

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

EVALUACIÓN DE CEBADA Y AVENA FORRAJERAS EN ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN DEL GANADO LECHERO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN PEQUEÑA ESCALA EN EL NOROESTE DEL ESTADO DE MÉXICO

T E S I S

QUE PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

PRESENTA:

AIDA GÓMEZ MIRANDA

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

EVALUACIÓN DE CEBADA Y AVENA FORRAJERA EN ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN DEL GANADO LECHERO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN PEQUEÑA ESCALA EN EL NOROESTE DEL ESTADO DE MÉXICO

TESIS

QUE PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

PRESENTA:
AIDA GÓMEZ MIRANDA

COMITÉ DE TUTORES:

DR. CARLOS MANUEL ARRIAGA JORDÁN
DRA. JULIETA GERTRUDIS ESTRADA FLORES
DR. ERNESTO MORALES ALMARAZ

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México

DEDICATORIAS

A mis padres **Jorge y Berna** por su fe en mí, su apoyo incondicional, su amor y comprensión, por dejarme volar con mis propias alas y siempre estar ahí para mí, siempre estaré agradecida, espero siempre se sientan orgullosos de mí, porque cada logro mío es gracias y por ustedes. ¡Los Amo!

A mis hermanos **Luis y Liliana** por su cariño, compresión, por las locuras y por compartir conmigo tantas cosas, siempre impulsándome pero a la vez dejando tomar su mano cuando necesitaba ayuda y a **Rene** mi angelito en el cielo siempre en mi corazón.

A mis amigas **Danaee, Mitsi y Aurora** gracias por estar conmigo compartiendo tantas cosas juntas, buenas y malas que nos unieron durante este corto tiempo pero que seguirá por muchos años. “Las quiero mucho”.

A **Felipe de Jesús Israel** gracias por esa gran amistad que creció cuando empezamos esta parte de nuestras vidas “la maestría”, por siempre acompañarme en todo momento difícil, nunca dejarme sola y soportar un poquito ese genio mío. “Los quiero mucho y siempre están en mi corazón”

A **Alan, Fernando, Melchor**, por su apoyo durante este proceso, por su paciencia, orientación y brindarme su amistad desde hace mucho años compartiendo tantas cosas conmigo.

A todos mis compañeros del ICAR **Cristina, Francisco, Luis, Juan, Carlos, Laura** e integrantes del Gran equipo SPLPE, **María, Estefany, Jesica, Víctor, Brissa, Rodrigo, Genaro, Dixan, Luis Enrique, Claudia.**

RESUMEN

La producción en pequeña escala es un sistema capaz de mejorar la estabilidad agroecológica y económica de su entorno. Un ejemplo son los sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE) que contribuyen al uso óptimo de los recursos, sin embargo su alta dependencia a insumos externos tales como concentrados, y los pronósticos futuros del cambio climático requieren la búsqueda de alternativas forrajeras como la conservación de cereales de grano pequeño (cebada y avena) en ensilados, poseedores de características con gran potencial para la alimentación en los SPLPE. En este estudio se evaluó el efecto de la inclusión de ensilados de cebada (CBD) y avena negra (AVS) en tres tratamientos: CBD= 100 %, CBD+AVS= 50 % + 50%, AVS=100 % en vacas lactantes bajo un pastoreo continuo y una suplementación diaria de 4.6 kg MS/vaca de concentrado comercial 19% PC. Se ocuparon 9 vacas lactantes usando un modelo de cuadro latino 3x3 repetido 3 veces con periodos de 14 días. Durante los últimos 4 días de cada periodo experimental se tomaron los datos para producción de leche, peso vivo, condición corporal y muestras para determinar la composición de leche y alimentos. Los costos de alimentación fueron estimados a partir de presupuestos parciales. No existieron diferencias estadísticas ($P<0.05$) para el rendimiento (14.58±3.91) y contenido de grasa (27.69±4.9) proteína (30.31±1.70) y nitrógeno ureico en leche (7.18±2.59), condición corporal (2.44±.16), peso vivo (485.31±50.4). El costo del ensilado de cebada fue 8 % menor que avena. En márgenes sobre costos de alimentación, CBD fue 7 % mayor a CBD+AVS, y AVS tuvo 5 % mayores márgenes sobre costos de alimentación que CBD+AVS. Como conclusión los ensilados de CBD y AVS, son una alternativa de alimentación ya que no presentaron diferencias en la respuesta productiva; aunque CBD, presentó mayores márgenes de ganancia lo que lo hace atractivo como alternativa forrajera para los SPLPE. Finalmente se presentan como productos de una estancia académica en el Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM) se obtuvieron tres capítulos de libro. El primero como primera autora donde se hizo una evaluación de maíz,

girasol y sorgo para ver el efecto de la disponibilidad de agua sobre el rendimiento, composición química y valor nutritivo. En dos experimentos más realizados durante la estancia se obtuvieron como productos dos trabajos de coautoría evaluando el efecto la aplicación de inoculante sobre la calidad fermentativa y estabilidad aeróbica de ensilados de maíz y sorgo; y la evaluación del 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. Por último se obtuvo una coautoría en la publicación de un resumen en la XXXIX Reunião De Primavera Da SPPF, en Ponte De Lima, Portugal.

ABSTRACT

Small-scale Livestock production may improve the agroecological and economic stability of its environment. One example is small-scale dairy systems (SSDS) that contributes to the optimal use of resources. However, their high dependency in external inputs as concentrates, the future forecasts on climate change call for forage alternatives as the conservation of small-grain cereals (barley and oat) as silages that given their characteristics have a large potential for feeding herds in SSDS. This study evaluated the inclusion of barley (BLY) and black oat (BKO) in three treatments: BLY= 100% BLY, B+O= 50%BLY+50%BKO, BKO=100%BKO in milking cows under continuous grazing and supplemented with 4.6 kg DM/cow/day of a 19% CP commercial concentrate. Nine lactating cows were assigned to a 3x3 Latin Square design repeated three times with 14 day periods. During the last four days of each period milk yield, live weight, and body condition score were recorded, and samples taken to determine milk and feeds composition. Feeding costs were estimated from partial budgets. There were no statistical differences ($P<0.05$) for daily milk yield (14.58±3.91 kg/cow) milk fat (27.69±4.9 g/kg), protein (30.31±1.70 g/kg), milk urea nitrogen (7.18±2.59 mg/dL), body condition score (2.44±.16), or live weight (485.31±50.4 kg). Barley silage cost was 8% lower than black oat, and B+O had a lower profit margin per cow/day. In margin over cost of feeds, T1 was 7% higher than T2, and T3 5% higher margins over feed costs than T2. The conclusions are that both CBD and AVS are a feeding alternative as there

were no differences in the productive response; however BLY showed higher margins which make it attractive for SSDS. Products are presented from an academic stay at the Agricultural Research Centre of Mabegondo (CIAM) three book chapters. The first one as first author on the evaluation of the availability of water on yields, chemical composition, and nutritive value of maize, sunflower and sorghum forage. In two other experiments during the stay two chapters as co-author were produced evaluating the application of inoculants on the fermentation quality and aerobic stability of maize and sorghum silages; and the effect of water availability and inoculation with mycorrhizae on yield and nutritional value of maize forage in Galicia. Lastly an abstract was published as co-author in the XXXIX REUNIÃO DE PRIMAVERA DA SPPF, at Ponte De Lima Portugal.

Agradecimientos

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por la beca otorgada para los estudios de posgrado en la participación del proyecto Adaptación al cambio climático de las estrategias de alimentación del ganado en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el NW del Estado de México (3676/2014/CIA) y a la **Universidad Autónoma del Estado de México**.

Al **Dr. Carlos Manuel Arriaga Jordán**, quien fue mi tutor académico y al brindarme la gran oportunidad de pertenecer a su proyecto y equipo de investigación para así desarrollar el gusto por la investigación, por ofrecer esa gran amistad, confianza y paciencia que siempre estuvo disponible, así como por su orientación hacia un camino lleno de oportunidades y crecimiento personal y profesional.

A la **Dra. Julieta Gertrudis Estrada Flores y Dr. Ernesto Morales Almaráz** por su paciencia, el apoyo en explicarme aquellas dudas durante el transcurso de mi formación, siempre disponiendo de un tiempo para compartir su conocimiento.

Al **Dr. Felipe López González** por siempre me brindarme su amistad su tiempo y su confianza al resolver aquellos problemas aprendiendo juntos en muchos casos, haciendo siempre más.

A las laboratoristas **Laura Edith Martínez Contreras y María de Lourdes Maya Salazar** del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales por su apoyo y disposición para la realización de los análisis de laboratorio, así como por brindarme su amistad en el proceso.

Al **Dr. Gonzalo Flores Calvete** por aceptarme y permitirme realizar mi estancia en el CIAM bajo su supervisión y tutela además de brindarme su amistad en el proceso.

A **Sonia Pereira Crespo, Laura González González, Marcos Veiga** por brindarme su apoyo y amistad durante mi estancia en el CIAM, por compartir sus conocimientos permitiendo aprender nuevas cosas, acogiéndome cuando estaba lejos de casa.

A los productores **Heriberto, Ignacio, José Hugo y Héctor Valerio Varela** por su apoyo y disposición brindada en la elaboración del experimento en sus unidades de producción, asimismo por su hospitalidad y amistad; durante y después del mismo.

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN 12

1.1 PRODUCCIÓN LÁCTEA EN MÉXICO 12
1.1.1Sustentabilidad de las unidades de producción 13
1.2 CEREALES DE GRANO PEQUEÑO 13
1.3 CEBADA (*HORDEUM VULGARE*) 14
1.3.1 Variedad Cerro Prieto 15
1.4 AVENA 15
1.4.1 Avena negra cv. Saia 15
1.5 ENSILADO 16
1.5.1Calidad Nutricional de los Ensilados de Cebada y Avena 18

II. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN 19

III. HIPÓTESIS 20

IV. OBJETIVOS 21

4.1 OBJETIVO GENERAL 21
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 21

V. JUSTIFICACIÓN 22

VI. MATERIALES Y MÉTODOS 24

6.2 Área de estudio 24
6.3 Límite de tiempo 25
6.4EVALUACION DE VARIABLES FORRAJERAS 25
6.4.1 Características de los cultivos 25
6.4.2 Acumulación neta de forraje (ANF) 26
6.4.3 Composición química del forraje 28
6.4.4 El pH de los ensilados 29
6.5 EVALUACIÓN DE VARIABLES PRODUCTIVAS 29
6.5.1 Rendimiento de leche 29
6.5.2 Composición química de la leche 29
6.5.3 Condición corporal 29
6.5.4 Peso vivo 30
6.6 TRATAMIENTOS 30
6.7 DISEÑO EXPERIMENTAL 31
6.8ANÁLISIS ESTADÍSTICO 31
6.9 ANÁLISIS ECONÓMICO 32

VII RESULTADOS 33

7.1 ARTÍCULO ENVIADO A REVISTA CIENTÍFICA INDEXADA 33
7.2 PUBLICACIÓN DE UN CAPÍTULO DE LIBRO 54
7.3 INFORME DE RESULTADOS DURANTE LA ESTANCIA ACADÉMICA 70
7.3.1 Evaluación de maíz en la Fundación José Luis Taboada, en tierras agrícolas ubicadas en Cartelos (Carballedo, Lugo). 70
7.3.2.- Evaluación de maíz (Zea mays L. cv Sensor) y sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench cv PR84F) alfalfa y trébol rojo como cultivos forrajeros para la realización de microsilos. Finca experimental del CIAM en Mabegondo (A Coruña). 71

7.3.4 Digestibilidad in vivo de forraje fresco de maíz y sorgo en corderos (9-26 de octubre) en nave metabólica. 73
7.3.5 Evaluación de girasol (cv. Rumbosol 91 y cv. ES Shakira); sorgo: (cv. Ascoli y cv. PFR84F) y maíz (cv. Boomer y cv. Sensor). En la finca experimental del Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (CIAM) en Pobra do Brollón (Lugo): 73
7.3.6 Actividades complementarias dentro de los laboratorios del CIAM: 74
7.3.7 Conferencias y visitas de campo 74
7.4 PUBLICACIONES COMO RESULTADOS DE LA ESTANCIA 75
7.4.1 Autora principal 75
7.4.2 Artículos publicados como coautora 91
7.4.3 Resumen publicado como coautoría 110

VIII CONCLUSIONES GENERALES **116**

IX REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS **117**

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1Calidad nutricional de los ensilados de Cebada y Avena reportado por distintos autores en g kg MS 16
Cuadro 2 Fechas establecidas para los periodos experimentales 23
Cuadro 3 valores productivos pre-experimental del vacas seleccionadas 28
Cuadro 4 Identificación de los tratamientos 28
Cuadro 5 Distribución de tratamiento por cuadro latino 29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica del área de trabajo 18
Figura 2 Imagen Satelital praderas en pastoreo. 20
Figura 3 Ubicación de jaulas en la pradera 21

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Producción Láctea en México

En México, la producción de leche se realiza en condiciones muy heterogéneas desde el punto de vista socioeconómico, agroecológico y tecnológico (Camacho-Vera *et al.,* 2017), siendo diferenciado por el sistema de producción definidos de la siguiente forma: especializados en gran escala, tropical o de doble propósito y semi-especializados, en pequeña escala o familiares; en los sistemas especializados la alimentación se basa en forrajes de corte como alfalfa, maíz, sorgo forrajero, avena y ballico anual, proporcionado en fresco, ensilado y/o henificado junto con el uso de suplementación de concentrados (FAO, 2005), mientras los sistemas semi-especializados y familiares, la alimentación constituye el pastoreo de praderas cultivadas o pastizales, complementando con forrajes de corte y concentrados comerciales, así como esquilmos provenientes de los cultivos propios de los productores (SAGARPA, 2000).

Al ser México un país en desarrollo, la agricultura campesina o en pequeña escala representa a la gran mayoría de los productores agropecuarios (FAO, 2015) para quienes la producción de leche contribuye al uso óptimo de los recursos limitados (Arriaga-Jordán *et al*., 2002).

El Sistema de Producción de Leche en Pequeña Escala (SPLPE) cuenta con un potencial de crecimiento en relación con sus procesos productivos, contribuye con el 30 al 37% de la producción nacional (Hemme *et al*., 2007), se ubica en el altiplano central, en las zonas templadas y semiáridas prácticamente de todo el país. En el Noroeste del Estado de México se caracteriza por hatos de 3 a 35 vacas más sus reemplazos (Fadul-Pacheco *et al*., 2013) de razas Holstein y criollo, cuenta con poco nivel tecnológico, las actividades se desarrollan en condiciones de semi-estabulación en una pequeña superficie de tierra, con una media de 6,25 hectáreas, los rendimientos de leche son en promedio de 16 kg de leche/vaca/día (Fadul-Pacheco *et al*., 2013), su producto es vendido en el mercado local, a través de un intermediario o directamente al consumidor como leche fluida y productos locales como: queso fresco tradicional, mantequilla y crema. Este sistema de producción depende de la fuerza de trabajo familiar y al emplear

mano de obra no asalariada la valoriza, además de generar ingresos para una vida digna ante condiciones económicas difíciles (Espinoza-Ortega *et al*., 2007).

Sin embargo, la producción de leche en pequeña escala es una de las actividades económicas menos consideradas en los programas de investigación, desarrollo y transferencia de tecnología agropecuaria, razón por la cual es importante su estudio bajo condiciones de equidad, competitividad y sustentabilidad, aspectos clave para el desarrollo, mantenimiento y éxito del sector agropecuario.

1.1.1Sustentabilidad de las unidades de producción

La sustentabilidad está integrada por tres escalas; agroecológica, social y económica; está última la de mayor limitante en los SPLPE dado que la alimentación representa del 70 al 90% del totales de los costos de producción debido a una alta dependencia de insumos externos tal como concentrados balanceados comerciales, pajas y henos (Martínez-García *et al*., 2015) reduciendo la eficiencia en el proceso de producción (Fadul-Pacheco *et al*., 2013).

Una forma de disminuir el impacto es mediante el desarrollo de estrategias alimentarias que permitan optimizar los recursos propios de la unidad de producción; principalmente para la época de sequía, como parte de una implementación de forrajes de alta calidad para pastoreo o conservados ya sea ensilado o henificado que por sus características satisfagan los requerimientos nutricionales de vacas en lactación logrando mantener una producción de leche eficiente (Arriaga-Jordán *et al*., 2002; Espinoza-Ortega *et al*., 2007; Pincay-Figueroa *et al*., 2013).

1.2 Cereales de grano pequeño

Los cereales de grano pequeño son gramíneas anuales autogamas, cultivadas para alimentación humana, forrajes frescos o conservados y producción de concentrados; las especies que se clasificadas dentro de esta categoría incluyen a la cebada, avena, trigo, centeno y triticale (Payne *et al.,* 2008).

Una de las características apreciables en algunos de los cereales de grano pequeño es su capacidad de recuperarse después de una primera defoliación, ya sea mediante el corte del forraje o del pastoreo; siendo el rebrote aprovechado para la producción de

grano o bien de forraje, obteniendo más de una cosecha con una posibilidad de obtener mayores rendimientos por hectárea (Royo *et al*., 1997).

Los cereales de grano pequeño pueden ser utilizados con mucha flexibilidad a lo largo de todo el año, como forraje de pastoreo con altos contenidos de proteína, o como ensilado de alto valor energético. (De Ruiter et al., 2002), características buscadas en los SPLPE siendo posibles alternativas de uso para la época de estiaje.

En México el cultivo de avena representa el tercero de mayor importancia, tanto en su uso forrajero como de grano, mientras que el principal uso de la cebada radica en la producción de malta, encontrando casi nula información de su evaluación como cultivo forrajero.

1.3 Cebada (*Hordeum vulgare*)

La cebada tiene una gran capacidad de adaptación a múltiples tensiones bióticas y abióticas lo que es considerado crucial para su desarrollo como un cultivo propicio para los distintos cambios ambientales por rasgos contenidos en su germoplasma (Newton *et al.,* 2011), con un ciclo de crecimiento corto (111 días entre siembra y cosecha) es capaz de obtener rendimientos reportados de 14 ton MS/ ha, considerada una especie apropiada como último cultivo antes del establecimiento de praderas permanentes como alternativa al mejoramiento fértil del suelo Teuber *et al.* (2002).

La cebada tiene altos contenidos de carbohidratos solubles en agua (17-32 %) y una capacidad de buffer baja; características de un forraje alta ensilabilidad (Kim *et al*., 2018), características que inducen a su evaluación como alternativa forrajera en época de estiaje.

En algunos estudios comparativos de avena y cebada los rendimientos de materia seca en regiones subhúmedas son iguales o incluso la cebada tiende a superar los rendimientos de avena, sin embargo en suelos más áridos el cultivo de avena puede llegar a tener mayor rendimiento (Carr et al., 2014).

1.3.1 Variedad Cerro Prieto

Por la tendencia del uso de la cebada en México la existencia comercial de variedades forrajeras adaptadas no es común, sin embargo hay variedades de doble propósito (maltera y forrajera) tal como la variedad Cerro Prieto; elaborada a partir de una selección de líneas F4, por el Dr. Manuel Navarro, caracterizada por su resistencia a la cenicilla y la roya, con rendimientos registrados promedio de 5271 kg MS/ha con un contenido de 114 g/kg de proteína (Riojas E. y Ramírez F. 1975)

1.4 Avena

En México la avena es un cultivo que se ha adaptado a los distintos climas desde las zonas frías subhúmedas hasta zonas áridas o cálidas; características que la vuelve el tercer cultivo de mayor importancia económica.

Es un cultivo usado comúnmente como una alternativas en las siembras tardías, donde las condiciones no favorecieron el cultivo de maíz (Sánchez-Gutiérrez *et al*., 2014), además de considerarse como cultivo de preferencia en el amadrinamiento de praderas.

La avena es un cereal de importancia para la alimentación en la producción animal al ser un forraje de buena calidad que comúnmente es utilizado como cereal de amadrinamiento en el establecimiento de praderas. Es utilizado para la alimentación del ganado ya sea directamente en pastoreo o mediante una técnica de conservación de forraje como los henos y los ensilados (Ramírez *et al*., 2013; Romero y Beratto, 2000).

1.4.1 Avena negra cv. Saia

Avena negra (*Avena strigosa*) es una especie de avena forraje con bajo rendimiento de grano y alta producción de forraje, con una capacidad de ser sembrada con una amplia variedad de densidades gracias a su capacidad para macollar, teniendo altos valores nutricional (Romero y Beratto. 2000, Macari *et al*., 2006; Debiasi *et al*., 2007; Dial, 2014).

1.5 Ensilado

El proceso de ensilaje es un método de conservación de forrajes con altos contenidos de humedad (60-70%), resultado de la preservación por acidificación de las bacterias ácido lácticas a partir de los azucares reduciendo el pH en condiciones anaeróbicas capaz de

preservar un elevado digestibilidad y alta contenido proteico, aunque menor al forraje en fresco, pero capaz de mejorarse al agregar alguna variedad de aditivo (Elferinf *et al., 2001).*

Consta de cuatro fases:

1.- Aeróbica: el oxígeno atmosférico disminuye por la respiración de materiales vegetales y microorganismos aeróbicos, dando como resultado CO_2 y H_2O, además de la producción de calor, lo que eleva la temperatura. En esta etapa se da una actividad de las enzimas tales como proteasas (proteólisis enzimática).

Afectada por el tamaño de partícula y del apisonado debido a su relación con la sustracción de aire, logrando obtener un pH de 6.5-6, teniendo una corta duración.

2. Fermentativa: inicia la producción de un ambiente anaeróbico, se produce una lisis de las células, así como la liberación de enzimas se maximiza la actividad de las bacterias ácido lácticas, desdoblando los azucares en ácido láctico y ácido acético, logrando un pH entre 3.8-5 teniendo una duración de 7-30 días.

3. Estabilidad: Durante esta etapa el pH reduce la cantidad microbiana, así como la actividad de los microorganismos acidófilos, incluso aquellas enzimas y microorganismos adecuados para el pH disminuyen su actividad.

4. Deterioro aeróbico: Esta etapa inicia en la apertura del silo al exponer el ensilado al aire, el deterioro inicia con la degradación de los ácidos orgánicos por acción de levaduras, y bacterias ácido acéticas cambiando el pH, que conlleva a un incremento en la temperatura y un deterioro en la calidad del forraje por lo que se recomienda la remoción mínima de 15-20 cm de la cara expuesta del silo de forma uniforme para minimizar la entrada de oxigeno por día y conservar la calidad nutricional del ensilado.

1.5.1Calidad Nutricional de los Ensilados de Cebada y Avena

Cuadro 1. Calidad nutricional de los ensilados de Cebada y Avena reportado por distintos autores en g/kgMS

AUTOR		% MS	Materia Orgánica	Proteína Cruda	FND	FAD	Lignina	Almidón
Nikkhah A. 2013	CEBADA	31.7	917	124	506	285	32	160
Benchaar C. *et al.,* 2014		31.8	939	90.4	523	349	59	139
Khorasani G. *et al.,* 1997		45.1	895	117	459	343	79	ND
Nikkhah A. 2013	AVENA	38	924	115	608	357	37	85
Khorasani G. *et al.,* 1997		39	928	112	547	341	40	ND

Fuente: Elaboración propia

II. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es el efecto de la inclusión de los ensilado de cebada (*Hordeum vulgare* cv. Cerro prieto) y avena negra (*Avena strigosa* cv. Saia), en un distinto nivel de inclusión en la dieta sobre la respuesta animal, así como en la composición química de la leche de vacas lactantes en pastoreo en Sistemas de Producción en Pequeña Escala como alternativas forrajeras en época de secas?

III. HIPÓTESIS

La inclusión de ensilados de cebada (*Hordeum vulgare* cv. Cerro Prieto) y avena negra (*Avena strigosa* cv. Saia) como alternativas forrajeras en época de secas no mostrarán efecto sobre la respuesta animal así como en la composición química de la leche de vacas lactantes bajo pastoreo en SPLPE.

IV. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la inclusión del ensilado de cebada (*Hordeum vulgare* cv Cerro Prieto) y el ensilado de avena strigosa *(Avena strigosa* cv Saia) sobre la respuesta productiva y composición de la leche de vacas en pastoreo en Sistemas de Producción en Pequeña Escala

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar las variables de rendimiento de leche, peso vivo, condición corporal, de las vacas alimentadas con los tratamientos experimentales a base de ensilados de cebada y avena.
- Evaluar la composición química de la leche (grasa, proteína, lactosa), así como los niveles de NUL
- Determinar la composición química de los ensilados (cebada y avena), praderas y concentrado para conocer su calidad nutritiva
- Estimar la disponibilidad de forraje en las praderas cultivadas durante el pastoreo mediante altura comprimida y Acumulación Neta de Forraje.
- Realizar el análisis de costos de alimentación de vacas alimentadas con ensilado de cebada y avena

V. JUSTIFICACIÓN

La búsqueda de alternativas forrajeras para la época de sequía en los sistemas de producción de leche en pequeña escala, son factores determinantes para la sustentabilidad de los mismos, debido a que durante esta época se recurre al consumo de insumos externos para mantener los niveles de producción, tal como concentrados comerciales principalmente, que incrementan los costos de producción considerablemente.

En el noroeste del Estado de México donde tradicionalmente la alimentación del ganado lechero se basaba en un sistema de corte y acarreo de praderas, la implementación de praderas para pastoreo durante la época de lluvias, y una posterior suplementación con forrajes conservados ya sean henos o ensilados durante la época de sequía, pueden ser alternativas capaces de abaratar los costos de producción, recurriendo a un mínimo consumo de concentrados.

Al coincidir la sequía con la época invernal, la búsqueda de forrajes alternativos que resistan las condiciones de la zona, tal como las bajas temperaturas, disminución de la disponibilidad de agua, y a su vez sean forrajes de alta calidad nutritiva y no compitan con la alimentación humana, es una prioridad.

Los cereales de grano pequeño como la cebada y avena, representan estas características; resistencia a diferentes condiciones bióticas y abióticas, una mayor producción forrajera, alta calidad nutricional. Considerados forrajes de ciclo corto proveen una alternativa para ser utilizados como forrajes de amadrinamiento en las praderas y utilizarlos para la elaboración de ensilados, además de poder ser cultivados después del ciclo del cultivo de maíz, lo cual no representaría una competencia ante un cultivo tradicional de consumo humano.

Al implementar este tipo de forrajes cultivables se disminuirían el consumo de insumos alimenticios externos que por la escases existente de forrajes durante la época de sequía sean capaces de reducir los costos de producción.

Tomando en cuenta la respuesta productiva y la calidad nutricional de la leche de las vacas en lactación de los SPLPE alimentadas con estos forrajes como indicadores de la funcionalidad como alternativas aplicables a los sistemas de producción de leche.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.2 Área de estudio

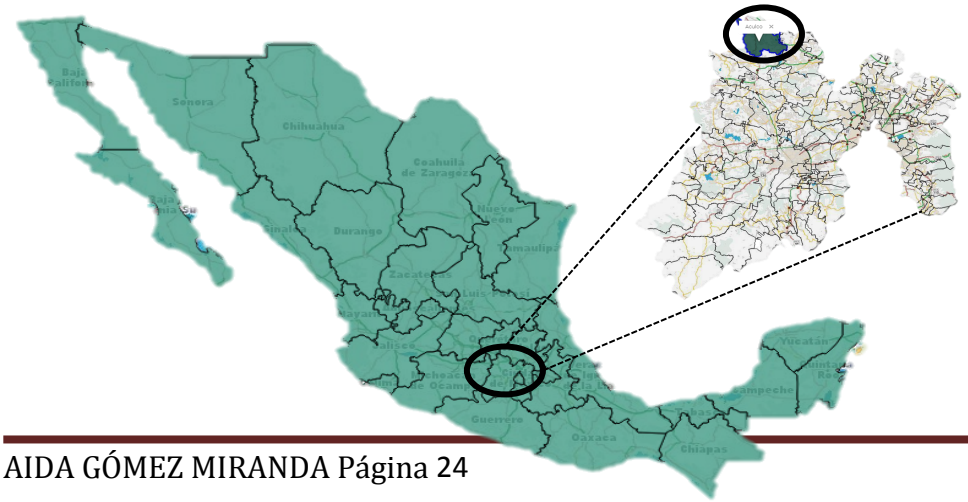
El proceso experimental se llevó a cabo en el municipio de Aculco, ubicado en el Noroeste del Estado de México, en la comunidad de San Pedro Denxhi ubicada al noroeste del municipio, geográficamente entre latitud norte 20°12´58 y longitud oeste 99° 57´29. Alcanza una altitud de 2100 m.s.n.m. El clima de la región es subhúmedo con una época lluvias en verano muy marcada, semifrío con temperaturas medias anual de 13.2°C y una precipitación de va de 800 a 600mm (Fadul-Pacheco *et al.,* 2013, Espinoza-Ortega *et al.,* 2007).

El trabajo experimental se realizó bajo el sistema de investigación participativa rural; se estableció el contacto con cuatro productores quienes comparten terrenos que son utilizados para: cultivos ya sea de maíz (como forraje o para la obtención de grano) o praderas cultivadas ya sean de corte-acarreo o pastoreo de forma convencional, de esta forma obtienen parte del alimento que es utilizado para mantener a su ganado.

Durante los periodos experimentales se les confió la administración de las dietas experimentales, después de darles indicaciones claras y supervisando durante los periodos de medición que se estuvieran llevando a cabo.

Los datos obtenidos, así como las muestras de pradera, ensilado y leche se procesaron en las instalaciones del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales en el cerrillo

Figura 1 Ubicación geográfica del área de trabajo



6.3 Límite de tiempo

El experimento tuvo una duración de 42 días, divididos en tres periodos experimentales de 14 días cada periodo (10 de adaptación y 4 de medición), los cuales comprendieron del 6 de febrero al 19 de marzo del 2016 como se muestra en el Cuadro No. 2.

Cuadro 2 Fechas establecidas para los periodos experimentales

PERIODOS	FECHA
Periodo I	6 febrero-19 febrero
Periodo II	20 febrero-5 marzo
Periodo III	6 marzo- 19 marzo

6.4Evaluacion de variables forrajeras

6.4.1 Características de los cultivos

La cebada (*Hordeum vulgare* cv Cerro Prieto) y la avena (*Avena strigosa* cv Saia) se sembraron el día 7 de Julio del 2016 en una superficie de 2.5 ha/cultivo a una dosis de siembra de 120 kg/ha, con una dosis de NPK 82-46-0 para cebada y 80-60-40 para avena como fertilizante durante la siembra. El forraje se cortó y se ensiló 67 días después (12 de septiembre del 2016) obteniendo rendimientos de 3.8 ton MS/ha y 3.4 ton MS/ha para cebada y avena respectivamente.

Las praderas se establecieron en una superficie de 1.75 ha (Figura 1) durante la primavera del 2015 con una dosis de 30 kg ha, fertilizadas con NPK 60-80-60 kg/ha, las gramíneas utilizadas para el establecimiento fueron *Festulolium* cv Spring Green, *Lolium perenne* cv Bargala y *Lolium perenne* cv Pay Day.

Figura 2 Imagen Satelital praderas en pastoreo.



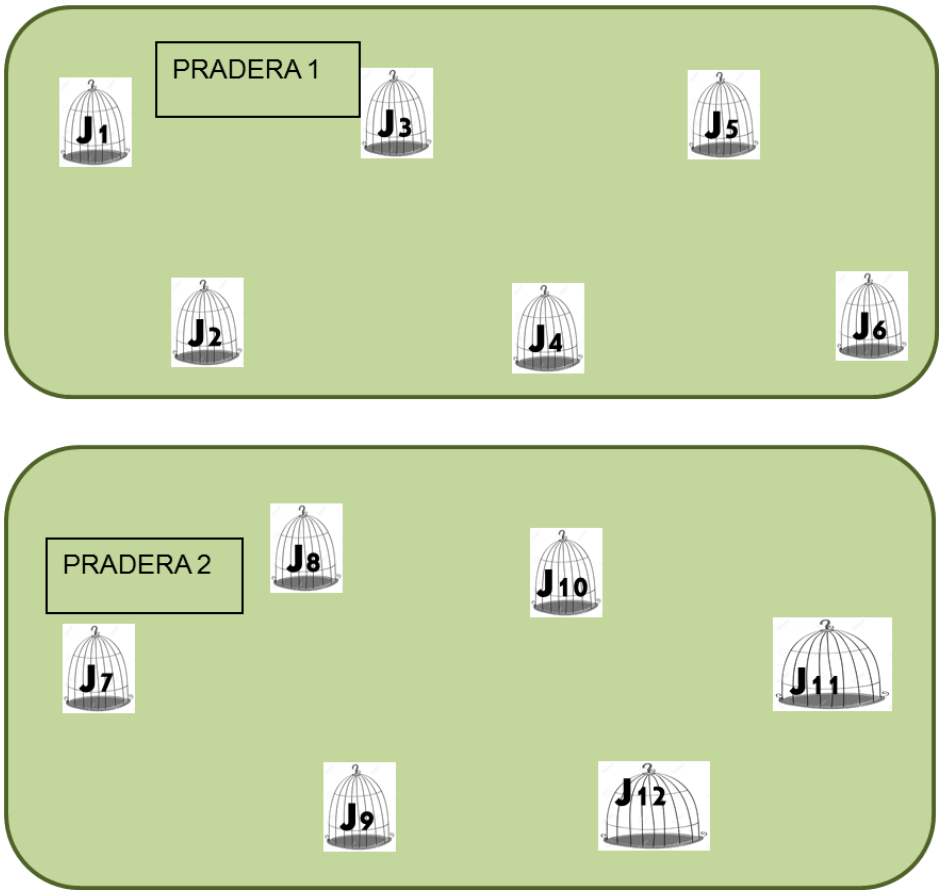
google Maps

6.4.2 Acumulación neta de forraje (ANF)

Para la estimación de la ANF en la pradera se siguió el método descrito por Hoogendoorn *et al.* (2016), mediante la utilización de 12 jaulas de exclusión de 0.5 x 0.5 la altura comprimida de la pradera fue medida utilizado un pastómetro de plato ascendente tal como se describe en Celis-Alvarez *et al.,* (2016).

En el día cero de medición, las jaulas se colocaron al azar en la pradera por zona de acuerdo a la Figura 3., posteriormente se realizaron cinco mediciones de altura a un costado, cuidando que las características del área a medir fueran similares a las del área excluida por la jaula, posteriormente se colocó el cuadrante de metal de 0.16 m^2 (0.40 x 0.40 m) y se procedió a cortar a ras de suelo todo el forraje dentro del cuadrante con unas tijeras de esquilar.

Figura 3 Ubicación de jaulas en la pradera



Fuente. Elaboración propia

En el día 14, se retiraron las jaulas y se realizaron cinco mediciones de altura dentro del área de exclusión procediendo a cortar todo el forraje a ras de suelo, utilizando el mismo cuadrante. El material obtenido fue colocado en bolsas de plástico previamente identificadas para su envío y procesamiento en el laboratorio. La ANF se calculó mediante la siguiente fórmula:

ANF (g/0.16 m²) = [Peso promedio de la MS dentro de la jaula el día 14]-[Peso promedio de la MS disponible fuera de la jaula en el día 0].

Para calcular la altura de la pradera se utilizó la técnica de plato ascendente descrita por Hodgson (1994), la cual consiste en un plato de aluminio que se desliza sobre una varilla de aluminio graduada en centímetros (pastómetro). El pastómetro se coloca en la pradera, el plato de aluminio asciende y marca una altura en la varilla. La medición de la altura se registró cada inicio y fin del periodo, tomando 20 registros de altura a lo largo

de las praderas, esto se lograrо utilizando un patrón de zigzag y haciendo un registro cada veinte pasos. Al final de los 20 registros se calculó la media de las mediciones obteniendo la altura promedio de las praderas.

6.4.3 Composición química del forraje

Para la determinación de la composición química se tomaron muestras utilizando pastoreo simulado al final de cada periodo experimental, para la determinación de composición química así como la digestibilidad mediante la producción de gas como estimadores del valor nutritivo del forraje.

- Inicialmente la muestra fue secada en una estufa a 60°C por 48 horas hasta obtener su peso constante, posteriormente se determinó el contenido de materia seca.
- Las muestras fueron molidas a 1mm.
- El análisis siguiente fue la determinación de cenizas por medio de incineración en una mufla a 600°C para así comprobar el contenido de materia orgánica (MO).
- El contenido de proteína cruda (PC) se determinó por medio del contenido de nitrógeno obtenido mediante el método Kjeldahl (AOAC, 1990) multiplicando el resultado por el factor 6.25 (AFRC, 1993).
- El contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) se estimaron mediante el método ANKOM, utilizando la técnica Van Soest *et al.,* (1991).
- Para la determinación del contenido de almidón se utilizó la metodología de la AOAC, (1990) 996.11, utilizando el Kit Megazyme TOTAL starch A/A.
- La energía metabolizable se estimó mediante la fórmula de la AFRC, (1993) a partir del contenido de digestibilidad de la materia orgánica de las muestras.

Dónde:

ME= Energía Metabolizable

DMO=Digestibilidad de la Materia Orgánica.

6.4.4 El pH de los ensilados

Se midió a través del pH del jugo como parámetro indicador del tipo de fermentación presente en los ensilados, indicando la estabilidad; como referencia tenemos que un valor del pH mínimo garantiza la estabilidad del ensilado que se relaciona su materia seca (MS).

6.5 Evaluación de variables productivas

6.5.1 Rendimiento de leche

La medición del rendimiento de leche se realizó durante las ordeñas de la mañana y de la tarde los últimos cuatro días de cada periodo experimental, se pesaron con una báscula de reloj y se obtuvo el rendimiento de leche en kg/vaca día

6.5.2 Composición química de la leche

Se recolectaron las muestras de leche de los cuatro días de medición de cada periodo experimental de cada ordeña, siendo destinadas para la determinación de su composición química en la que se incluyeron los parámetros de grasa, proteína, lactosa; y Nitrógeno Ureico en Leche (NUL) a través del método colorimétrico descrito por Chaney y Marback (1962).

6.5.3 Condición corporal

La estimación de la condición corporal de las vacas se realizó de acuerdo a lo establecido por Edmondson *et al.,* (1989), cuya evaluación se efectuó al final de cada periodo experimental. La técnica a utilizar consistió en la palpación de la grasa subcutánea en las apófisis espinosas, apófisis transversas de las vértebras lumbares, tuberosidad coxígea, tuberosidad isquiática, así como la observación de la cavidad entre las tuberosidades coxígeas, la tuberosidad isquiática y la base de la cola, manejando la escala de 1-5 de acuerdo a las siguientes interpretaciones.

1= emaciado 2= delgado 3= buen balance 4= gordo 5= obeso

6.5.4 Peso vivo

El peso vivo individual de cada vaca se estableció al final de cada periodo experimental cada 14 días después de las dos ordeñas (mañana y tarde) utilizando una báscula electrónica con capacidad para 1,000 kg de peso vivo.

A continuación en el cuadro 3 se muestran los valores productivos obtenidos antes del inicio del experimento.

Cuadro 3 Valores productivos pre-experimental de las vacas seleccionadas

UPL	No. Vaca	Peso Kg	Días en leche	No. de partos	Rendimiento de leche (kg)
B	6043	436	45	4	17.5
	6044	538	90	4	23.7
	6045	496	120	4	23.5
H	6051	564	110	4	15.1
	6052	552	90	3	16
	8162	455	60	3	12.1
N	6056	409	140	1	14
	6054	466	440	3	12.1
	6053	534	45	4	17.75

. UPL = Unidad de producciónr de Leche, B=Beto, H=Héctor, N=Ignacio

6.6 Tratamientos

Todas las vacas del experimento estuvieron ocho horas en la pradera, administrándoles 5 kg MF de concentrado comercial, bajo los tratamientos descritos en el Cuadro 4.

Cuadro 4 Identificación de los tratamientos

Tratamientos	Ensilado	Nivel de inclusión
CBD	Cebada	10kg Ms
CBD+ AVS	Cebada + avena	5kg Ms+5kg Ms
AVS	Avena	10kg Ms

6.7 Diseño experimental

El diseño experimental fueron tres cuadros latinos 3X3 donde los tratamientos fueron aleatorizados en el primer y tercer cuadro latino, para el segundo las secuencias se asignaron en espejo para minimizar los efectos secundarios por los tratamientos (Cuadro 5).

Cuadro 5 Distribución de tratamiento por cuadro latino

		Periodos		
CUADRO	**No de Vaca**	**I**	**II**	**III**
B	1	CBD	AVS	CBD+ AVS
	2	CBD+ AVS	CBD	AVS
	3	AVS	CBD+ AVS	CBD
H	4	CBD+ AVS	AVS	CBD
	5	AVS	CBD	CBD+ AVS
	6	CBD	CBD+ AVS	AVS
N	7	AVS	CBD	CBD+ AVS
	8	CBD+ AVS	AVS	CBD
	9	CBD	CBD+ AVS	AVS

CBD=ensilado de cebada, AVS=ensilado de avena saia, I=periodo I, II=periodo II, III= Periodo III, B=cuadro Beto, H=cuadro Hugo-Héctor, N=cuadro Nacho

6.8Análisis estadístico

Para las variables respuesta productiva animal y para la composición química de la leche el modelo estadístico utilizado fueron cuadros latinos 3X3 repetido tres veces en diferente espacio, descrito de la siguiente forma.

Donde:

= Variable Respuesta

= Media de la población

=Efecto del lugar =B, H, N.

= Efecto del cuadro = A, B, C.

= Efecto del número de vacas dentro del cuatro = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.

= Efecto de los periodos experimentales = I, II, III, IV.

= Efecto del tratamiento del ensilado = AVS, CBD+AVS, CBD

= Error experimental

El análisis de los datos se realizó mediante ANDEVA con un ($P<0.05$) y las diferencias significativas se compararon mediante la prueba de Tukey ($p<0.05$).

6.9 Análisis económico

Se utilizó la metodología de presupuestos parciales (Wiggins et al., 2001) tomando en cuenta únicamente costos de alimentación, establecimiento de praderas, fertilización, riego, el costo del ensilado y el alimento concentrado; y los retornos por concepto de la venta de leche para evaluar su impacto en los costos de producción.

VII RESULTADOS

7.1 Artículo enviado a revista científica indexada

Como resultado principal se envió un artículo a la revista Journal of Applied Animal Research: “Barley or black oat silages in feeding strategies for small-scale dairy systems in the highlands of Mexico”

Journal of Applied Animal Research

Taylor & Francis
Taylor & Francis Group

Barley or black oat silages in feeding strategies for small-scale dairy systems in the highlands of Mexico

For Review Only

Journal:	*Journal of Applied Animal Research*
Manuscript ID	Draft
Manuscript Type:	Original Research Paper
Keywords:	Feeding strategies, Dairy cows, Hordeum vulgare, Avena strigosa, Forage supplements, silage

SCHOLARONE™
Manuscripts

For Review Only

Barley or black oat silages in feeding strategies for small-scale dairy systems in the highlands of Mexico

Abstract

High costs from external inputs in small-scale dairy systems, and possible effects of climate change need forage alternatives as silage from small-grain cereals that have short cropping cycles, winter hardiness, and good quality. The objective was to assess the provision of 10 kg DM/cow/day of barley (BLY) or black oat (BKO) silages in three treatments T1=100% BLY, T2=50% BLY + 50% BKO, T3=100% BKO in the dry season for milking cows. Cows also received 4.6 kg DM/cow/day of dairy compound, and access to pasture. Nine Holstein cows in groups of three were randomly assigned to a 3X3 Latin Square design repeated three times, with 14 day experimental periods. Measurements of animal variables and sampling for chemical analyses of feeds were the last four days of each period. Feeding costs were by partial budgets. There were no differences (P>0.05) for milk yield, milk fat, protein content, milk urea nitrogen, body condition score, or live weight. The cost of BLY silage was 8% less than BKO silage. In margin over cost of feeds, T1 was 7% higher than T2, and T3 5% higher margins over feed costs than T2. Both silages alone or in combination are viable options for small-scale dairy systems.

Keywords: Feeding strategies; dairy cows; *Hordeum vulgare*; *Avena strigosa*; forage supplements; silage.

For Peer Review Only

Introduction

Small-scale livestock systems have a large potential for development, both in terms of increasing their contribution to local and national food production, as for the improvement in the livelihoods of farming families; since demand for milk and meat is on the rise in the developing world (Herrero et al. 2013).

Dairy production in Mexico takes place in three distinct systems (specialized large scale, tropical or dual purpose, and small-scale dairy systems), under heterogeneous socioeconomic, agro-ecological, and technological conditions (FAO and FEPALE, 2012). Mexico produces 12.2 million tons of cow milk per year; but still Mexico is the largest importer of non-fat dry milk with expected imports of 330 thousand tons in 2018 (Indexmundi, 2018).

Around 35% of milk production in Mexico comes from small-scale dairy systems (SSDS), defined as small farms with herds between 3 and 35 cows plus replacements that rely on family labour (Prospero-Bernal et al. 2017), that contribute to overcome rural poverty of farming families (Espinoza-Ortega et al. 2007).

However, SSDS have high costs due to a high reliance on external inputs such as commercial compound feeds, straws, and hays that limit their sustainability (Fadul-Pacheco et al. 2013; Prospero-Bernal et al. 2017). In addition, possible effects of climate change may bring about a reduction or change in the pattern of rains, and higher frequency of extreme events (IPCC, 2014).

Therefore, SSDS need forage alternatives to reduce external inputs since relying on farm grown forages increased the profitability of small-scale dairy farms (Prospero-Bernal et al. 2017); and that forage alternatives are adaptable to possible future scenarios providing good quality feed particularly in the pronounced dry season (November to April).

For Peer Review Only

Wholecrop small grain cereals conserved as silage are a potential alternative to meet these requirements given their short cropping cycle requiring less water, winter hardiness for late or autumn sowing, and good nutritional quality (Burbano-Muñoz et al. 2018). Small grain cereals include wheat, triticale, rye, barley and oats (Payne et al. 2008).

Forage barley (*Hordeum vulgare*) is a resistant crop with good potential for quality silage for dairy herds (Newton et al. 2011, Nikkhah 2013). Its rapid growth can eliminate weed competition, resulting in high yields (Sadeghpour et al. 2013).

Common oat (*Avena* sativa) is an important crop in Mexico and is a satisfactory alternative forage (Celis-Alvarez et al. 2016). However, black oat (*Avena strigosa*) is a promising forage alternative characterised by high forage yields and tillering capacity, short growth cycle, and good regrowth potential (Dial 2014; Sánchez et al. 2014).

There is scarce literature on the potential of barley or black oat as forage sources in Mexico, and no reports on their use in SDSS. Therefore, the objective was to evaluate silages from barley (*Hordeum vulgare* cv Cerro Prieto) or black oat (*Avena strigosa* cv Saia) alone or in mixture as the main forage source for milking dairy cows in SSDS.

Materials and methods

Study area

Work followed a participatory livestock research approach (Conroy, 2005) with four participating farmers that cooperate in the management of their land and herds. The farm is located in the municipality of Aculco in the State of Mexico at 20°12'58"N and 99°57′2"W. Altitude is 2.235 m, a sub-humid temperate climate with 800 mm of rain in summer (May-October), and mean annual temperature of 13.2°C. Fadul-Pacheco et al. (2013) described the area and the small-scale dairy systems.

For Peer Review Only

Forage crops

Barley (*Hordeum vulgare* cv Cerro prieto) and black oat (*Avena strigosa* cv Saia) were sown in 7 July 2016 on 2.5 ha each under rainfed conditions at 120 kg/ha of seed and fertilization of 82-46-00 and 80-60-40 NPK, for barley and black oat respectively. Half the nitrogen and all the phosphorus and potassium applied at sowing, and half the nitrogen 15 days post sowing. Half the area for each crop was sown with 8 kg/ha of red clover (*Trifolium pratense* cv. Kenland) to be used after ensiling. Given its very low growth, there was no red clover in the silages.

Harvest for ensiling in ground silos was at 67 days post sowing with a chopper harvester; cutting six 1.0 m^2 quadrants to ground level with hand shears before ensiling to estimate yield.

Pasture

Cows had restricted access for 8 h to continuously graze a multispecies pasture sown on 1.75 ha in spring 2015, with limited irrigation available during the dry season. Grass species sown at 30 kg seed/ha were *Festulolium* cv Spring Green, *Lolium perenne* cv Bargala and *Lolium perenne* cv Pay Day, together with 3.0 kg/ha of white clover (*Trifolium repens* cv Ladino), fertilized with 60-80-60 NPK kg/ha at sowing and 23 kg N/ha every four weeks thereafter.

Net Herbage Accumulation (NHA) in pasture was estimated following Hoogendoorn *et al.* (2016) by cutting to ground level 0.40 x 0.40 m quadrants outside and inside 0.5 x 0.5 m exclusion cages at the beginning and end of experimental periods; and compressed grass height was recorded with a rising plate grass metre (Celis-Alvarez et al. 2016).

For Peer Review Only

means for analyses. Milk urea nitrogen (MUN) was determined following Chaney and Marback (1962).

Live weight (kg/cow) with an electronic weighbridge, and body condition score (BCS) on a 1-5 scale, were recorded at the end of experimental periods.

Statistical analyses

The experiment was a 3x3 Latin Square design repeated three times, with treatment sequences (rows) assigned randomly for squares 1 and 3, and square 2 was a mirror image of square 1 to reduce carry over effects (Celis-Alvarez et al. 2016). Cows within squares were also assigned randomly to treatment sequence. Experimental periods were 14 days (10 days for adaptation and 4 days for sampling), following Pérez-Ramírez *et al.* (2012).

The statistical model was (Celis-Alvarez et al. 2016):

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

Where: μ = General mean; S = effect due to squares. i = 1, 2, 3; C = effect due to cows in squares j = 1, 2, 3; P = effect due to experimental periods. k = 1, 2, 3; t = effect due to treatment. L = 1, 2, 3; and e = residual error term. Tukey's test was applied if statistical differences were found ($P<0.05$).

Economic analysis

Feeding costs and profit margins were calculated with partial budgets as in previous work (Prospero-Bernal et al. 2017).

Results

The experiment ran from 6 February to 19 March 2016.

For Peer Review Only

Forage yields

Due to its fast growth rate, barley was in the milk-dough growth stage at 67 days post sowing when harvested for silage, with a yield of 3.8 t DM/ha. In contrast, black oat was at the heading stage, yielding 3.4 t DM/ha; 11% less than barley.

The multispecies pasture had a low NHA of 715 kg DM/ha over the experiment, representing a daily NHA of 17 kg DM/ha, with a mean compressed sward height of 2.5 cm, resulting in difficult grazing conditions.

Chemical composition of feeds

The different growth stages of barley and black oat at ensiling showed differences in chemical composition of the silages (Table 1). BLY had 8% higher DM content, but 67% higher starch content and 12% higher ADF. This higher ADF content meant that BLO had 22% higher IVOMD, and a corresponding higher eME.

Animal variables

Silage intake in T1 and T2 were significantly lower ($P<0.05$) than in T3, the all black oat silage, that showed the highest silage intake. This was reflected in a significantly higher intake of pasture ($P<0.05$) in T1 than T3, with T2, the mixture of both silages, also presenting a significantly lower pasture intake than T1, the all barley silage. Total DM intake was significantly higher in T1 and T3 than in T2 (Table 2).

Nonetheless, milk yields, milk fat and protein, and MUN contents were not significantly different among treatments ($P<0.05$). Lactose was higher in T1 than in T2 or T3 ($P<0.05$) (Table 3).

For Peer Review Only

Economic analysis

Given the higher forage yield and similar milk yields, BLY cost was 8% lower than BKO, resulting in lower feeding costs, and a 10% higher profit margin/kg milk. T2, the mixture of both silages, had the highest feeding costs.

Discussion

Pasture NHA was low given the lack of rain and limited irrigation, with lower NHA than reports by Burbano-Muñoz *et al.* (2018) in the same area who reported 42 kg DM ha/day. Together with low sward height, grazing conditions were difficult so that herbage intake was low and only complementary to the silages and concentrate intake.

The higher DM yield of BLY may be attributed to the more advanced growth stage and higher DM content compared to BKO. BLY yield was similar to the works by Sadeghpour et al. (2013) and De Ruiter et al. (2002) who reported 3.5 t DM/ha and 3.8 t DM/ha under rain fed conditions.

BKO yield was similar to reports by David et al. (2010) in black oat at similar growth stage, indicating a good forage yield representing a growth rate of 52 kg DM/day.

Protein content of both BLY and BKO was low, but in line with reports from Benchaar et al. (2014) for barley silage, and David et al. (2010) for black oat forage.

The higher ADF content in BLY was reflected in a lower IVOMD, which may explain the lower BLY intake in T1. The higher starch content might have reduced the fermentation intensity (Kennelly y Weinberg 2003) resulting in a pH 0.2 units higher in BLY than BKO (Table 1).

IVOMD in BKO was similar to work by David et al. (2010) who reported values ranging from 601 to 694 g/kg DM for different varieties of black oat at the same growth stage.

For Peer Review Only

However, IVOMD for BLY were lower than reports by Aguilar-López et al. (2013) in Mexico, and Benchaar et al. (2014) in Canada.

In spite of different IVOMD between BLY and BKO, there were no statistical differences (P>0.05) for most animal variables whether silages were offered on their own or as a 50% BLY and 50% BKO mixture in T2. The higher starch content in BLY may explain the fact that in spite of lower IVOMD and lower silage DM intake, the ME content might have been higher than estimated.

Animal performance was similar to reports by Celis-Alvarez et al. (2016) but lower to findings by Burbano-Muñoz et al. (2018), both investigating the implementation of common oat (*Avena sativa*) silage for dairy cows in SSDS. Burbano-Muñoz et al. (2018) reported higher pasture intakes of a high quality herbage, reflected in higher milk yields.

Milk fat content was not different (P>0.05) but low in all treatments, just under 30 g/kg established by Mexican standards for raw milk. This might be explained by the low protein content of silages, therefore a low level of rumen degradable protein and reduced ruminal ammonia to completely degrade fibre and generate enough substrate for milk fat synthesis (Cerón and Correa, 2005).

Although lactose content showed differences (P<0.05), with higher values for T2 and T3 that included BKO, than T1 of BLY, the difference is less than 1 g/kg. Lactose is the most stable milk component; and there is little evidence of the effect of different diets on the lactose content of milk (Jenkins and McGuire 2006).

MUN contents were low, related to the low protein content of silages. Calculated CP content of total dry matter intake (DMI) was 121 g CP/kg DM for T1, and 115 g CP/kg DM for T2 and T3 (Tables 2 and 3). Barros *et al.* (2017) reported MUN values as low as 5.97 mg/dl with diets of 118 g CP/kg in high yielding, late lactation cows, with a decrease

For Peer Review Only

in milk yields and MUN values when changing CP content of rations below 144 g CP/kgDM.

Profit margins in the experiment were similar to reports by Celis-Alvarez et al. (2016) and Burbano-Muñoz et al. (2018) when evaluating the inclusion of common oat silage for dairy cows in SSDS, but higher than reports by Prospero-Bernal et al. (2017) when maize silage is implemented.

In conclusion, both barley and black oat silages are viable alternatives for the feeding strategies for milking cows in small-scale dairy systems.

Declaration of interest statement

Authors declare there are no conflicts of interests.

References

AFRC. 1993. Animal and food research council. Energy and protein requirements of ruminants. CAB International, Wallingford, UK.

Aguilar-López, E.Y., Bórquez, J.L., Domínguez, I.A., Morales-Osorio, A, Gutiérrez-Martínez, M.G. and González-Ronquillo., M., 2013. Forage yield, chemical composition and in vitro gas production of triticale (*X Triticosecale wittmack*) and barley (*Hordeum vulgare*) associated with common vetch (*Vicia sativa*) preserved as hay or silage. Journal of Agricultural Science (Canada) 5: 227-238.

Barros, T., Quaassdorff, M.A., Aguerre, M.J., Olmos-Colmenero, J.J., Bertics, S.J., Crump, P.M. and Wattiaux, M.A., 2017. Effects of dietary crude protein concentration on late-lactation dairy cow performance and indicators of nitrogen utilization. Journal of Dairy Science 100: 5434–5448.

For Peer Review Only

Benchaar, C., Hassanat, F., Gervais, R., Chouinard, P., Petit, H. and Massé. D., 2014. Methane production, digestion, ruminal fermentation, nitrogen balance, and milk production of cows fed corn silage or barley silage-based diets. Journal of Dairy Science 97: 961-974.

Burbano-Muñoz, V.A., López-González, F., Estrada-Flores, J.G., Sainz-Sánchez, P.A. and Arriaga-Jordán, C.M., 2018. Oat silage for grazing dairy cows in small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico. African Journal of Range and Forage Science 35: 63-70.

Celis-Álvarez, M.D., López-González, F., Martínez-García, C.G., Estrada-Flores, J.G. and Arriaga-Jordán, CM., 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, A. and Marback, E. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. Clinical Chemistry 8: 130-132.

Cerón, J. and Correa, J., 2005. Factores nutricionales que afectan la composición de la leche. In: M. Pabón and J. Ossa (eds), Bioquímica, Nutrición y Alimentación de la Vaca. Fondo Editorial Biogénesis, Medellín, Colombia, 229-261.

Conroy, C., 2005. Participatory livestock research. ITDG Publishing, Bourton-on-Dunsmore, Warwickshire, U. K.

David, D.B., Nörnberg, J.L., Azevedo, E.B., Brüning, G., Kessler, J.D. and Skonieski, F.R., 2010. Nutritional value of black and white oat cultivars ensiled in two phenological stages. Revista Brasileira de Zootecnia 39: 1409-1417.

For Peer Review Only

De Ruiter, J.M., Hanson, R., Hay, A.S., Armstrong, K.W. and Harrison-Kirk, R.D., 2002. Whole-crop cereals for grazing and silage: balancing quality and quantity, Proceedings of the New Zealand Grassland Association 64: 181-189.

Dial, H.L., 2014. Plant guide for black oat *Avena strigosa* (Scherb.). USDA-Natural Resources Conservation Service, Tucson Plant Materials Center, Tucson, http://plants.usda.gov/. Accessed 30 May 2016.

Espinoza-Ortega, A., Espinosa-Ayala, E., Bastida-López, J., Castañeda-Martínez, T. and Arriaga-Jordán C.M., 2007. Small-scale dairy farming in the highlands of central Mexico: technical, economic and social aspects and their impact on poverty. Experimental Agriculture 43: 241-256.

Fadul-Pacheco, L., Wattiaux, M.A., Espinoza-Ortega, A., Sánchez-Vera, E. and Arriaga-Jordán, C.M., 2013. Evaluation of sustainability of small-scale dairy production systems in the highlands of Mexico during the rainy season. Agroecology and Sustainable Food Systems 37: 882-901.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations and FEPALE - Pan American Dairy Federation, 2012. Situación de la lechería en América Latina y el Caribe en 2011, Observatorio de la Cadena Milkra. FAO Regional Office for Latin America and the Caribbean, Animal Production and Health Division. Santiago, Chile.

Hernández-Mendo, O. and Leaver, J.D., 2006. Production and behavioural responses of high- and low-yielding dairy cows to different periods of access to grazing or to a maize silage and soyabean meal diet fed indoors. Grass and Forage Science 61: 335–346.

For Peer Review Only

Herrero, D., Grace, M., Njuki, J., Johnson, N., Enahoro, D., Silvestri S. and Rufino, M.C., 2013. The roles of livestock in developing countries. Animal 7: s1, 3-18.

Hoogendoorn, C.J., Newton, P.C.D., Devantier, B.P., Rolle, B.A., Theobald, P.W. and Lloyd-West, C.M., 2016. Grazing intensity and micro-topographical effects on some nitrogen and carbon pools and fluxes in sheep-grazed hill country in New Zealand. Agriculture, Ecosystems and Environment 217: 22-32.

Indexmundi, (2018). Dairy, milk, fluid cows milk production by country, https://www.indexmundi.com/agriculture/?commodity=milk&graph=cows-milk-production. Accessed 17 July 2018.

IPCC (2014): Climate Change 2014: Mitigation of climate change. Working Group III. IPCC 5th Assessment Report. Berlin, Germany. http://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/IPCC_WG2AR5_SPM_Approved.pdf. Accesed 15 February 2016.

Jenkins, T.C. and McGuire, M.C., 2006. Major advances in nutrition: Impact on milk composition. Journal of Dairy Science 89: 1302 – 1310.

Kennelly, J.J. and Weinberg, Z.G., 2003. Small Grain Silage. In: D.R. Buxton, R.E. Muck and J.H. Harrison (eds), Silage science and technology. Agronomy Monograph 42: 749-779.

Newton, A., Flavel, A., George, T., Leat, P., Mullholland, B., Ramsay, L., Revoredo-Giha, C., Russel-Steffenson, B., Swanston, J., Thomas, W., Waugh, R., White, P. and Bingham, I., 2011. Crops that feed the world 4. Barley: a resilient crop? Strengths and weaknesses in the context of food security. Food Security 3: 141-178.

Nikkhah, A., 2013. Barley forages for modern global ruminant agriculture: A review. Russian Agricultural Sciences 39: 206-213.

For Peer Review Only

Payne T.S., Amri A., Humeid B. and Rukhkyan, N., 2008. Regeneration guidelines for small-grained cereals. In: Dulloo, M.E., Thormann, I., Jorge, M.A. and Hanson, J. (eds), Crop specific regeneration guidelines. CGIAR System-wide Genetic Resource Programme (SGRP), Rome, Italy.

Pérez-Ramírez, E., Peyraud, J.L. and Delagarde, R., 2012. N-alkanes v. ytterbium/faecal index as two methods for estimating herbage intake of dairy cows fed on diets differing in the herbage: maize silage ratio and feeding level. Animal 6: 232-244.

Prospero-Bernal, F., Martínez-García, C.G., Olea-Pérez, R., López-González, F. and Arriaga-Jordán, C.M., 2017. Intensive grazing and maize silage to enhance the sustainability of small-scale dairy systems in the highlands of Mexico. Tropical Animal Health and Production 49: 1537-1544.

Sadeghpour, A., Jahanzad, E., Esmaeili, A., Hosseini, M.B. and Hashemi, M., 2013. Forage yield, quality and economic benefit of intercropped barley and annual medic in semi-arid conditions: Additive series. Field Crops Research 148: 43-48.

Sánchez, R.A., Gutiérrez, H., Serna, A., Gutiérrez, R. and Espinoza, A., 2014. Producción y calidad de forraje de variedades de avena en condiciones de temporal en Zacatecas, México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 5: 131-142.

For Peer Review Only

316 **Table 1. Chemical composition of feeds**

	BLY	BKO	Pasture			Concentrate
			PI	PII	PIII	
DM (g/kg)	226	209	246	276	217	930
OM (g/kg)	788	857	872	865	872	857
CP (g/kg)	66	70	174	178	217	195
NDF (g/kg)	568	554	425	483	465	196
ADF (g/kg)	420	376	211	337	310	91
pH	4.0	3.8	-	-	-	-
Starch (g/kg DM)	167	100	-	-	-	-
IVOMD (g/kg DM)	560.2	683.4	806.3	770.2	813.6	872.9
eME (MJ/kg DM)	8.3	10.2	12.1	11.6	12.3	13.2

317 DM = Dry matter; OM = Organic matter; CP = Crude Protein; NDF = Neutral detergent
318 fibre; ADF = Acid detergent fibre; IVOMD = *In vitro* organic matter digestibility; eME =
319 Estimated Metabolizable Energy. BLY = Barley silage; BKO = Black oat silage; PI, PII,
320 PIII = Experimental Periods.

321

For Peer Review Only

Table 2. Dry matter intakes (kg DM/cow/day).

	T1 (BLY)	T2 (BLY+BKO)	T3 (BKO)	SEM
Concentrate	4.6	4.6	4.6	
Silage	8.2[b]	8.3[b]	8.9[a]	0.14**
Pasture	1.7[a]	0.4[b]	0.5[b]	0.26***
DMI	14.5[a]	13.4[b]	14.0[a]	0.26**

T1 = 100% BLY, T2= 50% BLY + 50% BKO, T3= 100% BKO; DMI = Total Dry Matter Intake, SEM = Standard Error of the Mean; [a,b] (P<0.05); ** (P<0.01); *** (P<0.001).

For Peer Review Only

328 **Table 3. Animal variables.**

	Treatments			
	T1 (BLY)	**T2 (BLY+BKO)**	**T2 (BKO)**	**SEM**
Milk yield (kg/cow/day)	15.0	14.7	15.0	0.36^{NS}
LW (kg)	484	488	485	3.41^{NS}
BCS	2.5	2.5	2.5	-
Milk fat (g/kg)	28.8	28.9	29.0	0.54^{NS}
Milk protein (g/kg)	30.3	30.6	30.5	0.14^{NS}
Lactose (g/kg)	43.4^{a}	44.3^{b}	44.3^{b}	0.3*
MUN (mg/dl)	7.6	7.2	6.6	0.5^{NS}

T1 = 100% BLY, T2= 50% BLY + 50% BKO, T3= 100% BKO; LW = Live weight; BCS = Body Condition Score (1-5); MUN = Milk urea nitrogen. SEM = Standard Error of the Mean; ^{a,b} ($P<0.05$); ^{ns} ($P>0.05$); * ($P<0.05$)

329

330

For Peer Review Only

Table 4. Economic analysis (USD$).

	T1 (BLY)	T2 (BLY+BKO)	T3 (BKO)
Feeding costs			
Commercial concentrate	183.64	183.64	183.64
Pasture	13.15	3.51	3.99
Silage	166.03	176.92	180.21
Total feeding costs	362.83	364.07	367.83
Incomes			
Total milk yield (kg)	102.4	100.4	102.6
Selling price (USD$/kg de milk)	0.30	0.30	0.30
Income from milk sales	563.00	552.10	564.50
Total margin over feed costs	200.17	188.04	196.67
Margin over kg milk (USD$/kg)	0.11	0.10	0.10
Feeding costs (USD$/ kg de milk)	0.19	0.20	0.19
Margin over feed costs (USD$/cow/day)	1.59	1.49	1.56

T1 = 100% BLY, T2= 50% BLY + 50% BKO, T3= 100% BKO

For Peer Review Only

7.2 Publicación de un capítulo de libro

Gómez-Miranda A., Estrada-Flores J.G., Morales-Almaraz E., López-González F., Arriga-Jordán C.M. (2018) Rendimiento y valor nutritivo de ensilados de cebada forrajera o avena negra para sistemas de producción de leche en pequeña escala. En: Herrera Camacho, J., Chay Canul, A.J., Casanova Lugo, F., Piñeiro Vázquez, A.T., Márquez Benavides, L., Santillán Ferreyra, E. y Arce Menocal, J. (Eds). Avances de la investigación sobre producción animal y seguridad alimentaria en México. 603-608. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia Michoacán, México. ISBN: 978-607-542-022-6

EVALUACIÓN DE CEBADA Y AVENA NEGRA COMO ESTRATEGIAS EN LA ALIMENTACIÓN DEL GANADO LECHERO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN PEQUEÑA ESCALA EN EL NOROESTE DEL ESTADO DE MÉXICO.

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

XLV Reunión Científica de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria AC

MORELIA 2018

Morelia, Michoacan; MAYO 09, 2018

ESTIMADO DR CARLOS ARRIAGA-JORDAN:

Por medio de la presente, hacemos de su conocimiento que su trabajo titulado **RENDIMIENTO Y VALOR NUTRITIVO DE ENSILADOS DE CEBADA FORRAJERA O AVENA NEGRA PARA SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA**, ha sido **ACEPTADO** para su presentación en la XLV Reunión Académica de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria AC, breve se darán indicaciones sobre la modalidad, fecha y horario de presentación.

Reciba un cordial saludo, en espera de saludarle personalmente en la ciudad de Morelia.

Atentamente

Comité Científico
XLV Reunión Científica de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria AC



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, Liliana Márquez Benavides, Evelia Santillán Ferreyra, José Arce Menocal

EDITORES Y ADSCRIPCIONES

EDITORES

José Herrera Camacho

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Alfonso Juventino Chay Canul

División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

EDITORES ASOCIADOS

Fernando Casanova Lugo

Instituto Tecnológico de la Zona Maya, Tecnológico Nacional de México.

Angel Piñeiro Vázquez

Instituto Tecnológico de Conkal, Tecnológico Nacional de México.

UMSNH CA-273 CAMBIO CLIMATICO, PRODUCCION Y SUSTENTABILIDAD

Liliana Márquez Benavides

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Evelia Santillán Ferreyra

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

José Arce Menocal

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Avances de la Investigación Sobre Producción Animal y Seguridad Alimentaria en México

Editores:

José Herrera Camacho

Alfonso Juventino Chay Canul

Fernando Casanova Lugo

Ángel Piñeiro Vázquez

Liliana Márquez Benavides

Evelia Santillán Ferreyra

José Arce Menocal

"Avances de la investigación sobre producción animal y seguridad alimentaria en México"/ Editores

José Herrera Camacho et al. -- Primera edición. – Morelia, Michoacán, México 2018

1327 páginas en las que se incluye cuadros, figuras, ilustraciones y referencias bibliográficas en cada uno de los temas contenidos en la obra

ISBN: 978−607−542−022−6

1. Agricultura – Investigación - México. \ 2. Ganadería – Investigación – México.

\ 3. Seguridad Alimentaria – Biotecnología – Investigación – México.

Primera edición: 2018-07-13

D.R.© Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Av. Francisco J Múgica, Ciudad Universitaria, C.P.58030, Morelia, Michoacán, México. www.umich.mx

Esta obra consta de 700 ejemplares CD ROOM, 16.4 Mb, en formato PDF y fue dictaminada mediante el sistema de pares ciegos, por un Comité Científico interinstitucional que contó con el apoyo de evaluadores de diferentes Instituciones y dependencias públicas. Las denominaciones empleadas y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Editores, juicio alguno sobre la delimitación de fronteras o límites y la mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la editores los apruebe o recomienden de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan. Aunque la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, fomenta la reproducción y difusión parcial o total del material contenido, queda prohibida su reproducción total sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito del titular, en términos de la Ley Federal de Derechos de Autor. Su uso para fines no comerciales se autorizará de forma gratuita previa solicitud. La reproducción para la reventa u otros fines comerciales, incluidos fines educativos, podria estar sujeta a pago de derechos o tarifas.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la de los editores de la publicación.

ISBN: 978-607-542-022-6

Coordinadores de la edición: José Herrera Camacho y Alfonso Juventino Chay Canul

Responsable de la edición: Alfonso Juventino Chay Canul, Fernando Casanova Lugo, Ángel Piñeiro Vázquez y José Herrera Camacho

Diseño de portada: Fernando Casanova Lugo, Alfonso Juventino Chay Canul, Ángel Piñeiro Vázquez y José Herrera Camacho

Asistentes editoriales: Jessica Herrera Ojeda y Alejandra Sosa Solá

Impreso y hecho en Morelia, Michoacán, México.

CONTENIDO

CONFERENCIAS MAGISTRALES 23

RESULTADOS DE CRUZAMIENTOS Y TENDENCIAS GENÉTICAS EN GANADO PARA CARNE EN MÉXICO 25

Segura-Correa J. C., Magaña-Monforte J. G., Aké-López R.

ESTRATEGIAS GENÉTICAS Y GENÓMICAS PARA EL MEJORAMIENTO DE CARACTERES DE IMPORTANCIA PRODUCTIVA EN GANADO BOVINO 39

Parra Bracamonte G.M.

AVANCES DE LA CLONACIÓN DE EMBRIONES DE MAMÍFEROS EN MÉXICO: PERSPECTIVAS A FUTURO EN LA PRODUCCIÓN ANIMAL Y LA CONSERVACIÓN DE ESPECIES 49

Navarro-Maldonado M.C., Hernández-Martínez S., Vázquez-Avendaño J.R., Durán-Monroy J.E., Martínez-Ibarra J.L., Hernández-Pichardo J.E., Rangel-Santos R., Ambríz-García D.A.

MODULACIÓN DE LA CRIOTOLERANCIA Y SU EFECTO EN LA FERTILIDAD DEL SEMEN PORCINO 61

Estrada-Paqui E., Rodríguez-Gil J.E., Yeste-Oliveras M.

USO DE PRODUCTOS HERBALES NUTRACÉUTICOS EN LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES 69

Mendoza-Martínez G.D., Martínez-García J.A., Hernández-García P.A., Lee-Rangel H.A.

REDUCCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL MEDIANTE EL USO DE DIETAS DE PRECISIÓN EN PRODUCCIÓN PORCINA 87

Cervantes M. y Morales A.

EVALUACIÓN DE LA LEGUMINOSA ARBUSTIVA FORRAJERA *Cratylia argentea* EN VERACRUZ, MÉXICO 103

Valles-de la Mora B., Castillo-Gallegos E., Ocaña-Zavaleta E., Alonso-Díaz M.A., Jarillo-Rodríguez J., von Son de Fernex E.

BASES DEL ENSILAJE DE MAÍZ Y ALFALFA 117

Améndola-Massiotti R.D., González-Ortiz R., Topete-Pelayo P.

LAS ENZIMAS EXÓGENAS: INSUMOS BÁSICOS PARA LA PRODUCTIVIDAD AVÍCOLA 133

Arce-Menocal J., Herrera-Camacho J., Marquez-Benavides L., Santillan-Ferreyra E., Lopez-Coello C., Avila G.E.

EFECTO DE FORRAJES DE DIFERENTE CALIDAD SOBRE LA PRODUCCIÓN DE METANO RUMINAL Y LA NECESIDAD DE UN SISTEMA DE ENERGÍA METABOLIZABLE PARA EL GANADO BOVINO DE MEXICO 141

Gutierrez-Vazquez E., Lopez-Hernandez N., Anguiano-Guzman I., Villalba-Sanchez C., Rojas-Sandoval L.

RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL FORRAJE DE *Leucaena leucocephala* EN DOS SISTEMAS SILVOPASTORILES Y DOS FRECUENCIAS DE PODA 579

de los Santos-Mayo S., Casanova-Lugo F., Díaz-Echeverría V., Chay-Canul A.J., González-Valdivia N., Piñeiro-Vázquez A., Escobedo-Cabrera A., Oros-Ortega I.

CORRELACIÓN ENTRE CONTENIDO DE ELEMENTOS MINERALES Y DIGESTIBILIDAD *In Vitro* DE LA MS EN ECOTIPOS NATIVOS DE LEUCAENA DEL SUR DE MÉXICO 585

Sánchez. A., Hernández H., Carrillo S., Jiménez R., Corona L., Rosiles R., Castrejón F.A.

POTENCIAL FORRAJERO DE MAÍCES NATIVOS E HÍBRIDOS EN TULA, TAMAULIPAS 591

Lucio F., Garay J.R., Rocandio M., Estrada B., López D., Ruiz S. Joaquín S.

USOS MÚLTIPLES DE ÁRBOLES DISPERSOS EN RANCHOS GANADEROS DE LA HUASTECA POTOSINA 597

Mendoza Ortiz Y.C., Lara Bueno A., Uribe Gómez M., García Nuñez R.M.

RENDIMIENTO Y VALOR NUTRITIVO DE ENSILADOS DE CEBADA FORRAJERA O AVENA NEGRA PARA SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA 603

Gómez-Miranda A., Estrada-Flores J.G., Morales-Almaraz E., López-González F., Arriaga-Jordán C.M.

MANEJO DE COSECHA DE AVENA SAIA BASADO EN ALTURA DE PRADERA Y ALTURA DE FORRAJE RESIDUAL 609

Jiménez-Rosales J.D., Améndola-Massiotti R.D., Burgueño-Ferreira J.A.

POTENCIAL FORRAJERO Y ESTABILIDAD DE RENDIMIENTO DE *Pennisetum ciliare* Y CULTIVARES DE *Urochloa* A DIFERENTE EDAD DE REBROTE.....615

Garay J.R., Estrada B., Martínez-González J.C., Bernal A., Nieto R., Saldaña P., Joaquín S.

CONTENIDO MINERAL DE FORRAJES EN LA ÉPOCA DE SECA EN CINCO RANCHOS DE ACAYUCAN, VERACRUZ, MÉXICO 621

Muñoz-González J.C., Piñeiro-Vázquez A.T., Sanginés-García R., Aguilar-Urquizo E.

COMPONENTES DEL RENDIMIENTO EN SIETE PASTOS NATIVOS Y UN C3 EN INVERNADERO 627

Quero-Carrillo A.R., Pérez-Morales S., Munives-Castro N.O., Vázquez-González A., Pineda-Martínez A., Hernández-Guzmán F.J.

ESTRÉS OSMOTICO EN CALLOS DE *Bouteloua curtipendula* (MICHX. TORR.), VAR. NdeM-303 MEDIANTE D-MANITOL Y D-SORBITOL 633

EVALUACIÓN DE CUATRO ESPECIES DE GRAMÍNEAS EN LA PRODUCCIÓN Y PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN LECHE DE VACAS EN PASTOREO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA DEL ALTIPLANO DE MÉXICO 743

Plata-Reyes D.A., Morales-Almaraz E., Martínez-García C.G., Flores-Calvete G., López-González F., Prospero-Bernal F., Valdez-Ruiz C.L., Zamora-Juárez Y.G., Arriaga-Jordán C.M.

EFECTO DE TRATAMIENTOS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS EN LA DEGRADACIÓN *in vitro* DE LA FIBRA DEL RASTROJO DE MAÍZ 749

Cabañas-Martínez O., Herrera-Haro J.G., Torres-Salado N., Parral-Herrera E., Gómez-Cruz J.C., Barcena-Gama J.R.

LA POLLINAZA LIQUIDA, UNA ALTERNATIVA EN LA ALIMENTACION ANIMAL 755

Hernández-Bustamante J.D., Zuñiga-Serrano A., Paredes-Rubio J.I.R., García-Castillo R.F.

PRODUCCIÓN ANIMAL 759

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE MONENSINA Y PROPIONATO DE CALCIO SOBRE PRODUCCIÓN METANO Y BACTERIAS RUMINALES 761

Osorio Teran A.I., Mendoza Martínez G.D., Miranda Romero L.A., Martínez Gomez D., Hernández García P.A.

EFECTO DEL ADITIVO LÍQUIDO DE LEVADURAS OBTENIDO DE LA MANZANA SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE CONEJOS DE ENGORDA (*Oryctolagus cuniculus*) 767

Díaz Plascencia D., Guevara Valdez J.L., Arzate Durán V.H, Morales Herrera R., Espinoza Prieto J.R., Mancillas Flores P.F., Ordoñez Baquera P.L., Palma Rosas Y., García Flores L.R.

DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE CONEJOS PARA ABASTO ALIMENTADOS CON RACIONES ELABORADAS CON *Tithonia diversifolia* 771

Herrera-Sánchez M., Domínguez-Martínez F., Hernández-Bautista J., Morín Rubio J., H.M. Rodríguez-Magadán H.M., Salinas-Rios T., Lozano-Trejo S., Pérez-León M.I., Palacios-Ortiz A.

ALIMENTOS COMERCIALES PARA CONEJOS EN ETAPA DE ENGORDA PRESENTES EN EL ESTADO DE QUERÉTARO: EVALUACIÓN FISICOQUÍMICA Y COSTOS 777

Gómez-Soto J.G., Narro-Banda C.A., Aranda-Vargas P.J., Reis de Souza T.C., Aguilera-Barreyro A., Escobar Salazar L.E.

EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN APÍCOLA EN MÉXICO (1521-2010) 782

Cervantes Sánchez J.M., Román de Carlos A.M., Velázquez Camacho B.L.

REMANENTES DE ANTIBIÓTICOS Y PROMOTORES DE CRECIMIENTO EN CARNES DE BOVINO COMERCIALIZADAS EN MÉXICO Y SU EFECTO SOBRE EL GROSOR DE LAS FIBRAS MUSCULARES 789

Rivera-Alegría F.M., Jiménez Martínez C., Dávila Ortiz G., D.I. Téllez-Medina D.I., Piña Gutiérrez J.M., Chay-Canul A.J.

EVALUACIÓN DE CEBADA Y AVENA NEGRA COMO ESTRATEGIAS EN LA ALIMENTACIÓN DEL GANADO LECHERO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN PEQUEÑA ESCALA EN EL NOROESTE DEL ESTADO DE MÉXICO.

RENDIMIENTO Y VALOR NUTRITIVO DE ENSILADOS DE CEBADA FORRAJERA Y AVENA NEGRA PARA SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA ... 857

Colín-Navarro V., Avilés-Nova F., Domínguez-Vara I.A., Olivares-Pérez J., Trujillo-Gutiérrez D., Morales-Almaráz E.

EFECTO DEL PROPÓLEO EN VARIABLES PRODUCTIVAS, CÉLULAS BLANCAS, COMPONENTES QUÍMICOS DE LA SANGRE Y ESTABILIDAD OXIDATIVA DE LA PECHUGA DE POLLO ... 863

Gómez Soto C. E., Gutiérrez Arenas D.A., Angel Sahagún C.A., José Antonio Marín Hernández J.A., Avila Ramos F.

EFECTO DEL ACCESO AL EXTERIOR SOBRE EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO DEL POLLO DE ENGORDA EN EL TRÓPICO ... 869

Arrieta-García L.M., González-Espinoza A., Sarmiento-Franco L., Sánchez-Casanova R.E.

FUNCIONES NO LINEALES PARA DESCRIBIR LA CURVA DE LACTANCIA DE VACAS HOLSTEIN-CEBÚ EN PASTOREO EN EL TRÓPICO MEXICANO ... 875

Castillo G.E.

RESPUESTA PRODUCTIVA DE VACAS LECHERAS EN PASTOREO A LA INCLUSIÓN DE ENSILADO DE TRITICALE EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA ... 881

González-Alcántara F.J., Arriaga-Jordán C.M., López-Gonzalez F., Morales-Almaraz E., Estrada-Flores J.G.

ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LOMO DE CERDO MARINADO CON ULTRASONIDO ... 887

Contreras-López G., Carrillo-Estrada M.E., Hernández-Mendoza A., Mendoza-Martínez A.D.

EFECTO DEL PROPIONATO DE CALCIO SOBRE LA CALIDAD Y PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA CARNE DE CONEJOS ... 893

Acho Martínez Y. C., Hernández García P.A., Espinosa Ayala E., Mendoza Martínez G.D., Lee Rangel H.A.

EFECTO DEL USO DE CASTAÑA (*Artocarpus camansi*) COMO SUPLEMENTO PREINICIADOR EN LECHONES ... 899

Olivares Solís M.I., Cruz-Bacab L., Hernández Hernández U.

USO DE MEDICIONES BIOMÉTRICAS Y POR ULTRASONIDO PARA PREDECIR LA COMPOSICIÓN TISULAR DE LA CANAL EN OVEJAS PELIBUEY ... 904

López-Méndez J. C.; García Herrera R.A., Canul Solís J.R., Casanova-Lugo F., Macías-Cruz U., Rivera-Alegría F., Chay-Canul A.J.

YIELD AND NUTRITIONAL VALUE OF SILAGES FROM BARLEY OR BLACK OATS FOR SMALL-SCALE DAIRY SYSTEMS

Gómez-Miranda A.[1], Estrada-Flores J.G.[1], Morales-Almaraz E.[2], López-González F.[1], Arriaga-Jordán C.M.[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*

**Autor para correspondencia: cmarriagaj@uaemex.mx*

Resumen

Los cereales de grano pequeño como la cebada y la avena negra son forrajes que por sus características de adaptabilidad a múltiples estreses bióticos y abióticos pueden ser alternativas en siembras tardías y utilizadas como forrajes frescos o conservados como ensilados. Sin embargo, existe poco conocimiento del desempeño productivo y valor nutritivo de estos ensilados para sistemas de producción de leche en pequeña escala del altiplano mexicano. El objetivo del trabajo fue comparar el rendimiento y valor nutritivo de ambos cultivos. La siembra de cebada y avena negra fue el 7 de julio de 2016 y la cosecha fue a 67 días post siembra. El rendimiento de la cebada fue de 3.8 t MS/ha comparado con 3.4 t MS/ha en avena negra. El ensilado de cebada (CBD) y ensilado de avena (AVS) tuvieron un pH promedio de 3.9 indicando una fermentación adecuada. AVS presentó un mayor contenido de MO (876 g/kg MS), menor contenido de FDN (510 g/kg MS), y FDA (367 g/kg MS), reflejado en una mayor digestibilidad in vitro de MO (DIVMO) con 707.4 g/kg MO en comparación a CBD (502.6 g/kg MO). La Energía Metabolizable estimada (EM) fue de 7.4 MJ EM/kg MS para CBD y 10.4 MJ EM/kg MS para AVS. El contenido de proteína cruda no fue significativamente diferente con 63 g /kg MS. AVS presentó mejor valor nutritivo, particularmente en términos de EMe, en comparación con CBD. La menor DIVMO y EMe en CBD puede ser debido a un estado fenológico más avanzado.

Palabras Clave: *Hordeum vulgare*, *Avena strigosa*

Keywords: *Hordeum vulgare*, *Avena strigosa*

Summary

Barley and black oats are forages that, due to their adaptability to multiple biotic and abiotic stress, can be alternatives for late sowings and used as fresh forages or conserved as silage. However, there is little knowledge of yield and nutritional value of these silages for small-scale dairy systems in the highlands of Mexico. The objective of the study was to compare both crops in terms of yield and nutritional value. Sowing of barley and black oats was on 7 July 2016 and harvested for silage at 67 days post sowing. Barley yield was 3.8 t DM/ha compared to 3.4 t DM/ha in black oats. Barley silage (CBD) and black oat silage (AVS) had a mean pH of 3.9 indicating adequate fermentation. AVS had higher OM content (876 g/kg DM),

lower NDF content (510 g/kg DM), and FDA (367 g/kg DM), reflected in a higher in vitro digestibility of OM (IVDMO) at 707.4 g / kg OM) in comparison to CBD (502.6 g/kg OM). Estimated Metabolizable Energy content (eME) was 7.4 MJ eEM/kg DM for CBD and 10.6 MJ eME/kg DM for AVS. Crude protein content was not significantly different with mean values of 63 g/kg MS, AVS had a better nutritional value, particularly in eME compared to CBD. Lower IVDOM and eME of CBD may be due to a more advanced development stage.

INTRODUCCIÓN

Ante los posibles escenarios futuros del cambio climático que prevén una disminución en la precipitación pluvial, con lluvias erráticas y mayor frecuencia de temperaturas extremas, los sistemas de producción de leche en pequeña escala requieren alternativas forrajeras para esas condiciones, para utilizarse en la alimentación del ganado en época seca conservados como ensilados. Los cereales de grano pequeño tienen gran potencial en este sentido.

Los cereales de grano pequeño son gramíneas anuales cultivadas para alimentación humana, forraje o en la producción de concentrados. Las especies que se clasifican dentro de este término incluyen a la cebada, la avena, el trigo y el triticale, Payne et al. (2008).

Por su capacidad de adaptación a múltiples estreses bióticos y abióticos, la cebada forrajera (Hordeum vulgare) es un cultivo resistente con potencial para el cultivo de forrajes frescos o conservados como ensilado, dando forraje de buena calidad nutricional para el ganado (Newton et al., 2011; Nikkhah, 2013). Al ser la cebada de rápido crecimiento, es capaz de suprimir la presión de malezas y poder obtener un alto rendimiento considerándolo un cultivo apropiado para realizar una rotación de cultivo en conjunto con el maíz Teuber et al. (2002). El uso de la cebada en el centro de México es principalmente para la elaboración de malta para cerveza; sin embargo, su uso como cultivo forrajero como parte de la alimentación en la producción de leche, en particular para sistemas de producción en pequeña escala del altiplano, ha sido poco evaluado.

Por otro lado, entre los cereales de grano pequeño, se encuentra la avena negra (Avena strigosa), una especie con alta producción de forraje y con gran capacidad de amacollamiento, Sánchez et al. (2014), Dial (2014), y de ciclo productivo corto que la hacen atractiva como cultivo para la producción de forraje. Sin embargo, es una especie poco estudiada en México.

Dado el poco conocimiento sobre estos forrajes como ensilado para sistemas de producción de leche en pequeña escala, el objetivo del trabajo fue la evaluación del rendimiento y valor nutritivo de ensilados de cebada forrajera y de avena negra.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proceso experimental se llevó a cabo en el Noroeste del Estado de México en el municipio de Aculco, en una unidad de producción de leche en pequeña escala ubicada en las coordinadas 20°12 N y 99°57´W; con un clima subhúmedo y una época de lluvias en verano muy marcada, semifrío con temperaturas media anual de 13.2°C con una precipitación de 700 a 1000mm anuales, Fadul-Pacheco et al. (2013). Se evaluaron ensilados de cebada (Hordeum vulgare cv Cerro prieto) y de avena negra (Avena strigosa cv Saia). La siembra se realizó el 7 de julio del 2016 en una superficie total de 5 ha (2.5 ha por especie) con dosis de siembra de 120 kg/ha para cada cultivo. Se realizó una fertilización a la siembra con una dosis de 82-46-0 y 80-60-40 NPK, para cebada y avena negra respectivamente. Previo a la cosecha se cortaron de forma manual 6 cuadrantes de 1 m^2 para estimar el rendimiento por cultivo. Se

cosechó y ensiló a los 67 días, con una ensiladora tipo Chopper. Se hicieron seis silos de pastel, tres de cebada y tres de avena negra. Una de las características de la cebada es su rápido crecimiento, lo que pudo observarse por el estado fenológico en el que se encontraba al momento de la cosecha (grano lechoso-masoso). Por otro lado, en la avena negra que tiene por característica mayor producción de follaje, el estado fenológico fue anterior, un estado entre embuche y emisión de la espiga. Se realizó un muestreo cada 14 días de manera manual para la determinación de la composición química de los ensilados. Se midió el pH mediante la técnica descrita por Tejada (1985). Las muestras fueron secadas en una estufa de aire forzado a 65°C hasta obtener peso constante, las cenizas fueron determinadas por incineración en mufla a 550°C por 3 horas y por la diferencia se estimó el contenido de materia orgánica (MO), el contenido de proteína cruda (PC) fue determinado mediante el método Kjeldahl, el contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) mediante el método de micro-bolsas ANKOM (2005) y para la determinación del contenido de almidón se realizó mediante el método 996.11de la AOAC (1990), utilizando el Kit Megazyme Total Starch, A/A. La digestibilidad in vitro de la Materia Orgánica (DIVMO) se determinó mediante la microtécnica propuesta por Pell and Schofield (1993), el contenido de energía metabolizable (EMe) se estimó multiplicando la digestibilidad de la materia orgánica por 0.0157 AFRC (1993). Para el análisis de los datos se utilizó una prueba t de Student para muestras independientes a un nivel alfa = 0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los rendimientos obtenidos fueron 3836 kg MS/ha para cebada, superior al rendimiento de avena que rindió 3385 kg /ha. Estos rendimientos son similares a los reportados por Sadeghpour et al. (2013) quienes mencionan que la cebada es capaz de producir rendimientos de 3.5t MS/ha en condiciones de sequía; y similares también a lo reportado por De Ruiter et al. (2002) quienes reportan rendimientos de 3.8 ton MS/ha tanto para forraje de cebada como de avena (aunque es avena común Avena sativa). Igualmente, Carr et al. (2014) reportaron 3.8 ton MS/ton para avena común, 11% más al rendimiento de forraje encontrado en este trabajo para AVS.

La composición química del forraje se presenta en el Cuadro 1 mostrando diferencias estadísticamente significativas ($P<0.05$) en el contenido de MS, MO, FDN, FDA, DIVMO y EMe; donde el contenido de MS para el ensilado de cebada (CBD) fue 12% superior al ensilado de avena, atribuido a un estadio fenológico más avanzado al momento de la cosecha. Por otro lado, CBD presentó 13.4% menos MO en comparación con AVS.

En cuanto a fibras, CBD presentó significativamente ($P<0.05$) mayor contenido de FDN y FDA, lo cual podría ser debido nuevamente a una etapa fenológica más avanzada que en AVS. El contenido de fibras de CBD y AVS fue superior a lo reportado por Lithourgidis et al. (2005) y Aguilar-López et al. (2013). Los contenidos de fibra se vieron reflejados en la DIVMO, donde la digestibilidad de CBD fue 29% inferior en comparación con AVS, representando ambos forrajes menores digestibilidades con lo reportado por Celis-Alvarez et al. (2017). El contenido de EMe fue 43% mayor en AVS respecto a CBD, obteniendo contenidos energéticos bajos a lo reportado por Celis-Alvarez et al. (2017) respecto a avena negra y Elizalde y Gallardo (2003) respecto a cebada.

No existieron diferencias significativas ($P>0.05$) en contenido de PC entre CBD y AVS. Sin embargo, el contenido de PC fue inferior a lo reportado a la literatura donde se mencionan niveles de PC en un rango de 90-124 g kg/MS Khorasani et al. (1997), Nikkhah (2013), Benchaar et al. (2014). No obstante, la etapa fenológica diferente al momento de la cosecha en los dos cultivos, no existieron diferencias ($P>0.05$) en el contenido de almidón entre CBD y AVS.

Los valores obtenidos en pH en el experimento representan un indicador del buen proceso fermentativo de los dos ensilados. Las diferencias significativas ($P<0.05$) con un mayor pH en CBD que en AVS podrían explicarse por la diferente etapa fenológica en los cultivos, con un posible mayor contenido de carbohidratos solubles en AVS dada su menor contenido de fibra. Los resultados de pH son menores a lo reportado por Elizalde y Gallardo (2003) en Chile.

Cuadro 1. Composición química del ensilado de cebada forrajera y el ensilado de avena negra.

Variable	CBD	AVS	EEM
MS	242.38	211.96	8.43*
MO g/kg MS	759.48	876.93	10.41***
PC g/kg MS	61.81	64.70	3.36^{NS}
FDN g/kg MS	580.75	510.52	16.32*
FDA g/kg MS	445.91	367.68	9.03***
ALMIDON g/kg MS	145.20	129.53	21.76^{NS}
pH	4.11	3.68	0.089**
DIVMO g/kg MS	502.6	707.4	20.46***
EMe MJ/kg MS	7.4	10.6	0.32***

AVS: ensilado de avena, CBD: ensilado de cebada, MS: Materia Seca, MO: Materia Orgánica, PC: Proteína Cruda, FDN: Fibra Neutro Detergente, FAD: Fibra Ácido Detergente, DIVMO: Digestibilidad in vitro de la Materia Orgánica, EMe: Energía Metabolizable estimada, EEM: Error Estándar de la media, NS: no significativo $P>0.05$; *$P<0.05$; **$P<0.01$; ***$P<0.001$

CONCLUSIONES

El rendimiento de MS/ha fue superior en cebada, con un mayor contenido de MS, pero igualmente con mayor contenido de fibras dado el estado fenológico más avanzado. En cuanto a contenido de proteína ambos ensilados tuvieron niveles similares, pero inferiores a lo reportado en la literatura.

La DIVMO y el contenido energético fueron superiores para avena negra, lo que indica un forraje de mejor calidad nutritiva en comparación con ensilado de cebada, cuyo menor valor nutritivo pudo estar relacionado con el rápido crecimiento durante el experimento.

BIBLIOGRAFÍA

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

Aguilar-López, E.Y., Bórquez, J.L., Domínguez, I.A., Morales-Osorio, A., Gutiérrez-Martínez, M.G. y González-Ronquillo, 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, ADF, and in vitro Digestibility). Ankom Technology Method. (http://www.ankom.com/) ACSESO 03-04-2017

AOAC 1990. Official methods of analysis 15th Ed. Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemists.

Benchaar, C., Hassanat, F., Gervais, R., Chouinard, P., Petit, H. y Massé, D. 2014. Methane production, digestion, ruminal fermentation, nitrogen balance, and milk production of cows fed corn silage- or barley silage-based diets.

Journal of Dairy Sciences, 97 (2), 961-974

Carr, P.M., Horsley, R.D. y Poland, W.W. 2014. Barley, Oat, and Cereal–Pea Mixtures as Dryland Forages in the Northern Great Plains Agronomy Journal, 96:677–684

Celis-Alvarez, M. D., López-González, F, Estrada-Flores J. G., Domínguez-Vara, I. A., Heredia-Nava, D., Munguía-Contreras, A. y Arriaga-Jordán, C.M. 2017. Evaluación Nutricional In Vitro de Forrajes de Cereales de Grano Pequeño para Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala, Tropical and Subtropical Agroecosystems, 20 439 - 446

Chaney, A. y Marback, E. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. Clinical Chemistry 8:130-132.

De Ruiter, J.M., Hanson, R., Hay A.S., Armstrong, K.W. y Harrison-Kirk, R.D. 2002. Whole-crop cereals for grazing and silage: balancing quality and quantity. Proceedings of the New Zealand Grassland Association 64: 181–189

Dial, H.L. 2014. Plant Guide for Black Oat (Avena strigosa Scherb.). USDA-Natural Resources Conservation Service, Tucson Plant Materials Center, Tucson AZ, 85705.

Elizalde, H.F. y Menéndez, A.M. 2004. Evaluación de ensilajes de cereales de grano pequeño, sobre la producción de leche de vacas Overo Colorado. Agro Sur 32(2) 54-59 2004.

Fadul-Pacheco, L., Wattiaux, M.A., Espinoza-Ortega, A., Sánchez-Vera, E. y Arriaga-Jordán, C.M. 2013. Evaluation of sustainability of small-scale dairy production systems in the highlands of Mexico during the rainy season. Agroecology and Sustainable Food Systems, 37, 882-901.

Khorasani, G., Jedel P., Helm, J., y Kennelly, J. 1997. Influence of stage of maturity on yield components and chemical composition of cereal grain silages. Canadian Journal of Animal Science, 77 (2), 259-267

Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., Dhima, K.V., Dordas, C.A y Yiakoulaki, M.D. 2006. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios, Field Crops Research, 99 106–113

Newton, A., Flavel, A., George, T., Leat, P., Mullholland, B., Ramsay L., Revoredo-Giha, C., Russel-Steffenson, B., Swanston, J., Thomas, W., Waugh, R., White, P., y Bingham, I. 2011. Crops that feed the world 4. Barley: a resilient crop? Strengths and weaknesses in the context of food security. Food Security, 3, 141-178.

Nikkhah, A. 2013. Barley Forages for Modern Global Ruminant Agriculture: A Review. Russian Agricultural Sciences, 39 (3), 206-213.

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

Pell, A.N y Schofield, P. 1993). Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. Journal of Dairy Science. 76: 1063-1073.

Sánchez, G.A.R., Gutiérrez, B.H., Serna, P.A., Gutiérrez, L.R. y Espinoza, C.A. 2014. Producción y calidad de forraje de variedades de avena en condiciones de temporal en Zacatecas, México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 5 (2):131-142.

Tejada, I. 1985. Manual de Laboratorio para Análisis de Ingredientes Utilizados en la Alimentación Animal. Ed. Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México, A.C. México,

Teuber, N., Navarro H., Goic L. y Angulo L. 2002. La cebada, una interesante alternativa forrajera. Informativo Remehue, 36. Ed. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) Chile.

7.3 Informe de resultados durante la estancia académica

Como parte del plan de trabajo a cumplir durante la maestría se proyectó la realización de una estancia académica en el Centro de Investigacions Agrarias de Mabegondo, (CIAM), XUNTA DE GALICIA, ESPAÑA.

Llevada a cabo de septiembre del 2017 a febrero del 2018. Como finalidad principal de relacionarse e involucrarse en los trabajos de investigación que son realizados en los departamentos de pastos y forrajes así como en el área de producción de leche de vacuno

La estancia fue realizada bajo la tutoría de los Dres. Ingenieros Agrónomos Gonzalo Flores Calvete jefe del departamento de pastos y Forrajes y César Resch Zafra investigador encargado del área de producción de leche de vacuno del CIAM.

De acuerdo al plan de trabajo de la estancia se participaron en un proyecto intitulado **"Evaluación agronómica y nutricional de variedades de maíz, sorgo y girasol destinadas para ensilar en situación de secano y regadío en la Galicia interior"**.

El proyecto fue desarrollado de la siguiente forma:

7.3.1 Evaluación de maíz en la Fundación José Luis Taboada, en tierras agrícolas ubicadas en Cartelos (Carballedo, Lugo).

- Evaluación de la influencia de semilla de maíz micorrizada en condiciones de riego óptimo y estrés hídrico.
- Evaluación nutricional de maíz con riego por goteo y sin riego.

Actividades realizadas en campo:

- Se seleccionaron las zonas de muestreo dentro de las parcelas identificándolas para su posterior cosecha.
- La cosecha se realizó manualmente cortando plantas de dos transectos de 2 m en las líneas centrales a una altura aproximada de 12 cm del suelo. Se

llevaron las muestras al centro de investigación donde se midió altura de la planta y diámetro del tallo, se seleccionaron 7 plantas para separarlas en dos fracciones de forma manual, mazorca (MZ) y parte vegetativa (hojas, tallos y espatas), cada fracción fue pesada y picada, incluyendo una muestra de planta entera, posteriormente se tomó una alícuota para la determinación en el laboratorio de materia seca.

Actividades realizadas en laboratorio.

- Procesamiento de muestras
  - Para la determinación de materia seca se colocó la muestra en bandejas de aluminio que fueron colocadas en una estufa de aire forzado a 80°C durante 16 h, se sacaron y pesaron hasta que su peso fue constante, el molido de las muestras fue realizada por personal del laboratorio en un molino de martillos con tamiz de 1mm.
  - Se estimó la composición química y valor nutricional de las muestras utilizando el NIRS (espectroscopia por infrarrojo cercano), mediante las calibraciones desarrolladas en el CIAM para la estimación de los contenidos de materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND), fibra acido detergente (FAD), almidón (AMD) y digestibilidad IN VITRO de la materia orgánica (DMOIV).

7.3.2.- Evaluación de maíz (*Zea mays* L. cv Sensor) y sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench cv PR84F) alfalfa y trébol rojo como cultivos forrajeros para la realización de microsilos. Finca experimental del CIAM en Mabegondo (A Coruña).

Objetivo: Estudiar el efecto de la aplicación de un inoculante a base de bacterias lácticas homo y heterofermentativas sobre la calidad de conservación y la estabilidad aeróbica de los ensilados.

Actividades realizadas en campo

- El maíz y el sorgo se cosecharon el 25 de septiembre cuando el maíz se encontraba entre ½ y ¾ de la línea de leche y el sorgo con el grano en un estado de lechoso pastoso, se colectaron 50 plantas de forma manual de cada especie, a una altura de 15 cm de la base. Posteriormente fuerón picadas con una trituradora de forrajes.
- De cada forraje se tomaron dos alícuotas de aproximadamente 12 kg, para posteriormente aplicar de forma manual una solución del inoculante Sorbensyl Soluble® en la dosis recomendada por el fabricante mediante atomización y sobre la otra alícuota se aplicó en el mismo volumen agua destilada utilizando el mismo procedimiento.
- El trébol rojo y la alfalfa se cosecharon el 25 de octubre utilizando una cortadora mecánica de forraje cortando transectos de aproximadamente 10x4m, para posteriormente administrar el inoculante tal como se describió anteriormente.

Actividades realizadas en laboratorio

- Para la determinación de la capacidad tampón del forraje, se pesó 50g de muestra, se le añadió 150ml de agua destilada, después se molió en una licuadora, se colaron los residuos para extraer solo el residuo líquido, para su lectura se utilizó un equipo Automated Titration Systems.

- El material necesario fueron tubos de PVC de 2,2 L como base, bolsa se polietileno y tapones de goma, malla plástica del diámetro del tubo y silicón y un sistema de control de efluente que consistía en una válvula de cuello de ganso con agua para limitar el ingreso de aire al silo.

- Un procedimiento importante era el pesaje de todo el material utilizado por microsilo (tubo, bolsa, tapón, rejillas y pegamento) por medio de una báscula, con la finalidad de detectar pérdidas durante el proceso.

- Se elaboraron 5 microsilos por cada tratamiento.

- Dentro de los primeros cinco días se llevó un control de los efluentes líquidos de los ensilados

- A los 60 días se pesaron los microsilos y se procedió a su apertura, se tomaron muestras para la determinación de MS, fueron molidas a 1mm, y procesadas en el NIRS para la determinación de MO, PB, FAD, FND, AMD.

- Se realizó una determinación de estabilidad Aeróbica en una cámara isoterma a 20°C, para lo cual se tomaron muestra de silo (400g), se colocaron en cajas de poli estireno de 35 x 23 x 8 cm con tapa, cuyas cajas tenían dos orificios para la circulación de aire se introducía un termopar conectado a un registrados capaz de medir la evolución de la temperatura de forma automática cada 30 min durante 7 días, cada dos días se realizaba una toma de muestra para determinar el pH.

7.3.4 Digestibilidad in vivo de forraje fresco de maíz y sorgo en corderos (9-26 de octubre) en nave metabólica.

Objetivo: evaluar la digestibilidad de maíz y sorgo en fresco tras la adición de urea alimentaria o urea protegida.

Actividades en campo:

- Alimentación y control durante el periodo de adaptación de los corderos a los forrajes durante 7 días en corral
- Selección de 24 corderos de 50kg PV, para su posterior ubicación en las jaulas metabólicas durante 7 días para su adaptación; alimentación y medición de la ingesta voluntaria y producción de heces.
- Estimación, administración de forraje y urea correspondiente a su peso y recolección de rechazos y heces diariamente

Actividades en el laboratorio:

- Análisis de muestras: determinación de MS, y estimación de la composición química de las muestras de forraje mediante NIRS, para las heces se determinó el nitrógeno excretado utilizando la técnica micro-Kjeldahl.

7.3.5 Evaluación de girasol (cv. Rumbosol 91 y cv. ES Shakira); sorgo: (cv. Ascoli y cv. PFR84F) y maíz (cv. Boomer y cv. Sensor). En la finca experimental del Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (CIAM) en Pobra do Brollón (Lugo):

Objetivo: Estudiar y comparar los efectos de la disponibilidad de agua por medio de riego por aspersión sobre la producción y su valor nutricional.

Actividades realizadas en campo

- Cosecha de forraje
- Selección de las muestras; planta entera y fracciones *(inflorescencia, mazorca o panoja según correspondía y parte verde).
- Medición de las características físicas (altura de la planta, diámetro del tallo, numero de mazorca)
- Picado del forraje en fresco

Actividades realizadas en laboratorio

- Determinación de MS, y estimación de MO, PB, FAD, FND, AMD, EE para girasol, DMOIV para maíz y girasol mediante espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS), utilizando las calibraciones desarrolladas en el CIAM

7.3.6 Actividades complementarias dentro de los laboratorios del CIAM:

Determinación de digestibilidad de la Materia Orgánica *In Vitro* de maíz y sorgo forrajes con la técnica descrita por Tilley-terry,

Extracción de aceites esenciales de eucalipto.

- Para dicha procedimiento se recolectaron hojas de eucalipto, de una zona aledaña a las instalaciones del CIAM.
- Se siguieron dos procedimientos de extracción: a través de un alambique y un destilador clevenger.
- Para la destilación en el alambique las hojas solo fueron troceadas con tijeras se pesaron 750g de hoja y fueron colocadas en el interior del alambique junto con 3.5 L de agua, el alambique estaba conectado a un recipiente para recolectar el hidrolato y los aceites esenciales. La muestra se puso en ebullición de 13-15h, una vez obtenido el hidrolato y el aceite, se procedio a la separación de elementos mediante el uso de un embudo de decantación.
- El principio con el destilador clevenger es similar que con el alambique, solo que la muestra consistía en 150 g de hoja finamente picada (utilizando una picadora de alimentos), con 700 ml de agua, y la ebullición se llevabo a cabo solo durante 7 h, por el diseño de este destilador, la extracción de los componentes se realizaba una vez terminado el proceso y se podía separar las fases de forma simultánea.

Extracción simultanea de carotenoides y vitaminas en leche y forrajes.

- Las muestras de leche congeladas, se pasan por un proceso de descongelamiento lento, primero fueron colocadas en una cámara a 4ºC un día antes de su utilización. El día de la extracción se atemperaron las muestras a temperatura ambiente y se homogenizaron en un vortex, las muestras se colocaron en un baño maría a 35-40ºC de 10 a 15 minutos, y se dejarón enfriar a temperatura ambiente.
- Para un muestreo adecuado se colocarón un imán de agitación en cada muestra, al estar en movimiento la leche se procedio a tomar una alícuota de 6 ml la cual se colocaba en un tubo Pyrex de 30 ml. A esta alícuota se le adiciono 150µl de solución (S1, echinenone)= 4ppm y 150µl de solución (S2, δ-tocopherol)= 4ppm, soluciones preparadas anteriormente, se agitaron en un vortex y se dejaron reposar a temperatura ambiente durante 30 min.
- Transcurrido el tiempo se añadieron 18 ml de la solución de etanol absoluto con BHT (0.1%) además de 1 ml de la solución de KOH (50%) en agua. Se agitaron en un vortex durante 10 s con el fin de desplazar todo el aire contenido en los mismos, cubriéndolos para protegerlos de la luz y se colocarón en baño maría con agitación a 25ºC hasta el día siguiente (min 15h).

- Posterior a las 15h se vertió el contenido pírex a un tubo falcón de 50ml, se le adicionan 8.5ml de agua milli Q que permite la separación de fases y baja el porcentaje de etanol para evitar pérdidas de analitos más polares, se extraen 3 veces con 12ml de solución de hexano BHT (.01%). Se vortean durante un minuto y se colocaron en un agitador orbital durante 10min, se vorteo nuevamente durante 1min y se centrifugo a 4500rpm a 0ºC durante 10min lo que permite la separación de precipitado de proteína, fase acuosa y fase orgánica. Se recogieron las fases orgánicas en un nuevo tuvo falcón (se repitió dos veces esta etapa), las fases de hexano combinadas fueron lavadas dos veces con 12 ml de agua milli Q vertiéndola por las paredes.
- La fase orgánica se coloca en un nuevo tuvo pírex y se evaporan en corriente de nitrógeno hasta residuo seco, al residuo seco se le colocaron 90µl de THF y 810µl de FM y se filtró con filtro de jeringa de 0.22 µm, 13mm colocándolo en un vial ámbar para su conservación hasta su lectura en un cromatógrafo.

7.3.7 Conferencias y visitas de campo

- Jornada “O sector lácteo como ferramenta para fixar riqueza no rural” llevada a cabo en el concello de Rodeiro el día 18 de septiembre del 2017
- Incremento de la rentabilidad de las explotaciones lecheras mediante la mejora genética celebrada el 18 de octubre del 2017 en Lugo (anexo constancia)
- Asistencia a conferencias en la IV REUNION DE OTOÑO “Adaptación a mudanza climática e á seca estival” de la Sociedad Galega de Pastos y Forrajes celebrada del 20-21 de octubre 2017 en Allariz con visitas a unidades de producción ecológicas y tradicionales
- Xornada de vacún de leite e pastoreo llevada a cabo el 14 de noviembre del 2017 (anexo la constancia)
- Sistemas de transferencia de coñecemento na vacún de leite llevada a cabo en el CIAM, el día 24 de noviembre del 2017
- Visita al Laboratorio Interprofesional Gallego de análisis de leche (LIGAL)
- Xornada “A Paisaxe agraria Galega e A Biodiversidade” llevada a cabo en el CIAM, el día 1 de Diciembre del 2017.

- Participación en las conferencias acerca de efecto da rega sobre o rendemento dos cultivos forraxeiros de verán na Galicia interior, con una ponencia sobre “Efecto de riego por goteo en maíz forrajero en Cartelos”, llevada a cabo el día 24 de enero de 2018 en Pobra de Brollón.

7.4 Publicaciones como resultados de la estancia

Como resultados finales de la estancia realizada durante la maestría en el Centro De Investigacions Agrarias De Mabegondo (CIAM) se obtuvieron tres capítulos de libro, uno como autora principal y dos como coautoría, además de la publicación de un resumen como coautoría

7.4.1 Autora principal

Gómez-Miranda A., González-Alcántara F., Plata-Reyes D., Pereira-Crespo S., Botana A., Valladares J., Veiga M., Resch C. y Flores-Calvete G., (2018) 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. En: Roig S. y Barrantes O. (Eds). Pastoralismo y Vías Pecuarias conectando tradición e innovación (496-504) Sociedad Española De Pastos. Teurel Galicia España. ISBN 978-84-608-7708-0



PASTORALISMO
Y VÍAS PECUARIAS
CONECTANDO TRADICIÓN E INNOVACIÓN

TERUEL, 25-29 JUNIO 2018

57ª REUNIÓN CIENTÍFICA
DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PASTOS

CONECTANDO
TRADICIÓN E INNOVACIÓN
PASTORALISMO
Y VÍAS PECUARIAS



PASTORALISMO Y VÍAS PECUARIAS

CONECTANDO TRADICIÓN E INNOVACIÓN

TERUEL, 25-29 JUNIO 2018

57ª REUNIÓN CIENTÍFICA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PASTOS

ORGANIZAN

COLABORAN

PUBLICACIÓN PATROCINADA POR

Diputación de Teruel

EDITORAS:

S. ROIG Y O. BARRANTES

ISBN: 978-84-608-7708-0

CONECTANDO
TRADICIÓN E INNOVACIÓN
PASTORALISMO
Y VÍAS PECUARIAS

COMITÉ CIENTÍFICO

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.

CONECTANDO TRADICIÓN E INNOVACIÓN
PASTORALISMO Y VÍAS PECUARIAS

ÍNDICE

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. Arriaga.

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. Arriaga.

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 Roza.

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. Martí, D. Labraña.

426 Evaluación de genotipos promisorios de cebada (*Hordeum vulgare*) en los Andes centrales de Perú. J. Llacsa, 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. Arriaga, 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 henos. 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. Albanell, R. Casals, M.J. Broncano, A. Elhadi, C.L. Manuelian, F. Batle, I. Romagosa, G. Caja

478 Haba forrajera en monocultivo o asociada con raigrás italiano: 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 micorrizas 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.

PASTORALISMO Y VÍAS PECUARIAS 2018. CONECTANDO TRADICIÓN E INNOVACIÓN

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-Crespo[3], A. Botana[2], J. Valladares[2], M. Veiga[2], C. Resch[2], G. Flores-Calvete[2]

[1]Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario 100, 50000 Toluca (México). [2]Instituto Galego de Calidade Alimentaria. Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (INGACAL-CIAM). Apdo. 10, 15080 A Coruña. [3]Laboratorio 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 de los cultivos de maíz, girasol y sorgo, en condiciones de secano y regadío (pluviometría total de 300 mm aplicados por aspersión entre julio y septiembre de 2017), en la zona interior de la provincia de Lugo (Galicia, NO de España). Se observó una fuerte respuesta al riego para el rendimiento de materia seca (MS) y proteína (PB) en los cultivos, siendo incrementado por un factor de, respectivamente, 1,8 y 1,5 para el sorgo, de 2,1 y 2,1 para el maíz y de 2,4 y 2,0 para el girasol. La disponibilidad de agua no alteró substancialmente la composición química de los cultivos, si bien la digestibilidad del maíz y el contenido en PB del sorgo y del girasol cultivados en secano fueron superiores a las de los cultivos irrigados. De media, el rendimiento de MS del maíz fue un 80% superior al de los otros cultivos, mientras que el de PB fue un 50% y 28% superior en secano y regadío, respectivamente. 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 Investigacións 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 preparatorios del terreno antes de la siembra se aplicaron, para el girasol y el sorgo 80 kg de N, 80 kg de P_2O_5 y 80 kg de K_2O por hectárea y para el maíz 200 kg de N, 80 kg de P_2O_5 e 150 kg de K_2O 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 premergencia 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. secano) 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 mensuales en Pobra de Brollón para 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 en el período 1960-2016).

		Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Período ensayo
Temperatura media (°C)	2017	19,3	20,3	20,1	16,1	19,0
	1960-2016	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 cinco 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.

El cultivo de sorgo en secano 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,

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
p	***	***	**	**	*	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
p	**	**	**	*	*	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 secano 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 secano 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 secano 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 secano y bajo 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 and nutritive value of three summer crops (maize, sorghum and sunflower) grown for forage in the interior zone of Lugo province (Galicia, NW Spain). Sprinkler irrigation provided a total water dose of 300 mm in the July to September 2017 period. The results showed a strong response in terms of dry matter (DM) and protein (CP) yield to irrigation for the three crops, being increased by a factor of 1.8 and 1.5 for sorghum, 2.1 and 2.1 for maize and 2.4 and 2.0 for sunflower. Water availability did not appreciably affect chemical composition of crops although the digestibility of maize and CP content of sorghum and sunflower grown in rainfed conditions were higher compared with that of irrigated crops. On average, maize DM yield was 80% higher compared with sorghum and sunflower, whilst maize CP yield was 50% and 28% higher in irrigated and rainfed conditions, respectively. 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.

7.4.2 Artículos publicados como coautora

González-Alcántara F., Gómez-Miranda A., Plata-Reyes D., Pereira-Crespo S., Veiga M. Botana A., Valladares J., González L., Resch C. y Flores-Calvete G. (2018) Efecto de la aplicación de inoculante sobre la calidad fermentativa y estabilidad aeróbica de ensilados de maíz y sorgo. En: Roig S. y Barrantes O. (Eds). Pastoralismo y Vías Pecuarias conectando tradición e innovación (487-495) SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PASTOS. Teurel Galicia España. ISBN 978-84-608-7708-0

Plata-Reyes D., González-Alcántara F., Gómez-Miranda A., Pereira-Crespo S., Botana A., Valladares J., Veiga M., Resch C. y Flores-Calvete G. (2018) 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. En: Roig S. y Barrantes O. (Eds). Pastoralismo y Vías Pecuarias conectando tradición e innovación (487-495) SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PASTOS. Teurel Galicia España. ISBN 978-84-608-7708-0

PASTORALISMO Y VÍAS PECUARIAS 2018. CONECTANDO TRADICIÓN E INNOVACIÓN

EFECTO 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-Crespo[3], M. Veiga[2], A. Botana[2], J. Valladares[2], L. González[2], C. Resch[2], G. Flores-Calvete[2]

[1]Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario 100, 50000 Toluca (México).
[2]Instituto Galego de Calidade Alimentaria. Centro de Investigación Agrarias de Mabegondo (INGACAL-CIAM). Apdo. 10, 15080 A Coruña.
[3]Laboratorio 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 (FND) 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*.

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) por lo que 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 los mohos y levaduras, mejorando la estabilidad aeróbica de los ensilados (Filya, 2003).

Partiendo de estas premisas, el objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de la aplicación de un inoculante comercial 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 secano. 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 ½ y ¾ 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-NH_3) 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-NH_3 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 calibraciones NIRS 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 (Squirrell 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 (Hora Tdif > 2) y el tiempo (h) hasta que se alcanzó la diferencia máxima de temperaturas (Hora 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 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
p	***	***	*	***	***	***	***	***

MS: materia seca (%); MO: materia orgánica (% MS); PB: proteína bruta (% MS); FND: fibra neutro detergente (% MS); FAD: fibra acido 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 x I				
	ESPECIE (E)			INOCULANTE (I)			Maíz		Sorgo		
	Maíz	Sorgo	*p*	CTRL	INOC	*p*	CTRL	INOC	CTRL	INOC	*p*
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*
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	*
$N\text{-}NH_3$	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 acido 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); $N\text{-}NH_3$: 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, 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 (Filya, 2003; Fernández-Lorenzo *et al.*, 2007). 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 apreciaron diferencias entre ambos cultivos, cuando se promedian los valores de los ensilados tratados o no con inoculante. Como media, se alcanzó 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 (Filya, 2003; Fernández-Lorenzo *et al.*, 2007).

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 vio afectado por la inoculación del forraje en el caso del maíz, pero si en el del sorgo, donde

dicho contenido se vio 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 an 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*.

PASTORALISMO Y VÍAS PECUARIAS 2018. CONECTANDO TRADICIÓN E INNOVACIÓN

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-Crespo[3], A. Botana[2], J. Valladares[2], M. Veiga[2], C. Resch[2], G. Flores-Calvete[2]

[1]Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario 100, 50000 Toluca (México).
[2]Instituto Galego de Calidade Alimentaria. Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (INGACAL-CIAM). Apdo. 10, 15080 A Coruña.
[3]Laboratorio 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 micorrícido 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 inverno. 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 micorrícico-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.

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 $NaHCO_3$) y 263 mg L^{-1} de K (extraído en NH_4NO_3).

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 m^2 (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 P_2O_5 y 150 kg de K_2O 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 10^3 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 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 ½ a ¾ 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 espatas. Cada fracción fue pesada y troceada por separado en una picadora de forrajes VIKING, por cuarteos sucesivos, se tomó una alícuota de aproximadamente 1.000 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. secano) 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) n: número de observaciones

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<0.10) 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 secano 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 incluso 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	
Planta entera											
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*
Mazorca											
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*
Parte vegetativa											
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*
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 facción 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 acelerar 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 secano, 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 secano 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. y 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. y 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. 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 strong 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.

7.4.3 Resumen publicado como coautoría

Pereira-Crespo S., Plata-Reyes D, Gómez-Miranda A., González-Alcántara F., Veiga M. Botana A., Valladares J., González L., Resch C. y Flores-Calvete G. (2018) Comparação do potencial forrageiro e valor nutritivo de milho e sorgo para silagem em regime de sequeiro húmido na Galiza. (34-35). Livro de Resumos. XXXIX REUNIÃO DE PRIMAVERA DA SPPF . Ponte De Lima Portugal. ISBN 978-989-54127-0-9



Livro de Resumos

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.

ÍNDICE

Local da reunião	1
Comissão Organizadora	2
Comissão Científica	3
Patrocinadores oficiais	3
Programa Científico	4
Nota biográfica dos oradores convidados	7
Resumo Conferência Inaugural	8
Resumos das Conferências - Sessão 1	11
Resumos das Conferências - Sessão 2	17
Resumos das Conferências - Sessão 3	21
Resumos das Comunicações Orais - Sessão 4	25
Resumos dos Posteres – Sessão 4	30
Visitas Técnicas	48

XXXIX Reunião de Primavera da SPPF
Ponte de Lima/2018

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

S. Pereira-Crespo[1]; D.Plata-Reyes[2,3], A. Gómez-Miranda[2,3], F.González-Alcántara[2,3], M. Veiga[2], A. Botana[2],J. Valladares[2], C. Resch[2], G. Flores-Calvete[2]

[1]Laboratorio Interprofesional Galego de Análise do Leite (LIGAL), [2]Centro de Investigación Agrarias de Mabegondo, [3]Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). Universidad Autónoma del Estado de México. (soniapereira@ciam.gal)

RESUMO

A principal forragem utilizada para a alimentação do gado bovino leiteiro na Galiza, é o milho forrageiro (Zea mays L.), sobretudo nas explotações de maior dimensão. A cultura do milho nesta região realiza-se, quase na totalidade, em condições de sequeiro. Em solos menos adequados para o seu cultivo, como podem ser terrenos arenosos ou com pouca profundidade, a produção de milho forrageiro, pode estar comprometida devido à variabilidade nas precipitações de verão. Devido ao exposto, nos últimos anos tem-se assistido a um interesse acrescido em algumas culturas alternativas, entre as quais se encontra 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 de sorgo forrageiro (cv. PR84F) para silagem, em condições de sequeiro, em campos de experimentação (3,5 hectares cada um) do Centro de Investigação Agrária de Mabegondo (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: azoto (120+75 kg/ha, respetivamente à sementeira e cobertura), fósforo (120 kg/ha) e potássio (220 kg/ha). 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-se a metodologia em uso no CIAM, conforme a normativa de experimentação animal vigente.

Na colheita, o estádio fenológico do milho foi de 2/3 linha de leite com um teor de matéria seca (MS) de 41,7 %. O sorgo colheu-se no estado grão leitoso-pastoso e 25,9 % MS. A produção de MS do sorgo (11,59 t/ha) foi ligeiramente inferior à do milho (13,46 t/ha). Ambas as forragens apresentaram um baixo teor de proteína bruta (PB), sendo a do milho (7,4 % na MS) inferior à do sorgo (9,8 % na MS). Os

conteúdos em fibra neutra detergente (NDF) e fibra ácida detergente (ADF) foram claramente superiores para o sorgo, com valores para NDF e ADF de 56,2 vs. 38,3 % na MS e 30,7 vs. 19,0 % na MS, respetivamente. Consequentemente, o sorgo apresentou uma DMO (58,3 vs. 70,1 %) e um valor energético (UFL: 0,74 vs. 0,94) notavelmente inferiores ao milho. Quanto ao teor em amido, o milho apresentou, como era de esperar, um teor muito superior (34,9 vs. 10,4 % na MS). O rendimento por hectare de matéria orgânica digestível (MOD) foi um 39% superior para o milho, enquanto que a proteína foi um 13% superior para o sorgo (6,55 vs. 9,15 t MOD/ha e 0,99 vs.1,13 t PB/ha).
Conclui-se que, nas condições da experiência realizada, a cultura do milho apresenta vantagens significativas relativamente à do sorgo, apesar do melhor rendimento proteico desta última espécie.

Palavras-chave: Digestibilidade da matéria orgânica *in vivo*, Forragens de verão, Produção de matéria seca, Valor energético.

VIII CONCLUSIONES GENERALES

A partir de los resultados obtenidos se puede concluir que:

El contenido nutricional del ensilado de avena fue significativamente superior en relación al ensilado de cebada por lo que por sus características podríamos mencionar que es de mayor calidad, sin embargo la baja calidad nutricional de la cebada es atribuido al estado fenológico en el que se encontró al momento de la cosecha.

La inclusión de los ensilados de cebada y avena en la alimentación de vacas lactantes no tuvieron una diferencia que pudiera ser atribuida a la composición química del forraje, a pesar de que la calidad nutricional del forraje fue inferior en avena que en cebada, por los resultados obtenidos podemos referir que son una alternativa forrajera viable para los sistemas de producción de leche en pequeña escala.

IX REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFRC. 1993. Animal and food research council. Energy and protein requirements of ruminals, CAB International, Wallingford, UK. 159

AGUILAR-LÓPEZ, EY., BÓRQUEZ, JL., DOMÍNGUEZ, IA., MORALES-OSORIO, A, GUTIÉRREZ-MARTÍNEZ, MG. Y GONZÁLEZ-RONQUILLO., 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, 227-238.

ANKOM TECHNOLOGY. 2006. In vitro True Digestibility using the Daisy II Incubator. ANKOM TECHONOLOGY. https://www.ankom.com/ (20 de agosto de 2015).

AOAC. 1990. Official methods of analysis 15th Ed. Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemists.

ARRIAGA-JORDÁN CM, ALBARRAN-PORTILLO B, GARCÍA-MARTÍNEZ A. Y CASTELÁN-ORTEGA OA. 2002. On-farm comparison of feeding strategies based on forages for small-scale dairy production systems in the highlands of central Mexico. *Experimental Agriculture*, 38, 375-388.

BARROS T, QUAASSDORFF MA., AGUERRE MJ., OLMOS JJ., BERTICS SJ., CRUMP PM., Y WATTIAUX MA. 2017. Effects of dietary crude protein concentration on late-lactation dairy cow performance and indicators of nitrogen utilization Journal of Dairy Science. 100:5434–5448

BENCHAAR C., HASSANAT F., GERVAIS R., CHOUINARD P., PETIT H. Y MASSÉ D. 2014. Methane production, digestion, ruminal fermentation, nitrogen balance, and milk production of cows fed corn silage- or barley silage-based diets. Journal of Dairy Sciences, 97 (2), 961-974

BURBANO-MUÑOZ VA, LÓPEZ-GONZÁLEZ, F, ESTRADA-FLORES, JG, SAINZ-SÁNCHEZ, PA Y ARRIAGA-JORDÁN, CM. 2018. Oat silage for grazing dairy cows in small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico, African Journal of Range & Forage Science, 35, 63-70.

CAMACHO-VERA JH, CERVANTES-ESCOTO F, PALACIOS-RANGEL MI, ROSALES-NORIEGA F, VARGAS-CANALES JM. 2017. Factores determinantes del rendimiento en unidades de producción de lechería familiar. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 8 (1), 23-29

CARR PM, HORSLEY RD, Y POLAND WW. 2014. Barley, oat, and Cereal-Pea mixtures as Dryland Forages in the Northern Great Plains. Agronomy Journal 96: 667-684.

CELIS-ÁLVAREZ MD, LÓPEZ-GONZÁLEZ F, MARTÍNEZ-GARCÍA CG, ESTRADA-FLORES JG, Y ARRIAGA-JORDÁN CM, 2016. Oat and ryegrass silage for small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico. Tropical Animal Health and Production 48: 1129–1134.

CERÓN J, Y CORREA J, 2005. Factores Nutricionales que Afectan la Composición de la Leche. En: M Pabón y J Ossa (eds), Bioquímica, Nutrición y Alimentación de la Vaca, Fondo Editorial Biogénesis. Medellín, 229-261.

CHANEY A, Y MARBACK E. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. Clinical Chemistry 8:130-132.

CONROY C, 2005. Participatory Livestock Research. Bourton-on-Dunsmore, Warwickshire, Reino Unido: ITDG Publishing.

DAVID DB, NÖRNBERG JL, AZEVEDO EB, BRÜNING G, KESSLER JD, Y SKONIESKI FR. 2010. Nutritional value of black and white oat cultivars

ensiled in two phenological stages. *Revista Brasileira de Zootecnia*, *39*(7), 1409-1417

DE RUITER, JM, HANSON, R, HAY, AS, ARMSTRONG, KW. Y HARRISON-KIRK, RD, 2002. Whole-crop cereals for grazing and silage: balancing quality and quantity, Proceedings of the New Zealand Grassland Association 64: 181-189.

DEBIASI H, DUBAL MJ, Y LUIZ ME. 2007. Produtividade de graos e componentes do rendimiento da aveia preta (*Avena strigosa* Scherb.) afetados pela densidade e velocidade de semadura. Ciencia Rural. 37 (3): 649-655

DIAL HL. 2014. Plant Guide for Black Oat (*Avena strigosa* Scherb.). USDA-Natural Resources Concervation Service, Tucson Plant Materials Center, Tucson, AZ, 85705.

EDMONDSON J, LEAN O, WEAVER T, FARVER Y WEBSTER G. 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. Journal of Dairy Sciences. 72(1):68-78.

ELFERINK S, DRIEHUIS F, GOTTSCHAL J. Y SPOESTRA 2001. Los procesos de fermentación del ensilaje y su manipulación En: Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos Editor. FAO, ROMA (17-30)

ELIZALDE, HF. Y MENÉNDEZ, AM. 2004. Evaluación de ensilajes de cereales de grano pequeño, sobre la producción de leche de vacas Overo Colorado. Agro Sur 32(2) 54-59 2004.

ESPINOZA-ORTEGA A, ESPINOSA-AYALA E, BASTIDA-LÓPEZ J, CASTAÑEDA-MARTÍNEZ T. Y 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.

FADUL-PACHECO L, WATTIAUX MA, ESPINOZA-ORTEGA A, SÁNCHEZ-VERA E. Y ARRIAGA-JORDAN CM. 2013. Evaluation of sustainability of small-scale dairy production systems in the highlands of Mexico during the rainy season. Agroecology and Sustainable Food Systems, 37, 882-901.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations and FEPALE – Pan American Dairy Federation, 2012. Situación de la lechería en América Latina y el Caribe en 2011, Observatorio de la Cadena Milkra. FAO Regional Office for Latin America and the Caribbean, Animal Production and Health Division. Santiago, Chile.

FAO. 2005: Perfiles por país del recurso Pastura/Forraje, México. http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/counprof/PDF%20files/Mexico-Spanish.pdf. (consultado marzo 2016)

FAO. 2015: Portal Lácteo. Producción y productos lácteos, Roma. http://www.fao.org/agriculture. (consultado marzo 2016)

HEMME TE. 2007. IFCN (DAIRY TEAM AND IFCN RESEARCHERS) Dairy Report, International Farm Comparison Network, IFCN Dairy Research Center, Kiel, Germany.

HERNÁNDEZ-MENDO O. Y LEAVER JD. 2006. Production and behavioural responses of high- and low-yielding dairy cows to different periods of access to grazing or to a maize silage and soya-bean meal diet fed indoors. Grass and Forage Science, 61, 335–346

HERRERO D, GRACE M, NJUKI J, JOHNSON N, ENAHORO D, SILVESTRI S, Y RUFINO, MC. 2013. The roles of livestock in developing countries. Animal 7: s1, 3-18

HODGSON J. 1994. *Manejo de pastos. Teoría y práctica*. México, D. F.: Editorial Diana.

HOOGENDOORN CJ, NEWTON PCD, DEVANTIER BP, ROLLE BA, THEOBALD PW Y LLOYD-WEST CM. 2016. Grazing intensity and micro-topographical effects on some nitrogen and carbon pools and fluxes in sheep-grazed hill country in New Zealand . Agriculture, Ecosystems and Environment, 217, 22-32.

INDEXMUNDI 2018. Dairy, milk, fluid cows milk production by country, https://www.indexmundi.com/agriculture/?commodity=milk&graph=cows-milk production. (consulado 17 Julio 2018).

IPCC (2014): Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Working Group III. IPCC 5th Assessment Report. Berlin, Germany. http://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/IPCC_WG2AR5_SPM_Approved.pdf

JENKINS, TC. Y MCGUIRE, M.C., 2006. Major advances in nutrition: Impact on milk composition. Journal of Dairy Science 89: 1302 – 1310.

KENNELLY JJ. Y WEINBERG ZG., 2003. Small Grain Silage1. En: DR Buxton, RE Muck, JH Harrison, (eds), Silage Science and Technology, Agronomy Monograph, 42, 749-779.

KHORASANI G., JEDEL P., HELM J., Y KENNELLY J. 1997. Influence of stage of maturity on yield components and chemical composition of cereal grain silages. Canadian Journal of Animal Science, 77(2), 259-267

KIM DH, AMANULLAH SM, LEE HJ, JOO YH, HAN OK, ADESOGAN AT, Y KIM SC. 2018. Effects of hybrid and bacterial inoculation on fermentation quality and fatty acid profile of barley silage. . Animal Science Journal, 89, 140-148.

LITHOURGIDIS AS, VASILAKOGLOU IB, DHIMA KV, DORDAS CA. Y YIAKOULAKI, MD. 2006. Forage yield and quality of common vetch

mixtures with oat and triticale in two seeding ratios, Field Crops Research, 99, 106-113.

LORENZO L. 2015. ¿Por qué un año internacional para la agricultura familiar? En: Retos y oportunidades de la agricultura familiar en el contexto agroalimentario actual. Galdeano E. Cajamar caja Rural. España. 21-32

MACARI S, DA ROCHA GM, RESTLE J, PILAU A, DE FREITAS KF, Y PEREIRA NF. 2006. Avalacao da mistura de cultivares de aveia preta (Avena strigosa Scherb) com azevém (Lolium moltiflorum Lamb.) sob pastejo. Ciencia Rural. 36 (3): 910-915.

MARTÍNEZ-GARCÍA C, RAYAS-AMOR A, ANAYA-ORTEGA JP, MARTÍNEZ-CASTAÑEDA FE, ESPINOZA-ORTEGA A, PROSPERO-BERNAL F. Y ARRIAGA-JORDÁN CM. 2015. Performance of small-scale dairy farms in the highlands of central Mexico during the dry season under traditional feeding strategies. Tropical Animal Health and Production, 47, 331-337.

NEWTON A., FLAVEL A., GEORGE T., LEAT P., MULLHOLLAND B., RAMSAY L., REVOREDO-GIHA C., RUSSEL-STEFFENSON B., SWANSTON J., THOMAS W., WAUGH R., WHITE P., Y BINGHAM I. 2011. Crops that feed the world 4. Barley: a resilient crop? Strengths and weaknesses in the context of food security. Food Security, 3, 141-178.

NIKKHAH A. 2013. Barley Forages for Modern Global Ruminant Agriculture: A Review. Russian Agricultural Sciences, 39(3), 206-213.

NÚÑEZ G, VERA H. Y RAMÓN H. 2009. Importancia de los procesos en la producción de leche de bovino en México. En: Producción de leche de bovino en el Sistema Familiar. Vera AHR, Hernández AL, Espinosa GJA, Ortega RL, Díaz AE, Román PH, Núñez HG, Medina CM, Ruíz LFJ (Eds.). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro Técnico. México, Veracruz. 24, 2-17.

PAYNE TS, AMRI A, HUMEID B. Y RUKHKYAN N. 2008. Regeneration guidelines for small-grained cereals. En: Dulloo, M.E., Thormann, I., Jorge, M.A. y Hanson, J. (eds), Crop specific regeneration guidelines. CGIAR System-wide Genetic Resource Programme (SGRP), Rome, Italy.

PÉREZ-RAMÍREZ E, PEYRAUD JL. Y DELAGARDE R. 2012. N-alkanes v. ytterbium/faecal index as two methods for estimating herbage intake of dairy cows fed on diets differing in the herbage: maize silage ratio and feeding level. Animal, 6(2), 232-244

PINCAY-FIGUEROA PF, LÓPEZ-GONZÁLEZ F, VELARDE-GUILLÉN J, HEREDIA-NAVA D, MARTÍNEZ-CASTAÑEDA FE, VICENTE F, MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ A. Y ARRIAGA-JORDÁN CM, 2013. Cut-and-carry vs. grazing of cultivated pastures in small-scale dairy systems in the central highlands of Mexico, Journal of Agriculture and Environment for International Development, 110, 349–63.

PLATA-REYES DA, GÓMEZ-MIRANDA A, LÓPEZ-GONZÁLEZ F, DOMÍNGUEZ-VARA IA, ARRIAGA-JORDÁN CM. 2016 Evaluación de *Bromus catharticus* Vahl como recurso forrajero para praderas en sistemas de producción de leche en pequeña escala en el altiplano central de México. En: Innovación sostenible en pastos: hacia una agricultura de respuesta Báez-Bernal MD, Laura Campo-Ramírez L, Pereira-Crespo S, Bande-Castro M, López-Díaz Julio E. España 291-296.

PROSPERO-BERNAL F, MARTÍNEZ-GARCÍA CG., OLEA-PÉREZ R, LÓPEZ-GONZÁLEZ, F. Y ARRIAGA-JORDÁN, CM., 2017. Intensive grazing and maize silage to enhance the sustainability of small-scale dairy systems in the highlands of Mexico, Tropical Animal Health and Production, 49, 1537-1544.

RAMÍREZ OS, DOMÍNGUEZ DD, SALMERÓN ZJJ, VILLALOBOS VG, Y ORTEGA GJA. 2013. Producción y calidad de forraje de variedades de avena en función del sistema de siembra y de la etapa de madurez al corte. Revista Fitotécnia Mexicana. 36 (4): 395-403.

RESTELATTO R, PAVINATO PS, SARTOR LR, Y PAIXAO SJ. (2014): Production and nutritional value of sorghum and black oat forages under nitrogen fertilization. Grass and Forage Science. 69: 693-704

RIOJAS E. Y RAMÍREZ F. 1975 Cebada: Cerro Prieto y Centinela, Nuevas variedades mexicanas. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas SAG, 35

RIVEROS, E. Y ARGAMENTARÍA, A. 1987. Métodos enzimáticos de predicción de la digestibilidad in vivo de la materia orgánica de forrajes, Avances en Producción Animal, 12, 59-75.

ROMERO YO, Y BERATTO ME. 2000. Variedades de avena y su utilización en producción animal e industrial. Centro Regional de Investigación Carillanca, Temuco, Chile. ISSN: 0717-4829

ROYO, C, LÓPEZ A, SERRA J. Y TRIBO F. 1997. Effect of sowing date and cutting stage on yield and quiality of irrigated Barley and Triticale used for forage and grain. Journal Agronomy & Crop Science.179. 227-234

SADEGHPOUR A, JAHANZAD E, ESMAEILI A, HOSSEINI MB, Y HASHEMI M. 2013. Forage yield, quality and economic benefit of intercropped barley and annual medic in semi-arid conditions: Additive series Field Crops Research 148: 43–48

SAGARPA. 2000: Situación Actual y Perspectiva de la producción de Leche de Ganado Bovino en México. http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/Estudios%20de%

20situacin%20actual%20y%20perspectiva/Attachments/20/sitlech99.pdf (consultado octubre 2016)

SÁNCHEZ-GUTIÉRREZ AR, GUTIÉRREZ BH, SERNA PA, GUTIÉRREZ LR, Y ESPINOZA CA. 2014: Producción y calidad de forraje de variedades de avena en condiciones de temporal en Zacatecas, México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 5 (2): 131-142

TEJADA, I. 1985. Manual de Laboratorio para Análisis de Ingredientes Utilizados en la Alimentación Animal. Ed. Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México, A.C. México, D.F.

TEUBER N, NAVARRO H, GOIC L. Y ANGULO L. 2002 La cebada, una interesante alternativa forrajera. Informativo Remehue, 36.

VAN SOEST, P.J, ROBERTSON J.B, AND LEWIS B. A. 1991.Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides and relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science. 74: 3583-3587