.2	554	2.5	8.75	2.67	3.07	4.45

Tx: Tratamientos; T1=7.5 kg MS ETB+ LBT+ 4.65 kg MS DE CT; T2= 7.5 kg MS ETB+ LBT+ 4.65 kg MS DE CT; T3= 7.5 kg MS ETB+ FAT+ 4.65 kg MS DE CT; T4= 7.5 kg MS ETB+ FAT+ 4.65 kg MS DE CT; RL= Rendimiento de leche; NUL= Nitrógeno Ureico en Leche; PV= Peso vivo;