



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE
MÉXICO**

**DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES**

**ESTUDIOS SOBRE LA CEBADA COMO
OPCIÓN FORRAJERA PARA SISTEMAS DE
PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA
ESCALA**

T E S I S

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

PRESENTA:

AIDA GOMEZ MIRANDA

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. Octubre 2022



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE
MÉXICO**



**DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES**

**ESTUDIOS SOBRE LA CEBADA COMO OPCIÓN
FORRAJERA PARA SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA**

TESIS

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

PRESENTA:

AIDA GÓMEZ MIRANDA

COMITÉ DE TUTORES

**Dr. Felipe López González. Director De Tesis
Dr. Carlos M. Arriaga Jordán. Codirector De Tesis
Dr. Rodolfo Vieyra Alberto. Tutor Adjunto**

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. Octubre 2022

RESUMEN

La producción de leche de vaca se encuentra en una situación donde tiene que competir por los recursos disponibles (tierra, agua, y energía), ante un escenario de gran preocupación por el impacto ambiental que se genera durante su producción (sector agropecuario en general), la implementación de alternativas forrajeras que sean capaces de adaptarse a los sistemas, manteniendo o mejorando la respuesta productiva y a su vez, sean competitivos en las estrategias de alimentación, disminuyendo los costos de producción.

El objetivo de este trabajo fue la evaluación de la cebada (cereal de grano pequeño) en pastoreo a los 73, 66 y 59 días después de la siembra midiendo la respuesta productiva y un análisis de costos de los sistemas de producción de leche en pequeña escala, asimismo se realizó una evaluación del forraje residual de las praderas antes mencionadas que se encontraban invadidas por el crecimiento de plantas secundarias (*Mirasol, mostaza, pastos, entre otros*) teniendo como resultado la elaboración de dos ensilados, que fueron identificados de acuerdo al porcentaje de la planta con mayor presencia en ellos quedando TX40 (40% de Mirasol y 30% cebada) y TX60 (60% de mirasol) los cuales fueron evaluados ante un tratamiento control que fue ensilado de maíz, midiendo la respuesta productiva, en conjunto con un análisis económico. Los resultados del experimento de pastoreo de cebada mostraron que iniciar el pastoreo a los 73 y 66 días muestran mejores resultados que si se inicia el pastoreo a los 59 días. Los resultados en el experimento de ensilados de arvenses no mostraron diferencias en la respuesta productiva de las vacas, sin embargo, presentaron menores costos de producción, creando un mayor margen de ganancia. En ambos trabajos se concluyó que tanto el pastoreo de cebada, como la implementación de ensilados de arvenses son alternativas forrajeras competitivamente en la respuesta productivas y económicamente viables en los sistemas de producción de leche en pequeña escala en el noroeste del estado de México.

SUMMARY

Milk production finds itself in a situation where it must compete for available resources (land, water, and energy), in a scenario of great concern for the environmental impact generated during production (general agricultural sector), the implementation of forage alternatives that are able to adapt to the systems, maintaining or improving the productive response and at the same time being competitive in feeding strategies, reducing production costs.

The objective of this study was the evaluation of barley (small grain cereal) in grazing at 73, 66 and 59 days after seeding, measuring the productive response and a cost analysis of small-scale dairy systems, as well as an evaluation of the residual forage of the pastures mentioned above that were invaded by the growth of secondary plants (Mirasol, mustard, grasses, among others), resulting in the preparation of two silages, which were identified according to the percentage of the plant with the greatest presence in them, leaving TX40 (40% Mirasol and 30% barley) and TX60 (60% mirasol), which were evaluated against a control treatment of maize silage, and the production response was measured, together with an economic analysis.

The results of the barley grazing experiment showed that starting grazing at 73 and 66 days showed better results than starting grazing at 59 days. The results in the weed silage experiment didn't show differences in the productive response of the cows, however, they showed lower production costs, creating a higher profit margin. In both studies it was concluded that both barley grazing and the implementation of grass silage are competitive forage alternatives in the productive response and economically viable in small-scale milk production systems in the northwest of the state of Mexico.

CONTENIDO

Introducción.....	1
Revisión bibliográfica	3
La producción agropecuaria y el cambio climático.....	3
Cereales de grano pequeño.....	4
Productividad de cereales a nivel mundial	6
Cebada (<i>Hordeum vulgare</i>)	6
Producción de cereales y cebada a nivel nacional.....	8
Cebada como forraje.....	10
Calidad nutricional	11
Producción de leche.....	12
Producción Láctea en México	14
Producción de leche en pequeña escala.....	14
Preguntas de investigación	16
Hipótesis.....	17
Objetivos.....	18
Objetivos generales.....	18
Objetivos específicos.....	18
Justificación	19
Materiales y Métodos	20
Sitio experimental.....	20
Límite de tiempo.....	22
Forraje.....	23
Cultivos.....	23
Ensilaje	26

Análisis bromatológicos	28
Composición Botánica.....	28
Composición Bromatológica	28
Evaluación de variables productivas	30
Rendimiento de leche	30
Composición química de la leche.....	30
Condición corporal	30
Peso vivo	30
Consumo de materia seca	31
Valores productivos preexperimentales.....	31
Tratamientos	32
Diseño experimental	33
Análisis Estadístico	35
Análisis Económico.....	36
Resultados.....	38
<i>Artículo publicado en revista científica indexada</i>	38
Descripciones extras del Experimento 1 “Pastoreo de cebada”	49
<i>Artículo enviado a una revista científica indexada</i>	51
Estancia Académica en la Universidad de El Salvador	71
Conclusiones generales.....	86
Referencias bibliográficas	87
Anexos	94

Índice de cuadros

Cuadro 1 Producción y rendimiento de cereales a nivel mundial registrados en el 2017	6
Cuadro 2 Principales productores de cebada a nivel mundial durante el 2017	7
Cuadro 3 Producción de cereales promedio a nivel nacional durante el año agrícola en riego y temporal durante el 2018	8
Cuadro 4 Clasificación de la cebada de acuerdo con su fin productivo a nivel nacional.	9
Cuadro 5 Principales países productores de leche de vaca (fresca entera) a nivel mundial durante el 2017	13
Cuadro 6 Composición botánica de las praderas antes de ensilado (%)	26
Cuadro 7 Rendimiento de forraje durante ensilado	27
Cuadro 8 Valores productivos preexperimental de las vacas seleccionadas para el experimento “PASTOREO DE CEBADA”	31
Cuadro 9 Valores productivos preexperimental de las vacas seleccionadas para el experimento “ENSILADO DE ARVENSES”	32
Cuadro 10 Disposición de tratamientos para experimento 2	33
Cuadro 11 Distribución de tratamientos en experimento “Pastoreo de cebada”	34
Cuadro 12 Distribución de tratamientos en experimento "Ensilado de Arvenses"	35
Cuadro 13 Disponibilidad de forraje al inicio del experimento	50
Cuadro 14 Composición botánica de las praderas previo al ensilaje (%)	57
Cuadro 15 Parámetros evaluados de la composición bromatológica de los ensilados utilizados durante el experimento 2	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro 16 Composición bromatológica de las praderas y concentrado	¡Error! Marcador no definido.

Índice de figuras y graficas

Figura 1 Ubicación de la zona de estudio.....	20
Figura 2 Superficie para cultivo de cebada marcado en blanco y la ubicación de las unidades de producción identificadas en amarillo.....	21
Figura 3 Esquemización de un periodo experimental.....	22
Figura 4 Cronograma Experimento 1	22
Figura 5 Cronograma Experimento 2	23
Figura 6 Identificación de las praderas.....	24
Figura 7 Estado de las praderas de cebada antes después de la resiembra	25
Figura 8 Esquema del recorrido de la unidad de producción a las praderas, el punto rojo marca la unidad de producción mientras que el verde, la puerta a las parcelas.	50
Figura 9 Mapa de el Salvador, con división política y departamentos.....	71
Figura 10 Visita a Unidades de producción especializada	84
Figura 11 Entrevista a productores en la zona de Occidente.....	85
Gráfica 1 Principales productores de cebada a nivel nacional.....	10

Introducción

Los cambios de temperatura son los factores que perturban más ámbitos tanto de la ganadería como de la agricultura que van desde cambios en la producción, reproducción y salud animal, hasta la calidad y cantidad del forraje disponible sumándose la combinación con la variación pluvial (Rojas-Downing et al., 2017).

La ganadería se considera extremadamente importante y no solo por la producción de altas cantidades de proteína de origen animal (carne y leche) en la dieta humana, (Pulina et al 2017) si no por la naturaleza herbívora de la especie, capaz de usar alimentos fibrosos que no puedan ser utilizados por la humanidad, por lo cual no compite directamente por los recursos, y suele ser suficiente para cubrir sus requerimientos nutricionales, sin embargo a través de la intensificación y especialización de la producción con el fin de optimizar e incrementar la productividad mediante el uso de otros insumos como cereales y así lograr incrementar la producción ocasiona una competencia por los recursos disponibles, como la tierra, el agua, y la energía, generando una serie de cuestionamientos por su impacto ambiental en aire, agua y calidad del suelo debido a sus emisiones (de Vries and de Boer, 2010), por lo que la optimización de estos recursos para tener una productividad con una relación costo/beneficio a través de las interacciones espacial y temporal utilizando todos los componentes del ecosistema (Lemaire et al. 2014)

En los países en desarrollo la posesión de ganado es considerado un activo sustituible o como una forma de ahorro, un aspecto positivo económicamente, no obstante, también representa un impacto negativo ya sea en la salud (enfermedades zoonóticas) o en el medio ambiente como se menciona en el párrafo anterior, por lo que se da una constante búsqueda capaz de que se incrementen los beneficios y reduzcan los riesgos asociados con el ganado para mejorar los medios de vida y reducir la pobreza (Herrero et al., 2013) así como minimizar su impacto en el medio ambiente.

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., 2016)

Si bien el implementar suplementos (concentrados) en la alimentación del ganado lechero en sistemas de producción de leche en pequeña escala, han demostrado dar mejores rendimientos productivos (Camacho-Vera et al., 2017), esto provoca que la sustentabilidad económica de estos sistemas se ponga en desventaja por la volatilidad del mercado con un constante incremento de los costos de insumos.

La ganadería en países en desarrollo incluyendo a México se desenvuelve en sistemas de producción muy heterogéneos social y económicamente hablando, dentro de las principales categorías podemos encontrar intensivo, doble propósito y producción en pequeña escala, caracterizándose por las distintas formas de alimentación del ganado (Herrero et al., 2013).

Siendo la alternativa propuesta el uso de cereales de grano pequeño en la alimentación en el ganado lechero en pequeña escala ya que han demostrado ser una alternativa forrajera dentro de los sistemas de producción de leche en pequeña escala bajo condiciones no adecuadas como el pastoreo mostrando competitividad frente a estrategias convencionales como el ensilado de maíz (Burbano-Muñoz et al., 2018; Guadarrama-Estrada et al., 2007).

Siendo la cebada el cereal de elección por sus características de rusticidad y resistencia a condiciones bióticas y abióticas que han sido evaluadas anteriormente en forma de ensilado en la alimentación de vacas lactantes (Gómez-Miranda et al.2020), ahora buscando forma para ser utilizada en sistemas de producción de leche en pequeña escala.

Revisión bibliográfica

La producción agropecuaria y el cambio climático

La especialización e intensificación en los sistemas agropecuarios propiciaron un gran consumo de recursos no renovables; los cuales se han relacionado con impactos negativos en el medio ambiente, desde las altas concentraciones de gases efecto invernadero (Lemaire et al. 2014). La ganadería contribuye con 7.1 Gigatoneladas de CO₂-eq por año, lo cual representa el 14.5% de las emisiones de gases de efecto invernadero por el hombre, de lo cual el 41% de las emisiones del sector se le atribuye a la producción de leche de vaca, dos principales fuentes de emisión del ganado (Gerber et al., 2013); las principales fuentes y tipos de gases de efecto invernadero son el dióxido de carbono (CO₂) generado durante la producción de los alimentos y el cambio de uso de suelo que existe para el mismo (deforestación), el óxido nitroso procedente de la gestión de excretas (excremento y purines) y la producción de metano propia de la fermentación ruminal (Thornton y Herrero 2010)

Las temperaturas extremas, los eventos erráticos y cambiantes eventos pluviales, causados por el cambio climático, genera una variación en las tensiones ambientales, como la sequía, inundaciones, calor, salinidad, bajas temperaturas entre otros; dando como resultados una gran variación en los rendimientos de los cultivos de una año a otro (Pecchioni et al., 2014), por lo que cada sistema ganadero deberán adaptarse en la tecnología y metodología de los cultivos agrícolas (Thornton y Herrero 2010), de una forma más equilibrada con los ecosistemas locales, evitando el uso de insumos externos (Midmore y Whittaker 2000).

Aunado a esto con los incrementos de temperatura se manifiestan cambios en la disponibilidad de nutrientes en forrajes, como el incremento en la lignina reduciendo los componentes de la pared celular, por consiguiente, la digestibilidad y la tasa de degradación, esto repercute en la disponibilidad de nutrientes para el ganado (Rojas-Downing et al. 2017), así como los cambios en la cantidad de las especies en los cultivos, que puede desencadenar una reducción en la producción ganadera, y a su vez tener impactos sobre la seguridad alimentaria, y sobre los ingresos económicos al disminuir la producción de leche y carne principalmente afectando a los pequeños productores (Thirnthon et al 2009)

Estos cambios han propiciado un decremento en las producciones y un incremento en el crecimiento de plantas secundarias como las arvenses o mala hierba que van mermando la producción de los cultivos, lo que genera un uso diverso de agroquímicos como fertilizante, herbicidas, e insecticidas que desafortunadamente van generando cargas inaceptables de contaminación en el aire, suelo, agua, así como a la comunidad biótica nativa (Lemaire et al. 2014, Aamir Iqbal et al. 2020), dentro de las consecuencias que generan esto al medio ambiente, implica un incremento en los costos de los cultivos tradicionales como el maíz afectando sobre los costos de producción / kg de leche o carne.

Existen más factores que afectan la producción de cultivos como el cambio en el patrón de lluvias que afecta de forma directa los ciclos agrícolas de temporal, una de las fuentes de producción de forrajes de los sistemas de producción en pequeña escala, ocasionando disminución, pérdidas y mermas en rendimientos de los principales cultivos.

Cereales de grano pequeño

Los cereales son especies anuales pertenecientes a la familia de las gramíneas, autógamas, que han sido cultivadas con la finalidad de controlar la erosión del suelo y proporcionar alimento para los animales ya sea en forrajes frescos o conservados (ensilados y henos) o para la producción de concentrados, también proporcionando una base alimenticia para los humanos (Hesl y Thomas 1986); las especies clasificadas dentro de esta categoría incluyen a la cebada, avena, trigo, centeno y triticale, arroz, entre otros (Payne et al., 2008) pueden clasificarse por su sensibilidad al frío como cereales de invierno o primavera, soportando temperaturas desde -20 hasta -8°C que gracias a la etapa de ahijamiento les permite un rápido reinicio de la etapa vegetativa, (Lopez Bellido, 1991): se puede considerar que la cebada, el trigo y la avena, tienen una madurez similar con una tendencia a disminuir su digestibilidad con la madurez (Hesl y Thomas 1986)

El ciclo de los cereales se divide en diferentes fases, designadas por las características de la planta, la fase vegetativa transcurre desde la germinación hasta el final del ahijamiento, la fase reproductiva que transcurre desde el encañado o final del ahijamiento hasta la fecundación y la tercera fase es la formación y maduración del grano que transcurre desde la fecundación hasta la maduración de la semilla (Lopez Bellido, 1991).

La etapa vegetativa es el punto que les da la capacidad de recuperación a los cereales de grano pequeño a una pequeña defoliación por un fenómeno llamado ahijamiento permitiendo un aprovechamiento doble del cultivo, utilizando el rebrote para la producción de grano o bien como una cosecha extra de forraje obteniendo un mayor rendimiento por hectárea (Royo et al., 1997), el rebrote depende capacidad de ahijamiento en la etapa vegetativa de la planta y varia de acuerdo a cada especie y variedad de cereal, si su selección genética se ha desarrollado para la producción de grano o de forraje.

La etapa de ahijamiento es la etapa en la que inicia un proceso de ramificación que se caracteriza por el crecimiento de las yemas diferenciadas en las axilas de cada una de las primeras hojas, cuyo proceso entra dentro de la clasificación 13 hasta la 29 en una escala Zadoks et al. (1974) cuya importancia radica en que a medida que estas yemas crecen van utilizando espacio, hay un crecimiento foliar sin crecer en altura. De acuerdo con la especie puede clasificarse por su capacidad de ahijamiento, siendo de mayor a menor la siguiente: Arroz- centeno -cebada- trigo harinero- triticale- avena- sorgo y maíz (Lopez Bellido, 1991).

La flexibilidad de cultivarse ante diversas condiciones agroclimáticas y en distintas épocas del año que poseen los cereales de grano pequeño ya sea solos o asociados con algunas leguminosas u otras gramíneas, dan pauta para ser utilizados como forraje conservado (ensilado y henificado) o pastoreo por su alto contenido de proteína y valor energético (De Ruiter et al., 2002), características buscadas en los sistemas de producción en pequeña escala para la alimentación del ganado en época de escases de alimento fresco (praderas cultivadas o pastizales).

Dentro de los cereales de grano pequeño se han reportado que la cebada es capaz de producir ensilados de mejor calidad respecto a otros cereales como la avena o triticale, (Juskiw et al. 2000).

Se ha reportado que el momento óptimo para la obtener la mejor calidad del forraje ensilado está entre a etapa lechoso y masoso (Helsel and Thomas 1987), pero no se ha reportado información concreta sobre la etapa óptima para el pastoreo, Fohner (2002) menciona que los cereales de grano pequeño pueden ser utilizado en pastoreo en la etapa vegetativa.

Sin embargo, de acuerdo con la finalidad productiva de los cereales, la tendencia de selección va enfocada a un mayor rendimiento de grano por lo cual se ha seleccionado con este fin; siendo más disponibles aquellas variedades con una capacidad menor de ahijamiento.

Productividad de cereales a nivel mundial

De acuerdo a los datos encontrados en la FAOSTAT (2019) la producción de cereales hasta el 2017 está dominada por el cultivo de maíz con 1.2 billones de toneladas colocándose en el primer lugar (Cuadro 1), con el mayor rendimiento por hectárea comparado con los otros cereales.

Cuadro 1 Producción y rendimiento de cereales a nivel mundial registrados en el 2017

	Producción (toneladas)	Rendimiento kg/ha
Maíz	1,134'746,667	5,754.7
Trigo	771'718,579	3,531.2
Arroz	769'657,791	4,601.9
Cebada	147'404,262	3,135.6
Sorgo	57'601,588	1,416.2
Avena	25'949,161	2,545.3
Triticale	15'563,415	3,736.0
Centeno	13'733,945	3,064.0

Fuente:Elaboración propia

Dentro de los principales cereales producidos se encuentra la cebada con el cuarto cereal con mayor producción en el mundo, (Horsley et al., 2009; Newton et al., 2011), destinando en términos de superficies plantadas un promedio de 60% para la alimentación animal, 30% para la producción de malta, 7% para producción de semilla y solo el 3% para consumo humano.

*Cebada (*Hordeum vulgare*)*

La cebada se originó hace aproximadamente 14-10 millones de años en un área entre el sudoeste de Asia y el mediterráneo comenzando a diversificarse luego de colonizar Asia, América y Sudáfrica, actualmente se reconocen cerca de 33 especies entre anuales y

perennes cada uno está dividido en subespecies lo que lo permitió un desarrollo de rasgos de resistencia a patógenos, así como una gran adaptación a ambientes extremos, (Blattner, 2018), debida a esta adaptación la cebada a sido cultivada donde el maíz no está adaptado o represente alguna tipo de competencia (Horsley 2009). valiosas ante los posibles cambios climáticos.

Los principales productores de cebada a nivel mundial está la federación Rusa, Australia, Alemania y Francia con 20.6, 13.5, 10.8 y 10.5 millones de toneladas respectivamente, México se encuentra ubicado en la posición número 27, como se muestra en el Cuadro 2 (FAOSTAT, 2019).

Cuadro 2 Principales productores de cebada a nivel mundial durante el 2017

	País	Producción (ton)
1	Federación Rusa	20,598,807
2	Australia	13,505,990
3	Alemania	10,853,400
4	Francia	10,545,427
5	Ucrania	8,284,890
6	Canadá	7,891,300
7	Reino Unido	7,169,000
8	Turquía	7,100,000
9	España	5,785,944
10	Dinamarca	3,992,300
11	Polonia	3,793,032
12	Argentina	3,741,158
13	Kazajstán	3,305,224
14	Irán	3,100,000
15	Estados Unidos de América	3,090,010
16	Moroco	2,466,462
17	Etiopia	2,031,661
18	Romania	1,906,700
19	China	1,897,318
20	India	1,750,000

21	República Checa	1,712,279
22	Suecia	1,635,200
23	Irlanda	1,505,800
24	Finlandia	1,460,100
25	Bielorrusia	1,419,829
26	Hungría	1,404,356
27	México	1,008,158

Elaboración propia (FAOSTAT, 2019)

La cebada se puede dividirse de acuerdo con la morfología de su espiga, de seis o de dos líneas, la finalidad de su uso, siendo el principal la producción de malta o como forraje (Horsley et al. 2009).

Producción de cereales y cebada a nivel nacional

La producción de cereales a nivel nacional tiene una tendencia similar a la situación mundial, donde el maíz es el principal cultivo (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). El cultivo de cebada ocupa el quinto lugar en superficie sembrada para la producción de cereales en México, teniendo una producción de 1.3 millones de toneladas registradas para el 2018 (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.3**).

Cuadro 3 Producción de cereales promedio a nivel nacional durante el año agrícola en riego y temporal durante el 2018

CULTIVO	Superficie			Producción (ton)
	Sembrada (ha)	Siniestrada (ha)	Cosechada (ha)	
Maíz	8,053,537.1	246,863.0	7,806,674.1	45,797,463.1
Avena	712,269.1	10,227.5	702,041.6	10,523,135.4
Sorgo	1,514,411.4	37,186.8	1,477,224.7	8,468,532.9
Trigo	560,284.1	2,135.0	558,149.1	3,066,729.7
Cebada	382,616.2	13,857.5	368,758.7	1,323,711.2
Triticale	27,541.7	0.0	27,541.7	448,177.1
Arroz	45,150.4	0.0	45,150.4	283,763.4

Centeno	5.0	0.0	5.0	8.9
----------------	-----	-----	-----	-----

Elaboración propia fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera(SIAP, 2019).

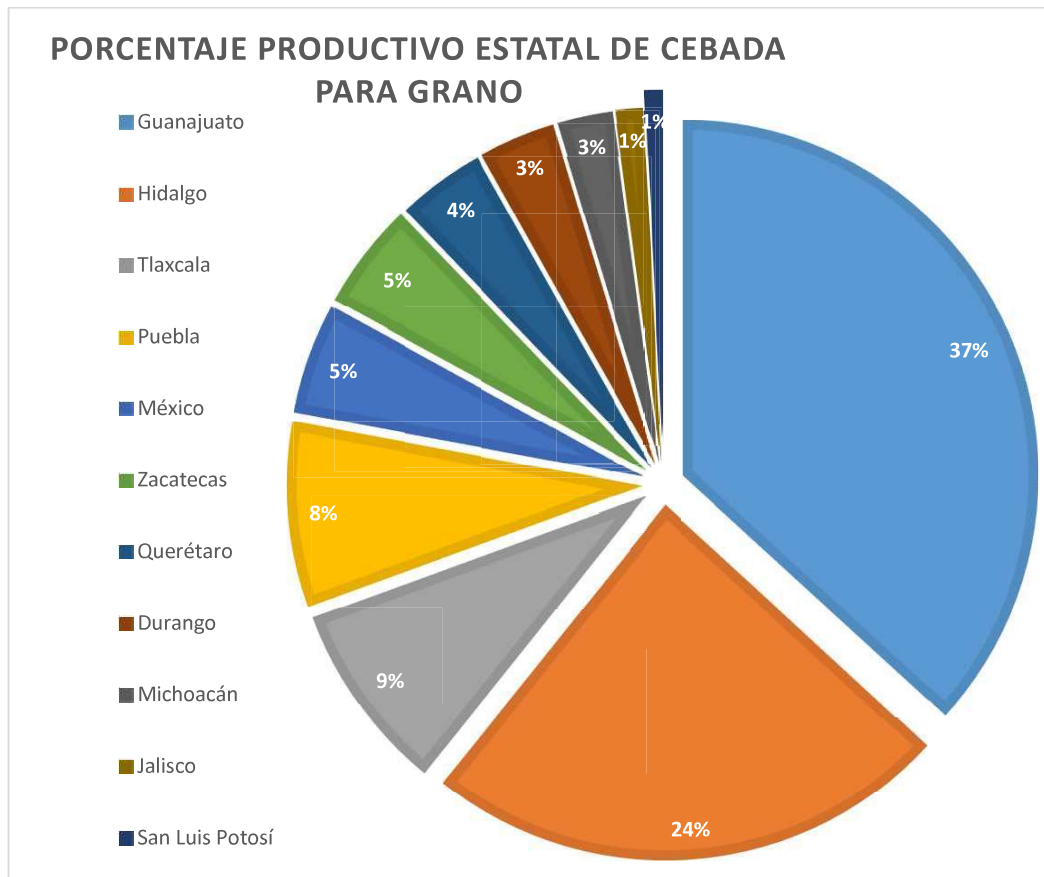
Sin embargo, solo el 3% de la superficie cultivada está destinada al cultivo de cebada forrajera cosechada en verde, debido a que más del 95% está destinado para la producción de grano; principalmente para la producción de malta como se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 4 Clasificación de la cebada de acuerdo con su fin productivo a nivel nacional

	Superficie cosechada (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ton/ha)
Cebada grano	352,113.44	1,008,642.26	2.86
Cebada forrajera en verde	11,506.05	286,246.19	24.88
Semilla de cebada grano	5,139.25	28,822.73	5.61

Elaboración propia fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2019).

Siendo como principal producto la producción de grano, los estados de Guanajuato e Hidalgo cubren el 60% de producción a nivel nacional, dejando al Estado de México en un quinto lugar con el 5% como se muestra en la Gráfica 1 (SIAP, 2019).



Gráfica 1 Principales productores de cebada a nivel nacional

Cebada como forraje

El uso de cebada como forraje en México es inferior a lo reportado en otros países principalmente por el escaso número de variedades específicas para la producción de forraje, siendo el principal cultivo la producción de grano, las variedades dominantes son para la producción de malta, si bien se han realizado estudios sobre variedades imberbes, donde reportan rendimientos forrajeros prometedores (Colin-Rico et al 2007,2009), la distribución y acceso a estas variedades a nivel comercial es limitado, por lo que su uso no es muy popular.

De acuerdo con la literatura, la cebada utilizada como forraje conservado, solo o asociado con leguminosas, puede representar una opción viable al presentar mayores rendimientos de biomasa en materia seca y un rápido desarrollo foliar comparado con otros cereales de grano pequeño como trigo, triticale y avena, dando un posible desarrollo ventajoso en

lugares donde exista una limitada disponibilidad de humedad en el suelo (Castañeda-Saucedo et al. 2004). Su uso como pastoreo puede incrementar hasta un 5% del índice de cosecha (Scott and Himes 1991), obteniendo un rendimiento forrajero de 1.3-2.0 t MS/ha de pastoreo.

La práctica del pastoreo de cereales de grano pequeño de invierno, en etapas tempranas de crecimiento ha sido reportada en Canadá, Estados Unidos, Argentina, Uruguay, Australia Nueva Zelanda en Europa mediterránea, como Chipre y España, Sur África (Yau 2003) donde se reporta que la cebada no presenta cambios en los rendimientos de grano después de un pastoreo en etapa temprana (Royo et al. 1994), además, de requerir una dosis de siembra hasta 60kg menos de semilla comparado con otros cereales como el triticale, obteniendo un menor costo de la producción del cultivo (Baron et al. 2014)

Calidad nutricional

El contenido nutricional de la cebada varía de acuerdo con muchos factores relacionados a la región, por variación en temperatura, humedad, fertilidad del suelo, lluvias, así como la fecha de siembra, y fecha de cosecha, entre otros (Farahani and Chaichi 2013).

El cultivo de cebada como forraje alcanza rendimientos que van desde las 3.0 hasta 12 t MS/ha, de acuerdo con la fecha de corte, estado fenológico, variedad, si es un cultivo asociado (leguminosas) o si en monocultivo (Sadeghpour et al.2013, Wilson García et al 2017, Zamora et al 2017). Su contenido de PC va desde los 60-180 g kg/ MS, (Gómez-Miranda et al. 2020, Newton et al. 2011, Sadeghpour et al. 2013), y se considera un cereal de fuente importante de materia seca, respecto a otros cereales como trigo, triticale o avena.

La evaluación de algunas variedades de cebada forrajera en México (Zamora et al., 2017) mostraron en una variedad de cebada forrajera un ciclo vegetativo precoz con el inicio de la floración de los 45-57 días, alcanzando la madurez fisiológica entre los 94-115 días, mientras que una cebada de doble propósito (forrajera-maltera) evaluada por Gómez-Miranda et al. (2019) reportó que a los 67 días se encontraba en un estado de lechosomasoso, apto para ensilar, obteniendo un ensilado con un contenido de 66g/kg MS de PC, 568 y 420 g/kg de FND y FAD respectivamente.

La cebada es considerado como uno de los cereales de un acelerado crecimiento con contenidos proteicos (PC) reportados en fresco y ensilados de 68-124g/kg DM, (Benchaar et al., 2014; Nikkhah, 2013; Preston et al., 2017) con IVDMD 260-490g/kg DM (Khan et al., 2015; Kim et al., 2018) variando de acuerdo al estado fenológico y las variedades evaluadas, mientras que el perfil lipídico ha sido poco estudiado, Kim et al. (2018) reporto en dos variedades de cebada ensilado con y sin la aplicación de un inoculante un alto contenido de Ácidos Grasos Poliinsaturados (PUFA) 56-62%, siendo el Ácido Linoleico (C18:2n-6) quien aporta un de un 30-47% seguido por el ácido Linolenico (C18:3n-3) quien aporta 12-30% total AG, similar a lo obtenido por He et al. (2012) para ensilado de cebada con 35% DM (en estadio de maduración de grano masoso), un contenido de PUFA de 58 g/100gFA del cual 75 % pertenece al AG C18:2n-6 y 24% al C18:3n3.

Los contenidos fibrosos (FND y FAD) de la cebada 15% menor a la avena, trigo o triticale (Elizalde y Mendez 2004, Nikkhah 2013), y hasta un 50% mayor contenido de en cebada ensilada respecto a ensilados de cereales de grano pequeño; indicadores de la calidad que podemos encontrar en la cebada como forrajes conservados.

La conservación de forraje tiene la finalidad de obtener forrajes de calidad, para posteriormente ser administrado durante la época de escases, o una forma de administrar dietas totalmente mezcladas. El proceso de conservación mediante el ensilaje consiste en procesar forrajes frescos con altos contenidos de humedad, con el fin esencial de obtener alimento con una mínima pérdida de materia seca y nutrientes, en un ambiente anaeróbico y de pH ácido.

Los cereales de grano pequeño son considerados forrajes aptos para este proceso por su alto contenido de carbohidratos solubles en agua, baja capacidad buffer. (Kennelly y Weinberg), donde la cebada destaca por las características antes mencionadas frente a otros cereales de grano pequeño como el trigo o el triticale.

La calidad fermentativa de un ensilado depende del tipo de forraje (especie y/o variedad), su composición química (contenido de agua, azúcares solubles, capacidad tampón), la técnica al momento de la cosecha, manejo del forraje, de esta forma se asegurar una buena fermentación microbiana (Oude Elferink et al., 2001)

Producción de leche

La producción mundial de leche (81% de leche de vaca, 15% de leche de búfalo y un total de 4% de leche combinada de cabra, oveja y camello) creció un 1,6% en 2018 a alrededor de 838 Mt y se espera un crecimiento de 1.7% anual. (a 981 Mt para 2028), dicho crecimiento se relaciona más con un aumento en la producción y no al crecimiento poblacional del ganado; a pesar de una tendencia en la disminución por su demanda general per cápita de los productos lácteos en Europa y América del Norte (OECD-FAO, 2018). Sin embargo, el componente con mayor demanda de la leche es la grasa, teniendo por lo general un pago diferenciado, siendo la cantidad y calidad de ácidos grasos en la leche lo que se busca por los beneficios a la salud humana, que estos representan.

El principal productor de leche de vaca a nivel mundial es EUA con 97.7 millones de toneladas, seguido por India, y Brasil con 83.6 y 33.4 millones de toneladas respectivamente, México se encuentra entre los 15 países con mayor producción como se muestra en el Cuadro 5 (FAOSTAT, 2019).

El sector lechero proporciona oportunidades de empleo principalmente en países en desarrollo. Se estima que más de 750 millones de personas en todo el mundo se dedican a la producción de leche. (FAO, 2019a)

Cuadro 5 Principales países productores de leche de vaca (fresca entera) a nivel mundial durante el 2017

	País	Producción en toneladas
1	Estados Unidos de América	97'734,736
2	India	83'633,570
3	Brasil	33'490,810
4	Alemania	32'666,363
5	Rusia	30'914,658
6	China,	30'386,000
7	Francia	24'400,000
8	Nueva Zelanda	21'372,000
9	Turquía	18'762,319
10	Pakistán	16'115,000
11	Reino Unido	15'256,000
12	Países Bajos	14'297,361

13	Polonia	13'694,472
14	México	11'767,556
15	Italia	11'380,094

Fuente: Elaboración propia (FAOSTAT 2019)

Producción Láctea en México

La producción de leche en México no nos permite abastecer la demanda, teniendo que importar más de 330 millones de litros anualmente (FAO, 2019b, INDEXMUNDI 2020)

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 maíz, avena, alfalfa, sorgo forrajero y ballico anual, proporcionado en fresco, ensilado y/o henificado junto con el uso de suplementación de concentrados (Améndola-Massiotti et al., 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-Food and Agriculture Organization, 2019) para quienes la producción de leche contribuye al uso óptimo de los recursos limitados (Arriaga-Jordán et al., 2002), además de tener un rol importante en el combate con la erradicación del hambre y disminuir la pobreza (Gliessman 2014).

Producción de leche en pequeña escala

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 de 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.

Preguntas de investigación

¿Cuál será la respuesta productiva de vacas lactantes al pastoreo de cebada en sistemas de producción en pequeña escala?

¿El ensilado de arvenses de praderas pastoreadas será una alternativa forrajera en la alimentación de vacas lecheras comparado con estrategias de alimentación tradicionales durante la época de estiaje en sistemas de producción en pequeña escala?

Hipótesis

La cebada pastoreada con diferentes fechas de siembra usada como alternativa forrajera en la alimentación de ganado lechero en producción no presentará diferencias entre sí para mantener los producción y calidad de la leche en sistemas de producción en pequeña escala

El uso de arvenses ensiladas provenientes de las praderas de cebada pastoreadas en la alimentación de vacas lactantes comparado con ensilado de maíz para su posterior administración como parte de la alimentación de vacas lactantes no mostrará diferencias en la respuesta productiva y calidad de leche en la alimentación en sistemas de producción en pequeña escala.

OBJETIVOS

Objetivos generales

Evaluar la productividad y calidad nutricional del cultivo de cebada (*Hordeum vulgare*) como recurso forrajero y su efecto sobre la respuesta productiva y calidad nutricional de la leche como complemento en la alimentación del ganado lechero en sistemas de producción en pequeña escala al noroeste del estado de México.

Evaluar el ensilado del forraje residual después del pastoreo como ensilado en la alimentación de vacas lactantes, y su efecto sobre su respuesta productiva en época de estiaje.

Objetivos Específicos

Evaluar el rendimiento forrajero por hectárea y contenido nutricional del cultivo de cebada en tres niveles de crecimiento.

Determinar la calidad nutricional de forraje fresco y ensilado de cebada, así como de los forrajes y concentrados utilizados en la alimentación del ganado lechero durante experimentos realizados en Sistemas de producción de leche en pequeña escala.

Establecer un pastoreo continuo de cebada con tres diferentes alturas al inicio del pastoreo evaluando su efecto sobre la respuesta productiva de composición química de la leche de vacas en sistemas de producción en pequeña escala.

Evaluar el forraje residual después del pastoreo conservado como ensilado y su efecto sobre la respuesta productiva de vacas alimentadas con este forraje en época de estiaje, comparado con ensilado de Maíz.

Realizar un análisis económico de las estrategias realizadas en los sistemas de producción de leche en pequeña escala.

Justificación

En México el uso de cebada está enfocado principalmente a la producción de malta, por lo cual su uso como forraje es poco conocido siendo las principales razones la falta de variedades forrajeras o la ausencia de información nutricional.

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 durante la época de sequía, son alternativas capaces de abaratar los costos de producción, recurriendo a un mínimo consumo de concentrados.

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 es una prioridad.

Los cereales de grano pequeño como la cebada, representa estas características; resistencia a diferentes condiciones bióticas y abióticas, una mayor producción forrajera, alta calidad nutricional. Considerada de ciclo corto provee una alternativa para ser utilizada como forraje 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.

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 y su impacto los costos de producción que son indicadores de la viabilidad económica.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en experimentos en finca (Stroup et al., 1993) bajo el enfoque de investigación participativa rural, para lo cual se obtuvieron cartas de consentimiento de participación por parte de los productores (ANEXO 1).

Sitio experimental

El trabajo experimental se llevó a cabo en el municipio de Aculco, ubicado al Noroeste del Estado de México (Figura 1) ubicado geográficamente entre longitud 99°59'11.4"W a 99°40'13.08"W, Latitud 19°59'56.4"N a 20°16'21"N (INEGI, 2019); el clima de la región es templado subhúmedo con lluvias en verano, semifrío con temperaturas medias anual de 13.2°C y una precipitación de va de 800 a 600mm (Espinoza-Ortega et al., 2007; Fadul-Pacheco et al., 2013)



Figura 1 Ubicación de la zona de estudio

El trabajo de laboratorio se llevó a cabo en el Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales ubicado en el Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México



1 Por: Víctor Ávila Akerberg

El trabajo experimental se desarrolló en una cooperación de dos productores con dos unidades de producción ubicadas en la comunidad de La Concepción (Ejido) perteneciente al municipio de Aculco al noroeste del Estado de México, representadas en la Figura 2, mediante una fotografía digital, siendo las ubicaciones de cada unidad las siguientes: **Unidad 1:** 20°08'01.4"N- 99°53'21.3 O; **Unidad 2:** 20°07'59.3" N 99°53'17.8 O; ambas a 2,369 msnm, con terrenos colindantes, quienes accedieron a compartir el forraje para los dos experimentos, sin importar los terrenos de cultivo pertenecieran o no las unidad donde ser realizaría cada evaluación.



Figura 2 Superficie para cultivo de cebada marcado en blanco y la ubicación de las unidades de producción identificadas en amarillo

Imagery ©2020 Maxar Technologies, Imagery ©2020 CNES / Airbus, Maxar Technologies, Map data ©2020 INEGI

Límite de tiempo

El trabajo de campo se llevó a cabo durante los años 2020 y 2021, iniciando con la siembra de los cultivos durante mayo del 2020 y culminando con los trabajos de laboratorio en el 2022.

Cada experimento tuvo una duración de 42 días, dividido en 3 periodos de 14 días cada uno, de cada periodo se dividió en 2, un periodo de adaptación constituido por los primeros días, y los últimos 4 días para los muestreos, (Forraje y medición de la respuesta productiva) figura 3.



Figura 3 Esquematización de un periodo experimental

Para el experimento 1: “Pastoreo de cebada” inició el 24 de julio, culminando el 3 de septiembre, tal como se muestra en la figura 4.

- Periodo 1: 24 de julio al 6 agosto de 2020
- Periodo 2: 7 al 21 de agosto de 2020
- Periodo 3: 22 de agosto al 3 de septiembre de 2020



Figura 4 Cronograma Experimento 1

El experimento 2 “Ensilado de arvenses” se llevó a cabo durante los meses de febrero y marzo del 2021 tal como se muestra en la figura 5.

- Periodo 1 6-19 de febrero 2021
- Periodo 2 20 de febrero-5 marzo 2021
- Periodo 3 6-19 de marzo 2021



Figura 5 Cronograma Experimento 2

Forraje

Cultivos

El cultivo de cebada se realizó en una superficie total de 3.0 ha perteneciente a uno de los productores, su ubicación se encuentra a 45mins caminando de las unidades de producción (Figura 2).

El terreno fue dividido en 3 parcelas de 1.0 ha c/u como se muestra en la Figura 6; cuya identificación fue CBD1, CBD2, y CBD3, de acuerdo con el orden en las que fueron sembradas.



Figura 6 Identificación de las praderas

Se sembró cebada variedad Jennifer al boleto a una dosis inicial de 120kg/ha en época de lluvias bajo condiciones de temporal, durante el mes de mayo del 2020. La siembra se realizó en 3 fechas diferentes las cuales estarán en un desfase de 7 días (

Cuadro 7). La fertilización se realizó a una dosis de 80-60-40 de N-P-K por ha, durante la siembra se aplicaron 23-60-40 kg/ha de N-P-K, mientras que los 57 kg de N restantes fueron aplicados 21 días después.

Cuadro 7 Fecha de siembra

Pradera	Fecha de siembra
CBD 1	13 de mayo del 2020
CBD 2	20 de mayo de 2020
CBD 3	27 de mayo de 2020

Por las condiciones climáticas el crecimiento de la cebada se vio mermado, con la muerte de brotes y una altura de 12.0, 10.1, 8.0 cm para las praderas CBD1, CBD2, CBD3 respectivamente (Figura 7), por lo que se prosiguió a realizar una resiembra el día 3 de julio 2020 con 20kg/ha de semilla; por lo que la dosis final registrada fue de 140kg/ha de semilla y una fertilización de 103-60-40 kg/ha de N-P-K respectivamente.



Izquierda CBD1, Derecha superior CBD2,
Derecha inferior CBD3

Figura 7 Estado de las praderas de cebada antes de la resiembra

Para determinar la cantidad de forraje disponible se realizó una medición siguiendo la metodología descrita por (Baron et al., 2014), seleccionando de forma aleatoria 10 áreas dentro de la pradera y cortando el forraje en cuadrantes de 0.16m² (40x40cm) previo al pastoreo.

Ensilaje

Para el experimento 2 “ENSILADO DE ARVENSES” se ensilaron solo las parcelas B73 y B66, el proceso de ensilado se llevó a cabo el día 1 de octubre del 2020 teniendo 140 y 133 días post siembra con 26 días de recuperación después de terminado el experimento 1 “PASTOREO DE CEBADA”.

Se utilizó una ensiladora tipo chopper, realizándose silos tipo pastel uno por cada pradera.

Se tomaron muestras previas al proceso de ensilado para evaluar la composición botánica del forraje, en primer lugar, se realizó un muestreo de la pradera previo al corte para determinar la composición botánica.

Cuadro 6 Composición botánica de las praderas antes de ensilado (%)

Pradera	Cebada	Cosmos bipinnatus	Pasto	Arvenses N/I	Raphanus raphanistrum
B73	33.08	42.81	6.36	12.97	4.80
B66	3.37	61.29	11.88	8.66	14.80

B73=Pradera CBD1 pastoreada a los 73 días; B66=Pradera CBD2 pastoreada a los 66 días; N/I= No Identificadas.

Se encontró un 33% de cebada en la pradera de B73 comparado con la pradera de B66 con apenas un 3%, se observa que la planta con mayor presencia en las praderas fue *Cosmos bipinnatus* con un 42 y 61% del total (Cuadro 6).

Los rendimientos de forraje cortado obtenidos fueron de 6 t MS/ha en promedio como se muestra en el Cuadro 7, con un contenido de Materia Seca de 274g/kg, por la altura al corte de la ensiladora, se estimó el forraje residual obteniendo 2.4 y 3.3 t MS/ha para las praderas de B73 y B66 respectivamente.

Cuadro 7 Rendimiento de forraje durante ensilado

	PRADERAS	
	B73	B66
No. Remolques MF	5.5	7.0
kg/remolque	4,000	4,000
Rendimiento kg MF/ha	22,000	28,000
MS del forraje antes de ensilar (g/kg)	274	274
Rendimiento kg MS/ha	6,027	6,632
Forraje residual		
Rendimiento kg MF/ha	8,813	14,063
MS del forraje residual g/kg Ms	289	238
Rendimiento kg MS/ha	2,438	3,354
Altura (cm)	13	16

B73=Pradera CBD1 pastoreada a los 73 días; B66=Pradera CBD2 pastoreada a los 66 días MF, Materia Fresca; MS, Materia Seca

Análisis bromatológicos

Acumulación neta del forraje experimento 1

El rendimiento forrajero se midió mediante la acumulación neta de forraje (ANF), se utilizaron 6 de jaulas de exclusión de 0.5x0.5m por hectárea, cada pradera fue dividida (sin división física) en dos partes, donde se colocaron 3 jaulas en cada división como repetición, que eran movidas y cambiadas cada periodo experimental en la zona correspondiente, posteriormente se realizaron cortes utilizando cuadrantes de 0.16m² (40 x 40cm), en el primer día, afuera de las jaulas de exclusión, emulando el forraje en el interior, y al final del periodo, dentro de las jaulas de exclusión, posteriormente el forraje fue secado en una estufa de aire forzado a 60° C durante 48 horas para determinar el contenido de materias seca de las muestras. La ANF se midió mediante la diferencia entre el día 14 y el día 0 de cada periodo.

Composición Botánica

Por el crecimiento de plantas secundarias en los cultivos, se determinó la composición botánica de cada pradera, para lo cual se realizó la toma de 5 muestras aleatorias por pradera, utilizando cuadrantes de 0.16m² (40 x 40cm), mediante una separación manual de las especies encontradas (Sanderson et al. 2005, Dubeux et al. 2016), las especies identificadas fueron cebada, mirasol (*Cosmos bipinnatus*), mostaza (*Raphanus raphanistrum*), una variedad de gramíneas que se clasificaron como pastos, y algunas arvenses no identificadas.

Composición Bromatológica

Para la composición bromatológica de las praderas de cebada en pastoreo se utilizó la técnica de pastoreo simulado recolectando el forraje mediante la observación de las vacas para tener un muestreo más asertivo, realizándose en cada periodo experimental durante los días de toma de muestras, se almacenó en bolsas plásticas limpias y secas, se identificaron y se llevaron al laboratorio para su posterior análisis.

El muestreo de ensilado se realizó de forma manual, cubriendo toda la cara del ensilado se tomó un total de 6 submuestras por periodo, las cuales fueron almacenadas en bolsas de limpia y seca, extrayendo la mayor cantidad de aire posible, posteriormente eran llevadas al laboratorio donde se iniciaba el proceso de secado el mismo día de la toma de

muestras, en casos especiales se mantenían en refrigeración hasta su procesamiento. (Korasani et al. 1997, Kaiser y Piltz 2004).

- Para la determinación de materia Seca (MS), las muestras fueron pesadas en fresco y secadas a 55°C por 48 horas en una estufa de aire forzado hasta obtener su peso constante.
- Para el procesamiento de las muestras, una vez secadas, estas fueron molidas a un tamaño de partícula de 1mm.
- El contenido de materia orgánica (MO) se determinó por la diferencia de peso tras la incineración de una muestra a 550°C.
- 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 determinaron mediante el método ANKOM, utilizando la técnica Van Soest et al., (1991).
- Para la determinación del pH en los ensilados, se tomaron submuestras de 50g de forraje fresco, posteriormente se le añadió 100 ml de agua destilada, se dejó reposar durante 5 minutos, mezclando manualmente; posteriormente se filtró el líquido sobrante y se midió el pH utilizando un potenciómetro calibrado. (Addah et al., 2014).
- Para la estimación del contenido de Almidón se utilizó la espectroscopia por infrarrojo cercano (NIRS).
- 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.

$$EM \left(\frac{MJ}{kgMS} \right) = 0.0157[DMO] - 0.535$$

Dónde:

EM= Energía Metabolizable

DMO=Digestibilidad de la Materia Orgánica.

Evaluación de variables productivas

Rendimiento de leche

La medición del rendimiento individual de leche se realizó durante las ordeñas de la mañana y de la tarde los últimos 4 días consecutivos de cada periodo experimental, utilizando una báscula de reloj con capacidad de 20 kilos.

Composición química de la leche

Se recolectaron dos muestras de leche por cada ordeña, durante los días de medición de cada periodo experimental, la primera se utilizó para determinar la composición fisicoquímica de la leche, incluyendo grasa, proteína, lactosa, pH, contenido total de sólidos totales utilizando un analizador de leche por ultrasonido portátil en la unidad de producción. La segunda muestra fue mezclada para la realización de dos alícuotas de 100 ml por día de acuerdo a la producción de la mañana y la tarde, identificándose como submuestras una fue conservada en congelación a -4°C, para análisis posteriores, y la segunda fue almacenada para determinar el Nitrógeno Ureico en Leche (NUL) a través del método colorimétrico descrito por Chaney y Marbach (1962).

Condición corporal

La estimación de la condición corporal de las vacas se realizó de acuerdo con lo establecido por Edmondson et al. (1989), cuya evaluación se efectuó al final de cada periodo experimental. La técnica utilizada 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 según las siguientes interpretaciones.

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

Peso vivo

El peso vivo fue registrado por la mañana y por la tarde después de la ordeña antes de iniciar los periodos experimentales y durante los últimos dos días de cada periodo experimental registrando kg/vaca utilizando una báscula portátil digital con capacidad de 1000 kg.

Consumo de materia seca

El consumo de materia seca fue estimado a partir de los requerimientos energéticos (Macon et al. 2003), tomando en cuenta los requerimientos de mantenimiento, días en lactación, producción de leche, cambios de peso vivo, así como por actividad tomando en cuenta el tiempo que pasan en las praderas $5020.8J \cdot \text{grazing time (h)} \cdot \text{BW}^{0.75}$ y la distancia recorrida desde la unidad de producción a las praderas ($28J \cdot \text{kgBW}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ del AFRC. 1993).

Valores productivos preexperimentales

Para el experimento 1: “**PASTOREO DE CEBADA**” se seleccionaron 12 vacas con similares características productivas y reproductivas, las cuales fueron agrupadas en 4 grupos, donde el grupo A representa vacas en el primer tercio de lactación, el grupo B representa vacas en el segundo tercio de lactación, y los grupos C y D, pertenecen al tercer tercio de lactación, diferenciándose como altas y bajas productoras respectivamente, tal como se muestra en el cuadro 6.

Cuadro 8 Valores productivos preexperimental de las vacas seleccionadas para el experimento “PASTOREO DE CEBADA”

Grupos	ID vaca	RL (kg)	PV (kg)	CC	No. Partos	Días en Leche	Días de Gestación	Consumo voluntario (kg)
A	6656	36.7	550	3.0	3	14	0	17.42
	6972	25.2	469	2.5	4	19	0	14.24
	2722	17.2	524	2.5	4	1	0	14.82
B	2727	18.6	428	3.0	1	80±10	140±10	12.56
	2726	17.0	445	2.5	1	80±10	0	12.83
	2724	16.5	403	2.5	1	80±10	0	11.73
C	6969	18.9	445	2.5	4	325±10	140±10	13.01
	6976	16.4	572	2.5	7	325±10	140±10	15.94
	2723	14.2	391	2.0	1	180±10	140±10	11.20
D	2721	12.6	397	3.0	1	180±10	140±10	11.18
	2728	10.6	498	2.5	1	180±10	140±10	13.51
	2725	9.5	349	3.0	1	180±10	140±10	9.67

A=Primer tercio de lactación; B=Segundo tercio de lactación; C=Tercer tercio de lactación y altas productoras; D=Tercer tercio de lactación y bajas productoras, ID= Identificación, RL=Rendimiento de leche, PV= Peso vivo, CC=Condición corporal (1-5).

Para el experimento 2: “**ENSILADO DE ARVENSES**”, se seleccionaron 9 vacas, con similares características productivas y reproductivas, las cuales fueron agrupadas en 3 grupos de acuerdo con el rendimiento de leche, quedando de la siguiente manera: alta producción para el grupo A, media producción para el grupo B, y baja producción para el grupo C, tal como se muestra en el Cuadro 7.

Cuadro 9 Valores productivos preexperimental de las vacas seleccionadas para el experimento “ENSILADO DE ARVENSES”

Grupo	Id Vaca	RL (kg)	PV (kg)	CC	No. Partos	Días en Leche	Días de Gestación	Consumo voluntario
A	5943	22.8	540	2	3	37	0	15.8
	5935	20.1	473	2	3	44	0	13.8
	5940	12.4	491	1.5	6	250	102	13.5
B	6966	10.8	470	2.5	5	283	193	12.8
	5941	7.6	435	2.5	2	204	0	11.6
	3031	8.6	452	2	2	206	107	12.2
C	6841	7.1	419	2	3	265	183	11.2
	3024	7.9	423	2	2	262	117	11.4
	6840	5.2	462	1.5	4	265	117	12.1

A=alta producción; B=Mediana producción; C=Baja producción, ID= Identificación, RL=Rendimiento de leche, PV= Peso vivo, CC=Condición corporal (1-5).

Tratamientos

En el experimento de “**PASTOREO DE CEBADA**” consistió en la evaluación de la respuesta productiva de vacas lactantes, al pastorear cebada en una etapa temprana con diferente fecha de siembra, quedando de la siguiente forma:

- **B73**= Pastoreo continuo durante 6h/día de B73 con una altura de **59 cm**
- **B66**= Pastoreo continuo durante 6h/día de B66 con una altura de **43 cm**

- **B59**= Pastoreo continuo durante 6h/día de B59 con una altura de 28cm

Además del pastoreo se suministraron 4.5 kg MS/vaca/día de concentrado comercial al 18 % PC

En el experimento de “**ENSILADO DE ARVENSES**” los tratamientos consistieron en administrar los dos ensilados obtenidos de la cosecha de las praderas con un 40 y 60% de *Cosmos Bipinnatus* comparado con ensilado de Maíz, como tratamiento control, tal como se muestra en el Cuadro.

Cuadro 10 Disposición de tratamientos para experimento 2

Ensilado	Tratamientos	Cantidad kg MS
Maíz	TXMZ	10
CBD1+arv 40	TX40	10
CBD2+arv 60	TX60	10

El ensilado era administrado después de cada ordeña (mañana y tarde); además de suplementar la alimentación con 4.1 kg MS /vaca/ día de concentrado comercial distribuido de la misma forma.

Cabe mencionar que durante el experimento 2 “Ensilado de Arvenses”, después de la ordeña de la mañana y terminar su ración de ensilado y concentrado comercial correspondiente; las vacas eran sacadas a una pradera de 2.0 ha durante un lapso de 6 horas al día aproximadamente, mientras se hacía limpieza en los corrales y como practica habitual del productor participante; sin embargo, las praderas se encontraban en un estado muy deteriorado por sequía y escasas de agua para riego, por lo que se consideró como una zona de descanso con un aporte mínimo o nulo en la ración y después de realizar la estimación de los requerimientos con la calidad nutricional de los forrajes, estos se cubrían con el ensilado y el concentrado.

Diseño experimental

El diseño experimental para la evaluación de las variables de producción, así como del análisis económico del experimento 1 “**PASTOREO DE CEBADA**” fue un cuadro latino 3 x 3 repetido 4 veces.

Los tratamientos fueron asignados aleatoriamente dentro de los grupos A y C, para los grupos B y D se realizó una secuencia en espejo para minimizar los efectos debido al tratamiento, como se puede observar en el cuadro

Cuadro 11 Distribución de tratamientos en experimento “Pastoreo de cebada”

Grupo	ID Vaca/Periodo	PI	PII	PIII
A	6656	B66	B73	B59
	6972	B59	B66	B73
	2722	B73	B59	B66
B	2727	B59	B73	B66
	2726	B73	B66	B59
	2724	B66	B59	B73
C	6969	B73	B59	B66
	6976	B66	B73	B59
	2723	B59	B66	B73
D	2721	B59	B66	B73
	2728	B66	B73	B59
	2725	B73	B59	B66

A=Primer tercio de lactación; B=Segundo tercio de lactación; C=Tercer tercio de lactación y altas productoras; D=Tercer tercio de lactación y bajas productoras; B73=Pastoreo de la pradera a los 73 días de siembra; B66= Pastoreo de la pradera a los 66 días de siembra; B59= Pastoreo de la pradera a los 59 días de siembra

Para las variables de las praderas como ANF, altura, Acumulación neta por especie (Composición botánica) y composición bromatológica (MS, MO, PC, FND, FAD, DIVMS, DMOD, EM), se utilizó un diseño de parcelas Divididas; Donde las Praderas B73, B66 y B59 son la parcela mayor y los periodos (Periodo 1, 2, 3) la parcela menor,

El diseño experimental para la evaluación de la respuesta productiva y el análisis económico en el experimento 2: “**ENSILADO DE ARVENSES**” fue un cuadro latino 3x3 repetido 3 veces.

Los tratamientos fueron asignados aleatoriamente dentro de los grupos A y C, para el grupo B se realizó una secuencia en espejo para minimizar los efectos debido al tratamiento, como se puede observar en el cuadro

Cuadro 12 Distribución de tratamientos en experimento "Ensilado de Arvenses"

Grupo	Id Vaca	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3
A	5943	TXMZ	TX60	TX40
	5935	TX40	TXMZ	TX60
	5940	TX60	TX40	TXMZ
B	6966	TX60	TX40	TXMZ
	5941	TX40	TXMZ	TX60
	3031	TXMZ	TX60	TX40
C	6841	TX60	TX40	TXMZ
	3024	TXMZ	TX60	TX40
	6840	TX40	TXMZ	TX60

A=alta producción; B=Mediana producción; C=Baja producción; TX40=Ensilado con 40% de arvenses y 30% de cebada, TX60=Ensilado con 60% de arvenses, TXMZ=Ensilado de Maíz

Para las variables como la composición bromatológica (MS, MO, PC, FND, FAD, DIVMS, DMOD, EM, pH y Almidón) de los ensilados se utilizó un diseño de parcelas divididas, donde el Ensilados (TX40, TX60, TXMZ) era la parcela mayor y los periodos (Periodo 1, 2, 3) la parcela menor.

Análisis Estadístico

Para el diseño de cuadro latino 3x3 repetido 4 veces para el para el experimento 1 "PASTOREO DE CEBADA" y 3 para el experimento 2 "ENSILADO DE ARVENSES", donde se evaluaron las variables de respuesta productiva y económica se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + G_i + V_{(ij)} + P_k + T_l + e_{ijklm}$$

Donde:

Y_{ijkl} = variable respuesta

μ = media general

G_i = efecto por grupo, $i = A, B, C, D$;

$V_{j(i)}$ = Efecto de las vacas dentro del cuadro, $j = 1, 2, 3 \dots 9 \dots 12$

$P_{k(i)}$ = Efecto de los periodos experimentales, $k = 1, 2, 3$

T_l = Efecto debido a los tratamientos, $l = B73, B66, B59$; ó $TX40, TX60, TXMZ$

e_{ijklm} = error residual.

Con las respectivas modificaciones de acuerdo con el experimento.

Para el diseño de parcelas divididas para la evaluación de las variables de los forrajes de ambos experimentos se siguió el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + TX_j + \varepsilon_{ij} + P_k + (TX * P)_{jk} + e_{ijklm}$$

Donde:

Y_{ijkl} = variable respuesta

μ = media general

R_i = efecto de las repeticiones, $i = 1, 2 \dots$

TX_i = Efecto de la pradera (main plot), $i = B73, B66, B59$ ó $TX40, TX60, TXMZ$

ε_{ij} = error residual del principal del main plot

P_k = efecto del periodo experimental (split plot) $k = 1, 2, 3$

$(TX * P)_{jk}$ = Efecto de la interacción entre praderas y periodos experimentales

e_{ijklm} = error residual.

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 ($p < 0.05$).

Análisis Económico

El análisis económico fue realizado siguiendo la metodología de presupuestos parciales (Wiggins et al., 2001), considerando los costos de alimentación que engloban los costos de implantación de los cultivos desde la semillas, fertilizante, maquinaria para el labrado

de la tierra, de igual forma la maquinaria utilizada para la recolección de forraje para ensilar, materiales como plástico para los silos y los costos del concentrado comercial utilizados durante los experimentos, los retornos por concepto de la venta de leche para evaluar su impacto en los costos de producción.

Resultados

Artículo publicado en revista científica indexada

“Grazed barley for dairy cows in small-scale systems in the highlands of Mexico”

El artículo fue publicado en la revista Italian Journal of Animal Science, revista internacional de acceso abierto con un Factor de Impacto de **2.552 (2021)**

Métricas de la revista

- **Q1 (2021)** Mejor cuartil
- **3.6 (2021)** Cite Score (Scopus)
- **Q1 (2021)** Mejor cuartil de Cite Score
- **1.151 (2021)** SNIP
- **0.548 (2021)** SJR



Italian Journal of Animal Science



ISSN: (Print) (Online) Journal homepage: <https://www.tandfonline.com/loi/tjas20>

Grazed barley for dairy cows in small-scale systems in the highlands of Mexico

Aída Gómez-Miranda, Felipe López-González, Rodolfo Vieyra-Alberto & Carlos M. Arriaga-Jordán

To cite this article: Aída Gómez-Miranda, Felipe López-González, Rodolfo Vieyra-Alberto & Carlos M. Arriaga-Jordán (2022) Grazed barley for dairy cows in small-scale systems in the highlands of Mexico, Italian Journal of Animal Science, 21:1, 178-187, DOI: [10.1080/1828051X.2021.2022540](https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.2022540)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.2022540>



© 2022 The Author(s). Published by Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group.



Published online: 03 Feb 2022.



Submit your article to this journal [↗](#)






View related articles [↗](#)



View Crossmark data [↗](#)

Full Terms & Conditions of access and use can be found at
<https://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=tjas20>

Grazed barley for dairy cows in small-scale systems in the highlands of Mexico

Aída Gómez-Miranda^a, Felipe López-González^a , Rodolfo Vieyra-Alberto^b  and Carlos M. Arriaga-Jordán^a 

^aInstituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Mexico; ^bInstituto de Ciencias Agropecuarias (ICAp), Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo, Mexico

ABSTRACT

Small-grain cereals with characteristics of hardiness of, such as barley have been evaluated as conserved forage for cows in small-scale dairy systems (SSDSs); but barley may also be grazed due to its regrowth capability after defoliation. The objective was to assess grazing of barley at 59 (B59), 66 (B66) and 73 (B73) days after seeding with milking cows in SSDSs. Twelve Holstein cows were grouped in a randomised 3 × 3 Latin Square design, replicated four times, with 14-day experimental periods. Measurements of animal variables and collection of feed and milk samples took place over the 4 final days of each period. A partial cost analysis was performed including only feeding expenses. The mean net forage accumulation during the experiment was 97.1 kg DM d⁻¹. The botanical composition was affected by secondary vegetation (Mexican aster and wild radish, among others), where barley content was higher in B73 than in B66 and B59 pastures. The contents of dry matter (189–414 g/kg), neutral detergent fibre (NDF; 456–585 g/kg/DM), acid detergent fibre (ADF; 181–265 g/kg/DM) and crude protein (CP; 86–158 g/kg/DM) showed significant ($p < 0.05$) interactions among periods and pastures. Milk yield (MY) was 6.5% higher for treatment B66 (18.7 kg) in relation to B59 (17.5 kg), with intermediate values for B73 (18.1 kg). Feeding cost per kg milk was significantly lower in treatments B66 than B59 ($p < .05$), increasing the profit margins. It is concluded that grazed barley is a viable forage option for SSDSs. Initiating grazing of barley at 66 days post-sowing had a better cow performance than grazing at 59 d, with higher margins over feeding costs. The three treatments proved economically viable, with income/feeding costs ratios above 3.00.

HIGHLIGHTS

- Feeding strategies with small grain cereals (barley) represent a feeding alternative for small-scale dairy farmers.
- The implementation of barley grazing in small-scale milk production systems is an option given the low rainfall.
- Barley, as a short cycle crop, allows dairy farmers to obtain good quality forage to feed their cows.

ARTICLE HISTORY

Received 18 August 2021
Revised 16 December 2021
Accepted 17 December 2021

KEYWORDS

Feeding strategies; grazing; small grain cereals; feeding costs; Mexico

Introduction



Extreme temperatures, erratic and changing rainfall patterns due to climate change affect livestock and agricultural activities; additionally, there are wide variations in crop yields from one year to the next (Pecchioni et al. 2014) and thereby, in nutrient availability in forages (Rojas-Downing et al. 2017).

The livestock sector faces a context where it has to compete for the available resources (land, water, energy, among others), and is constantly questioned as regards to its environmental footprint (de Vries and

de Boer 2010). However, livestock activities are able to produce high-quality proteins from forages, as in milk or meat for human intake (Broderick 2018).

In developing countries, having a herd may be considered a replaceable asset or savings capable to improve livelihoods and reduce poverty (Herrero et al. 2013), as shown in Mexico where small-scale dairy production enabled farming families to overcome poverty (Espinoza-Ortega et al. 2007).

Small-scale agriculture in developing countries, such as Mexico comprises the majority of farmers

CONTACT Dr Felipe López-González  flopezg@uaemex.mx  Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Mexico

© 2022 The Author(s). Published by Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

- Hoogendoorn CJ, Newton PCD, Devantier BP, Rolle BA, Theobald PW, 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. *Agric Ecosyst Environ.* 217:22–32.
- Hundal JS, Kumar B, Wadhwa M, Bakshi MPS, Ram H. 2014. Nutritional evaluation of dual-purpose barley as fodder. *Indian J Anim Sci.* 84:298–301.
- Ikley J, Christoffers M, Dalley C, Endres G, Graming G, Howatt K, Jenks B, Keene C, Ostlie M, Peters T, et al. 2021. Weed control guide. Fargo (ND): North Dakota State University; p. 136. www.ndsu.edu/weeds.
- Jenkins TC, McGuire MA. 2006. Major advances in nutrition: impact on milk composition. *J Dairy Sci.* 89(4):1302–1310.
- Juskiw PE, Helm JH, Salmon DF. 2000. Forage yield and quality for monocrops and mixtures of small grain cereals. *Crop Sci.* 40(1):138–147.
- Kaps M, Lamberson WR. 2004. *Biostatistics for animal science*. Wallingford: CABI Publishing.
- Kohn RA, Kalscheur KF, Russek-Cohen E. 2002. Evaluation of models to estimate urinary nitrogen and expected milk urea nitrogen. *J Dairy Sci.* 85(1):227–233.
- Lithourgidis AS, Vasilakoglou IB, Dhima KV, Dordas CA, Yiakoulaki MD. 2006. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. *Field Crops Res.* 99(2–3):106–113.
- Macon B, Sollenberger LE, Moore JE, Staples CR, Fike JH, Portier KM. 2003. Comparison of three techniques for estimating the forage intake of lactating dairy cows on pasture. *J Anim Sci.* 81(9):2357–2366.
- Miguel MF, Ribeiro-Filho HMN, de Andrade EA, Moraes Genro MT, Delagarde R. 2014. Pasture intake and milk production of dairy cows grazing annual ryegrass with or without corn silage supplementation. *Anim Prod Sci.* 54(10):1810–1816.
- Miranda-Domínguez LE, López-Castañeda IBR, Mejía-Conteras JA. 2016. Root development and yield in different genotypes of bread wheat, barley and triticale under limiting soil moisture conditions. *Terra LATAM.* 34: 393–407.
- Pecchioni N, Kosová K, Vítámvás P, Prášil IT, Milc JA, Francia E, Gulyás Z, Kocsy G, Galiba G. 2014. Genomics of low-temperature tolerance for an increased sustainability of wheat and barley production. In: Swaminathan MS, Phillips RL, editors. *Genomics of plant genetic resources: volume 2. Crop productivity, food security and nutritional quality*. Berlin, Germany: Springer Science & Business Media; p. 149–183.
- Pérez-Ramírez E, Peyraud JL, 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.
- Plata-Reyes DA, Juárez-Dávila LE, Morales-Almaraz E, López-González F, Flores-Calvete G, Arriaga-Jordán CM. 2020. Pasture feeding strategy and milk fatty acid profile in small-scale dairy systems. *Indian J Anim Sci.* 90: 1159–1162.
- Prospero-Bernal F, Martínez-García CG, Olea-Pérez R, López-González F, Arriaga-Jordán CM. 2017. Intensive grazing and maize silage to enhance the sustainability of small-scale dairy systems in the highlands of Mexico. *Trop Anim Health Prod.* 49(7):1537–1544.
- Rojas-Downing MM, Nejadhashemi AP, Harrigan T, Woznicki SA. 2017. Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Clim. Risk Manag.* 16:145–163.
- Royo C, López A, Serra J, Tribó F. 1997. Effect of sowing date and cutting stage on yield and quality of irrigated barley and triticale used for forage and grain. *J Agron Crop Sci.* 179(4):227–234.
- Sadeghpour A, Jahanzad E, Esmaeili A, Hosseini MB, Hashemi M. 2013. Forage yield, quality and economic benefit of intercropped barley and annual medic in semi-arid conditions: additive series. *Field Crops Res.* 148:43–48.
- Sanderson MA, Soder KJ, Muller LD, Klement KD, Skinner RH, Goslee SC. 2005. Forage mixture productivity and botanical composition in pastures grazed by dairy cattle. *Agron J.* 97(5):1465–1471.
- Spek JW, Dijkstra J, Van Duinkerken G, Bannink A. 2013. A review of factors influencing milk urea concentration and its relationship with urinary urea excretion in lactating dairy cattle. *J Agric Sci.* 151(3):407–423.
- Wilson-García CY, Hernández-Garay A, Cerrilla MEO, Castañeda CL, Gama RB, Ramírez JLZ, Osorio GA. 2017. Growth analysis of three lines of barley for forage production, in the valley of Mexico. *Rev Fac Cienc Agrar Univ Nac.* 49:79–92.

Descripciones extras del Experimento 1 “Pastoreo de cebada”

Como parte del trabajo de colaboración el productor accedió a dar un concentrado con 18% de proteína en lugar del 20% que está utilizando con sus otras vacas, para este experimento.

29 productive response a higher fat content is reported for the Slg-40 treatment, with respect
30 to Slg-60, for milk yield, protein, lactose, milk urea nitrogen, dry matter intake, live
31 weight and body condition no differences were reported ($p>0.05$). **Implications:** This
32 work raises the use of vetch as silage in animal feeding. **Conclusion:** Silage of weed
33 proved to be a feeding alternative in the face of forage shortage scenarios.

34 **Key words:** Weeds; *Cosmos bipinnatus*; maize silage; barley

35

RESUMEN

36 **Antecedentes:** El uso de arvenses en la alimentación animal es una práctica común en
37 México. **Objetivo:** Evaluar el ensilado de arvenses como alternativas forrajeras en la
38 alimentación de vacas en sistemas de producción de leche en pequeña escala.

39 **Metodología:** Se evaluó dos ensilados de arvenses Slg-40 con un 40% de mirasol y 30%
40 de cebada, y Slg-60 con un 60% de mirasol y 40% de pastos y otras arvenses, con ensilado
41 de maíz (Slg-Mz), suplementado con 4.1 kg MS de concentrado comercial. En un cuadro
42 latino 3X3 repetido dos veces con 6 vacas y periodos de 14 días. Se evaluó la composición
43 química de los forrajes y la respuesta productiva. **Resultados:** Se reportó un contenido
44 promedio de Fibra Neutro Detergente de 650 g/kg MS, Fibra Ácido Detergente de 479
45 g/kg MS, y Proteína Cruda de 62 g/kg MS en los ensilados de arvenses; se reporta un
46 contenido de almidón de 388 g/kg MS y 289g/kg MS con niveles de energía
47 metabolizable estimada de 7 y 8 MJ/kg MS para los ensilados SLG-40 y Slg-Mz,
48 respectivamente. En la respuesta productiva se reporta un mayor contenido de grasa para
49 el tratamiento Slg-40, respecto a Slg-60, para el rendimiento de leche, proteína, lactosa,
50 nitrógeno ureico en leche, consumo de materia seca, peso vivo y condición corporal no
51 se reportaron diferencias ($p>0.05$). **Implicaciones:** Este trabajo plantea el uso de arvenses
52 como ensilado en la alimentación animal. **Conclusión:** El ensilado de arvenses demostró
53 ser una alternativa de alimentación, ante escenarios de escasas de forraje.

54 **Palabras clave:** Arvenses, *Cosmos bipinnatus*, ensilado de maíz, cebada

55

INTRODUCCIÓN

56 Los sistemas de producción en pequeña escala están relacionados directamente con la
57 seguridad alimentaria por las funciones ambientales y socioeconómicas que representan
58 (Gliessman 2014); sin embargo, su nivel de sostenibilidad se ve comprometido a nivel

Estancia Académica en la Universidad de El Salvador

En marco de las actividades Doctorales como parte del plan de trabajo a cumplir durante el Doctorado de la Estudiante Aída Gómez Miranda se planteó la realización de una estancia corta en el extranjero; la cual se llevó a cabo en la Universidad de El Salvador, en la Facultad de Ciencias Agronómicas en un lapso transcurrido del 15 de febrero al 16 mayo del 2022, cuya finalidad fue involucrarse en Actividades de la Escuela de Posgrado bajo la Tutoría del Dr. Joaquín Castro Montoya trabajando en iniciativas de acercamiento con productores de leche de pequeña mediana escala. (ANEXO 3).

Se realizaron visitas semanales a las tres zonas antes mencionadas, donde el principal objetivo fue llegar a las cooperativas e iniciar conversaciones para estrechar los lazos entre la Universidad y cada dirigente para poder tener interacciones con mayor facilidad a las unidades de producción, las visitas fueron programadas hacia la zona Occidental en las municipalidades de Ahuachapán, Santa Ana, y Sonsonate, y la zona Central en las municipalidades de Chalatenango y San Vicente límites con Cabañas y San Miguel, tal como se muestra en la figura 9 marcado con estrellas rojas los puntos de visita.



Figura 9 Mapa de el Salvador, con división política y departamentos

El objetivo de las visitas a los productores, era para realizar una posterior caracterización de los sistemas de producción de El Salvador, utilizando estas relaciones entre cooperativas, así como la relación que se tiene a través de colegas que dan asesorías ya sea de forma independiente o como parte de otras investigaciones de la universidad; en cada una de las visitas se realizaba una encuesta informal sobre aspectos relacionados a

la estructura de la unidad de producción, la conformación del hato, de forma descriptiva de las unidades de producción, recalcando los datos característicos y diferencias entre sí.

De esta investigación en campo, se realizó una diferenciación de las unidades por zona, donde las diferencias en la tecnificación de las granjas, el sistema de ordeño, la raza encontrada, la alimentación (el uso de alternativas forrajeras, como leguminosas arbóreas, morera, ensilado de pulpa de café, entre otras) fueron los puntos marcados que diferencian las unidades de producción.

Reporte de trabajo de campo

En el presente reporte se mencionan las diferencias y características de las cooperativas que se encontraron durante las visitas realizadas a las diferentes zonas.

En primer lugar, tenemos a la cooperativa:

APANC,

Ubicación: Nueva concepción Chalatenango.

Generalidades de la sociedad

Cuenta con aproximadamente 38 socios, abasteciendo de leche fría 22 productores y 2 que proveen leche caliente, en el momento de la entrevista, esto debido a que existen temporadas donde los asociados deciden vender la leche al mejor postor, buscando los mejores precios.

En esta cooperativa no es requisito ser socio para recibir la leche en la planta procesadora, así como no existe un pago preferencial o algún incentivo en la compra de leche si eres miembro de la cooperativa; la variación general en el precio de la leche suele relacionarse con la oferta - demanda por la época del año (lluvia y sequía), sin exclusividad a los socios, por tanto no hay un compromiso restrictivo sobre la entrega de la leche a la cooperativa si se encuentra un mejor postor, lo cual representa un conflicto en la cooperativa al tener una dificultad de llegar a la cantidad esperada

De forma habitual, se da un pago por calidad, de acuerdo con los componentes de la leche (grasa, proteína, sólidos totales) donde se clasifica si es tipo A, B o C, mencionando que la mayoría logra la clasificación A, otros factores que son considerados son la cantidad

de agua y pH, presencia de antibióticos (se descarta la leche sin pago al productor) y la cantidad de células somáticas.

En la época de estiaje donde la cantidad de leche producida tiende a bajar en el país, permite una flexibilidad en los requisitos para la entrega de la leche respecto a la calidad de la leche, pero no de la presencia de antibióticos, por parte de las cooperativas, y empresas procesadoras de productos lácteos.

Los beneficios de pertenecer a la cooperativa se ven reflejada en la presencia de apoyos obteniendo costos accesibles y/o créditos sobre la adquisición de maquinaria de ordeño, tanques de enfriamiento.

Se cuenta con una planta procesadora de alimentos para ganado bovino donde se elaboran concentrados con materias primas de calidad y suelen dar a precios accesibles (50¢ de dólar americano/kg)

El asesoramiento y capacitaciones para productores para un manejo adecuado de la leche, por ejemplo; buenas prácticas de ordeño, manejo inocuo de la leche, la venta de leche fría, uso correcto del tanque enfriador.

Recepción de leche:

- La media entregada por parte de los productores es de 300 litros/día, siendo el mayor productor el que entrega entre 750-1050 litros/día
- El precio de la leche es de 48 ¢ de dólar americano la botella (750ml), 64¢ el litro (13.00mxn/L)

Venta de leche y productos lácteos:

- Se encontraba dentro de un programa nacional que repartía leche en las escuelas llamado “un vaso de leche”, sin embargo, por la situación de pandemia se suspendió y no se ha renovado, se tiene una producción de quesos (6 variedades), requesón, destinando solo un 10% de la recepción de la leche para la marca propia, siendo la venta de leche el principal destino razón.

Planta de alimentos:

- Elaboran 3 tipos de concentrado, el super lechero (22% PC), lechero (18% PC), forrajero (14%PC), utilizando como materia prima, afrecho de trigo, pulimento de arroz, coquillo de almendra, soya, DDG de maíz, minerales.

Una particularidad de la zona era que la mayoría de los productores realizaba el ordeño manual, la justificación a esto es la complejidad de usar inicialmente una ordeñadora y que dependía que los trabajadores sean capaces y si existía algún cambio de personal el no utilizarla correctamente que generaba lesiones y padecimientos más frecuentes en las vacas y esto generaba una pérdida económica importante.

Sociedad Cooperativa ganadera de la zona Norte

Ubicación: Chalatenango

Generalidades de la sociedad

Como cooperativa la principal función es el acopio de la leche para un procesamiento de forma local y para su venta a empresas de mayor tamaño como “*la Salud*”, empresa que acopia un 75% del volumen de la leche a nivel nacional; no es necesario pertenecer a la cooperativa para entregar la leche a la planta procesadora de la cooperativa y tampoco existe una exclusividad de los productores por la entrega de la leche en la planta.

Uno de sus funciones es el apoyo económico a los socios, creando convenios para la adquisición de alimentos, tal como lo es con cerveceras y ocupar los subproductos de destilería, (fermentos y levaduras), también se crean un tipo de créditos en la cooperativa para la adquisición de grandes volúmenes de alimento, y ellos revendiendo a los productores abaratando los costos.

Se generan programas de apoyo para la compra de equipos como tanques enfriadores para el almacenamiento de la leche que son repartidos a los productores (pertenecen a la cooperativa) sin embargo por la falta de exclusividad de entrega de leche por temporadas, ya no se están aprovechando estos beneficios que pudieran ser utilizados por productores que si entregan la leche en la cooperativa.

El alcance de esta cooperativa se distribuye por al menos 4 departamentos, Chalatenango, Libertad, Cabañas y San Salvador

Una de las dificultades a las que se presentan en la zona es que las empresas grandes recolectoras de leche reciben la leche en peso mientras ellos entregan en volumen, por lo que existen pérdidas al momento de las conversiones, considerando ellos una desventaja que la leche producida en la zona tiene altos contenidos de grasa, y la relación el peso-volumen no les favorece, encontrando en negociaciones para cambiar esta situación.

Recepción de la leche

- La leche recibida se analiza por la composición fisicoquímica, presencia de antibióticos, células somáticas y es clasificada dando un pago por calidad.
- Los gastos de recolección de la leche principalmente el transporte, es absorbido por la cooperativa y esto permite mantener un precio constante a todos los productores sin importar la distancia.
- La falta de exclusividad en la entrega de leche genera una pérdida de productores y por tanto se reduce la cantidad de leche que se maneja, esto se manifiesta sobre todo en la época de sequía ya que existe una demanda de leche en el mercado encontrando una variación de precios que incitan la venta de forma externa, generando una pérdida a la cooperativa.

Centro Nacional de Tecnología agropecuaria y Forestal (CENTA)

El CENTA ubicado en San Vicente, es el punto de contacto para una cooperativa en la zona

Generalidades de la cooperativa

Se encuentra compuesta por 19 productores, diferenciándose de las otras cooperativas por tener como requisito pertenecer a la cooperativa para poder entregar la leche, teniendo que pasar por un proceso de prueba de un año, donde se delimitará la cantidad de leche a entregar a lo largo del año, sin importar si es temporada de lluvias o sequía, tratando de mantener un precio fijo.

En caso de que los productores decidan vender menos leche en la época donde en el mercado los precios de la compra de leche han subido, la cantidad que entreguen en la cooperativa será la misma que se reciba en la época de lluvias, buscando seriedad y constancia por parte de los socios

Al igual que las otras cooperativas se realizan pruebas determinar la composición fisicoquímica de la leche, así como la prueba de reductasa para la detección de antibióticos.

Unidades de producción de Leche EL Salvador

UPP1: Las palmitas 1- 03-2022 Sonsonate

Tipo de sistema: Intensivo, estabulación

Razas: Holstein

Ordeños: 3

Manejo reproductivo: La edad al primer servicio va de los 13 a 15 meses, considerando otros factores aparte de la edad como peso y altura, cuando se cumplen mínimo dos de estos parámetros se procede al primer servicio

Manejo del hato: Existe una separación en corrales de acuerdo a la etapa productiva en la que se encuentren

- Preñadas
 - Primíparas,
 - Multíparas
 - Próximas al parto
- Vacías
- Recién paridas (principalmente para un monitoreo)
- También son separadas por su nivel de producción láctea
- Las novillas de primer parto son separadas por su tamaño y evitar problemas de jerarquía y mantener la producción

El promedio de vida productiva de las vacas en el hato es de 4 lactaciones por vaca

Bienestar: Existe un manejo para el estrés calórico, mediante la utilización de ventiladores y rociadores de agua, los cuales están temporizados, cuentan con un manejo de drenaje eficiente para que este excedente de agua no se estanque.

Utilizan arena de mar como echaderos en las becerras como una forma de mantener higiene en estas áreas por las características de la arena.

Alimentación: Las dietas son realizadas de acuerdo a la etapa productiva, pero constan principalmente de estos elementos:

- Forraje fresco picado (gramíneas, morera)
- Ensilado maíz, sorgo
- Concentrado elaborado a partir de maíz, soya, melaza subproductos de destilería y minerales
- Pulpa de cítricos
- Heno de pasto

Los pastos que son administrados son tropicales.

Las raciones son divididas 5 veces al día

En la época de lluvias el forraje que se provee es verde picado, mientras que para la época de sequía se utiliza el ensilado, siempre suplementado con concentrado, independiendo de la época, se alimenta suministrando 5 raciones al día.

Para la alimentación de las becerras se suministra una combinación de leche y sustituto.

Observaciones generales

Las condiciones físicas del ganado observadas son buenas, con una adecuada condición corporal (3-3.5).

Solo mantienen a las becerras en la unidad de producción, los machos son vendidos a muy temprana edad.

La identificación interna se da principalmente por los trabajadores que pueden ubicar a cada animal, a pesar de que cuentan con un registro interno que se lleva tatuando a los animales en la oreja, es más sencillos para ellos llevarlo de esta forma.

La superficie aproximada de la Unidad de producción es de 54 manzanas* (37.8 ha), contando la superficie para cultivo y de infraestructura.

UPP2: Sonsonate

Tipo de sistema: Intensivo, estabulado

Raza: Holstein,

Manejo reproductivo: Se realizan diagnósticos de gestación usando ultrasonido a los 27 días post -inseminación en novillas y 35 días a vacas multíparas, contratando personal preparado para estos diagnósticos.

Manejo del hato: Tienen una separación en corrales de acuerdo a la etapa productiva y números de partos que se encuentren, similar a lo encontrado en la unidad de producción anterior.

El rendimiento promedio es de 28 botellas/vaca/día (21 l/vaca/día) con 216 animales en producción ,

Bienestar: El manejo para el estrés calórico, se realiza con ventiladores y rociadores de agua, temporizados, sin embargo el sistema de desagüe no es tan eficiente porque se podía observar varias zonas con encharcamientos, a nivel de corrales y en distintas áreas de la unidad de producción.

Alimentación: La alimentación es una ración totalmente mezclada a base de:

- Ensilaje de maíz
- Pastos
- Concentrado
 - Maíz
 - Soya
 - Minerales
 - levaduras
 - *Suaci* (grasa de sobrepaso)
- Como alternativa forrajera tienen una adición de morera (*Morus alba*) como aporte extra de proteína (15 -21%)

UPP3 (zona norte)

Tipo de sistema: Intensivo, mediana escala

Razas: Holstein, Brown Swiss, y encastes con razas de *bos indicus* *

*La tendencia a cambiar la raza especializada como lo es Holstein, nos comenta que principalmente es por las afecciones a las que se someten en las condiciones climáticas, pues su resistencia les genera pérdidas económicas.

Manejo del hato: El manejo es similar en todas las etapas productivas, el lugar donde hay una ligera diferencia es en la administración del concentrado que se realiza al mismo tiempo que el ordeño y difiere de acuerdo con la etapa productiva.

Se realizan dos ordeñas de forma mecánica en una sala de ordeña con posibilidades de ampliar la capacidad para una mayor eficiencia.

La calidad de leche que se produce es clase A

Alimentación: La dieta cambia respecto a la temporada del año, siendo en la época de estiaje el uso de forrajes conservados en forma de ensilado, además de contar con terrenos de cultivo para maíz, sorgo.

La alimentación está basada en:

- Sorgo
- Ensilado de maíz
- Granza de cerveza ensilada (para dar la misma cantidad de materia fresca, llevando un control de lo que se administra)
- Levadura de cerveza (es administrada de acuerdo a la calidad de la que se entregue, se hace el cálculo dependiendo de la concentración se hace una dilución ya que cuenta con un 26% de PC, y evitar problemas metabólicos)

Se ve una iniciativa de búsqueda de alternativas para la alimentación debido a que existen escases de insumos o encarecen

UPP4 (Atiquizaya) 22/ 03/ 2022

Tipo de sistema: Unidad de producción de leche especializada en el desarrollo de novillas para venta

Razas: Holstein

Manejo del hato: La división del hato está bien marcada, pero se especializan en la crianza de terneras, para remplazo y venta.

Realizan un monitoreo de crecimiento iniciando con el peso y altura al nacimiento, alimentación administrada por día, con observaciones durante todo su permanencia y un registro de peso y altura al destete.

Alimentación: Están asesorados por una empresa llamada PROFIL

UPP5 (San Vicente)

Tipo de sistema: Unidad de producción de leche

Se realizó una visita a una unidad de producción cuyas características no son necesariamente representativas, pero sí un buen ejemplo de cuáles son las adversidades a las que se desarrolla estos sistemas de producción en la municipalidad de San Vicente.

Tipo de sistema: producción de leche intensivo con agostaderos silvopastoriles.

Las condiciones territoriales son muy adversas, donde la cantidad de tierra cultivable es muy pequeña y tienen que adquirir forrajes y alimentos de otras tierras de cultivo de las zonas cercanas a los embalses.

Razas: Holstein, Jersey y encastes con razas cebús

Alimentación: La alimentación se basa en la administración de concentrados, bagazo de cerveza, ensilados de sorgo y maíz.

En la zona cuentan con árboles como el carbón negro (*Mimosa tenuiflora*), y el morro (*Crescentia alata*) como parte de la vegetación que son utilizados para sombra, donde los animales se mantienen en los momentos más calurosos del día, además de servir como fuente de alimento.

Características del sistema de producción: Han implementado estrategias para la captación de agua mediante reservorios artificiales, gracias al tipo de tierra, les permite conservar una gran cantidad de agua durante la época de sequía, no permiten el acceso directo de los animales para evitar contaminación.

Las inversiones iniciales suelen ser muy grandes, pero notan los beneficios que esto genera y en esta zona es una práctica habitual para los sistemas de producción.

Las vacas tienen una duración en el hato media de 5 lactancias, sin embargo, se tienen animales con hasta 7 u 8 lactancias, con un buen rendimiento productivo y sin percibir un deterioro físico aparente, esto puede atribuirse a las condiciones fitosanitarias en las que los animales se encuentran

Una característica de esta unidad de producción es la salud que se aprecia en los animales desde la ausencia de parásitos externos como las garrapatas, hasta un aparente estado de confort ante las condiciones ambientales (tal como la ausencia de sudoración o incremento en la frecuencia respiratoria, como ejemplos), una condición corporal de 3-3.5, contando solo con medidas naturales como el uso de árbol sombra a diferencia de las otras zonas.

Los problemas de salud más comunes es la presencia de mastitis durante los meses más lluviosos.

Figura 3 Visita a productores en San Vicente (Ejemplar Semental)



Propietario de la unidad en el hato con el semental

UPP 6 Ahuachapan

Tipo de sistema: Estabulado, intensivo

Raza: Holstein, Jersey y encaste con Archard

Manejo de hato: Se encuentra separado por etapa productiva.

Se realiza inseminación, comenta que ha dejado de utilizar el semen sexado porque las condiciones nutricionales del hato no lo hacen rentable, ya que en la época de

Actualmente cuenta con 180—150 vacas en ordeño, con una producción media de 20-25 botellas/ vaca (15-19 l/vaca)

Bienestar: mantienen ventiladores y rociadores con temporizador (aproximadamente cada 15 min, con una duración de 20 segundos), se presentan situaciones de los corrales en malas condiciones, que podría mejorar.

La condición corporal de las vacas se encontraba en 1.5-3.5,

Alimentación:

- Forraje fresco (pastos) Pennisetum purpureum
- Pulpa de café (ensilada) con melaza y aditivos: tiene como características hasta un 10%PC, y menciona que después del 4to mes de ensilaje, es más digestible la fibra y solo agrega hasta un 20% de la ración, suele presentar un poco de adicción por parte de las vacas.
- Rastrojo de maíz ensilado: como una forma de mejorar la calidad a este forraje en el momento del ensilado se adiciona maíz molido
- Ensilado de maíz: para proveer el maíz son sembradas 50 manzanas (35 ha) de temporal y 6 manzanas (4.2 ha) con riego, y tiende a cosechar antes de tiempo para poder tener forraje lo antes posible, esto ocasiona que el ensilado obtenido no tenga la mejor calidad.

La búsqueda de alternativas forrajeras que han implementado es principalmente por la escasez de alimentos en la época de estiaje, sin embargo, una de las limitantes para implementarlas en la unidad de producción es la alta dependencia a las empresas con las que colaboran para la realización de las dietas, pues al buscar alternativas forrajeras que ellos no manejan se ven obligados a regresar a los ingredientes ya establecidos.

Notas: Utiliza el estiércol como abono, para lo cual le da un manejo de compostaje adicionando algo de melaza, urea y pulpa, dejando reposar durante dos meses, y ha notado un enriquecimiento de la tierra.

Información adicional

Las unidades de producción cuentan con diversas fuentes de asesoramiento, que vienen del sector privado (profesionistas del sector agropecuarias o empresas privadas como PROFIL -Nutrotal) y públicas (Universidad de El Salvador, o el CENTA), quienes pueden estar conectadas directamente con los productores o tener la relación a través de las cooperativas.

Los servicios ofrecidos son:

- Elaboración de dietas específicas (nutrición de precisión)
- Monitoreo de crecimiento
- Investigación sobre alternativas alimentarias para el ganado (forraje, suplementos, concentrados)
- Asesoramiento
 - Producción
 - Salud
 - Registros
 - Parámetros productivos
 - Parámetros de crecimiento
 - Parámetros reproductivos
 - Manejo de hato

Manejo

De acuerdo a la zona, existe una variación en la prestación de estos servicios, mediante el uso de programas digitales para el manejo de su hato como VAMPP, donde llevan registros productivos, reproductivos y generales del hato

Figura 10 Visita a Unidades de producción especializada



De igual forma se describieron las cooperativas visitadas, cuyas diferencias son marcadas por la zona, el tamaño y la demanda de la compra y venta de leche; siendo la problemática en común los precios de recepción de la leche. El objetivo de las cooperativas es la recolección y distribución de la leche, dependiendo de las cooperativas, algunas cuentan con un planta procesadora para vender productos con marca registrada, aunque aún la mayoría de la leche es vendida a empresas de mayor alcance, entre otros beneficios de pertenecer a una cooperativa, esta la adquisición de materias primas para la elaboración de concentrados, que son vendidos a precios accesibles a los integrantes, crean convenios para la adquisición de maquinarias.

Cada cooperativa tiene diferencias relacionadas con la zona, ya sea por las condiciones climáticas o por si es considerada un zona lechera o no.

Como resultados generales se toma como éxito el inicio de las relaciones entre las cooperativas, los productores, y la universidad, en especial con la escuela de posgrado, se tomaron en cuenta los puntos buscados por parte de la universidad y lo que buscan las cooperativas para trabajar en conjunto.

Fue una estancia productiva de forma profesional, ya que se enriquecieron las habilidades de contacto con los productores, se observaron y analizaron situaciones diferentes y se tomaron puntos que pueden ser reproducidos en México, en relación con la estructura de una cooperativa y como puede funcionar recreando las situaciones en México.

Figura 11 Entrevista a productores en la zona de Occidente



Dr. Joaquín Castro a la Izquierda, productor a la derecha

Se realizaron actividades como parte del trabajo de oficina, que iban en la entrega de reportes, la asistencia clases de estadística, búsqueda de información y se involucró de forma activa en la creación de bases de datos de curvas de lactancia mediante el uso de un programa de manejo de granjas.

Figura 3 Salida a campo San Vicente



Conclusiones generales

El cultivo de cebada en el altiplano central de México tiene un gran potencial para poder ser utilizado en sistemas de producción de leche en pequeña escala, tras la culminación de estos estudios que dan resultados alentadores sobre el momento adecuado del inicio del pastoreo, tanto en la respuesta productiva como en su viabilidad económica, ya que este es el punto débil de la sustentabilidad de estos sistemas agropecuarios.

Si bien las condiciones ambientales favorecieron un crecimiento excesivo de arvenses en los cultivos, esto permitió la realización de una evaluación de estas plantas sobre el impacto que tienen los cultivos de temporal, la calidad nutricional que pueden tener este tipo de forrajes conservado mediante el ensilaje, convirtiéndose en un ensilado multi-especie por la variedad de especies incluida la cebada y la diversidad de arvenses encontradas en los cultivos durante los experimentos cuya información es escasa o nula o incompleta aún, lo que aporta información de interés para futuras investigaciones.

Teniendo como resultado principal, que los ensilados de arvenses pueden ser un forraje competitivo, tanto en la calidad nutricional sin diferencias en la respuesta productiva entre los tratamientos y presentando una gran opción como una alternativa económicamente viable, principalmente en la época de estiaje, donde como práctica habitual implica la compra de insumos externos

Referencias bibliográficas

- Aamir Iqbal, M., Ali, S., El Sabagh, A., Ahmad, Z. and H. Siddiqui, M., 2020. Changing Climate and Advances on Weeds Utilization as Forage: Provisions, Nutritional Quality and Implications In: Invasive Species - Introduction Pathways, Economic Impact, and Possible Management Options, (IntechOpen)
- Addah, W., Baah, J., Okine, E.K., Owens, F.N., McAllister, T.A., 2014. Effects of chop-length and a ferulic acid esterase-producing inoculant on fermentation and aerobic stability of barley silage, and growth performance of finishing feedlot steers. *Anim. Feed Sci. Technol.* 197, 34–46. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.012>
- Améndola-Massiotti, R.D., Castillo-Gallegos, E., Martínez-Hernández, P.A., 2005. *Perfiles por País del Recurso Pastura/ FORRAJE.*
- Arriaga-Jordán, C.M., Albarrán-Portillo, B., Espinoza-Ortega, A., García-Martínez, A., Castelán-Ortega, O.A., 2002. On-farm comparison of feeding strategies based on forages for small-scale dairy production systems in the highlands of Central Mexico. *Exp. Agric.* 38, 375–388. <https://doi.org/10.1017/S0014479702000418>
- Baron, V.S., Doce, R.R., Basarab, J., Dick, C., 2014. Swath grazing triticale and corn compared to barley and a traditional winter feeding method in central Alberta. *Can. J. Plant Sci.* 94, 1125–1137. <https://doi.org/10.4141/CJPS2013-412>
- Benchaar, C., Hassanat, F., Gervais, R., Chouinard, P.Y., Petit, H. V., Massé, D.I., 2014. Methane production, digestion, ruminal fermentation, nitrogen balance, and milk production of cows fed corn silage- or barley silage-based diets. *J. Dairy Sci.* 97, 961–974. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7122>
- Blattner, F.R., 2018. Taxonomy of the Genus *Hordeum* and Barley (*Hordeum vulgare*), in: Rossini, L., Muehlbauer, G.J., Okagaki, R. (Eds.), *The Barley Genome*. Springer International Publishing, pp. 11–23. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-92528-8>
- Burbano-Muñoz, V.A., López-González, F., Estrada-Flores, J.G., Sainz-Sánchez, P.A., Arriaga-Jordán, C.M., 2018. Oat silage for grazing dairy cows in small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico. *African J. Range Forage Sci.* 35, 63–70. <https://doi.org/10.2989/10220119.2018.1473493>
- Camacho-Vera, J.H., Cervantes-Escoto, F., Palacios-Rangel, M.I., Rosales-Noriega, F., Vargas-Canales, J.M., 2017. Factores determinantes del rendimiento en unidades de producción de lechería familiar. *Rev. Mex. Ciencias Pecu.* 8, 23–29. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i1.4313>
- CHANEY, A.L., MARBACH, E.P., 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clin. Chem.* 8, 130–132.
- Colín, M., Víctor, R., Zamora, M., Alejandro, V., Lozano, J., Martínez, G., María, Z., AIDA GOMEZ MIRANDA

- Torres, A., Selección, C.Y., Genotipos, D.E.N., Forrajera, C., El, P. and Centro, N.Y., 2007. Caracterización y selección de nuevos genotipos imberbes de cebada forrajera para el norte y centro de México *Técnica Pecuaria en México*, 45, 249–262
- De Ruiter, J.M., Hanson, R., Hay, A.S., Armstrong, K.W., Harrison-Kirk, R.D., 2002. Whole-crop cereals for grazing and silage: balancing quality and quantity. *Proc. New Zeal. Grassl. Assoc.* 64, 181–189.
- de Vries, M., de Boer, I.J.M., 2010. Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. *Livest. Sci.* 128, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.11.007>
- Dubeux, J.C.B., Dilorenzo, N., Blount, A., Mackowiak, C., Santos, E.R.S., Silva, H.M.S., Ruiz-Moreno, M. and Schulmeister, T., 2016. Animal performance and pasture characteristics on cool-season annual grass mixtures in North Florida *Crop Science*, 56, 2841–2852 (Crop Science Society of America)
- Espinoza-Ortega, A., Espinoza-Ayala, E., Bastida-lopez, J., Castenada- Martinez, T., Arriaga-Jordan, C., 2007. Small scale dairy farming in the highland of central Mexico; technical economic and social aspects and their impacts on poverty. *Exp. Agric.* 43, 241–256. <https://doi.org/10.1017/S0014479706004613>
- Fadul-Pacheco, L., Wattiaux, M.A., Espinoza-Ortega, A., Sánchez-Vera, E., Arriaga-Jordán, C.M., 2013. Evaluation of sustainability of smallholder dairy production systems in the highlands of Mexico during the rainy season. *Agroecol. Sustain. Food Syst.* 37, 882–901. <https://doi.org/10.1080/21683565.2013.775990>
- FAO-Food and Agriculture Organization, 2019. Producción y productos lácteos: Portal lácteo [WWW Document]. Portal Lácteo. URL <http://www.fao.org/dairy-production-products/es/> (accessed 11.15.19).
- FAO, 2019a. Producción y productos lácteos: Cuestiones sociales y de género [WWW Document]. Portal Lácteo. URL <http://www.fao.org/dairy-production-products/socio-economics/social-and-gender-issues/es/> (accessed 11.15.19).
- FAO, 2019b. Food Outlook- Biannual Report on Global Food Markets. Rome.
- FAOSTAT, 2019. FAOSTAT [WWW Document]. 2019. URL <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (accessed 11.12.19).
- Farahani, S.M. and Chaichi, M.R., 2013. Whole Forage Barley Crop Quality as Affected by Different Deficit Irrigation and Fertilizing Systems. *Communications in Soil Science & Plant Analysis*, 44, 2961–2973
- Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., Tempio, G., 2013. Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería – Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación. Organización de

las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO), Rome, Italy.

Gliessman, S., 2014. The International Year of Family Farming Agroecology and Sustainable Food Systems, 38, 503–504

Gómez-Miranda, A., Estrada-Flores, J.G., Morales-Almaraz, E., López-González, F., Flores-Calvete, G. and Arriaga-Jordán, C.M., 2020. Barley or black oat silages in feeding strategies for small-scale dairy systems in the highlands of Mexico Canadian Journal of Animal Science, 100, 221–227

Guadarrama-Estrada, J., Espinoza-Ortega, A., González-Esquivel, C.E., Arriaga-Jordán, C.M., 2007. Inclusion of maize or oats-vetch silage for grazing dairy cows in small-scale campesino systems in the highlands of central Mexico. J. Appl. Anim. Res. 32, 19–23. <https://doi.org/10.1080/09712119.2007.9706839>

He, M.L., McAllister, T.A., Kastelic, J.P., Mir, P.S., Aalhus, J.L., Dugan, M.E.R., Aldai, N., McKinnon, J.J., 2012. Feeding flaxseed in grass hay and barley silage diets to beef cows increases alpha-linolenic acid and its biohydrogenation intermediates in subcutaneous fat. J. Anim. Sci. 90, 592–604. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4281>

Hemme, T., et al., 2007. IFCN Dairy Report 2007, International Farm Comparison Network. IFCN DAiry Research Center, Kiel, Germany.

Herrero, M., Grace, D., Njuki, J., Johnson, N., Enahoro, D., Silvestri, S., Rufino, M.C., 2013. The roles of livestock in developing countries. Animal 7, 3–18. <https://doi.org/10.1017/S1751731112001954>

Horsley, R.D., Franckowiak, J.D., Schwarz, P.B., 2009. barley, in: Carena, M.J. (Ed.), Cereals. pp. 227–250. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-72297-9>

Hu, C. and Qi, Y.C., 2011. Soil biological and biochemical quality of wheat-maize cropping system in long-term fertilizer experiments Experimental Agriculture, 47, 593–608

INEGI, 2019. México en Cifras [WWW Document]. URL <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/> (accessed 11.5.19).

Juskiw, P.E., Helm, J.H. and Salmon, D.F., 2000. Forage Yield and Quality for Monocrops and Mixtures of Small Grain Cereals Crop Science Society of America, 40

AIDA GOMEZ MIRANDA

- Kaiser, A.G., Piltz, J.W., Burns, H.M. and Griffiths, N.W., 2004. Successful Silage Editors,
- Khan, N.A., Farooq, M.W., Ali, M., Suleman, M., Ahmad, N., Sulaiman, S.M., Cone, J.W., Hendriks, W.H., 2015. EFFECT OF SPECIES AND HARVEST MATURITY ON THE FATTY ACIDS PROFILE OF TROPICAL FORAGES. *J. Anim. Plant Sci* 25, 739–746.
- Kim, D.H., Amanullah, S.M., Lee, H.J., Joo, Y.H., Han, O.K., Adesogan, A.T., Kim, S.C., 2018. Effects of hybrid and bacterial inoculation on fermentation quality and fatty acid profile of barley silage. *Anim. Sci. J.* 89, 140–148. <https://doi.org/10.1111/asj.12923>
- Lemaire, G., Franzluebbers, A., Carvalho, P.C. de F. and Dedieu, B., 2014. Integrated crop-livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 190, 4–8
- Lopez Bellido, L., 1991. *Cereales, Cultivos herbaceos vol. I*, vol I. ed. Mundi-Prensa, madrid.
- Midmore, P., & Whittaker, J. (2000). Economics for sustainable rural systems. *Ecological economics*, 35(2), 173-189.
- Newton, A.C., Flavell, A.J., George, T.S., Leat, P., Mullholland, B., Ramsay, L., Revoredo-Giha, C., Russell, J., Steffenson, B.J., Swanston, J.S., Thomas, W.T.B., Waugh, R., White, P.J., Bingham, I.J., 2011. Crops that feed the world 4. Barley: a resilient crop? Strengths and weaknesses in the context of food security. *Food Secur.* 3, 141–178. <https://doi.org/10.1007/s12571-011-0126-3>
- Nikkhah, A., 2013. Barley forages for modern global ruminant agriculture: A review. *Russ. Agric. Sci.* 39, 206–213. <https://doi.org/10.3103/s1068367413030038>
- OECD-FAO, 2018. Chapter 7 . Dairy and dairy products, in: *OECD-FAO Agricultural Outlook 2018-2027*. pp. 163–174.
- Oude Elferink, S.J.W.H., Driehuis, F., Gottschal, J.C., Spoelstra, S.F., 2001. Los procesos de fermentación del ensilaje y su manipulación, in: *Uso Del Ensilaje En El Trópico Privilegiando Opciones Para Pequeños Campesinos*. FAO.

- Payne, T.S., Amri, A., Humeid, B., Rukhkyan, N., 2008. Guías para la regeneración de germoplasma: cereales de grano pequeño., in: Dulloo, M.E., Thormann, I., Jorge, M.A., Hanson, J. (Eds.), *Crop Specific Regeneration Guidelines*. CGIAR System-wide Genetic Resource Programme (SGRP), Rome, Italy, p. 12.
- Pecchioni, N., Kosová, K., Vítámvás, P., Prášil, I.T., Milc, J.A., Francia, E., Gulyás, Z., Kocsy, G., Galiba, G., Abstract, 2014. Genomics of Low-Temperature Tolerance for an Increased Sustainability of Wheat and Barley Production, in: Swaminathan, M.S., Phillips, R.L. (Eds.), *Genomics of Plant Genetic Resources: Volume 2. Crop Productivity, Food Security and Nutritional Quality*. pp. 149–183. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7575-6>
- Pincay-Figueroa, P.E., López-González, F., Velarde-Guillén, J., Heredia-Nava, D., Martínez-Castañeda, F.E., Vicente, F., Martínez-Fernández, A., Arriaga-Jordán, C.M., 2016. Cut and carry vs. grazing of cultivated pastures in smallscale dairy systems in the central highlands of Mexico. *J. Agric. Environ. Int. Dev.* 110, 349–363. <https://doi.org/10.12895/jaeid.20162.496>
- Preston, N.G., Nair, J.K., Yu, P., Christensen, D.A., McKinnon, J.J., McAllister, T.A., 2017. Ensiling barley cultivars selected for varied levels of in vitro neutral detergent fiber digestibility in mini and bunker silos to evaluate effects on fermentation. *Can. J. Anim. Sci.* 97, 314–327. <https://doi.org/10.1139/cjas-2016-0106>
- Pulina, G., Francesconi, A.H.D., Stefanon, B., Sevi, A., Calamari, L., Lacetera, N., Dell'Orto, V., Pilla, F., Marsan, P.A., Mele, M., Rossi, F., Bertoni, G., Crovetto, G.M. and Ronchi, B., 2017. Sustainable ruminant production to help feed the planet *Italian Journal of Animal Science*, 16, 140–171
- Rico, M.C., Villa, V.M.Z., Tapia, M.A.T. and Sánchez, M.A.J., 2009. Producción y valor nutritivo de genotipos imberbes de cebada forrajera en la Región Lagunera de México *Tecnica Pecuaria en Mexico*, 47, 27–40
- Rojas-Downing, M.M., Nejadhashemi, A.P., Harrigan, T., Woznicki, S.A., 2017. Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Clim. Risk Manag.* 16, 145–163. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2017.02.001>
- Royo, C., Lòpez, A., Serra, J., Tribò, F., 1997. Effect of sowing date and cutting stage on yield and quality of irrigated barley and triticale used for forage and grain. *J. Agron.*

Crop Sci. 179, 227–234.

Sadeghpour, A., Jahanzad, E., Esmaceli, 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 (Elsevier B.V.)

Sanderson, M.A., Soder, K.J., Muller, L.D., Klement, K.D., Skinner, R.H. and Goslee, S.C., 2005. Forage mixture productivity and botanical composition in pastures grazed by dairy cattle Agronomy Journal, 97, 1465–1471

SIAP, 2019. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Anuario estadístico de la producción Agrícola [WWW Document]. SIAP. URL <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (accessed 11.5.19).

Stroup, W.W., Hildebrand, P.E. and Francis, C.C., 1993. Farmer Participation for More Effective Research in Sustainable Agriculture In: J. Ragland and R. Lai (eds), Technologies for sustainable agriculture in the tropics, (American society of Agronomy Inc. Crop Science Society of America Inc. Soil Society of America Inc.: Madison, Wisconsin, USA), 153–186

Thornton, P.K., van de Steeg, J., Notenbaert, A. and Herrero, M., 2009. The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know Agricultural Systems, 101, 113–127 (Elsevier Ltd)

Wilson García, C.Y., Hernández Garay, A., Cerrilla, M.E.O., Castañeda, C.L., Gama, R.B., Ramírez, J.L.Z. and Osorio, G.A., 2017. Growth analysis of three lines of barley for forage production, in the valley of Mexico Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, 49, 79–92

Yau, S.K., 2003. Yields of early planted barley after clipping or grazing in a semiarid area Agronomy Journal, 95, 821–827

Zadoks, J.C., Chang, T.T. and Konzak, C.F., 1974. A decimal code for the growth stages of cereals Weed Research, 14, 415–421

Zamora Díaz, M.R., Pérez Ruiz, J.A., Huerta Zurita, R., López Cano, M.L., Gómez AIDA GOMEZ MIRANDA

Mercado, R., Rojas Martínez, I., 2017. Maravilla : variedad de cebada forrajera para Valles Altos de México * Maravilla : a variety of forage barley for High Valleys of Mexico Resumen. Rev. Mex. Ciencias Agrícolas 8, 1449–1454.