

COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN
CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS CAMPECHE

POSTGRADO EN BIOPROSPECCIÓN Y SUSTENTABILIDAD
AGRÍCOLA EN EL TRÓPICO

**USO DEL RESIDUO DE *Cucurbita argyrosperma* Huber
EN LA ALIMENTACIÓN DE VACAS DE DOBLE PROPÓSITO Y
SU EFECTO EN LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LA
LECHE**

LAURA PATRICIA VALDEZ ARJONA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRA EN CIENCIAS

Sihochac, Champotón, Campeche

202



®

COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

MÉXICO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSI-TABASCO-VERACRUZ-CÓRDOBA-CAMPECHE

CAMPUS CAMPECHE
SUBDIRECCIÓN DE EDUCACION

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el(la) que suscribe Laura Patricia Valdez Arjona, Alumno(a) de esta institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor Dra. Mónica Ramírez Mella , por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis Uso del residuo de Cucurbita argyrosperma Huber en la alimentación de vacas de doble propósito y su efecto en la producción y composición de la leche y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos que se pueden derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y El que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta institución.

Sihochac, Champotón, Campeche a 13 de febrero de 2020.

Firma

Vo.Bo. del Consejero o Director de Tesis

USO DEL RESIDUO DE *Cucurbita argyrosperma* Huber EN LA ALIMENTACIÓN DE VACAS DE DOBLE PROPÓSITO Y SU EFECTO EN LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LA LECHE

LAURA PATRICIA VALDEZ ARJONA M.C.

Colegio de Pstgraduados, 2020

RESUMEN

México ocupa el séptimo y octavo lugar en el inventario mundial de bovinos y producción de leche de vaca, respectivamente. A nivel nacional Campeche se encuentra en el vigésimo tercer lugar en producción láctea. La leche es uno de los alimentos más completos que existen para el ser humano al ser fuente de macro y micronutrientes; contribuyendo a la seguridad alimentaria de la población. De hecho, se espera un incremento en la demanda de alimentos de origen animal provocado por el incremento de la población humana. Sin embargo, los sistemas de producción ganadera se enfrentan a grandes problemas, entre ellos la escasez de forraje para alimentar al ganado. Por lo tanto, para contribuir de manera sostenible la seguridad alimentaria y evitar la competencia entre los alimentos de consumo humano-animal, los sistemas de producción animal tienen el reto de aumentar los niveles de producción reduciendo su impacto ambiental. Una opción es utilizar los desperdicios vegetales, los cuales no son aptos para consumo humano. Con ello se disminuye la competencia entre la alimentación humana-animal y se benefician al medio ambiente, evitando la contaminación por descomposición. Actualmente existen estudios sobre el efecto de residuos de frutas y vegetales en diferentes especies de animales. Estos residuos contienen nutrientes que pueden ser benéficos para la salud de los animales y pueden usarse como parte de la dieta del ganado, reemplazando otros ingredientes. Una alternativa es el uso de residuo de *Cucurbita argyrosperma* Huber, especie de calabaza cultivada en Campeche cuyo objetivo es la obtención de semilla; sin embargo, al resto de la calabaza (cáscara y pulpa) no se le da ningún uso. En la actualidad se desconocen los efectos y

beneficios nutrimentales que se pueden obtener utilizando esta calabaza como alimento para animales. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de un ensilado elaborado con residuos de *Cucurbita argyrosperma* Huber en la producción y composición de leche de vacas de doble propósito en el estado de Campeche. La tesis se divide en tres capítulos. En el primero se evaluaron las características físico-químicas de microsilos elaborados con residuo de *Cucurbita argyrosperma* Huber. Los tratamientos fueron T1: 77%, T2: 71%, T3: 65% y T4: 59% de residuo de *Cucurbita argyrosperma* Huber, de tal manera que el contenido de MS fuera de 25%, 30%, 35% y 40%, respectivamente. Las variables evaluadas fueron pH, temperatura, MS, C, PC, FDN, FDA, EE y AGVS, así como olor, textura y humedad como parte de una evaluación organoléptica. Los resultados obtenidos mostraron que el contenido de MS fue muy cercano al esperado (T1: 27.35%, T2: 29.67%, T3: 34.21%, y T4: 41.81%). Aunque hubo diferencias significativas ($P<0.05$) en el pH y la temperatura; los valores fueron aceptables (en promedio 4.18 y 29.15°C, respectivamente), indicando que el proceso de ensilaje fue el adecuado. También hubo diferencias significativas ($P<0.05$) en el contenido de C, PC y FDN; no obstante, el contenido de PC fue bajo (entre 2.7% y 3.8%) en todos los tratamientos. Respecto a la evaluación organoléptica, los cuatro tratamientos tuvieron diferencias significativas ($P<0.05$); sin embargo, la calificación promedio se consideró como buena. En el Capítulo 2 se evaluó la preferencia de consumo de los ensilados mencionados en el Capítulo 1 en bovinos. No hubo diferencias significativas ($P>0.05$) en la preferencia de consumo de los ensilados; sin embargo, numéricamente el consumo aumentó a medida que el contenido de residuo de *Cucurbita argyrosperma* Huber en los ensilados aumentaba. Por último, en el Capítulo 3 se evaluó el consumo de ensilado de residuo de *Cucurbita argyrosperma* Huber y su efecto en la producción y composición de la leche de vacas de doble propósito. Se evaluaron dos tratamientos: T1: ensilado de maíz y T2: ensilado de residuo de *Cucurbita argyrosperma* Huber. El T2 se elaboró de acuerdo al tratamiento T1 mencionado en el capítulo 1 con 77% de residuo de *Cucurbita argyrosperma* Huber. Aunque en el consumo de los ensilados fue diferente entre tratamientos ($P<0.05$) (T1: 3.4 kg y T2: 2.2. kg vaca⁻¹ día⁻¹), no hubo diferencias

significativas ($P > 0.05$) con respecto a la producción y composición de la leche. Con base en los resultados anteriores, se concluye que es factible elaborar ensilados con residuo de *Cucurbita argyrosperma* Huber, los cuales son una alternativa más de alimentación para las vacas de doble propósito del estado de Campeche, ya que no afectan la producción y composición de la leche.

Palabras clave: Desperdicios vegetales, Calabaza, Chihua, Ensilado, Rumiante.

**USE OF THE RESIDUE OF *Cucurbita argyrosperma* Huber IN THE FEEDING OF
DOUBLE PURPOSE COWS AND THEIR EFFECT ON THE PRODUCTION AND
COMPOSITION OF MILK**

LAURA PATRICIA VALDEZ ARJONA M.C.

Colegio de Pstgraduados, 2020

ABSTRACT

Mexico ranks seventh and eighth in the world inventory of cattle and cow's milk production, respectively. Nationally, Campeche is in the twenty-third place in dairy production. Milk is one of the most complete foods for humans as a source of macro and micronutrients; contributing to the food security of the population. In fact, an increase in the demand for food of animal origin caused by the increase in the human population is expected. However, livestock production systems face major problems, including shortage of fodder to feed livestock. Therefore, in order to contribute sustainably to food security and avoid competition between human-animal foods, animal production systems are challenged to increase production levels by reducing their environmental impact. An option is to use plant residues, which is not suitable for human consumption. This reduces competition between human-animal feeding and benefits the environment, preventing contamination by decomposition. There are studies on the effect of residues of fruits and vegetables on different species of animals. These residues contain nutrients that can be beneficial to the health of animals and can be used as part of the livestock diet, replacing other ingredients. An alternative is the use of *Cucurbita argyrosperma* Huber residue, a specie of pumpkin grown in Campeche whose objective is to obtain seed; however, the rest of the pumpkin (peel and pulp) is not given any use. At present the effects and nutritional benefits that can be obtained using this pumpkin as animal feed are unknown. Therefore, the objective of this research was to evaluate the effect of a silage made with residues of *Cucurbita argyrosperma* Huber in the production and composition of milk from dual-purpose cows in Campeche, Mexico. The thesis is

divided into three chapters. In Chapter 1, the physicochemical characteristics of microsyls made with *Cucurbita argyrosperma* Huber residue were evaluated. The treatments were T1: 77%, T2: 71%, T3: 65% and T4: 59% of *Cucurbita argyrosperma* Huber residue, so that the MS content was 25%, 30%, 35% and 40% respectively. The variables evaluated were pH, temperature, MS, C, PC, FDN, FDA, EE and AGVS, as well as smell, texture and humidity as part of an organoleptic evaluation. The results obtained showed that in all treatments, the MS content was very close to that expected (T1: 27.35%, T2: 29.67%, T3: 34.21%, and T4: 41.81%). Although there were significant differences ($P<0.05$) in pH and temperature, the values were acceptable (mean 4.18 and 29.15 °C, respectively), showing that the silage process was adequate. There were also significant differences ($P<0.05$) in the content of C, PC and FDN; however, the PC content was low (between 2.7% and 3.8%) in all treatments. Regarding the organoleptic evaluation, the four treatments had significant differences ($P<0.05$); however, the average rating was considered as good. In Chapter 2 consumption preference of silage mentioned in Chapter 1 in cattle was evaluated. There were no significant differences ($P>0.05$) in the preference of silage consumption; however, numerically consumption increased as the residue content of *Cucurbita argyrosperma* Huber in silage increased. Finally, in Chapter 3 consumption of silage of *Cucurbita argyrosperma* Huber residue and its effect on the production and composition of milk from dual-purpose cows were evaluated. Two treatments were evaluated: T1: corn silage and T2: silage from *Cucurbita argyrosperma* Huber residue. T2 was made according to the T1 treatment mentioned in Chapter 1 with 77% of *Cucurbita argyrosperma* Huber residue. Although silage consumption was different between treatments ($P<0.05$) (T1: 3.4 kg and T2: 2.2. Kg cow⁻¹ day⁻¹), there were no significant differences ($P>0.05$) in milk production and milk composition. According with the previous results, it is concluded that it is feasible to produce silages with *Cucurbita argyrosperma* Huber residue, which are another alternative of feeding for dual-purpose cows in Campeche, México, since milk production and milk composition were not affected.

Keywords: Vegetable waste, Pumpkin, Chihua, Silage, Ruminant.

DEDICATORIA

Dedico la tesis en primer lugar a mi madre, de quien siempre he contado con su apoyo incondicional y he seguido su ejemplo de superarme todos los días, a pesar de las adversidades que se presenten. A mi abuelita que siempre cree en mí, mi tío Omar que me brinda su apoyo siempre que lo necesito y al resto de mi familia que siempre ha tenido fe en mi capacidad profesional. También a mis amigos que siempre me dan ánimos para seguir adelante, en especial a Eleyda, que siempre estuvo apoyándome a lo largo de este proceso.

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados Campus Campeche por brindarme la oportunidad de formarme académicamente en la Maestría en Bioprospección y Sustentabilidad Agrícola en el Trópico.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para la culminación de este trabajo de investigación.

A mi Consejera y Directora de tesis, la Dra. Mónica Ramírez Mella, por su amistad y su gran valioso apoyo académico y personal, sin ello no sería nada de esto posible.

A mis asesores Dra. María Esther Ortega Cerrilla, Dra. Silvia Fraire Cordero y Dr. Jesús Arreola Enríquez por sus sugerencias para realizar esta tesis.

A los Doctores del Campus Montecillo, que contribuyeron en mi formación académica durante mi estancia en él, para poder obtener el grado de Maestría.

A la Dra. María Magdalena Crosby Galván por su apoyo para realizar los análisis bromatológicos en el Laboratorio de Nutrición Animal del Campus Montecillo.

Al Dr. Alvar Cruz por las facilidades otorgadas para realizar los análisis de composición de la leche en la Escuela Superior de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Campeche.

A mis compañeros y amigos del Colegio de Posgraduados llevándome gratos recuerdos y enseñanzas de vida de cada uno.

A los productores de Santo Domingo Kesté y Ruíz Cortínez que me facilitaron el residuo de la calabaza.

A mi familia que participó en varias fases de mi tesis.

A todo el personal del Campus Campeche, por brindar las facilidades durante los años de estancia.

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT	vi
LISTA DE CUADROS	xiii
LISTA DE FIGURAS	xiv
ABREVIATURAS	xv
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
JUSTIFICACIÓN	5
OBJETIVOS	6
HIPÓTESIS	7
REVISIÓN DE LITERATURA	8
Inventario ganadero	8
Producción de leche	11
Consumo de leche mundial, nacional y estatal	12
Composición nutritiva de la leche.....	14
Factores que afectan la calidad de la leche	18
La alimentación como factor en la composición de la leche.....	19
Alternativas para la alimentación del ganado.....	20
Uso de residuos agrícolas en la alimentación de los animales	22
Composición nutritiva de las calabazas.....	29
Impacto en la nutrición y productividad del ganado	33
Efectos de las calabazas en la composición de la carne, leche y huevo.....	34
Uso de la calabaza <i>Cucurbita argyrosperma</i> Huber como alternativa de alimentación del ganado	36
Conservación de alimentos para el ganado tropical	38
Estrategias de conservación de alimentos para el ganado	38
LITERATURA CITADA.....	41
CAPÍTULO I. ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE MICROSILOS DE <i>Cucurbita argyrosperma</i> HUBER	57

INTRODUCCIÓN.....	57
MATERIALES Y MÉTODOS	59
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	65
CONCLUSIONES.....	79
LITERATURA CITADA.....	80
<i>CAPÍTULO II. PRUEBA DE CAFETERÍA EN NOVILLOS ESTABULADOS CON MICROSILOS DE ENSILADO DE Cucurbita argyrosperma HUBER.....</i>	86
INTRODUCCIÓN.....	86
MATERIALES Y MÉTODOS	87
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	90
CONCLUSIONES.....	93
LITERATURA CITADA.....	94
<i>CAPÍTULO III. ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN DEL ENSILADO DE Cucurbita argyrosperma Huber EN LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LA LECHE DE VACA.....</i>	97
INTRODUCCIÓN.....	97
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	104
CONCLUSIONES.....	111
LITERATURA CITADA.....	112
<i>CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....</i>	116
<i>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES</i>	117
<i>ANEXOS.....</i>	118
ANEXO 1.....	118
ANEXO 2.....	119
ANEXO 3.....	120
.....	120
ANEXO 4.....	125

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Población ganadera de bovinos del estado de Campeche por municipios en el año 2018.....	10
Cuadro 2. Producción de leche del estado de Campeche.	12
Cuadro 3. Población del estado de Campeche por municipios y consumo estimado per cápita de leche en 2018.	14
Cuadro 4. Composición aproximada de la leche en varias especies.	15
Cuadro 5. Contenido de vitaminas y minerales en 100 g de leche.....	18
Cuadro 6. Uso de residuos agrícolas en la alimentación de animales.	24
Cuadro 7. Taxonomía de las calabazas.	27
Cuadro 8. Composición química de diversas especies de calabazas.	30
Cuadro 9. Contenido de minerales de calabaza <i>Cucurbita pepo</i> y <i>Cucurbita argyrosperma</i> en base seca.	31
Cuadro 10. Contenido de antioxidantes de tres especies de calabazas.	32
Cuadro 11. Porcentaje de ácidos grasos en semillas de calabazas.....	33
Cuadro 12. Composición del inoculante utilizado en los microsilos.	60
Cuadro 13. Composición y contenido de MS de los microsilos evaluados.....	61
Cuadro 14. Evaluación organoléptica del ensilado.....	64
Cuadro 15. Calificación asignada a los microsilos de acuerdo a su característica.	76
Cuadro 16. Composición de la dieta basal.....	88
Cuadro 17. Composición nutricional de los ensilados.	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro 18. Composición química de la leche de vacas alimentadas con ensilado de maíz (T1) y ensilado de <i>Cucurbita argyrosperma</i> Huber (T2).	106
Cuadro 19. Composición y costos de los ensilados.	125

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Población mundial del ganado vacuno 2017.....	8
Figura 2. Inventario ganadero de México 2008-2017.....	9
Figura 3. Producción mundial de leche.	11
Figura 4. Consumo mundial de leche en el año 2018.	13
Figura 5. Cultivos con mayor producción en el mundo.....	27
Figura 6. Producción de calabazas en el mundo.....	28
Figura 7. Principales países productores de calabaza en el mundo.	29
Figura 8. Principales estados productores de calabaza para semilla o chihua, ton/ha.	37
Figura 9. Temperatura de los microsilos.	67
Figura 10. Porcentaje de materia seca de los microsilos.	67
Figura 11. pH de los microsilos.	67
Figura 12. Porcentaje de FDN de los microsilos.	69
Figura 13. Porcentaje de FDA de los microsilos.....	70
Figura 14. Porcentaje de Extracto Etéreo de los mcirosilos.	71
Figura 15. Porcentaje de proteína cruda de los microsilos.....	72
Figura 16. Porcentaje de cenizas de los microsilos.....	74
Figura 17. Concentración de ácido acético de los microsilos.	76
Figura 18. Calificación obtenida de acuerdo a cada característica evaluada.	78
Figura 19. Consumo de ensilados en novillos.	91
Figura 20. Consumo de ensilados en vacas.....	108
Figura 21. Producción de leche de vacas alimentadas con ensilado de maíz (T1) y ensilado de calabaza chihua (T2).....	110

ABREVIATURAS

MS	Materia seca
FDN	Fibra detergente neutro
FDA	Fibra detergente ácido
PC	Proteína cruda
CE	Cenizas
EE	Extracto etéreo
AGVS	Ácidos grasos volátiles
°C	Centígrados
%	Porcentaje
kg	Kilogramos
m	Metros
cm	Centímetros
DE	Desviación estándar
E	Error estándar

INTRODUCCIÓN GENERAL

De acuerdo con la FAO (2019) en 2017 existía alrededor de 1,575,042,416 cabezas de ganado bovino en el mundo, donde México ocupa el séptimo lugar con 34,277,868 cabezas, sólo después de Brasil, India, Estados Unidos, China, Argentina y Pakistán (FAOSTAT 2019). Se sabe que los sistemas de producción de bovinos se dividen en carne y leche. Respecto a Campeche, es uno de los estados con menor producción ganadera en comparación con el resto del país; ocupando el vigésimo cuarto lugar en producción de animales para carne y el vigésimo octavo en animales para leche. Campeche tiene el principal sistema de producción en la cría de becerros al destete (BioPasos, 2018). En cuanto a la producción de leche, México ocupa el octavo lugar a nivel mundial con 12,100,000 toneladas y ocupa el quinto lugar en importación (SIAP, 2018). A nivel estatal, Campeche tiene una producción de 42,992 litros al año ocupando el vigésimo tercer lugar como productor nacional (SIAP, 2018).

La composición de la leche tiene una naturaleza dinámica y varía según diversos factores como la especie, salud del animal, estado de lactancia, alimentación, ambiente, entre otros (Chen *et al.*, 2014; Haug *et al.*, 2007), siendo la alimentación la de mayor impacto en la composición láctea (Bedoya-Mejia *et al.*, 2011) y en el rendimiento de la leche, sobre todo en vacas de alta producción (Allen, 2000). Con base a muchas investigaciones se sabe que la nutrición balanceada modifica la leche de una forma natural y económica y con esto los productores pueden aumentar su productividad (Beigh *et al.*, 2017; Elgersma, 2015).

La insuficiencia nutricional para el ganado se considera actualmente uno de los principales problemas en el mundo (Beigh *et al.*, 2017), debido a la alta demanda de alimentos de origen animal por el incremento de la población humana (Alexandratos y Bruinsma, 2012). Por lo tanto, para contribuir de manera sostenible la seguridad alimentaria y evitar la competencia entre los alimentos de consumo humano-animal (Tilman *et al.*, 2011), los sistemas de producción ganadera tienen el reto de aumentar los niveles de producción

reduciendo su impacto ambiental, mientras que son económicamente viables y socialmente responsables (van Wagenberg *et al.*, 2017). Además, de incrementar el volumen de forraje en épocas de sequía (Bacab-Pérez, 2011).

Una alternativa para resolver el problema antes citado, es utilizar los desperdicios que se generan en las parcelas (Ulloa *et al.*, 2004), buscando reducir los costos en una producción animal (Esteban *et al.*, 2007). El uso de alimentos no convencionales disminuye la competencia entre la alimentación humana y animal (Achilonu *et al.*, 2018; Salami *et al.*, 2019) y benefician al medio ambiente, evitando la contaminación por descomposición (Giroto *et al.*, 2015).

Actualmente existen estudios sobre el efecto de residuos de frutas y vegetales en diferentes especies de animales (Cook *et al.*, 2018; Hossain *et al.*, 2015b). Estos residuos contienen vitaminas, antioxidantes y ácidos grasos, que pueden ser benéficos para la salud de los animales (Salami *et al.*, 2019). Además, pueden usarse como parte de la dieta del ganado, reemplazando otros ingredientes, sin afectar el aumento de peso, la producción de leche o la postura de huevos (Angulo *et al.*, 2012b, 2012a; Bakshi *et al.*, 2016).

Ciertamente existen cultivos agrícolas en México que se utilizan en la alimentación de rumiantes como alternativas de alimentación, pero sus costos de producción y demanda son altos, como el maíz. Por consiguiente existen otros cultivos agrícolas de alta demanda que pueden complementar la producción y reducir los costos y , como es la calabaza (*Cucurbita argyrosperma* Huber) conocida como chihua en la región sur de México (Dorantes *et al.*, 2016) y se siembra en una superficie de 58,949.11 ha, (SIAP (2018) para la producción de semilla (González-Mendoza, 2009), Sin embargo, al resto de la calabaza (cáscara y pulpa) no se le da ningún uso. En la actualidad se desconocen los aportes y beneficios nutrimentales que se

pueden obtener utilizando esta calabaza como alimento para animales (Dorantes *et al.*, 2016),

Una de las desventajas de este cultivo es su estacionalidad, ya que solo se cosecha una vez al año. Además, debido a la alta humedad que contienen los residuos agrícolas y a su rápida descomposición, es necesario utilizar formas de conservación para los residuos (Ulloa *et al.*, 2004), sin disminuir su calidad (Esteban *et al.*, 2007). Por tal motivo se requiere utilizar una alternativa de conservación. El ensilaje es una estrategia de conservación que permite ofrecer forraje durante la época de menor disponibilidad de pasto en la pradera y mantener niveles constantes de producción a lo largo del año (Sanchez, 2005). Existen reportes de ensilados de diversas frutas y vegetales, como yuca, remolacha, zanahoria, brócoli, calabaza, cítricos, plátano y piña (Caicedo *et al.*, 2017; Diaz- Monroy *et al.*, 2014; Zivkov *et al.*, 2015) entre otros más. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de un ensilado elaborado con residuos de la calabaza chihua en la producción y composición de leche de vacas de doble propósito en el estado de Campeche.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La calabaza criolla, conocida en lengua Maya como X-top y actualmente como chihua (*Cucurbita argyrosperma* Huber), es un cultivo muy importante en el estado de Campeche, México (Dorantes-Jiménez *et al.*, 2016). La importancia del cultivo de esta calabaza es la producción de semilla, la cual representa una de las principales fuentes de ingreso para los productores que se dedican a esta actividad (González, 2009). Sin embargo, gran parte del residuo de la calabaza se deja en las parcelas de los agricultores, pudiendo ser usada para alimentación animal, incluyendo al ganado lechero. Debido a su composición nutricional (carbohidratos, vitaminas y minerales), el residuo de calabaza chihua podría servir para mejorar la composición de la leche. Además, podría considerarse como estrategia para reducir costos de alimentación de las vacas para la producción de leche y como alternativa en las épocas de sequía durante la cual disminuye la cantidad de forraje disponible, problema que afecta al ganado de las regiones tropicales, incluyendo el estado de Campeche. No obstante, se desconoce el efecto del residuo de la calabaza de chihua en la composición de la leche, ya que no hay información al respecto.

JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo se planteó para determinar si el residuo de calabaza *Cucurbita argyrosperma* Huber (chihua) se puede utilizar como una alternativa para la alimentación de los bovinos en el estado de Campeche, usando un medio de conservación como el ensilaje, además de conocer su efecto en la composición y producción de la leche de vaca. Bajo el panorama actual, en la cual se debe garantizar la seguridad alimentaria de la población, es necesario encontrar nuevas opciones para la alimentación del ganado, y que no compitan con la alimentación humana. Una vez colectada la semilla, el fruto de la *Cucurbita argyrosperma* Huber se convierte en un residuo al cual no se le da uso. Sin embargo, no se ha investigado si es factible de ensilarse ni tampoco si afecta la producción o composición de la leche de vaca. Por lo anterior, con los resultados de esta investigación se contará por primera vez con información respecto al uso del ensilado del residuo de *Cucurbita argyrosperma* Huber en la alimentación de bovinos de doble propósito en el estado de Campeche y su impacto en la composición de la leche.

OBJETIVOS

Objetivo general:

- Evaluar el ensilado de *Cucurbita argyrosperma* Huber en la producción y composición de leche de vaca en un sistema de doble propósito.

Objetivos específicos:

- Determinar las características físico-químicas, organolépticas y la composición nutricional de ensilados elaborados con diferente proporción de residuo de *Cucurbita argyrosperma* Huber.
- Evaluar la preferencia de consumo en bovinos de ensilados elaborados con diferente proporción de residuo de *Cucurbita argyrosperma* Huber.
- Determinar el consumo de ensilado elaborado con residuos de *Cucurbita argyrosperma* Huber en vacas de doble propósito.
- Evaluar la producción de leche de las vacas alimentadas con ensilado de residuo de *Cucurbita argyrosperma* Huber.
- Analizar la composición nutricional (grasa, proteína, lactosa y sólidos totales) de la leche de vacas alimentadas con *Cucurbita argyrosperma* Huber.

HIPÓTESIS

Debido a sus características nutricionales, el ensilado elaborado con residuo de *Cucurbita argyrosperma* Huber mejorará la producción y modificará la composición de leche de vacas de doble propósito en un sistema extensivo.

REVISIÓN DE LITERATURA

Inventario ganadero

El inventario mundial de ganado bovino, según datos reportados por la FAO (2019) en el 2017 el número de cabezas fue de 1,575,042,416, donde México ocupa el séptimo lugar en el mundo después de Brasil, India, Estados Unidos, China, Argentina y Pakistán (FAOSTAT 2019) (Figura 1).

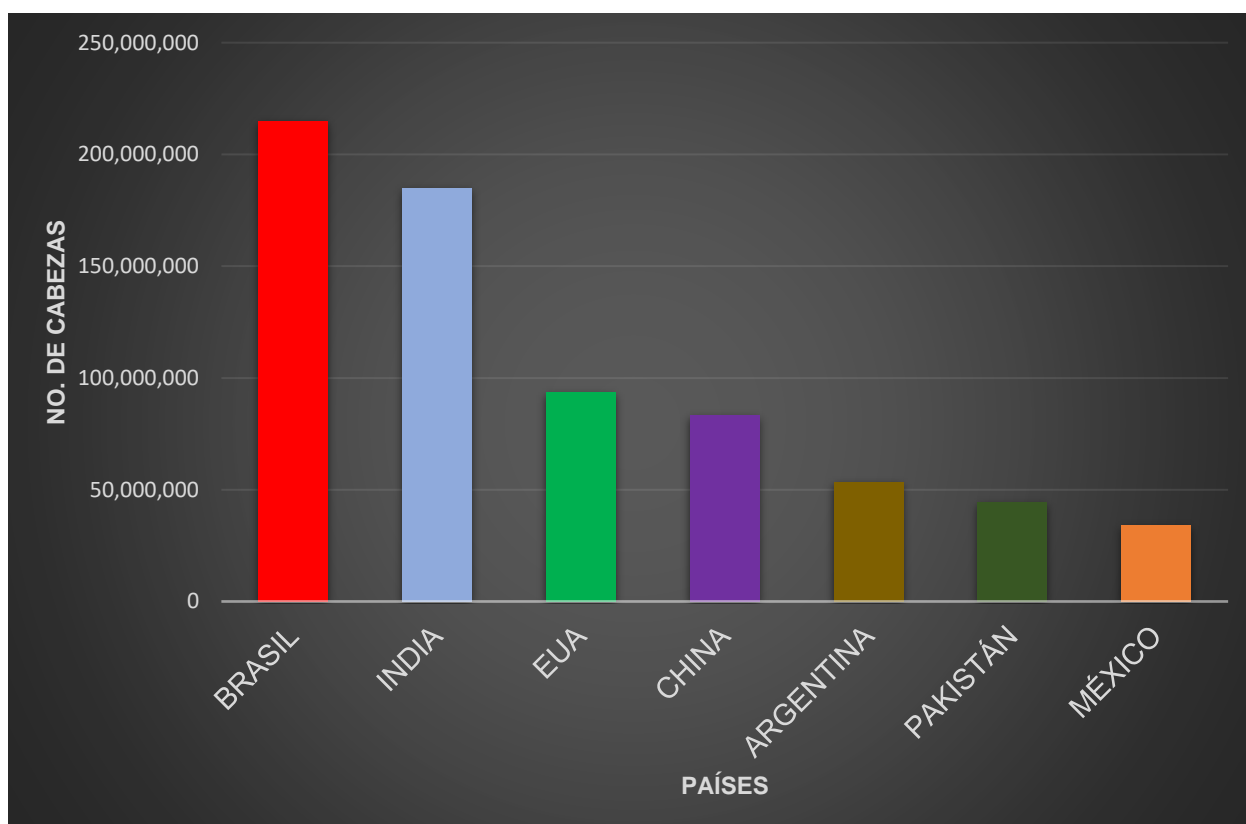


Figura 1. Población mundial del ganado vacuno 2017.

Fuente: FAOSTAT 2017.

Durante la última década, en México la población de bovinos de carne y leche aumentó 7.4%. Según datos del SIAP (2017), en 2008 el inventario nacional fue de

31,760,962 cabezas, mientras que en 2017 fue de 34,277,868 cabezas. El inventario ganadero nacional de 2008 al 2016 se representa en la Figura 2.

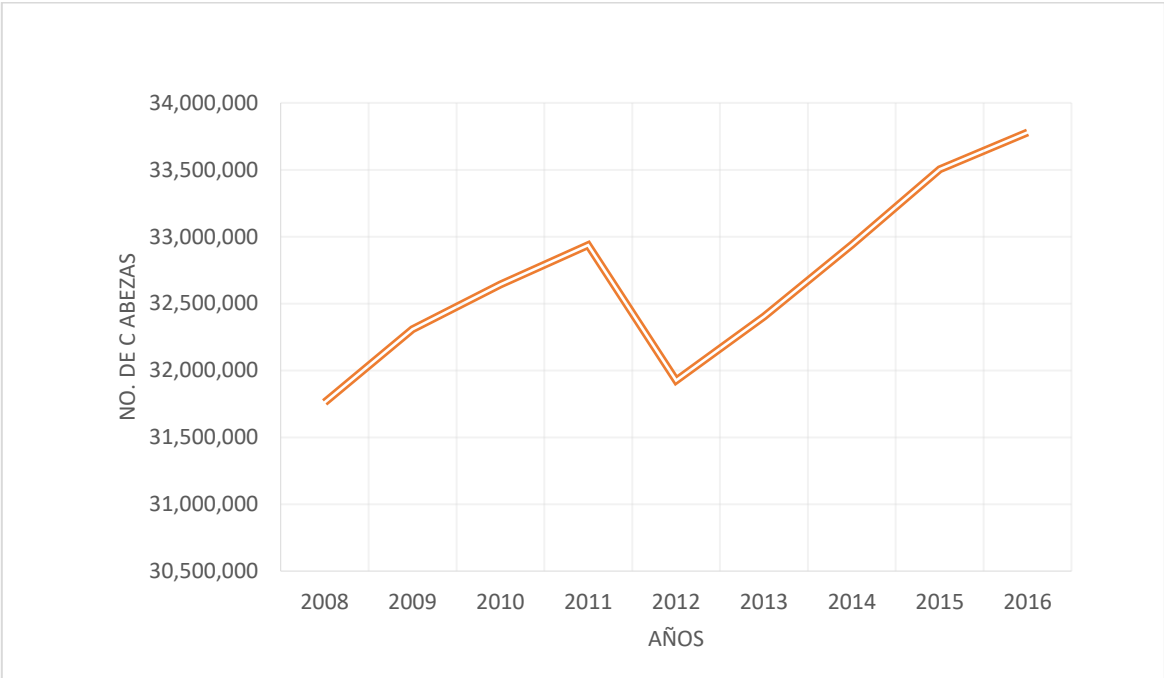


Figura 2. Inventario ganadero de México 2008-2017.

Fuente: SIAP, 2018.

Respecto a Campeche, se considera uno de los estados con menor producción ganadera en comparación con el resto del país. En 2008 la población ganadera fue de 644,604 cabezas, la cual para 2017 aumentó a 659,178 cabezas de bovinos (SIAP, 2018). Esta población está dividida en bovinos de carne con 653,553 cabezas, que ocupan el vigésimo cuarto lugar en producción a nivel nacional y los bovinos de leche son 5,625 cabezas, que representan el vigésimo octavo lugar en comparación con otros estados del país (SIAP, 2018).

Los bovinos de carne se encuentran presentes en los 11 municipios del estado, siendo el municipio de Escárcega el de mayor población ganadera con 108,185 cabezas y el de menor población, el municipio de Tenabo con 8,889 cabezas. Por su parte, los bovinos de leche se encuentran presentes en sólo tres municipios que son Champotón, Escárcega y Calakmul con una población de 4,697,641 y 287

cabezas, respectivamente (Cuadro 1) (SIAP, 2018). Estos datos podrían considerarse a unidades con ganado especializado en producción de leche, ya que en todo el estado existe la ganadería de autoconsumo, donde lo que se produce es para el consumo familiar o para elaborar quesos artesanales.

Por otro lado, es importante mencionar que en Campeche el principal sistema de producción es la cría de becerros al destete con un porcentaje del 70% y el restante es el sistema doble propósito (carne y leche) (BioPasos, 2018). Estos sistemas predominan debido a las condiciones climáticas que se presentan en el estado de Campeche. Es decir, por encontrarse en una zona tropical, se presenta un desbalance nutricional, por las épocas de intensas sequías y abundantes lluvias (Castillo *et al.*, 2014).

Cuadro 1. Población ganadera de bovinos del estado de Campeche por municipios en el año 2018.

<i>MUNICIPIO</i>	NÚMERO DE CABEZAS		
	CARNE	LECHE*	TOTAL
<i>Calakmul</i>	35,534	287	35,821
<i>Calkiní</i>	24,416		24,416
<i>Campeche</i>	101,206		101,206
<i>Candelaria</i>	99,063		99,063
<i>Carmen</i>	93,519		93,519
<i>Champotón</i>	62,094	4,697	66,791
<i>Escárcega</i>	108,185	641	108,826
<i>Hecelchakán</i>	15,863		15,863
<i>Hopelchén</i>	43,691		43,691
<i>Palizada</i>	61,093		61,093
<i>Tenabo</i>	8,889		8,889

Fuente: SIAP, 2018.

* Vacas de razas especializadas.

Producción de leche

México ocupa el octavo lugar en producción de leche a nivel mundial con 12,100,000 toneladas, después de la Unión Europea, Estados Unidos, India, China, Rusia, Brasil y Nueva Zelanda. También, es el quinto mayor importador de este producto (Figura 3) (SIAP, 2018).

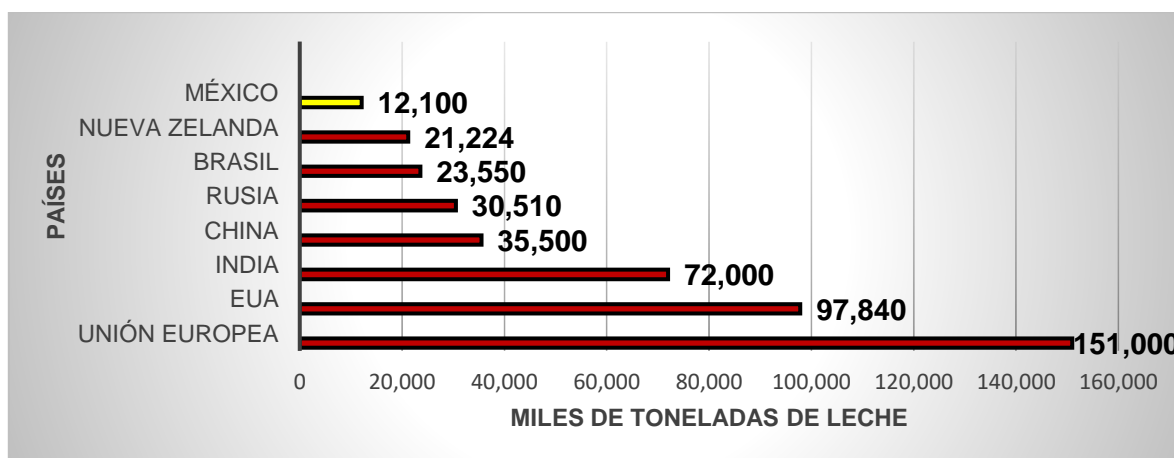


Figura 3. Producción mundial de leche.

Fuente: (SIAP, 2018).

Los datos del SIAP (2018) muestran que hasta el año 2017, el Estado de Campeche ocupó el vigésimo tercer lugar como productor nacional de leche, con una producción de 42,992 toneladas. Por tal motivo, es uno de los estados con menor producción de leche a nivel nacional. El Cuadro 2 muestra la producción del estado por municipios. Los municipios de Escárcega, Candelaria, Carmen y Palizada contribuyen con cerca del 50% de la producción de leche a nivel estatal.

Cuadro 2. Producción de leche del estado de Campeche.

MUNICIPIO	PRODUCCIÓN (Toneladas)*
Calakmul	1,460.3
Calkiní	191.3
Campeche	8,258
Candelaria	5,402.9
Carmen	5,030.5
Champotón	10,793
Escárcega	7,058.9
Hecelchakán	816.7
Hopelchén	651.6
Palizada	3,274.6
Tenabo	53.3
Total	42,991.5

Fuente: SIAP, 2018.

* Vacas de razas especializadas y de doble propósito.

Consumo de leche mundial, nacional y estatal

La población mundial consume anualmente cerca de 179,524,000 de toneladas de leche entera no procesada (fluida). Por sus hábitos y costumbres, India es el país con el mayor consumo de leche a nivel mundial. Tan sólo en 2017, en este país se consumieron 65,200,000 toneladas de leche, equivalentes a cerca de la tercera parte del total de leche consumida a nivel global. En México, el consumo de leche en 2018 fue de 4,183,000 de toneladas, con un consumo per cápita de 122.2 litros, siendo uno de los países que consume menos leche, en comparación de otros países como Brasil, Estados Unidos, India, China y Rusia (Figura 4) (SIAP, 2018).

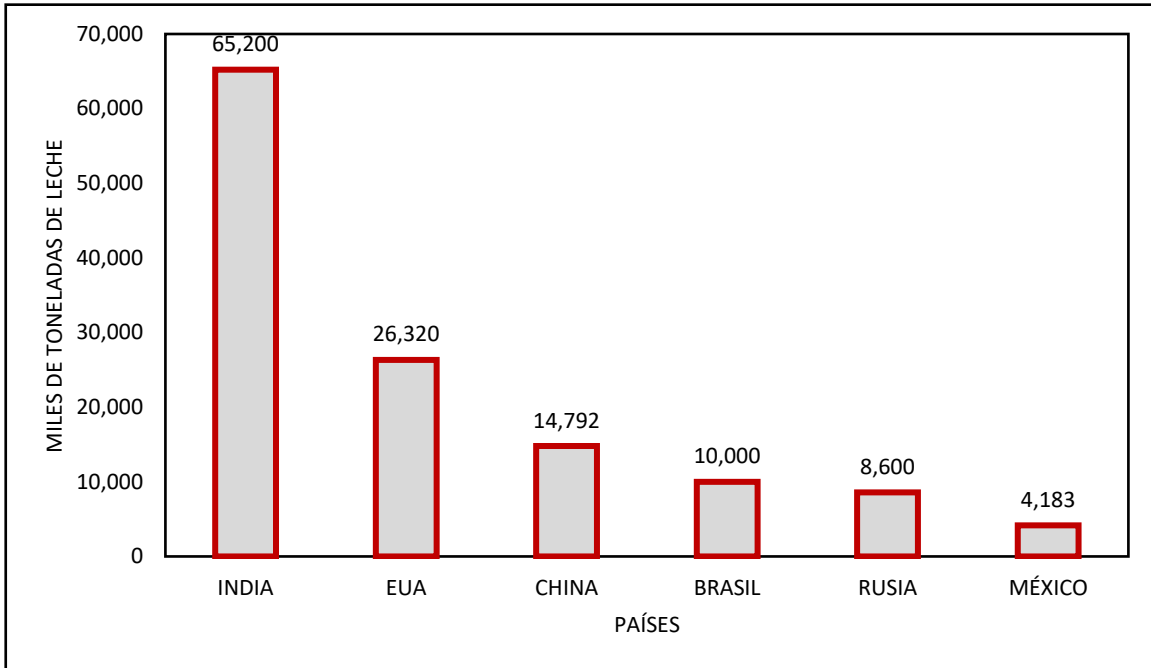


Figura 4. Consumo mundial de leche en el año 2018.

Fuente: (SIAP, 2018).

De acuerdo a lo anterior, se estimó el consumo per cápita del Estado de Campeche (Cuadro 3). Se utilizó el número de habitantes en Campeche de la encuesta intercensal (INEGI, 2015) y se multiplicó por el consumo per cápita (122.2 litros /anuales) nacional tomado de los datos registrados por el SIAP (2018). Como es de esperarse, el consumo de leche depende del número de habitantes de cada municipio, por lo que Campeche y Carmen son los municipios en los cuales hay mayor consumo de leche, debido a que son los que concentran el mayor número de habitantes de todo el estado.

Cuadro 3. Población del estado de Campeche por municipios y consumo estimado per cápita de leche en 2018.

MUNICIPIO	POBLACIÓN (N°. de habitantes)	CONSUMO (l)
Calkiní	56,537	6,908,821
Campeche	283,025	34,585,655
Carmen	248,303	30,342,627
Champotón	90,244	11,027,817
Hecelchakán	31,230	3,816,306
Hopelchén	40,100	4,900,220
Palizada	8,971	1,096,256
Tenabo	10,665	1,303,263
Escárcega	58,553	7,155,177
Calakmul	28,224	3,448,973
Candelaria	43,879	5,362,014
Estado de Campeche	899,731	109,947,128

Fuente: (INEGI, 2015; SIAP, 2018)

Composición nutritiva de la leche

La leche es una sustancia líquida secretada por todas las especies de mamíferos para suministrar alimento e inmunidad a su crías (Jenness, 1988; Medhammar et al., 2012), pero de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012, la leche se define como el producto obtenido de la secreción de las glándulas mamarias de las vacas, sin calostro, el cual debe ser sometido a tratamientos térmicos u otros procesos que garanticen la inocuidad del producto (Secretaría de Economía, 2012). En la actualidad, los seres humanos consumen grandes cantidades de leche de otras especies domésticas, como bovinos, caprinos, ovinos y búfalos especializados en producción de leche para consumo humano (Moncada, 2011). La composición de la leche tiene una naturaleza

dinámica y varía según la especie animal, su etapa de lactancia, edad, raza, nutrición, y estado de salud (Chen *et al.*, 2014; Haug *et al.*, 2007). Además, existen otros factores que no dependen del animal, como el ambiente y el manejo. De manera general, la leche contiene agua, grasa, lactosa, proteínas, vitaminas y minerales en diferentes porcentajes. Según Pereira (2014), la leche de vaca en promedio contiene 87% de agua, 4-5% de lactosa, 3% de proteínas, 3-4% de grasa, 0.8% minerales y 0,1% de vitaminas. El Cuadro 4 describe la composición de la leche de diferentes especies de mamíferos.

Cuadro 4. Composición aproximada de la leche en varias especies.

Composición 100 mg/leche	Bovino 4, 5, 6, 7	Ovino ¹	Caprino 4, 7	Foca 2	Mujer 3	Búfalo 4,6	Camello 4	Llama 4	Alce 4
Energía, valor calculado kcal	62.8	n/d	n/d	n/d	64.5	98.4	76.2	77.9	128. 5
Energía, valor reportado kcal	61.1	25	70	5.6	49.9	n/d	n/d	93.6	n/d
Agua (g)	88.1	n/d	n/d	33	87.1	83.2	84.8	84.8	76.8
Proteína total (g)	3.2	6.21	3.13	9.79	1.4	4.0	3.9	4.1	10.5
Grasa total (g)	3.3	7.62	3.5	55.8	3.0	7.4	5.0	4.2	8.6
Lactosa (g)	5.1	3.70	4.55	0.8	6.6	4.4	4.2	6.3	2.6
Cenizas (g)	0.7	0.9	0.8	0.7	0.2	0.8	0.9	0.7	1.6

n/d= no determinado

Fuentes: Casamassima *et al.*, 2018¹; Eisert *et al.*, 2013²; Gantner, 2015³; Medhammar *et al.*, 2012⁴ Moncada, 2011⁵; Pereira, 2014⁶; Turck, 2013⁷

Agua

La leche de la mayoría de las especies domésticas contienen más agua que cualquier otro de sus componentes (Jenness, 1988), representando alrededor del 87% total, pero en mamíferos acuáticos el porcentaje de agua es aproximadamente del 30 al 40% (Arnould & Hindell, 1999; Eisert *et al.*, 2013). En los mamíferos domésticos, dicha variación se debe a la diferencia en: proteínas, lactosa y, sobre

todo, grasa. Este porcentaje, permite que la distribución de sus componentes sea uniforme y cualquier cantidad de leche contenga todos sus componentes (Moncada, 2011).

Carbohidratos

La lactosa es el principal carbohidrato presente en la leche, su contenido es aproximadamente de un 4.5% (Moncada, 2011). Se puede encontrar en dos formas isoméricas, alfa (α) y beta (β) (Kalyankar *et al.*, 2016). Es un disacárido compuesto por glucosa y galactosa (Pereira, 2014). El contenido de lactosa por lo general es más bajo al final de la lactancia y en infecciones como la mastitis (Haug *et al.*, 2007; van Kneegsel *et al.*, 2014). Los carbohidratos distintos de la lactosa en la leche incluyen monosacáridos, oligosacáridos neutros y ácidos, y grupos glucosilo unidos a proteínas y lípidos (Jenness, 1988).

Proteína

La fracción de proteínas de la leche corresponde al 3-4% (Moncada, 2011), se dividen en dos categorías:

- La proteína insoluble o caseínas contribuyen a aproximadamente el 80% del total de proteínas de la leche, las cuales se organizan en unidades macromoleculares llamadas micelas (Kalyankar *et al.*, 2016) formadas por complejos macromoleculares de fosfoproteínas y glucoproteínas (Moncada, 2011). Las principales caseínas son: α , β y κ -caseínas (Pereira, 2014) y casi todas están asociadas con calcio y fósforo (Jenness, 1988).
- Las seroproteínas o proteínas solubles (proteínas del suero de la leche), representan el 20% restante (Pereira, 2014), las cuales consisten en b-lactoglobulinas, a-lactalbuminas, inmunoglobulinas, albúmina sérica (Kalyankar *et al.*, 2016), proteasas-peptonas y compuestos nitrogenados no específicos como lactoferrina y lisozima (Moncada, 2011).

Grasa

El contenido de grasa puede estar entre 3.5% y 4.7% (Moncada, 2011) y depende principalmente de la dieta de los animales (Elgersma, 2015; Medhammar *et al.*, 2012). La grasa está formada por el 98% de triglicéridos y otros lípidos como el diacilglicerol (2%), colesterol (0.5%), fosfolípidos (1%) y ácidos grasos libres (0.1%) (Pereira, 2014).

Los ácidos grasos se clasifican en saturados e insaturados. En la leche, representan el 65% y 35%, respectivamente (Samková *et al.*, 2012). Dentro de los ácidos grasos saturados se encuentran el palmítico (30%), mirístico (11%) y esteárico (12%), y ácidos grasos de cadena corta como butírico (4.4%) y caproico (2.4%). Los ácidos grasos insaturados incluyen ácidos grasos monoinsaturados como el ácido oleico (24 a 35%) y los ácidos grasos poliinsaturados como el linoleico y el α -linolénico que representan 1.6 y 0.7%, respectivamente. También se incluye ácidos grasos *trans* como el ácido vaccénico (2,7%) y el ácido linoleico conjugado (0,34-1,37%) (Kalyankar *et al.*, 2016; Pereira, 2014)

Vitaminas y minerales

La leche ha sido reconocida naturalmente como una fuente importante de minerales, como calcio, fósforo, magnesio, zinc y selenio, entre otros (Kalyankar *et al.*, 2016) y vitaminas liposolubles (A, D, E y K) e hidrosolubles como del complejo B (riboflavina, niacina, tiamina, piridoxina y ácido fólico) (Cuadro 5) (Moncada, 2011; Pereira, 2014), las cuales desempeñan diversas funciones en el metabolismo.

Cuadro 5. Contenido de vitaminas y minerales en 100 g de leche.

Vitaminas y minerales	Contenido
Vit. B μg	0.45
Vit. A μg	46
Vit. D μg	0.1
Vit. E μg	0.07
Vit. K μg	0.3
Calcio (mg)	113
Hierro (mg)	0.03
Fósforo (mg)	84
Magnesio (mg)	10
Zinc (mg)	0.37
Cobre (mg)	0.025
Selenio μg	3.7

Fuente: (Moncada, 2011; Pereira, 2014).

Factores que afectan la calidad de la leche

Existen diversos factores que afectan la calidad de la leche, los cuales se clasifican de la siguiente manera: alimenticio, animal y ambiente. Respecto al factor alimenticio, existen diversas investigaciones sobre la composición de la leche después de alimentar con semillas oleaginosas, aceites vegetales y de pescado, y pastos (Chilliard *et al.*, 2001; Kalač, 2010). Entre los factores ambientales, se han publicado diferentes reportes sobre el estrés por calor en ciertas características de la leche, en particular, la reducción de la acidez, la disminución de las propiedades de coagulación, así como el contenido y composición de caseína (Bernabucci *et al.*, 2015). Los factores en animales son la raza, etapa de lactancia como la duración del periodo seco y su salud (Samková *et al.*, 2012; Van Knegsel *et al.*, 2014). Existe otra clasificación más general, la cual se divide en factores internos y externos (Gómez-Agudelo *et al.*, 2005). Los factores internos son la raza, salud del animal, período de lactancia, número de lactancias y el propio individuo (edad y masa corporal) y los factores externos son la alimentación, estación del año, tipo de ordeño (manual o automático), entre otros (Beux *et al.*, 2018; Carroll *et al.*, 2006; Dobranić *et al.*, 2008; Kedzierska-Matysek *et al.*, 2011).

La alimentación como factor en la composición de la leche

La fermentación ruminal causa la degradación de carbohidratos, lípidos y proteínas que contienen los alimentos, dando como productos dióxido de carbono, metano y ácidos grasos volátiles, de estos últimos destacan, acetato, propionato y butirato, que se absorben principalmente en la mucosa del rumen y en el intestino delgado para abastecer las necesidades de mantenimiento y para la producción de carne y leche (Niwinska, 2012). Para que la producción de leche sea óptima en cantidad y calidad, los procesos de fermentación ruminal deben producir los ácidos grasos en cantidades y proporciones adecuadas, lo cual se logra mediante el balance de las dietas por su contenido y calidad de carbohidratos (Cruz *et al.*, 2000). Se ha visto que la eficiencia productiva en los animales se da cuando se aumenta la proporción de ácido acético en relación con el ácido propiónico, que se traduce en ganancia de peso y aumento en producción láctea; además la composición de la leche, en especial el contenido de grasa aumenta con el ácido butírico (Zavaleta, 2013). En diversas investigaciones se ha observado que el contenido de grasa y composición de ácidos grasos en la leche depende principalmente de la dieta de los animales alimentados con pastos, leguminosas y semillas de oleaginosas (Numan y Hatice, 2019; Petit, 2019; Van Knegsel *et al.*, 2014).

Además, el contenido de fibra en la dieta se asocia con la composición de la leche, ya que por medio de su digestión se producen los principales precursores de la grasa láctea (Cruz y Sánchez, 2000) como los ácidos grasos volátiles (acético, propiónico y butírico); por ejemplo: un contenido bajo de fibra en la dieta de las vacas se va a reflejar en un bajo contenido de grasa en la leche. Siendo la ingesta de carbohidratos digeribles que se obtiene de los forrajes, la cual proporciona la energía necesaria para el mantenimiento y producción de leche (Kendall *et al.*, 2009). Es por eso que los carbohidratos son los nutrimentos que se incluyen en mayor proporción en las dietas para el ganado lechero, los cuales contribuyen con un 60 a 70% de la energía neta. Además, son los precursores de los tres

componentes más importantes de la leche: lactosa, grasa y proteína (Cruz *et al.*, 2000).

Por lo anterior, los factores dietéticos juegan un papel importante en las características químicas y físicas de la leche (Bernabucci *et al.*, 2015), siendo la alimentación la de mayor impacto en la composición láctea (Bedoya-Mejia *et al.*, 2011) y en el rendimiento de la leche, sobre todo en vacas de alta producción (Allen, 2000). Es por ello que una nutrición balanceada, constituye una forma natural, equilibrada y económica para que los productores modulen de manera notable y rápida la composición de la leche y aumenten su productividad (Beigh *et al.*, 2017; Elgersma, 2015).

Alternativas para la alimentación del ganado

La insuficiencia nutricional para el ganado se considera actualmente uno de los principales problemas en el mundo (Beigh *et al.*, 2017). Por tal motivo, es necesario buscar alternativas para su alimentación.

El pastoreo ha sido la alternativa más económica para alimentar a las vacas. Además, el forraje fresco es una fuente natural de proteínas, fibra, ácidos grasos y vitaminas, pero solo está disponible en la temporada de lluvia (Elgersma, 2015). Sin embargo, en las regiones tropicales, uno de los principales problemas para la producción animal, es la estacionalidad de las lluvias y los periodos secos que afectan la calidad del forraje (Solorio-Sanchez y Solorio-Sánchez, 2002). Es por eso, que los ganaderos compran alimentos concentrados como el grano, lo que incrementa los costos de producción (Kolver y Muller, 1998; Solorio-Sanchez y Solorio-Sánchez, 2002). Aunado a eso, aumenta la demanda mundial de granos, los cuales son una fuente importante de alimento para los humanos, elevando más el precio de estos insumos (Elgersma, 2015).

Existe una relación entre el aumento de la población y la demanda de alimentos de origen animal destinados al consumo humano, como carne, leche y huevos, lo que,

a su vez, aumenta el consumo de forraje necesario para alimentar al ganado (OCDE-FAO, 2018). En el año 2015 la expansión agrícola era de 4 900 millones de hectáreas, de las cuales el 70% se destinan en alimento para animales (FAO, 2017).

Se sabe que la demanda de alimentos de origen animal para el año 2030 será 50% mayor que la reportada en el 2000, debido al incremento en la población humana, principalmente en países en desarrollo (Alexandratos y Bruinsma, 2012). Para cubrir la demanda poblacional, se estima que la agricultura tendrá que producir casi un 50% más de alimentos, forraje y biocombustible de lo que producía en 2012 (FAO, 2017). Lo anterior, conllevará a serios problemas ambientales debido a que, la ganadería contribuye con el 14.5% de las emisiones de gases de efecto invernadero de origen antropogénico (Gerber *et al.*, 2013; Steinfeld *et al.*, 2006), del cual el 60% corresponde al ganado bovino. En consecuencia, la producción ganadera actual causa una gran presión sobre el medio ambiente mediante el uso de recursos escasos y la emisión de contaminantes (Gerber *et al.*, 2013; Steinfeld *et al.*, 2006). Por lo tanto, para contribuir de manera sostenible a la seguridad alimentaria, los sistemas de producción ganadera tienen el reto de aumentar los niveles de producción reduciendo su impacto ambiental, mientras que son económicamente viables y socialmente responsables (van Wagenberg *et al.*, 2017).

Por tal motivo, la intensificación de los sistemas ganaderos y agrícolas sirven para aumentar la productividad y evitar la competencia entre los alimentos de consumo humano-animal (Tilman *et al.*, 2011). Además, se busca incrementar el volumen de forraje en la época de sequía (Bacab-Pérez, 2011). Empleando nuevas alternativas que sean de buena calidad y resulten accesibles en costos (Sosa-Pérez *et al.*, 2017). Para ello, los ganaderos utilizan alternativas para alimentar a los animales, entre las cuales se encuentran: pastos de corte, pastos de riego, cultivos forrajeros y residuos agrícolas, entre otros (Reyes-Sánchez *et al.*, 2008). Otra alternativa es el establecimiento de sistemas silvopastoriles, los cuales se caracterizan por tener mayor producción y mejor calidad forrajera, donde se pueden combinar árboles de leguminosas, árboles maderables y otras especies forrajeras (Bacab-Pérez, 2011);

También, hay estudios sobre sistemas completos de alimentación, los cuales consisten en utilizar residuos de cultivos, subproductos agrícolas y alimentos no convencionales en la ración de la dieta diaria del ganado, para maximizar la producción y minimizar el costo de alimentación (Beigh *et al.*, 2017). El uso de este tipo de alimentación ha originado un proceso que permite dar una opción de manejo a los desechos productivos (Triana *et al.*, 2014) y parece satisfacer las necesidades nutricionales del ganado (Beigh *et al.*, 2017; Hossain *et al.*, 2015a). Además, se reduce la contaminación ambiental que se genera en los procesos agrícolas, aprovechando estos residuos en la alimentación animal.

Uso de residuos agrícolas en la alimentación de los animales

Derivado de la demanda de alimentos de origen animal para consumo humano, los sistemas de producción requieren un cambio hacia una ganadería más sostenible, basada en el uso eficiente de los recursos alimentarios disponibles, reduciendo el desperdicio y utilizando nuevas fuentes de alimentos, particularmente aquellos que no están destinados al consumo humano (Wadhwa y Bakshi, 2013). La FAO señala que una tercera parte de los todos los alimentos producidos se desperdicia (Beausang *et al.*, 2017; FAO, 2017), principalmente frutas y verduras (Beausang *et al.*, 2017; Gustavsson *et al.*, 2012). Alrededor del 40% de las pérdidas de alimentos se producen en las etapas post cosecha y de procesamiento (Giroto *et al.*, 2015). Por lo tanto una alternativa, es utilizar los desperdicios que se generan en las parcelas (Ulloa *et al.*, 2004), mercados o en las industrias de procesamiento de alimentos, buscando reducir el costo en la producción animal (Esteban *et al.*, 2007). Actualmente no se conoce un valor estimado de los desperdicios de los cultivos, debido a que no se llevan registros y las temporadas de cosecha son diferentes todos los años (Röös *et al.*, 2017); además, el desperdicio no tiene valor económico, ya que no tiene un lugar en el mercado (Beausang *et al.*, 2017).

Estudios realizados sobre el uso de estos residuos, mencionan que se utilizan de abono para las tierras, biocombustibles (Beausang *et al.*, 2017) y como alimento de

granjas familiares (Hartikainen *et al.*, 2018), los cuales siguen siendo parte de la cadena alimenticia (Beausang *et al.*, 2017). Es decir, se considera que el ganado tiene la capacidad de reciclar nutrientes de estos alimentos no comestibles para consumo humano, convirtiéndolos en alimentos nutritivos y evitando la competencia entre alimentos de consumo humano y el forraje (Salami *et al.*, 2019), contribuyendo al uso eficiente de recursos agrícolas locales (Röös *et al.*, 2017).

El utilizar alimentos no convencionales disminuye la competencia entre la alimentación humana y animal (Achilonu *et al.*, 2018; Salami *et al.*, 2019). Beneficiando al medio ambiente, evitando la contaminación por descomposición (Giroto *et al.*, 2015). Actualmente existen estudios sobre el efecto de residuos de frutas y vegetales en diferentes especies de animales, debido a sus componentes nutricionales, como se muestra en el Cuadro 6 (Cook *et al.*, 2018; Hossain *et al.*, 2015b). Se sabe que contienen vitaminas, antioxidantes y ácidos grasos, que pueden ser benéficos para la salud de los animales (Salami *et al.*, 2019). Las investigaciones han demostrado que los residuos de plantas pueden usarse como parte de la dieta del ganado, reemplazando otros ingredientes, sin afectar el aumento de peso, la producción de leche o la postura de huevos (Angulo *et al.*, 2012b, 2012a; Bakshi *et al.*, 2016). Además, en algunos casos se podría beneficiar la producción de carne y leche (Angulo *et al.*, 2012a, 2012b; Das *et al.*, 2019; Das *et al.*, 2018). Por ejemplo, la cáscara de zanahoria, se ha utilizado en la dieta de aves ponedoras y se ha observado el aumento de β -caroteno en el huevo (Bakshi *et al.*, 2016). Los residuos vegetales, especialmente las frutas, contienen diversas enzimas que ayudan a la digestión de carbohidratos como la bromelina (piña), la papaína, la amilasa, hemicelulasa, celulasa, lacasa y la peroxidasa de manganeso, y que tienen otras funciones biológicas y aplicaciones biotecnológicas (Wadhwa y Bakshi, 2013). En general, la cáscara, la pulpa y las semillas de las verduras son una fuente de polifenoles, que tienen propiedades antioxidantes, antiparasitarias, anticancerígenas y reducen la incidencia a enfermedades cardiovasculares (Wadhwa y Bakshi, 2013). Sin embargo, el empleo de estos desperdicios no es nuevo, productores de zonas rurales los han aprovechado (Angulo *et al.*, 2012a;

Beausang *et al.*, 2017), a pesar de no conocer todos los beneficios que aportan al animal; como los beneficios medioambientales que se logran al disminuir la cantidad de residuos que llegan a los vertederos (Esteban *et al.*, 2007) y la disminución en la proliferación de insectos, principalmente las moscas (Cook *et al.*, 2018). Además, se debe tener en cuenta el beneficio económico, al reducir el uso de granos en la alimentación animal.

Cuadro 6. Uso de residuos agrícolas en la alimentación de animales.

RESIDUO VEGETAL	FORMA DE USO	ESPECIE ANIMAL	BENEFICIO	REFERENCIA
Manzana <i>(Malus domestica)</i>	Seco	Aves de engorde	Ganancia de peso.	(Wadhwa & Bakshi, 2013)
Plátano <i>(Musa paradisiaca)</i>	Harina	Ovinos	Ganancia de peso.	(Manju-Wadhwa <i>et al.</i> , 2015)
Cítricos <i>(Citrus)</i>	Pulpa, ensilado	Bovinos	Amortiguador sobre el pH del ruminal, aumentó el contenido de grasa en leche.	(Wadhwa & Bakshi, 2013)
Zanahoria <i>(Daucus carota)</i>	Fresca	Bovinos y ovinos	Mejoró el intervalo entre partos.	(Wadhwa & Bakshi, 2013)
Papa <i>(Solanum tuberosum)</i>	Fresca	Bovinos	Mejoró la digestibilidad.	(Manju-Wadhwa <i>et al.</i> , 2015)

Remolacha (<i>Beta vulgaris</i>)	Fresca y ensilado	Bovinos y ovinos	Gran aporte de minerales.	(Manju Wadhwa <i>et al.</i> , 2015)
Pepino (<i>Cucumis sativus</i>)	Liofilizado	Caprinos	Reducción de metano y aumento de ácidos grasos poliinsaturados en la leche.	(Bakshi <i>et al.</i> , 2016)
Calabaza (<i>Cucurbita pepo</i>)	Ensilado	Búfalos	Alternativa para alimentación, sin efectos adversos en ganancia de peso.	(Manju Wadhwa <i>et al.</i> , 2015)
Calabaza (<i>Cucurbita maxima</i>)	Ensilado	Rumiantes	Ganancia de peso.	(Chavira, 2016)
Brócoli (<i>Brassica oleracea</i>)	Ensilado	Bovinos	Aumento en la producción de leche.	(Diaz-Monroy, <i>et al.</i> , 2014)
Yuca (<i>Manihot esculenta</i>)	Ensilado	Bovinos	Aumento en la producción de leche.	(Chedly & Lee, 2001)
Zanahoria (<i>Daucus carota</i>)	Fresco	Aves ponedoras	Aumento en el contenido de β -caroteno en el huevo.	(Bakshi <i>et al.</i> , 2016)

Por estas razones, la utilización de residuos agrícolas es la clave para la cría de ganado de manera económica minimizando costos en la alimentación y ayudando a aumentar la producción (Beigh *et al.*, 2017). Sin embargo, tienen un alto contenido de humedad que puede dificultar su manejo y acelerar su descomposición. Por eso, se buscan tratamientos para su conservación (Ulloa *et al.*, 2004), sin disminuir su calidad (Esteban *et al.*, 2007). También, se busca que el procesamiento para la conservación de los desechos vegetales no requiera fuentes de energía (Wadhwa y Bakshi, 2013), lo cual incrementaría los costos en una explotación ganadera.

Importancia económica y producción de las calabazas

Las calabazas son originarias de América, pero se encuentran dispersas en otros continentes, convirtiéndose en cultivos familiares (Paris *et al.*, 2006) por el uso del fruto y la semilla en la alimentación humana (Janick, 2013), medicina tradicional, entre otros usos (Lira y Caballero, 2002), considerándose importantes en su economía y cultura. En su mayoría se consideran plantas tropicales (Romay *et al.*, 2014), y se han domesticado y desarrollado principalmente en un sistema agrícola conocido como “milpa”, siendo parte fundamental de la dieta balanceada de diversas regiones del mundo (SNICS, 2017), siendo las semillas, las que más se utilizan para preparar diversos platillos (OECD, 2016) y en algunos casos, también se consumen la fruta, tallos, hojas y flores (González-Mendoza, 2009).

La familia de Cucurbitaceas, incluye 118 géneros y 825 especies, siendo México el país con la más amplia diversidad donde se encuentran 34 géneros y 142 especies, siendo reportadas en 24 de los 32 estados (Lira y Caballero, 2002). Entre la familia *Cucurbitaceae*, se encuentra el género *Cucurbita*, en el que se describen 9 especies (Cuadro 7). De estos *Cucurbita argyrosperma*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita moschata* y *Cucurbita pepo* se cosechan y tienen importancia en términos de producción agrícola (Romay *et al.*, 2014; Janick, 2013; Paris 2016; Paris *et al.* 2006).

Cuadro 7. Taxonomía de las calabazas.

Reino	Plantae
Orden	<i>Cucurbitales</i>
Familia	<i>Cucurbitaceae</i>
Genero	<i>Cucurbita L.</i>
Especies	<i>Argyrosperma</i> <i>digitata</i> <i>ficifolia</i> <i>foetidissima</i> <i>máxima</i> <i>moschata</i> <i>okeechobeensis</i> <i>palmata</i> <i>pepo</i>

Fuente: ITIS, 2011.

Es importante señalar que la calabaza forma parte del grupo “hortalizas primarias”, y es el cuarto cultivo más producido en el mundo (Figura 5) (FAOSTAT, 2019).

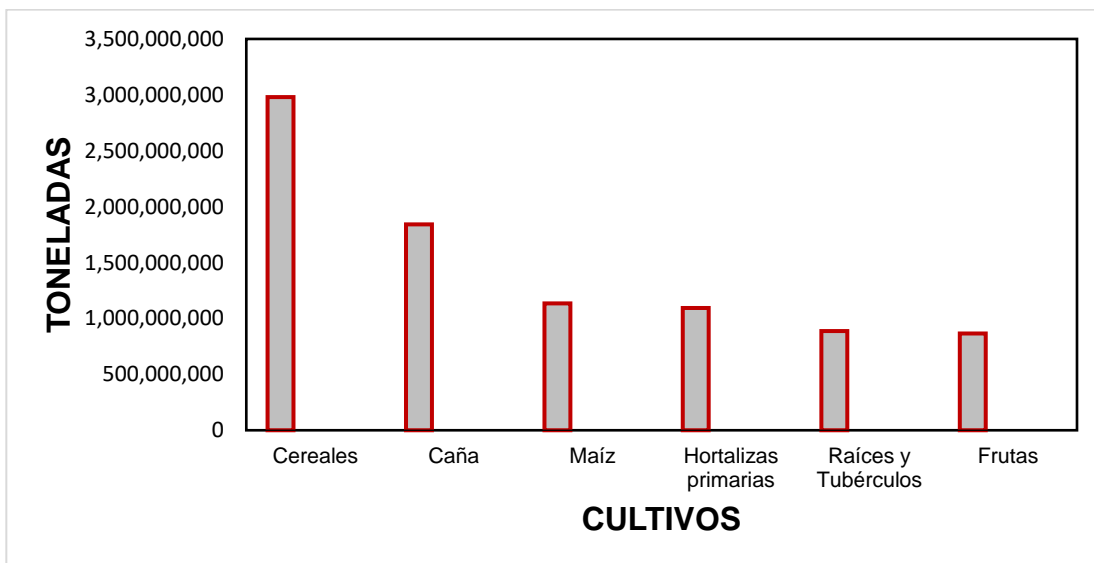


Figura 5. Cultivos con mayor producción en el mundo.

Fuente: FAOSTAT, 2017

En cuanto a producción mundial de calabaza, datos reportados por la FAO en el 2017, fueron de más de 20 millones de toneladas, con un área cosechada de alrededor de 2 millones de hectáreas, dispersándose por todos los continentes, siendo los países asiáticos los de mayor producción (Figura 6) (FAOSTAT, 2019).

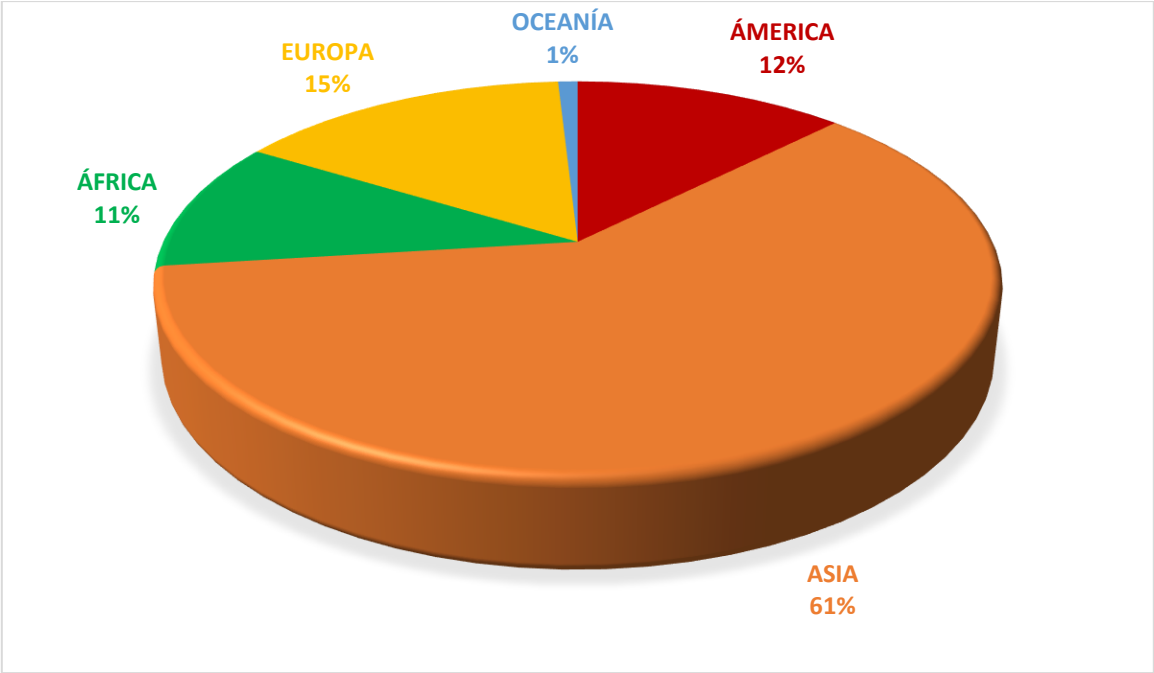


Figura 6. Producción de calabazas en el mundo.

Fuente: (FAOSTAT, 2019)

Los países de mayor producción de calabaza están por arriba de las 190,238 toneladas. México ocupa el sexto lugar, después de China, India, Rusia, Ucrania y Estados Unidos con una producción de 1,091,121 toneladas de calabaza (Figura 7) (FAOSTAT, 2019).

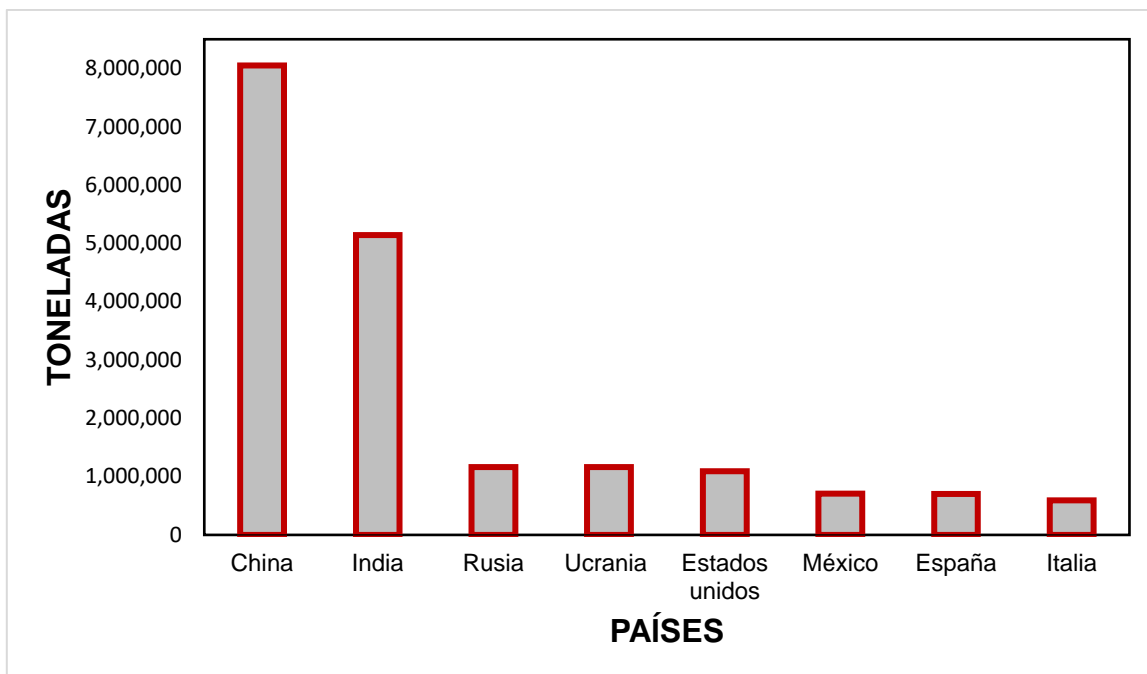


Figura 7. Principales países productores de calabaza en el mundo.

Fuente: (FAOSTAT, 2019)

Composición nutritiva de las calabazas

La composición de las calabazas varía según la especie y parte de la planta (Achilonu *et al.*, 2018; Kim -Young *et al.*, 2012). En general, el fruto es una fuente de carbohidratos, vitaminas, minerales, pigmentos y antioxidantes; mientras que las semillas aportan proteínas y ácidos grasos (Kim-Young *et al.*, 2012; Yadav *et al.*, 2010). Además, se ha descrito que las calabazas tienen propiedades medicinales y farmacológicas (Badr *et al.*, 2011; Yadav *et al.*, 2010).

Se ha encontrado información sobre la composición de diferentes especies de calabazas. King-Young *et al.* (2012) evaluaron la composición química de tres especies de calabaza (*Cucurbita pepo*, *Cucurbita moschata* y *Cucurbita maxima*). El Cuadro 8 muestra la composición donde se observa que la semilla es la que contiene mayor cantidad de fibra, carbohidratos, proteínas y grasa. Sin embargo, entre las tres especies, existe una gran diferencia en cuanto a su composición. La evaluación de Dorantes *et al.* (2016) reportan que la cáscara y los residuos de pulpa

de *Cucurbita argyrosperma* en base seca tienen un contenido de proteína y grasa de 8% y 3%, respectivamente. En otro estudio se observó que la pulpa seca de *Cucurbita moschata* contiene 44% de azúcares y 9% de pectina (Zhang *et al.*, 2013).

Cuadro 8. Composición química de diversas especies de calabazas.

Composición química	Parte	g/kg		
		<i>Cucurbita pepo</i>	<i>Cucurbita moschata</i>	<i>Cucurbita maxima</i>
Carbohidratos	Cáscara	43.76	96.29	206.78
	Pulpa	26.3	43.39	133.53
	Semilla	122.20	140.19	129.08
Proteína	Cáscara	9.25	11.30	16.54
	Pulpa	2.08	3.05	11.31
	Semilla	308.83	298.11	274.85
Grasa	Cáscara	4.71	6.59	8.59
	Pulpa	0.55	0.89	4.20
	Semilla	439.88	456.76	524.34
Fibra	Cáscara	12.28	34.28	22.35
	Pulpa	3.72	7.41	10.88
	Semilla	148.42	108.51	161.54

FUENTE: Kim Young *et al.*, 2012.

Además, las calabazas contienen micronutrientes, destacando minerales como cobre, manganeso, cobalto, fósforo, potasio, calcio, hierro, magnesio, zinc y selenio, (Cuadro 9) y vitaminas A, E, C y del complejo B (Achilonu *et al.*, 2018; Azevedo-Meleiro & Rodriguez-Amaya, 2007; Dorantes *et al.*, 2016; Elinge *et al.*, 2012; Kim Young *et al.*, 2012) .

Cuadro 9. Contenido de minerales de calabaza *Cucurbita pepo* y *Cucurbita argyrosperma* en base seca.

ESPECIE/ PARTE	Mineral %								
	Ca	Mg	Na	K	P	Cu	Zn	Mn	Co
<i>Cucurbita pepo</i>/ semilla ¹	0.09	0.67	1.7	2.3	4.7	0.03	1.4	0.06	0.02
<i>Cucurbita argyrosperma</i>/ cáscara y pulpa ²	1.12	0.18	ND	ND	0.18	ND	ND	ND	ND

Fuentes: Elinge *et al.*, 2012 ¹, Dorantes *et al.*, 2016 ² . ND: No determinado.

Se ha reportado que el color naranja de la pulpa puede indicar el contenido de carotenoides (Dhiman *et al.*, 2012), los cuales son precursores de vitaminas A (Azevedo *et al.*, 2007; Badr *et al.* 2011; Kim Young *et al.* 2012; Zhou *et al.* 2017). El contenido de carotenoides que se encuentran en las calabazas, se puede asociar a una mejor respuesta inmune en las personas y la reducción del riesgo de enfermedades degenerativas como el cáncer, las enfermedades cardiovasculares, la aterosclerosis, las cataratas y la degeneración macular relacionada con la edad (Jacobo-Valenzuela *et al.*, 2011). El Cuadro 10 muestra el contenido de carotenoides encontrados en tres especies de calabazas.

Cuadro 10. Contenido de antioxidantes de tres especies de calabazas.

Tocoferoles y carotenoides	Parte	mg/kg		
		<i>Cucurbita pepo</i>	<i>Cucurbita moschata</i>	<i>Cucurbita maxima</i>
α -tocoferol	Cáscara	4.49	6.17	9.62
	Pulpa	1.40	1.54	2.31
	Semilla	21.33	25.74	20.79
γ -tocoferol	Cáscara	0.66	ND	3.55
	Pulpa	ND	0.52	ND
	Semilla	61.65	66.85	28.70
β -caroteno	Cáscara	39.48	68.30	123.19
	Pulpa	1.48	5.70	17.04
	Semilla	17.46	7.15	31.40
β -criptoxantina	Cáscara	0.15	0.13	6.57
	Pulpa	ND	ND	0.65
	Semilla	0.16	ND	0.21

ND: No determinado. Fuente: Kim Young *et al.*, 2012.

También se han reportado diferencias en el contenido de ácidos grasos (saturados e insaturados) en las semillas de calabazas, donde las semillas de *Cucurbita pepo* contienen un porcentaje mayor de ácidos grasos poliinsaturados (36.40%) en comparación con las de *Cucurbita moschata* y *Cucurbita maxima* (Cuadro 11). Cabe destacar que los ácidos grasos poliinsaturados como el omega 6 (linoleico) y omega 9 (oleico) están relacionados con numerosos beneficios para la salud como prevención de enfermedades cardiovasculares, obesidad, síndrome metabólico, diabetes tipo 2 e hipertensión arterial (Rossel Kipping *et al.*, 2018).

Cuadro 11. Porcentaje de ácidos grasos en semillas de calabazas.

Ácidos grasos	%		
	<i>Cucurbita pepo</i>	<i>Cucurbita moschata</i>	<i>Cucurbita maxima</i>
Saturados	18.62	20.11	17.47
Monoinsaturados	32.40	31.40	14.90
Poliinsaturados	36.40	35.72	56.84

Fuente: Kim Young *et al.*, 2012.

A pesar de todos los beneficios que contienen las calabazas, también pueden contener algunos compuestos antinutricionales (Achilonu *et al.*, 2018) como las *cucurbitacinas*, grupo de triterpenos tetracíclicos (Perez -Gutierrez, 2016). Su sabor es amargo y toxico para humanos, probablemente también en algunos animales (Gry & Andersson, 2006).

Impacto en la nutrición y productividad del ganado

Las calabazas se han utilizado desde hace muchos años atrás para la alimentación de animales como los rumiantes y equinos (Lans *et al.*, 2006; Lans *et al.*, 2007). Sin embargo, se desconocían sus beneficios. Actualmente, de acuerdo a las investigaciones, se sabe que el contenido de proteína y grasa, principalmente en el caso de las semillas, así como carbohidratos, minerales y vitaminas en la fruta, se le atribuyen benéficos en la producción animal (Achilonu *et al.*, 2018).

Se han realizado diversas investigaciones sobre el uso de la semilla de calabaza, como por ejemplo, en ovejas la harina de semilla de calabaza puede sustituir por completo la pasta de soya, sin afectar la producción y composición de la leche (Klir *et al.*, 2017) y el rendimiento de la canal (Antunovic *et al.*, 2018).

En aves, se han utilizado principalmente en pollos de engorda. Se ha observado aumento en el peso, mayor rendimiento de la canal, pero también sobre la reducción de grasa en el músculo del corazón, disminuyendo las muertes por insuficiencia

cardiaca (Omenka y Anyasor, 2010). Se ha utilizado *Cucurbita moschata* observando aumento en la ganancia de peso, crecimiento de la pechuga y una disminución de la grasa abdominal (Aguilar *et al.*, 2017; Zinabu y Meseret, 2019). En otro estudio el aceite de semilla de calabaza (5g) en la ración de la dieta no afectó el rendimiento productivo de pollos de engorda (Hajati *et al.*, 2011). Además en las gallinas ponedoras no hubo cambios en la tasa de postura o la calidad del huevo (Martínez *et al.*, 2010; Martínez *et al.*, 2012) y en pavos aumentó el potencial reproductivo (Machebe *et al.*, 2013; Ndubuisi *et al.*, 2013).

Además, se conocen varias propiedades medicinales que tienen las calabazas. Se pueden utilizar como antioxidantes, antifúngicos, antiparasitarios, antimicrobianos y antiinflamatorios (Achilonu *et al.*, 2018; Yadav *et al.*, 2010). En aves se hizo un estudio con el extracto de *Cucurbita pepo* más etanol, viendo su efecto desparasitante contra los siguientes protozoarios: *Histomonas meleagridis*, *Tetratrichomonas gallinarum* y *Blastocystis sp.* (Grabensteiner *et al.*, 2008). Su efecto antimicrobiano se observó contra *Salmonella typhimurium*, *Salmonella gallinarum*, *Escherichia coli* y *Pseudomonas*, por lo que su uso podría disminuir el uso prolongado de antibióticos. Además, todo el fruto tiene acción contra el virus de Newcastle (Achilonu *et al.*, 2018).

Efectos de las calabazas en la composición de la carne, leche y huevo

La investigación sobre el uso de calabaza en la alimentación animal es escasa y sus beneficios en la productividad y calidad de la carne, la leche o el huevo se atribuyen a su composición nutricional (Achilonu *et al.*, 2018). En el caso de bovinos, se ha visto aumento en el peso de la leche de aproximadamente 6 kg d⁻¹, al reemplazar el 17% del ensilado de maíz con ensilado de *Cucurbita máxima* (Halik *et al.*, 2018). Sin embargo, al utilizarlo en búfalos no hubo cambios en el aumento de peso corporal al incluir hasta el 14% de ensilado de *Cucurbita pepo* (Paridah *et al.*, 2016; Razzaghzadeh *et al.*, 2007).

La calabaza, contiene antioxidantes como el α -tocoferol y β -caroteno (Kim Young *et al.*, 2012). Se ha demostrado que el α -tocoferol retrasa la oxidación de los lípidos y previene la pérdida del color de la carne, prolongando la vida útil de la carne en anaquel (Decker y Park, 2010). Además, un exceso de β -caroteno lleva a un estado de hipercarotenodermia, que se caracteriza por una coloración amarillenta de la piel (Llacuna y Mach, 2012), lo que podría modificar la coloración de la leche y el huevo (cáscara o yema), por lo que en gallinas ponedoras se podría utilizar para mejorar la calidad y la frescura del huevo.

A su vez, los humanos pueden obtener α -tocoferol y β -caroteno a través del consumo de carne y leche de animales que recibieron dietas con un alto contenido de estos antioxidantes (Daley *et al.*, 2010; Halik *et al.*, 2018; Khan *et al.*, 2015), teniendo un efecto positivo en su salud, es decir una dieta rica en carotenos mejora la respuesta inmune y reduce el riesgo de enfermedades degenerativas como cáncer, enfermedades cardiovasculares, aterosclerosis, cataratas y degeneración macular relacionada con la edad (Jacobo-Valenzuela *et al.*, 2011; Llacuna y Mach, 2012; Mir-Nazur, 2013).

Por otro lado, existen investigaciones sobre el contenido de ácidos grasos en la calabaza. Se ha visto que en la alimentación de gallinas se pueden estabilizar los ácidos grasos poliinsaturados de la yema debido a los mayores niveles de antioxidantes que contiene su dieta (Martínez-Aguilar *et al.*, 2012); esto a su vez, prolongaría la vida útil del huevo y evitaría los olores rancios (Surai y Sparks, 2001). Además, se ha reportado que disminuye el contenido de colesterol en el huevo (Martínez-Aguilar *et al.*, 2012) y probablemente también en la carne de pollo (Hajati *et al.*, 2011) y de oveja (Antunovic *et al.*, 2018). Por tal motivo, pueden contribuir a mejorar la dieta humana, ya que el consumo de colesterol y algunos lípidos se consideran poco saludables (Achilonu *et al.*, 2018). Además, se ha visto que en ovejas lecheras, la pasta de semilla de calabaza aumenta los ácidos grasos esenciales principalmente omega-3 y disminuye los ácidos grasos perjudiciales para la salud (Estarrón-Espinosa y Cordova, 2014; Klir *et al.*, 2017).

Por lo tanto, modificar el contenido de ácido oleico, ácido linoleico conjugado, ácidos grasos omega-3, ácidos grasos de cadena corta y media, vitaminas, minerales y compuestos bioactivos, puede promover efectos positivos para la salud del humano (Haug *et al.*, 2007).

Uso de la calabaza *Cucurbita argyrosperma* Huber como alternativa de alimentación del ganado

En México se siembran cuatro especies de calabaza de la familia Cucurbitaceae, las cuales son: *Cucurbita moschata*, *Cucurbita pepo*, *Cucurbita ficifolia* Bouché y *Cucurbita argyrosperma* Huber (Cerón-González *et al.*, 2010; Vela, 2010). Se diferencian por su destino en la alimentación, ya que algunas se consumen como verduras y otras calabazas se utilizan para el aprovechamiento de su pulpa y semilla (González-Mendoza, 2009). Se sabe que la producción de semilla de calabaza también conocida como semilla pipían, representa una actividad de gran importancia en México, que se refleja en la superficie que se destina a su producción (González-Mendoza, 2009), abarcando alrededor de 58,949.11 ha, según los reportes del SIAP (2018).

La calabaza criolla, conocida en lengua Maya como X-top o chihua (*Cucurbita argyrosperma* Huber) (Dorantes *et al.*, 2016), es una especie de calabaza cultivada en México que se utiliza para la recolección de las semillas, que tienen un alto valor económico (Dorantes *et al.*, 2016). La producción nacional hasta el año 2018 fue de 28,509.62 toneladas de chihua, con 46,660.83 ha cosechadas. El estado de Campeche ocupa el primer lugar como productor de esta calabaza a nivel nacional, con una producción de 9,119.27 toneladas con alrededor de 15 mil hectáreas cosechadas (Figura 8) (SIAP, 2018); siendo un cultivo muy importante para el estado, después del maíz (*Zea mays* L.), soya (*Glycine max*) y caña de azúcar (*Saccharum spp.*) (Dorantes *et al.*, 2016).

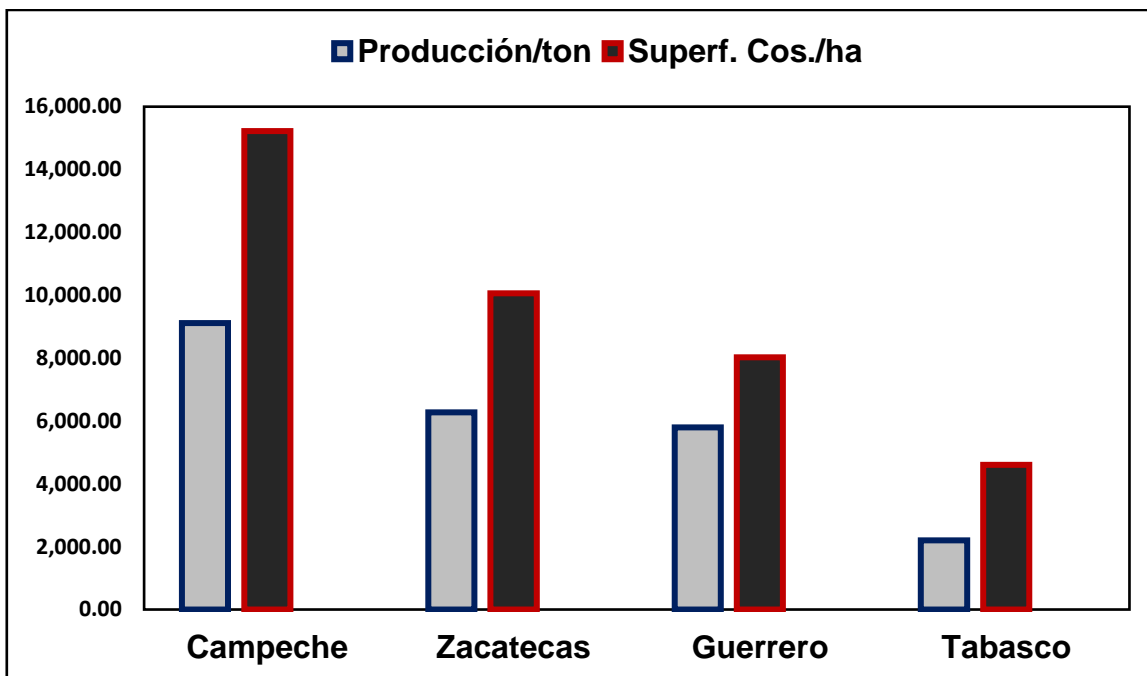


Figura 8. Principales estados productores de calabaza para semilla o chihua, ton/ha.

Fuente: (SIAP, 2018).

Datos del SIAP (2019) indican que en 2018 se cosecharon a nivel nacional 46,660.83 hectáreas de calabaza chihua por sus semillas (Figura 8) (SIAP, 2018). El resto de la fruta, incluida la cáscara y la pulpa, generalmente se deja en los campos de cultivo (Dorantes *et al.*, 2016). De acuerdo con una investigación realizada por Garza-Ortega *et al.*, (2010), se estimó el rendimiento del fruto de calabaza en alrededor de 16 ton ha⁻¹, que puede variar según la densidad de siembra y el uso de fertilizantes; Crosby-Galván *et al.*, (2018) estimaron que se generan 17 ton ha⁻¹ entre pulpa y cáscara. Tomando en cuenta la información anterior, en el año 2018 se produjeron alrededor de 793,323 toneladas de residuos frescos en el país, mientras que en Campeche se generaron 258,842 toneladas de residuos de chihua. De acuerdo con esta información, en las parcelas se dejan miles de toneladas de residuos que pueden utilizarse como alimento para el ganado. Por lo tanto, se debe considerar el fruto de *Cucurbita argyrosperma*, que se desecha después de la cosecha, como una alternativa de alimentación.

Conservación de alimentos para el ganado tropical

La ganadería tropical de América Latina se integra con el 78% de la población bovina, considerándose de doble propósito (Perdomo *et al.*, 2017), la cual se desarrolla principalmente bajo el sistema extensivo o de pastoreo y es una de las principales actividades productivas del sector agropecuario (Molina *et al.*, 2019; Orantes *et al.*, 2014).

Los sistemas ganaderos extensivos o semi-extensivos de doble propósito (carne y leche) predominan en las regiones tropicales de México. Comprenden el 23% del territorio nacional, ubicándose el 30% de la población bovina del país (Segura-Correa, 1990). El principal problema de estos sistemas es la baja calidad y disponibilidad de los forrajes; también existe baja eficiencia en el uso de los suelos, hay deterioro ambiental por problemas de deforestación, erosión, pérdida de biodiversidad y contaminación del agua (Arboleda *et al.*, 2013). Además, el clima de estas regiones se clasifica principalmente en dos estaciones: seca y húmeda. Teniendo una temperatura media anual mayor a 18° C con lluvias de 800 a 4000 mm al año y con una distribución estacional de 6 meses al año con periodo seco y el restante con lluvias. Debido a esto es necesario utilizar estrategias para la conservación de forrajes, principalmente los residuos agrícolas con alta humedad que se generan en la época de lluvia.

Estrategias de conservación de alimentos para el ganado

Los objetivos de la conservación de forrajes son proporcionar alimentos de buena calidad durante todo el año, especialmente en la época de estiaje y además incluir residuos o subproductos agrícolas, con el fin de obtener un balance en la dieta del animal, la cual mantendrá la producción en las épocas críticas. Debido a que los pastos no logran satisfacer las necesidades nutricionales de los animales y a que en la época de seca hay poca disponibilidad de ellos (Sanchez, 2005), es necesario seleccionar estrategias de conservación adecuadas para preservar los alimentos por más tiempo y poder utilizarlos en las épocas de baja disponibilidad.

Asimismo, debido a la alta humedad que contienen los residuos agrícolas y a su rápida descomposición, es necesario utilizar formas de conservación para los residuos (Ulloa *et al.*, 2004), sin disminuir su calidad (Esteban *et al.*, 2007). Y además, que muchos cultivos agrícolas se dan por estaciones del año, (Acosta-Martínez *et al.*, 2015), en los cuales se generan grandes cantidades de residuos que son perecederos debido a su rápida cosecha (Muelas *et al.*, 2017). Por tal motivo, los residuos vegetales podrían ser una alternativa alimenticia, durante la estación seca cuando se agotan otros recursos (Valbuena *et al.*, 2015).

En la actualidad, existe información sobre los métodos de conservación, los cuales se describen a continuación:

- Secado.- Se utiliza para la transformación de forrajes en harinas (Ferreira *et al.*, 2015). Para lograrlo, se puede considerar el uso de secadores solares o simplemente mediante el secado directo bajo el sol (Wadhwa y Bakshi, 2013). Debe considerarse que el secado pueden reducir el contenido de antioxidantes, particularmente de carotenos y tocoferol (Dunne *et al.*, 2009).
- Henificación. - Se le llama al proceso de deshidratación, cuando el porcentaje de humedad es menor del 20% de cualquier pastura cortada y almacenada, para utilizarla después en la alimentación del ganado. Sin embargo, el almacenamiento es su peor desventaja, ya que, al mantenerse principalmente al exterior, la cantidad y calidad de nutrientes disminuye (Callejo, 2017; Müller, 2012).
- Henolaje.- Este método de conservación se considera una fase intermedia entre la henificación y el ensilaje con humedad alrededor del 40 al 50% (Santos *et al.*, 2012). Sin embargo, debido al exceso de humedad puede ser un medio para la proliferación más rápida de microorganismos patógenos.
- Ensilaje.- El ensilaje es un método de conservación de forrajes, basado en la fermentación anaeróbica (sin aire) de la biomasa, la cual va a mantener por un largo tiempo, a medida de lo posible la calidad que tenía el forraje en el

momento del corte (Sanchez, 2005). Además, que debido a la fermentación se puede disminuir la proliferación de microorganismos, que afectan la salud del animal. Por otro lado, se ha visto que utilizar ensilados disminuye los costos en la alimentación del ganado, principalmente en las zonas tropicales y no presenta diferencias en la producción cuando se utilizan concentrados de alimentos durante la época de sequía (Reiber *et al.*, 2011). Se ha observado que el pH ácido que se presenta en los ensilados por la fermentación, disminuye la oxidación de los carotenoides, que se da por acción de las lipoxidasas, manteniendo su potencial antioxidante (Lozicki *et al.*, 2015).

Los ensilados más comunes en la alimentación de vacas lecheras, sobre todo en América del Norte son de alfalfa, de maíz (Benchaar *et al.*, 2007) y pastos. Además, se han realizado estudios sobre el uso de diversas frutas y vegetales para ensilar, como yuca, remolacha, zanahoria, brócoli, calabaza, cítricos, plátano y piña (Caicedo *et al.*, 2017; Diaz- Monroy *et al.*, 2014; Zivkov *et al.*, 2015) entre otras. Pero debido a su alto contenido de humedad, los residuos vegetales no pueden ser ensilados por sí solos, por lo que se mezclan con paja o rastrojo (Wadhwa y Bakshi, 2013); De esta manera, con la mezcla se obtiene un nivel de materia seca entre 25% y 40%, para su correcto proceso de fermentación (Martínez-Fernández *et al.*, 2014), lo que constituye una buena opción para conservar los residuos agrícolas durante más tiempo (Chavira, 2016; Ferreira *et al.*, 2015; Hossain *et al.*, 2015a) y preservar su calidad (Esteban *et al.*, 2007).

LITERATURA CITADA

- Achilonu, M. C.; Nwafor, I. C.; Umesiobi, D. O.; Sedibe, M. M. (2018). Biochemical proximates of pumpkin (Cucurbitaceae spp.) and their beneficial effects on the general well-being of poultry species. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102, 5–16. <https://doi.org/10.1111/jpn.12654>
- Acosta-Martínez A.; Avendaño-Ruiz, B.; Astorga Ceja, J. (2015). Terminal market price relationships of fruits and vegetables from Mexico and US. In *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 6 (7),1429-1442
- Afzal Beigh Y.; Majeed-Ganai A.; Ali-Ahmad H. 2017. Prospects of complete feed system in ruminant feeding: A review. *Vet World*. 10(4), 424-437. Doi 10.14202/vetworld.2017.424-437
- Agudelo, D.; Bedoya, O. (2012). Composición Nutricional de la Leche. *Revista Lasallista De Investigación*, 2(1), 38–42. <https://doi.org/1794-4449>
- Aguilar, Y.; Yero, O.; Navarro, M.; Hurtado, C.; López, J.; Mejía, L. (2017). Effect of squash seed meal (Cucurbita moschata) on broiler performance, sensory meat quality, and blood lipid profile. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 13(4), 219–226. <https://doi.org/10.1590/s1516-635x2011000400001>
- Allen, M. S. (2000). Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 83(7), 1598–1624. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75030-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75030-2)
- Angulo, J.; Mahecha, L.; Yepes, S.; Yepes, A.; Bustamante, G.; Jaramillo, H.; Valencia, E.; Villamil, T.; Gallo, J. (2012a). Nutritional evaluation of fruit and vegetable waste as feedstuff for diets of lactating Holstein cows. *Journal of Environmental Management*, 95, 210–214. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2011.06.050>
- Angulo, J.; Mahecha, L.; Yepes, S.; Yepes, A.; Bustamante, G.; Jaramillo, H.; Valencia, E.; Villamil, T.; Gallo, J. (2012b). Quantitative and nutritional characterization of fruit and vegetable waste from marketplace: A potential use as bovine feedstuff? *Journal of Environmental Management*, 95, 203–209. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2010.09.022>
- Antunovic, Z.; Klir, Z.; Speranda, M.; Sičja, V.; Čolović, D.; Mioč, B.; Novoselec, J.

- (2018). Partial replacement of soybean meal with pumpkin seed cake in lamb diets: Effects on carcass traits, haemato-chemical parameters and fatty acids in meat. *South African Journal of Animal Science*, 48(4), 695–704. <https://doi.org/10.4314/sajas.v48i4.11>
- Arboleda, D.; Tombe, A.; Morales, S. (2013). Propuesta para el establecimiento de especies arbóreas y arbustivas con potencial forrajero en sistemas de producción ganadera del trópico alto colombiano. *Rev. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 11(1), 154-163.
- Arnould, J.; Hindell, M. A. (1999). The Composition of Australian Fur Seal (*Arctocephalus pusillus doriferus*) Milk throughout Lactation. *Physiological and Biochemical Zoology*, 72(5), 605–612. <https://doi.org/10.1086/316702>
- Azevedo-Meleiro, C.; Rodriguez-Amaya, D. (2007). Qualitative and quantitative differences in carotenoid composition among *Cucurbita moschata*, *Cucurbita maxima*, and *Cucurbita pepo*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(10), 4027–4033. <https://doi.org/10.1021/jf063413d>
- Bacab-Pérez, H.; Solorio-Sánchez F. (2011). Oferta y consumo de forraje y producción de leche en ganado de doble propósito manejado en sistemas silvopastoriles en tepalcatepec, michoacán. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 13(3), 271–278.
- Badr, S.E.A.; Shaaban, M.; Elkholy, Y.M.; Helal, M.H.; Hamza, A.S.; Masoud, M.S.; El Safty, M.M. Chemical composition and biological activity of ripe pumpkin fruits (*Cucurbita pepo* L.) cultivated in egyptian habitats. *Nat. Prod. Res.* 2011, 25, 1524–1539. <https://doi.org/10.1080/14786410903312991>.
- Bakshi, M.; Wadhwa, M. (2016). *Waste to worth: vegetable wastes as animal feed*. 11(12) <https://doi.org/10.1079/PAVSNR201611012>
- Beausang, C.; Hall, C.; Toma, L. (2017). Food waste and losses in primary production: Qualitative insights from horticulture. *Resources, Conservation and Recycling*, 126, 177–185. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.07.042>
- Bedoya-Mejía, O.; Rosero-Noguera, R.; Posada, S. (2011). Composición de la leche de cabra y factores nutricionales que afectan el contenido de sus componentes. In Garcés-Giraldo L. (Ed.), *Desarrollo y Transversabilidad*. 49-66.

- Beigh, Y.; Ganai, A.; Ahmad, H. (2017). Prospects of complete feed system in ruminant feeding: A review. *Veterinary World*, 10(4), 424–437. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.424-437>
- Benchaar, C.; Petit, H.; Berthiaume, R.; Ouellet, D.; Chiquette, J.; Chouinard, P. (2007). Effects of Essential Oils on Digestion, Ruminal Fermentation, Rumen Microbial Populations, Milk Production, and Milk Composition in Dairy Cows Fed Alfalfa Silage or Corn Silage. *Journal of Dairy Science*, 90(2), 886–897. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(07\)71572-2](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(07)71572-2)
- Bernabucci, U.; Basiricò, L.; Morera, P.; Dipasquale, D.; Vitali, A.; Piccioli, F.; Calamari, L. (2015). Effect of summer season on milk protein fractions in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 98(3), 1815–1827. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8788>
- Beux, S.; Cassandro, M.; Lima, V.; Zielinski A.; Nogueira, A.; Waszczyński, N. (2018). Seasonal effect on milk composition, somatic cell content and milk coagulation properties of Italian Holstein-Friesian cow. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 30(12), 998–1005.
- BioPasos. (2018). Caracterización de la ganadería bovina en el estado de Campeche, México. <https://www.biopasos.com/> (Consultado 2 de octubre del 2019).
- Caicedo, W.; Vargas, J.; Uvidia, H.; Samaniego, E.; Valle, S.; Flores, L.; Moyano, J.; Aguiar, S. (2017). Physicochemical, biological and organoleptic indicators in banana silage (*Musa sapientum*) for pig feeding Indicadores físico-químicos, biológicos y organolépticos en ensilados de banano (*Musa sapientum*) para la alimentación porcina. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 51(1).
- Callejo, A. (2017). *Conservación de forrajes (IV): Almacenamiento y suministro de heno*. Dpto. de producción Agraria. Rev. Frisón Española. 222.
- Carroll, S.; DePeters, E.; Taylor, S.; Rosenberg, M.; Perez, H.; Capps, V. (2006). Milk composition of Holstein, Jersey, and Brown Swiss cows in response to increasing levels of dietary fat. *Animal Feed Science and Technology*, 131(3–4), 451–473. <https://doi.org/10.1016/J.ANIFEEDSCI.2006.06.019>
- Casamassima, D.; Palazzo, M.; Nardoia, M.; D'Alessandro, A.; Vizzarri, F. (2018).

- Effect of water restriction on milk yield and quality in Lacaune breed ewes. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102(2), 677–685. <https://doi.org/10.1111/jpn.12811>
- Castillo, A.; Sardiñas, Y.; Corría, E.; Corrales, C. (2014). *Avances en Investigación Agropecuaria. Universidad Nacional Autónoma de México*. 18 (2), 41-61.
- Cerón-González, L.; Legaria-Solano, J.; Villanueva-Verduzco, C.; Sahagún-Castellanos, J. (2010). Genetic diversity in four species of mexican squash (*Cucurbita* spp.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33(3), 189–196.
- Chavira, J. (2016). Potential Use of Nonconventional Silages in Ruminant Feeding for Tropical and Subtropical Areas. In *Advances in Silage Production and Utilization*. <https://doi.org/10.5772/64382>
- Chedly, K.; Lee, S. (2001). Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos. *Ensilaje de Subproductos Agrícolas Como Opción Para Pequeños Campesinos*, (November 2018), 87–98.
- Chen, B.; Lewis, M.; Grandison, A. (2014). Effect of seasonal variation on the composition and properties of raw milk destined for processing in the UK. *Food Chemistry*, 158, 216–223. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.02.118>
- Chilliard, Y.; Ferlay, A.; Doreau, M. (2001). Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. *Livestock Production Science*, 70(1–2), 31–48. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00196-8](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00196-8)
- Cook, D.; Telfer, D.; Lindsey, J.; Deyl, R. (2018). Substrates across horticultural and livestock industries that support the development of stable fly, *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae). *Austral Entomology*, 57(3), 344–348. <https://doi.org/10.1111/aen.12282>
- Crosby-Galván, M.; Espinoza-Velasco, B.; Ramirez-Mella, M. (2018). Effect of Chihua Pumpkin Residue (*Cucurbita argyrosperma*) in Ruminant Gas Production and Digestibility in vitro. *Pakistan J. Zool*, 50(3), 1–3. <https://doi.org/10.17582/journal.pjz/2018.50.3.sc1>
- Cruz, M.; Sánchez, J. (2000). *Vista de La fibra en la alimentación del ganado*

- lechero. Rev. Nutrición Animal Tropical*. 6(1).
- Daley, C.; Abbott, A.; Doyle, P.; Nader, G.; Larson, S. (2010). A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. *Nutrition Journal*, 9(1), 10. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-9-10>
- Das, N.; Huque, K.; Amanullah, S.; Makkar, H. (2019). Feeding of processed vegetable wastes to bulls and its potential environmental benefit. *Animal Nutrition*, 5(1), 87–94. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.04.002>
- Das, N.; Huque, K.; Amanullah, S.; Dharmapuri, S.; Makkar, H. (2018). Study of chemical composition and nutritional values of vegetable wastes in Bangladesh. *Veterinary and Animal Science*, 5, 31–37. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2018.02.003>
- Decker, E.; Park, Y. (2010). Healthier meat products as functional foods. *Meat Science*, 86(1), 49–55. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.021>
- Dhiman, K.; Gupta, A.; Sharma, D.; Gill, N; Goyal, A. (2012). A Review on the Medicinally Important Plants of the Family Cucurbitaceae. *Asian Journal of Clinical Nutrition*, 4(1), 16–26. <https://doi.org/10.3923/ajcn.2012.16.26>
- Diaz -Monroy, B.; Iglesias, A.; Valiño Cabrera, E. (2014). Evaluation of bioensilage of broccoli (*Brassica oleracea* L.) and oats (*Avena sativa* L.) as supplements for dairy cows. / Evaluación del bioensilaje de brócoli (*Brassica oleracea* L.) y avena (*Avena sativa* L.) como suplemento en vacas lecheras. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 22, 21–29.
- Dobranić, V.; Njari, B.; Samardžija, M.; Mioković, B.; Resanović, R. (2008). The influence of the season on the chemical composition and the somatic-cell count of bulk tank cow's milk. *Veterinarski Arhiv*, 78(3), 235–242.
- Dorantes, J.; Flota, C.; Candelaria, B.; Ramírez, M.; Crosby, M. (2016). Calabaza chihua (*Cucurbita argyrosperma* Huber), Alternativa para la alimentación en el trópico. *Rev. Agroproductividad*, 9(9), 33–37.
- Dunne, P.; Monahan, F.; O'Mara, F.; Moloney, A. (2009). Colour of bovine subcutaneous adipose tissue: A review of contributory factors, associations with carcass and meat quality and its potential utility in authentication of dietary history. *Meat Science*, 81(1), 28–45.

<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.06.013>

- Eisert, R.; Oftedal, O.; Barrell, G. (2013). Milk Composition in the Weddell Seal *Leptonychotes weddellii*: Evidence for a Functional Role of Milk Carbohydrates in Pinnipeds. *Physiological and Biochemical Zoology*, 86(2), 159–175. <https://doi.org/10.1086/669036>
- Elgersma, A. (2015). Grazing increases the unsaturated fatty acid concentration of milk from grass-fed cows: A review of the contributing factors, challenges and future perspectives. *European Journal of Lipid Science and Technology*, Vol. 117, pp. 1345–1369. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201400469>
- Elinge, C.; Muhammad, A.; Atiku, F.; Itodo, A.; Peni, I. J.; Sanni, O. M.; Mbongo, A. N. (2012). Proximate, Mineral and Anti-nutrient Composition of Pumpkin (*Cucurbitapepo* L) Seeds Extract. *International Journal of Plant Research*, 2(5), 146–150. <https://doi.org/10.5923/j.plant.20120205.02>
- Estarrón-Espinosa, M.; Cordova, J. (2014). *Serum lipid profile of laying hens fed pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed levels.*
- Esteban, M. B.; García, A. J.; Ramos, P.; Márquez, M. C. (2007). Evaluation of fruit-vegetable and fish wastes as alternative feedstuffs in pig diets. *Waste Management*, 27(2), 193–200. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2006.01.004>
- FAO. (2017). *El Futuro de La Alimentación y La Agricultura tendencias y desafíos*, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): Rome, Italy; 15–40.
- FAOSTAT. Cultivos: Calabaza, zapallos, calabaza confitera. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize> (consultado en junio 2019).
- Ferreira, M. S. L.; Santos, M. C. P.; Moro, T. M. A.; Basto, G. J.; Andrade, R. M. S.; Gonçalves, É. C. B. A. (2015). Formulation and characterization of functional foods based on fruit and vegetable residue flour. *Journal of Food Science and Technology*, 52(2), 822–830. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1061-4>
- Gantner, V.; Mijic, P.; Baban, M.; Skrtic, Z.; Turalija, A. (2015). The overall and fat composition of milk of various species. *Pregledni Rad*, 223–231. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2015.0401>
- Garza-Ortega, S.; Núñez-Grajeda, H. C.; Serrano-Esquer, A.; Huez-López, M. A.;

- López-Elías, J. (2010). Comportamiento diferenciado de líneas, híbridos y criollos de calabaza arota (*Cucurbita argyrosperma* Huber) en primavera y otoño. *BIOtecnica*, 12(3), 3. <https://doi.org/10.18633/bt.v12i3.96>
- Gerber, P.J.; Steinfeld, H.; Henderson, B.; Mottet, A.; Opio, C.; Dijkman, J.; Faluccci, A.; Tempio, G. (2013). Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): In *Most*.
- Giroto, F.; Alibardi, L.; Cossu, R. (2015). Food waste generation and industrial uses: A review. *Waste Management*, 45, 32–41. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.06.008>
- González-Mendoza, J. (2009). *Situación y problemática de la producción y destino de la semilla de calabaza en San Pedro Lagunillas, Nayarit (Tesis de Licenciatura)*. Universidad Autónoma Agraria ‘Antonio Narro’.
- Grabensteiner, E.; Liebhart, D.; Arshad, N.; Hess, M. (2008). Antiprotozoal activities determined in vitro and in vivo of certain plant extracts against *Histomonas meleagridis*, *Tetratrichomonas gallinarum* and *Blastocystis* sp. *Parasitology Research*, 103(6), 1257–1264. <https://doi.org/10.1007/s00436-008-1122-1>
- Gry, J.; Andersson, H. C. (2006). Cucurbitacins in plant food. In *TemaNord*. Nordic Council of Ministers.
- Gustavsson, J.; Cederberg, C.; Sonesson, U.; van Otterdijk, R.; Meybeck, A. (2012). Pérdidas y desperdicios de alimentos en el mundo; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO): Italy, Roma;1–17.
- Hajati, H.; Hasanabadi, A.; Waldroup, P. W. (2011). Effects of Dietary Supplementation with Pumpkin oil (*Cucurbita pepo*) on Performance and Blood Fat of Broiler Chickens during Finisher Period. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 6(1), 40–44.
- Halik, G.; Lozicki, A.; Wilczak, J.; Arkuszewska, E.; Makarski, M. (2018). Pumpkin (*Cucurbita maxima* D.) Silage as a Feed that Improves Nutritional Properties of Cow’s Milk. In *J. Agr. Sci. Tech*, 20.
- Hartikainen, H.; Mogensen, L.; Svanes, E.; Franke, U. (2018). Food waste quantification in primary production – The Nordic countries as a case study.

<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.10.026>

Haug, A.; Høstmark, A. T.; Harstad, O. M. (2007). Bovine milk in human nutrition--a review. *Lipids in Health and Disease*, 6, 25. <https://doi.org/10.1186/1476-511X-6-25>

Hossain, M. E.; Sultana, S. A.; Karim, M. H.; Ahmed, M. I. (2015). Vegetable peels: a promising feed resource for livestock. *J Anim Feed Res*, 5(2), 33–39.

INEGI. (2015). División municipal. Campeche. Disponible en: http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/camp/territorio/div_municipal.aspx?tema=me&e=04 (consultado 8 agosto 2019).

Integrated Taxonomy Information System. ITIS Report Cucurbita, L. Disponible en: https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_valu=22365#null (consultado 13 Agosto 2019).

Janick, J. (2013). Development of new world crops by indigenous Americans. *HortScience*.48, 406–412. <https://doi.org/10.21273/hortsci.48.4.406>

Jenness, R. (1988). Composition of Milk. In *Fundamentals of Dairy Chemistry*. Springer US: Boston, United States of America 1–38. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-7050-9_1

Segura-Correa, J. (1990). Comportamiento hasta el destete de un hato cebu comercial en el sureste de Mexico. *Livestock Research for Rural Development*. 2(1)

Kalyankar, S. D.; Khedkar, C. D.; Patil, A. M.; Deosarkar, S. S. (2016). Milk: Sources and Composition. In *Encyclopedia of Food and Health*. 741–747. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00463-3>

Kedzierska-Matysek, M.; Litwińczuk, Z.; Florek, M.; Barłowska, J. (2011). The effects of breed and other factors on the composition and freezing point of cow's milk in Poland. *International Journal of Dairy Technology*, 64(3), 336–342. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2011.00682.x>

Kendall, C.; Leonardi, C.; Hoffman, P. C.; Combs, D. K. (2009). Intake and milk production of cows fed diets that differed in dietary neutral detergent fiber and neutral detergent fiber digestibility. *Journal of Dairy Science*, 92(1), 313–323.

<https://doi.org/10.3168/jds.2008-1482>

- Khan, N. A.; Yu, P.; Ali, M.; Cone, J. W.; Hendriks, W. H. (2015). Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(2), 238–252. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6703>
- Kim, Young, M.; Kim, Jin, E.; Kim, M.; Choi, C.; Lee, B. (2012). Comparison of the chemical compositions and nutritive values of various pumpkin (Cucurbitaceae) species and parts. *Nutrition Research and Practice*, 6(1), 21–27. <https://doi.org/10.4162/nrp.2012.6.1.21>
- Klir, Z.; Castro-Montoya, J. M.; Novoselec, J.; Molkentin, J.; Domacinovic, M.; Mioc, B.; Dickhoefer, U.; Antunovic, Z. (2017). Influence of pumpkin seed cake and extruded linseed on milk production and milk fatty acid profile in Alpine goats. *Animal*, 11(10), 1772–1778. <https://doi.org/10.1017/S175173111700060X>
- Kolver, E. S.; Muller, L. D. (1998). Performance and Nutrient Intake of High Producing Holstein Cows Consuming Pasture or a Total Mixed Ration 1. In *Journal of Dairy Science*. 81(1). [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75704-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75704-2)
- Lans, C.; Turner, N.; Brauer, G.; Lourenco, G.; Georges, K. (2006). Ethnoveterinary medicines used for horses in Trinidad and in British Columbia, Canada. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 2(1), 31. <https://doi.org/10.1186/1746-4269-2-31>
- Lans, C.; Turner, N.; Khan, T.; Brauer, G.; Boepple, W. (2007). Ethnoveterinary medicines used for ruminants in British Columbia, Canada. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 3(1), 11. <https://doi.org/10.1186/1746-4269-3-11>
- Lira, R.; Caballero, J. (2002). Ethnobotany of the wild Mexican Cucurbitaceae. *Economic Botany*, 56(4), 380–398. [https://doi.org/10.1663/0013-0001\(2002\)056\[0380:EOTWMC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0013-0001(2002)056[0380:EOTWMC]2.0.CO;2)
- Llacuna, L.; Mach, N. (2012). Papel de los antioxidantes en la prevención del cáncer. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 16(1), 16–24. [https://doi.org/10.1016/S2173-1292\(12\)70067-4](https://doi.org/10.1016/S2173-1292(12)70067-4)

- Lozicki, A.; Koziorska, A.; Halik, G.; Dymnicka, M.; Arkuszewska, E.; Niemiec, T.; Bogdan, J. (2015). Effect of ensiling pumpkin (*Cucurbita maxima* D.) with dried sugar beet pulp on the content of bioactive compounds in silage and its antioxidant potential. *Animal Feed Science and Technology*, 206, 108–113. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.05.012>
- Machebe, N.; Ugwu, S.; Mbonwena, N. (2013). Intake of Some Biological Seeds and Root Extracts of Plants Improves Fertility and Hatchability of Turkey Eggs. *Journal of Basic & Applied Sciences*, (9), 0–000. <https://doi.org/10.6000/1927-5129.2013.09.69>
- Martínez-Aguilar, Y.; Córdova-López, J.; Santana-Pérez, A.; Martínez-Yero, O.; Valdivié-Navarro, M.; Betancur-Hurtado, C. (2012). Productivity and egg quality in laying hens fed increasing levels of pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed meal. *Técnica Pecuaria En Mexico*, 3(1), 65–75.
- Martínez-Fernández, A.; Argamentería, A.; De-La Rosa, B. (2014). *Manejo de forrajes para ensilar*. Nutrición, Pastos y Forrajes.
- Martínez, Y.; Valdivié, M.; Estarrón, M.; Solano, G.; Córdova, J. (2010). Serum lipid profile of laying hens fed pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed levels. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 44(4), 393–399.
- Martínez, Y.; Valdivié, M.; Solano, G.; Estarrón, M.; Martínez, O.; Córdova, J. (2012). Effect of pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed meal on total cholesterol and fatty acids of laying hen eggs. In *Cuban Journal of Agricultural Science*. 46(1).
- Medhammar, E.; Wijesinha-Bettoni, R.; Stadlmayr, B.; Nilsson, E.; Charrondiere, U. R.; Burlingame, B. (2012). Composition of milk from minor dairy animals and buffalo breeds: A biodiversity perspective. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92, 445–474. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4690>
- Medina-gonzález, R.; Ortiz-milán, A.; Elias-iglesias, A.; Álvarez-villar, V. M. (2019). *parámetros productivos y de salud en cerdos en preceba parameters in pre-fattening pigs*. 16(1).
- Mir-Nazur, I.; Gracia, F. (2013). *Los antioxidantes para la salud óptima. Antioxidants for optimum health*. Rev. Médico Científica. 26(2), 3-9
- Molina-Rivera, M.; Molina-Rivera, M.; Olea-Perez, R.; Galindo-Maldonado, F. A.;

- Arriaga-Jordán, C. M. (2019). Life cycle assessment of three tropical livestock systems in campeche, mexico: case of study. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 22(1).
- Moncada, A. (2011). *El libro blanco de la leche*. México; Disponible en: www.canilec.org.mx (Consultado en 2 Septiembre 2018).
- Muelas, R.; Monllor, P.; Romero, G.; Sayas-Barberá, E.; Navarro, C.; Díaz, J. R.; Sendra, E. (2017). Milk Technological Properties as Affected by Including Artichoke By-Products Silages in the Diet of Dairy Goats. *Foods (Basel, Switzerland)*, 6(12). <https://doi.org/10.3390/foods6120112>
- Müller, C. E. (2012). Impact of harvest, preservation and storage conditions on forage quality. *EAAP Scientific Series*, 132(1), 237–254. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-755-4_29
- Ndubuisi, S.; Ugwu, S. O.; Atu, C. S.; Mbunwen, N.H. (2013). Intake of Some Biological Seeds and Root Extracts of Plants Improves Fertility and Hatchability of Turkey Eggs. In *Journal of Basic and Applied Sciences*. 9, 538-542.
- Niwinska, B. (2012). Digestion in Ruminants. *Intech, i(tourism)*, 13. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5772/51574>
- Numan-Kılıçalp, M.; Hatice-Hızlı, R. (2019). Effects of Grass and Legume-Grass Mixture pasture on Production performance and Milk Composition of Dairy Cows. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 7(1), 7–12.
- OCDE. (2018) OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2018–2027; OCDE-Publicado en 2018. https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2018-es.
- OECD. (2016) Squashes, pumkins, zucchinis and gourds (Cucurbita species), In Safety Assessment of Transgenic Organisms in the Environment, Volume 5: OECD Consensus Documents, OECD Publishing: Paris, France; 5: 83–149. <https://doi.org/10.1787/9789264253018-5-en>.
- Omenka, R.; Anyasor, G. (2010). African journal of food, agriculture, nutrition, and development. In *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*. 10(1).
- Orantes-Zebadúa, M. Á.; Platas-Rosado, D.; Córdova-Avalos, V.; De los Santos-

- Lara, M. del C.; Córdova-Avalos, A. (2014). Ecosistemas y recursos agropecuarios. In *Ecosistemas y recursos agropecuarios*. 1(1), 49-58
- Kalač, P.; Samková, E. (2010). *The effects of feeding various forages on fatty acid composition of bovine milk fat: A review*. *Rev. Anim. Sci.* 55(12), 521-537
- Paridah, M.; Moradbak, A.; Mohamed, A.; Owolabi, F.; Asniza, M.; Abdul Khalid, S. H. (2016). Potential Use of Nonconventional Silages in Ruminant Potential Use of Nonconventional Silages in Ruminant Feeding for Tropical and Subtropical Areas. *Intech, i(tourism)*, 13. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5772/57353>
- Paris, H.; Daunay, M.; Plitrat, M.; Janick, J. (2006). First Known Image of Cucurbita in Europe, 1503–1508. *Annals of Botany*, 98(1), 41–47. <https://doi.org/10.1093/aob/mcl082>
- Paris, H. S. (2016). Overview of the origins and history of the five major cucurbit crops: issues for ancient DNA analysis of archaeological specimens. *Vegetation History and Archaeobotany*, 25(4), 405–414. <https://doi.org/10.1007/s00334-016-0555-1>
- Perdomo, M.; Peña, L.; Carvajal, J.; Murillo, L. (2017). Relación nutrición-fertilidad en hembras bovinas en clima tropical. *Revista Electronica de Veterinaria*, 18, 1–19.
- Pereira, P. (2014). Milk nutritional composition and its role in human health. *Nutrition*, 30(6), 619–627. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2013.10.011>
- Perez-Gutierrez, R. (2016). Review of Cucurbita pepo (Pumpkin) its Phytochemistry and Pharmacology. *Medicinal Chemistry*, 6(1), 12–21. <https://doi.org/10.4172/2161-0444.1000316>
- Petit, H. (2019). *Review: Feed intake, milk production and milk composition of dairy cows fed flaxseed*. *Rev. American Dairy Science Association*. 90, 886-897. [10.3168/JDS.S0022-0302\(07\)71572-2](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(07)71572-2)
- Razzaghzadeh, S.; Amini-Jabalkandi, J.; Hashemi, A. (2007). Effects of different levels of pumpkin (Cucurbita Pepo) residue silage replacement with forage part of ration on male buffalo calves fattening performance. *Italian Journal of Animal Science*, 6(SUPPL. 2), 575–577. <https://doi.org/10.4081/ijas.2007.s2.575>
- Reiber, C.; Peters, M.; Schultze, R. (2011). Forage conservation and profitable

- smallholder milk production in Honduras. *Livestock Research for Rural Development*. 23(8).
- Reyes - Sánchez, N.; Mendieta - Araica, B.; Fariñas, T.; Mena, M. (2008). *Guía de suplementación alimenticia estratégica para bovinos en época seca*. 12.
- Romay, G.; Lecoq, H.; Desbiez, C. (2014, July 5). Cucurbit crops and their viral diseases in latin america and the caribbean islands: A review. *Journal of Plant Pathology*, 96, 227–242. <https://doi.org/10.4454/JPP.V96I2.027>
- Röös, E.; Bajželj, B.; Smith, P.; Patel, M.; Little, D.; Garnett, T. (2017). Greedy or needy? Land use and climate impacts of food in 2050 under different livestock futures. *Global Environmental Change*, 47, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.09.001>
- Rossel-Kipping, E. D.; Ortiz-Laurel, H.; Amante- Orozco, A.; Durán-García, H. M.; López-Martínez, L. A. (2018). Características físicas y químicas de la semilla de calabaza para mecanización y procesamiento. *Nova Scientia*, 10(21), 61. <https://doi.org/10.21640/ns.v10i21.1467>
- Salami, S.; Luciano, G.; O'Grady, M.; Biondi, L.; Newbold, C.; Kerry, J.; Priolo, A. (2019). Sustainability of feeding plant by-products: A review of the implications for ruminant meat production. *Animal Feed Science and Technology*, 251, 37–55. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.02.006>
- Samková, E.; Špička, J.; Pešek, M.; Pelikánová, T.; Hanuš, O. (2012). Animal factors affecting fatty acid composition of cow milk fat: A review. *South African Journal of Animal Sciences*, 42, 83–100. <https://doi.org/10.4314/sajas.v42i2.1>
- Sanchez, L. (2005). Estrategias para modernas la conservación de forrajes en sistemas de producción bovina tropical. *Revista Corpoica*, 6, 69–80.
- Santos, J.; Castellón, J.; Guharay, F. (2012). *Conservación de forrajes*. Catholic Relief Services. Nicaragua 66
- Secretaría de Economía. (2012). NORMA Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012, Leche-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. *Diario Oficial de La Federación*, 1–33.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2018). *Boletín de Leche enero-marzo 2018*.

- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2018). Anuario Estadístico de la Producción Ganadera. Disponible en: https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/ (Consultado 10 de Octubre 2018).
- SNICS. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. (2017). Calabaza (Cucurbita spp.)* Disponible en: <https://www.gob.mx/snics/acciones-y-programas/calabaza-cucurbita-spp> (Consultado en 23 de Noviembre 2018).
- Solorio-Sánchez, F. J.; Solorio-Sánchez, B. (2002). Integrating fodder trees in to animal production systems in the tropics. *Tropics Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 1, 1–11.
- Sosa-Pérez, G.; López-Ortiz, S.; Pérez-Hernández, P.; Cortez-Romero, C.; Gallegos-Sánchez, J. (2017). *Se of tropical fruits (fabaceae) for dietary complement of small ruminants*. Rev. Agroproductividad. 10(2), 37-41
- Steinfeld, H.; Gerber, P.; Wassenaar, T.; Castel, V.; Rosales, M.; de Haan, C. (2006). *Livestock's long shadow*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- Surai, P. F.; Sparks, N. (2001). Designer eggs: From improvement of egg composition to functional food. *Trends in Food Science and Technology*, 12(1), 7–16. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(01\)00048-6](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(01)00048-6)
- Tilman, D.; Balzer, C.; Hill, J.; Befort, B. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(50), 20260–20264. <https://doi.org/10.1073/pnas.1116437108>
- Triana, E.; Leal, F.; Campo, Y.; Lizcano, H. (2014). *Evaluacion de ensilaje a partir de dos subproductos agroindustriales (cascara de naranja y plátano de rechazo) para alimentación de ganado bovino*. 22(31), 33–45.
- Turck, D. (2013). Cow's milk and goat's milk. *World Review of Nutrition and Dietetics*, 108, 56–62. <https://doi.org/10.1159/000351485>
- Ulloa, J. B.; van Weerd, J. H.; Huisman, E. A.; Verreth, J. A. (2004). Tropical agricultural residues and their potential uses in fish feeds: the Costa Rican situation. *Waste Management*, 24(1), 87–97. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2003.09.003>

- Valbuena, D.; Tui, S.; Teufel, N.; Duncan, A.; Abdoulaye, T.; Swain, B.; Mekonnen, K.; Germaine, I.; Gérard, B. (2015). Identifying determinants, pressures and trade-offs of crop residue use in mixed smallholder farms in Sub-Saharan Africa and South Asia. *Agricultural Systems*, 134, 107–118. <https://doi.org/10.1016/J.AGSY.2014.05.013>
- Van Kneegsel, A. T.; Remmelink, G. J.; Jorjong, S.; Fievez, V.; Kemp, B. (2014). Effect of dry period length and dietary energy source on energy balance, milk yield, and milk composition of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97(3), 1499–1512. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7391>
- van Wagenberg, C. P. A.; de Haas, Y.; Hogeveen, H.; van Krimpen, M.; M., Meuwissen, M. P. M.; van Middelaar, C. E.; Rodenburg, T. B. (2017). Animal Board Invited Review: Comparing conventional and organic livestock production systems on different aspects of sustainability. *Animal*, 11(10), 1839–1851. <https://doi.org/10.1017/S175173111700115X>
- Vela, E. (2010). Las especies de calabaza de México | Arqueología Mexicana. Disponible en: <https://arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/las-especies-de-calabaza-de-mexico> (Consultado 9 de enero 2019).
- Wadhwa, M.; Bakshi, M.P.S. (2013). Utilization of Fruit and Vegetable Wastes as Livestock Feed and as Substrates for Generation of Other Value-Added Products. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): Rome, Italy; 1–46.
- Wadhwa, M.; Bakshi, M. P.; Makkar, H. (2015). *Waste to worth: fruit wastes and by-products as animal feed*. <https://doi.org/10.1079/PAVSNR201510031>
- Yadav, M.; Jain, S.; Tomar, R.; Prasad, G.; Yadav, H. (2010). Medicinal and biological potential of pumpkin: An updated review. *Nutrition Research Reviews*, 23(2), 184–190. <https://doi.org/10.1017/S0954422410000107>
- Zakaria-Eleiwa, D.; Mohamed, S. A.; Eleiwa, N. Z.; Bakr, R. (2014). Phytochemical and Pharmacological Screening of Seeds and Fruits Pulp of Cucurbita moschata Duchesne Cultivated in Egypt Protective effect of cardamonin against acetic acid-induced ulcerative colitis in rats View project Phytochemical and Pharmacological S. *International Journal of Pharmacognosy and*

<https://doi.org/10.12817/20517858.29.1.27703371>

- Zavaleta, E. (2013). Los Ácidos Grasos Volátiles, Fuente De Energía En Los Rumiantes. *Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 223–240.
- Zhang, Y.; Chen, P.; Zhang, Y.; Jin, H.; Zhu, L.; Li, J.; Yao, H. (2013). Effects of polysaccharide from pumpkin on biochemical indicator and pancreatic tissue of the diabetic rabbits. *International Journal of Biological Macromolecules*, 62, 574–581. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2013.09.044>
- Zhou, C.L.; Mi, L.; Hu, X.Y.; Zhu, B.H. (2017). Evaluation of three pumpkin species: correlation with physicochemical, antioxidant properties and classification using SPME-GC–MS and E-nose methods. *Journal of Food Science and Technology*, 54(10), 3118. <https://doi.org/10.1007/S13197-017-2748-8>
- Zinabu -M.; Meseret G.; Negassi, A.; Tesfaheywet, Z. (2019). Effects of Neem (*Azadirachta indica*) and pumpkin (*Cucurbita maxima*) seeds and their combination as feed additive on growth and carcass characteristics of broilers. *Livestock Research for Rural Development.*, 31(6).
- Zivkov, M; Jacsic, S; Jovicin, M. (2015). The determination of the quality in cereal silages supplemented with pumpkin and carrot. In *First International Symposium of Veterinary Medicine*. orld. 10(4): 424–437.

CAPÍTULO I. ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE MICROSILOS DE *Cucurbita argyrosperma* HUBER

INTRODUCCIÓN

La alta demanda de alimentos de origen animal (carne, leche y huevo) se debe al incremento de la población humana, principalmente en los países en vías de desarrollo (Alexandratos y Bruinsma, 2012). Estos países se ven incapacitados de adquirir alimentos debido a los altos precios en el mercado internacional (Aroche *et al.*, 2011). Aunado a esto, tienen poca producción, provocando la importación productos de origen animal. Además, satisfacer las necesidades de los animales para obtener sus derivados, conlleva a que su alimentación compita con la de los humanos, principalmente en granos (OCDE-FAO, 2018).

El uso de materias primas como residuos o subproductos agrícolas es una alternativa en la alimentación animal, las cuales ayudan a disminuir las importaciones de productos y reduce la competitividad con la alimentación humana (Aroche *et al.*, 2011). Además, permite darle un manejo a los desechos productivos, que pueden convertirse en un problema de contaminación ambiental. Por tal motivo, han resultado ser una excelente opción como alternativa de solución a diferentes problemáticas. Es por eso, que se han generado muchos estudios sobre fuentes de alimentación alternativa (Triana *et al.*, 2014).

Una alternativa en México, sobre todo en el Estado de Campeche, es la calabaza chihua (*Cucurbita argyrosperma* Huber), debido a que sólo se utiliza la semilla para la alimentación humana (Dorantes *et al.*, 2016; González-Mendoza, 2009). Por lo tanto, la cáscara y la pulpa se desperdician en las parcelas de los agricultores. Estos residuos, se pueden utilizar como alimento para el ganado, particularmente en las épocas críticas, donde existe poco forraje disponible.

Campeche pertenece a una zona tropical (García, 1964), donde su principal problemática es la baja calidad y disponibilidad de forrajes (Arboleda *et al.*, 2013;

Sanchez, 2005). Esto se debe a sus condiciones climáticas, que se dividen en dos estaciones: seca y húmeda. Por esta razón, se busca conservar los alimentos, principalmente residuos agrícolas, que contienen elevados porcentajes de humedad, evitando disminuir su calidad por descomposición a lo largo del tiempo (Esteban *et al.*, 2007; Ulloa *et al.*, 2004).

El ensilaje es un método de conservación de forrajes con alto contenido de humedad (Tobía *et al.*, 2003), que consiste en almacenar forrajes en estado verde en ausencia de oxígeno, donde ocurren transformaciones químicas y físicas que definen su calidad (Lopez *et al.*, 2009). El ensilaje permite mantener el forraje durante las épocas secas o lluviosas (López-Herrera, 2017), siendo una opción económica y ecológica para mejorar la disponibilidad de alimento en épocas críticas de producción (Villa *et al.*, 2009).

Sin embargo, es necesario conocer la calidad del ensilaje para evitar efectos negativos en los animales. Los análisis para determinar la calidad son: químicos y físicos, que involucran el uso de tecnologías de laboratorio y el uso de la percepción a través de los sentidos. Los análisis que realizan son: pH, temperatura, contenido de materia seca, nitrógeno amoniacal, ácidos grasos volátiles y pruebas sensoriales (color, olor, textura y humedad), entre otros (López-Herrera, 2017). Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue determinar las características físico-químicas, organolépticas y la composición nutricional de ensilados elaborados con diferentes proporciones de residuo de calabaza chihua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

Esta fase, se llevó a cabo en el Colegio de Postgraduados (CP) Campus Campeche, ubicado en poblado de Sihochac, Champotón, Campeche, se encuentra a una latitud 19°50'13.8"9 y longitud 90°58'61.1"1 a una altura media de 20 msnm con clima cálido subhúmedo, con lluvias en verano A_{w0} de acuerdo con la clasificación de Köppen, con una temperatura media anual de 26.8 °C y una precipitación pluvial promedio de 1, 003 mm al año (García, 1964). Donde se elaboraron microsilos a base de rastrojo y residuos de calabaza *Cucurbita argyrosperma* Huber.

Colecta del material a ensilar

Se utilizó como forraje, paja de los siguientes pastos: *Echinochloa polystachya* (pasto alemán) y *Brachiaria brizantha*, estas se compraron como pacas en la cabecera municipal de Champotón, Campeche, ubicado a 41 km del CP a una Longitud: 90°42'35.68" Latitud: N19°21'1.51". Se utilizaron alrededor de 330 kg de paja (22 pacas), que posteriormente se picaron.

Por otro lado, se recolectaron alrededor de 400 kg de cáscara y pulpa, residuo agrícola de *Cucurbita argyrosperma* Huber. Se colectó en predios pertenecientes a la comunidad de Santo Domingo Kesté ubicado a 5 km del CP Campus Campeche a una Longitud 90° 51'7.77"8 y Latitud 19°49'8.61"1 a 30 msnm. Este residuo se obtiene después de la cosecha de la semilla de la calabaza chihua, el cual se queda en las parcelas. El cultivo de calabaza chihua, se realiza por un sistema de siembra manual de temporal, el cual dura alrededor de tres meses. Aunque en algunos casos se utiliza el sistema de riego por cintilla, principalmente después de la época de lluvia. La colecta se realizó en septiembre, casi a final de la temporada de cosecha que se realiza con sistema de riego temporal, la cual abarca desde el mes de julio hasta finales de septiembre.

Inoculante

Con el objetivo de mejorar el proceso de fermentación de los microsilos, se utilizó un inoculante elaborado en campo. Para ello se utilizó yogurt natural (Yoplait®), melaza, sales minerales (Ovino plus®) y agua. La composición del inoculante se describe en el Cuadro 12. El inoculante que se usó fue elaborado de forma casera, donde primero se utilizó 37.5 % de yogurt (Yoplait, natural), mezclándose con 56.25 % de melaza, para finalmente agregar 6.25 % de sales minerales que se disolvieron en 20 ml de agua. Por cada 125 kg de material a ensilar, se aplicaron aproximadamente 4 kg de inoculante.

Cuadro 12. Composición del inoculante utilizado en los microsilos.

Ingrediente	% de inclusión
Yogurt	37.50
Melaza	56.25
Sales minerales	6.25

Elaboración de los microsilos

Inmediatamente después de coleccionar el residuo de calabaza chihua, éste se trasladó al CP Campus Campeche donde se elaboraron los microsilos (Anexo1). El procedimiento de su preparación fue coleccionado el residuo de calabaza chihua, se lavó para eliminar restos de tierra y se trituró en trozos con una picadora tipo manual de gasolina (Bomeri) sin criba con motor de 13 hp. Una vez triturado, se mezcló con la paja de pasto picada con anterioridad, donde se obtuvo un tamaño de partícula de 2 a 3 cm de longitud, y con el inoculante descrito previamente, hasta obtener una mezcla homogénea. Posteriormente, la mezcla se colocó en contenedores, es decir, en bolsas de polietileno (calibre 600), especiales para elaborar microsilos. El procedimiento de elaboración consistió en colocar capas de la mezcla descrita previamente de alrededor de 15 cm y compactándolas con una prensa hasta eliminar la mayor cantidad de aire posible. Esta prensa fue elaborada

con láminas galvanizadas, de forma cilíndrica, con una palanca. La cual sirvió para poder generar la compactación adecuada como se muestra en el Anexo 1. Una vez llenas las bolsas con la mezcla compactada de calabaza chihua, paja e inoculante, se cerraron con cinchos de plástico y cinta, y se almacenaron bajo techo a temperatura ambiente durante 45 días. En total, se elaboraron 20 microsilos de 25 kg cada uno.

Tratamientos

Se evaluaron cuatro tratamientos, los cuales tenían diferente contenido de residuo de calabaza chihua: T1: 77%, T2: 71%, T3: 65% y T4: 59%, de tal manera, que el contenido de materia seca (MS) fuera de 25, 30, 35 y 40%, respectivamente. El Cuadro 13 describe la composición de cada uno de los tratamientos y el contenido de MS de los microsilos evaluados en cada tratamiento.

Cuadro 13. Composición y contenido de MS de los microsilos evaluados.

Ingredientes, %	Tratamientos,%			
	T1	T2	T3	T4
Residuo de calabaza	77	71	65	59
Rastrojo	20	26	32	3
Aditivo	3	3	3	3
MS	25.61	30.59	35.57	40.55

T1.- Tratamiento 1; T2.- Tratamiento 2; T3.- Tratamiento 3 y T4.- Tratamiento 4.

Colecta de muestras

Transcurridos los 45 días que los microsilos permanecieron cerrados, se abrieron y se colectó alrededor de 1 kg de material de cada bolsa. El material colectado se colocó en charolas de aluminio y se secó a 60 °C durante 2 días en una estufa de secado (Shel Lab). Una vez seco, el material se molió en un molino tipo Wiley (marca genérica) con criba de 1 mm y se almacenó en bolsas de poli-papel mantenidas a temperatura ambiente hasta su análisis en laboratorio para determinar sus características físico-químicas y composición nutricional a través de un análisis bromatológico.

Preparación de muestras para ácidos grasos volátiles

El día que se abrieron los microsilos, se recolectó material de cada bolsa y se unieron por tratamiento para posteriormente obtener muestras de 10 g de cada uno de los tratamientos. Posteriormente, cada muestra se mezcló con 50 ml de agua destilada en frascos ámbar de 100 ml y se agitaron durante 1 minuto, después el agua se pasó a tubos cónicos de 50 ml para centrifugar por 5 minutos. Finalmente se colectó 1 mililitro del sobrenadante y se colocó en micro tubos 2 ml, en los cuales anteriormente se les agregó 1 ml de ácido metafosfórico al 25%, y se guardaron en un refrigerador con una temperatura de -4°C, para su posterior análisis de AGVs por cromatografía de gases.

Variables evaluadas

Temperatura

Transcurridos los 45 días, los microsilos se abrieron e inmediatamente se midió la temperatura de cada uno de los tratamientos con sus repeticiones, usando un termómetro de mercurio, tomando tres puntos de referencia de cada bolsa (central y a los extremos) para obtener un promedio de cada uno de los puntos donde se tomó la temperatura de cada tratamiento.

Materia seca

Se determinó la MS parcial con la metodología de AOAC (2005). Para ello, se colectaron 100 g de ensilado, se pesaron y colocaron en bolsas de papel, después de secar la muestra por 48 h en una estufa de secado a una temperatura de 80 °C. Para obtener el contenido de MS se utilizó la siguiente fórmula: Pf (Peso final) - Pi (Peso inicial).

Potencial de Hidrógeno (pH)

El pH se midió usando un potenciómetro (Waterproof PCS Testr 35). Para ello se pesaron 10 g de material de cada bolsa, que se colocaron en vasos de precipitado, al cual se les añadieron 100 ml de agua destilada, para posteriormente mezclarlos con un agitador eléctrico durante 5 min. Finalmente se midió el pH antes de que el material se asentara en el vaso.

Análisis bromatológicos

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Los análisis realizados fueron los siguientes: extracto etéreo (EE), cenizas (CE) y proteína cruda (PC) se analizaron por la metodología AOAC (2005). La PC se midió con el equipo “micro destilador Kjeldahl”. La fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) se analizaron por la metodología de Van Soest *et al.* (1963).

Evaluación organoléptica

La evaluación organoléptica se realizó de acuerdo a lo descrito por Betancourt (2005), citado por López *et al.* (2009), para determinar el color, olor, textura y humedad, teniendo como guía el siguiente cuadro:

Cuadro 14. Evaluación organoléptica del ensilado.

	Excelente	Bueno	Regular	Malo
Olor	Olor a fruta madura	Ligero olor a vinagre	Fuerte olor a vinagre	Olor putrefacto
Textura	Contorno definido		Bordes mal definidos	Masa amorfa y jabonosa al tacto
Humedad	No humedece las manos al ser comprimido y se mantiene suelto		Si presenta goteo cuando se comprime y forma una masa compacta	Se moldea con facilidad y genera efluentes
Color	Va a variar dependiendo del color de la fruta			Negro

Se abrió una bolsa de cada tratamiento para realizar esta evaluación organoléptica. Se tomaron alrededor de 2 kg de ensilado por tratamiento y se colocaron en cubetas. Estas cubetas fueron etiquetadas, para evitar que los evaluadores conocieran a qué tratamiento correspondía cada ensilado, se les asignó un color. El T1 fue el amarillo, T2 azul, T3 verde y T4 rojo. Posteriormente, se invitó a 14 personas para realizar esta evaluación. A cada persona se le entregó el Cuadro 14, además unas hojas de calificación para anotar cada una de sus observaciones de acuerdo al cuadro guía. Cabe mencionar, que ellos desconocían que tratamiento estaban calificando, únicamente se basaron en los colores antes mencionados. Finalmente se calculó un promedio de los resultados que arrojó cada participante para su posterior análisis estadístico.

Diseño experimental y análisis estadísticos

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar de los cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Los resultados se analizaron con el procedimiento GLM del

paquete estadístico SAS, versión 9.0, y se realizó la comparación de medias con la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Los datos se sometieron a un análisis de varianza, utilizando el siguiente modelo estadístico: $Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$, donde: μ = media general; T_i = efecto del i -enésimo tratamiento y E_{ij} = error experimental en la unidad j del tratamiento i .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características físico-químicas de los microsilos de *Cucurbita argyrosperma* Huber

Temperatura

La temperatura de los ensilados tuvo diferencias significativas ($P < 0.05$). La Figura 9 muestra que los tratamientos con 77% y 71% de calabaza chihua registraron temperaturas menores con un promedio de 28.91 °C que los tratamientos con 65% y 59% con promedio de 29.39 °C. En todos los casos, la temperatura de los cuatro tratamientos fue menor a 30°C, presentándose diferencias estadísticas entre ellos. En una revisión realizada por Wilkinson y Davies (2013) se menciona que el deterioro de los ensilados se comienza a presentar cuando su temperatura se encuentra por arriba de la temperatura ambiente. En el estado de Campeche se presenta una temperatura promedio anual de 31°C (García, 1964). Borreani *et al.*, (2018); Kim y Adesogan (2006) mencionan que las temperaturas elevadas afectan negativamente el proceso de fermentación de los ensilados. Por lo anterior, se estima que el proceso de elaboración y sellado de los microsilos fue el adecuado, evitando su rápida descomposición.

Materia seca

En el análisis estadístico de MS se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos. En la Figura 10 muestra un porcentaje de MS similar al esperado (Cuadro 14), aunque fue ligeramente más alto en los tratamientos 1 y 4 (27.3% y 41.8%, respectivamente). En diversos estudios se ha analizado que un

porcentaje inferior a 20% o superior al 40% de MS, afectan el proceso de conservación de los ensilados (Ortiz-González, 2012). Esto coincide con lo mencionado por López y Briceño (2017) quienes señalan que los ensilados con contenido de MS inferior al 20%, se encuentran por debajo de los parámetros mínimos para un correcto proceso de ensilabilidad. Además, McEniry *et al.* (2010) señalan que porcentajes por encima del 40% de MS disminuye el proceso de fermentación.

Potencial de Hidrógeno (pH)

La Figura 11 muestra diferencias ($P < 0,05$) en el pH de T2 (71% de calabaza chihua) y T4 (77% de calabaza chihua); en T1 y T3 no hubo diferencias. Trabajos anteriores, señalan que un pH menor a 5, es decir, un pH ácido, representa estabilidad anaeróbica adecuada y por lo tanto, es una característica que demuestra buena calidad del ensilado (López-Herrera y Briceño-Arguedas, 2017; Tabacco *et al.*, 2009; Villa *et al.*, 2009). Sin embargo, Triana *et al.* (2014) mencionan que valores de pH hasta de 5, son considerados aceptables. Se hace referencia que el pH va ligado al contenido de MS y a la temperatura. En el estudio de McEniry *et al.* (2010) se demuestra que un contenido de MS por arriba del 40%, aumenta el pH. Estos datos concuerdan con los resultados obtenidos con el T4, que obtuvo 41% de MS y un pH de 4.4, el cual fue mayor en comparación con los otros tratamientos. Por lo tanto, si disminuye la calidad del ensilado, aumenta el riesgo de proliferación de bacterias aerobias. En cuanto a la relación con la temperatura Kim y Adesogan (2006) señalan que temperaturas mayores de los 35°C, aumentan la producción de compuestos que son formados por bacterias patógenas, que se desarrollan en un pH mayor a 5. Por los resultados obtenidos en las características evaluadas (temperatura, MS y pH), se considera que la calidad de los ensilados fue adecuada, ya que se ha documentado que estas características influyen en la calidad de los ensilados, principalmente porque son las que se relacionan con la degradación de proteínas y conservación del material ensilado (Borreani *et al.*, 2018; Owens *et al.*, 2002; Villa *et al.*, 2009).

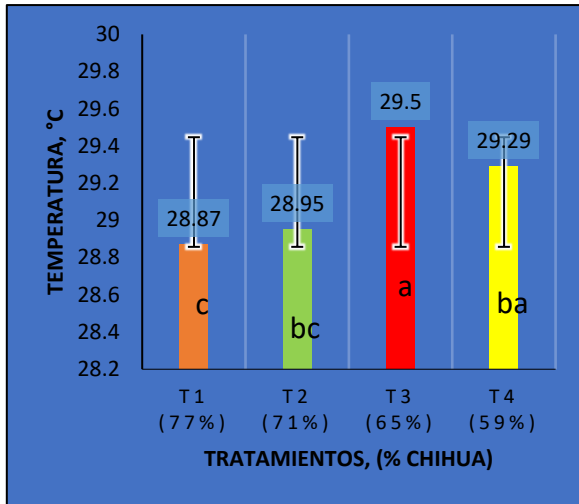


Figura 9. Temperatura de los microsilos.

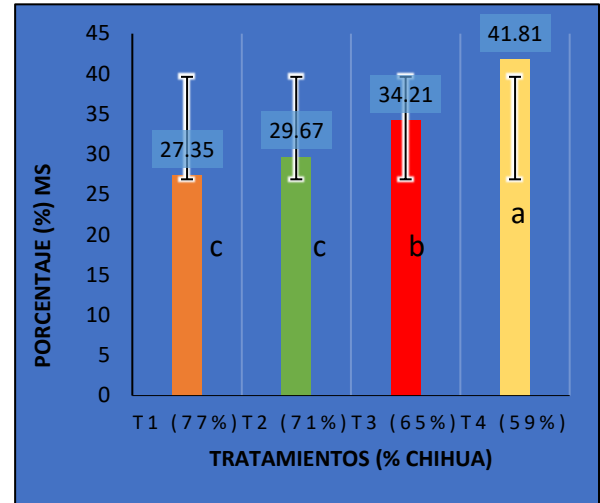


Figura 10. Porcentaje de materia seca de los microsilos.

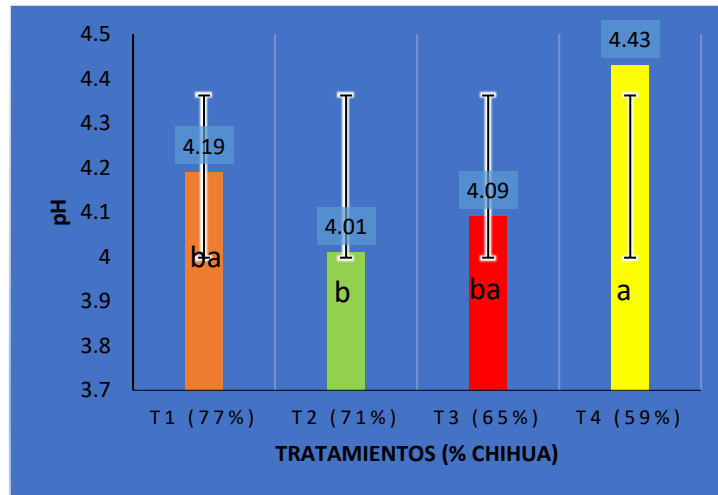


Figura 11. pH de los microsilos.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).

Composición nutricional de los microsilos de *Cucurbita argyrosperma* Huber

Fibra detergente neutro

El contenido de FDN tuvo diferencias significativas ($P < 0,05$) entre T1 y T2 contra T3 y T4, debido al porcentaje de inclusión de residuo de chihua que disminuyó del T1 (77%) al T4 (59%). Pero T1 y T2 no tuvieron diferencias significativas ni T3 con T4, debido posiblemente a que el porcentaje de residuo era muy cercano entre estos tratamientos. Además, se puede observar que el porcentaje de los cuatro tratamientos estuvo en un rango del 74 al 79% (Figura 12). Los resultados obtenidos difieren de lo reportado por Lozicki *et al.*, (2015), por más de la mitad de contenido encontrado de FDN. Ellos reportaron que ensilados con remolacha y residuo de otra especie de calabaza al ensilarse en proporción 80:20, presentaban alrededor de 30% de FDN, posiblemente esta diferencia se deba al contenido de carbohidratos que tiene la remolacha y la calabaza *Cucurbita maxima*. Además, en un estudio similar realizado por Dorota-Halik *et al.*, (2014) se encontraron porcentajes entre el 30 y 31% de FDN. También, el estudio de Dorantes *et al.*, (2016), sobre el residuo de *Cucurbita argyrosperma* en base seca, mostró un porcentaje de FDN del 49.39%. Esta diferencia, también se puede deber a que el material se utilizó seco y molido. De forma similar se han realizado investigaciones con otros ensilados de residuos de cultivos como camote y paja de arroz con porcentajes alrededor del 63% (Li *et al.*, 2016). Además, de pastos como *P. purpureum*, *T. diversifolia* y *T. gigantea* teniendo resultados del 45 al 54% de contenido de FDN (Gastón, 2016). Sin embargo, en una revisión de Chavira (2016) se menciona que ensilados de caña de azúcar tiene un porcentaje similar al obtenido en este estudio de alrededor de 78% FND. De acuerdo a la literatura y a los resultados obtenidos, el contenido de FDN tiene una estrecha relación con el contenido de materia seca, de los ingredientes que se utilizan en la elaboración de los ensilados. Como se menciona en NRC para bovinos de carne (2016), el contenido de FDN será mayor en subproductos y residuos de plantas (tallos y paja), dependiendo del contenido de MS.

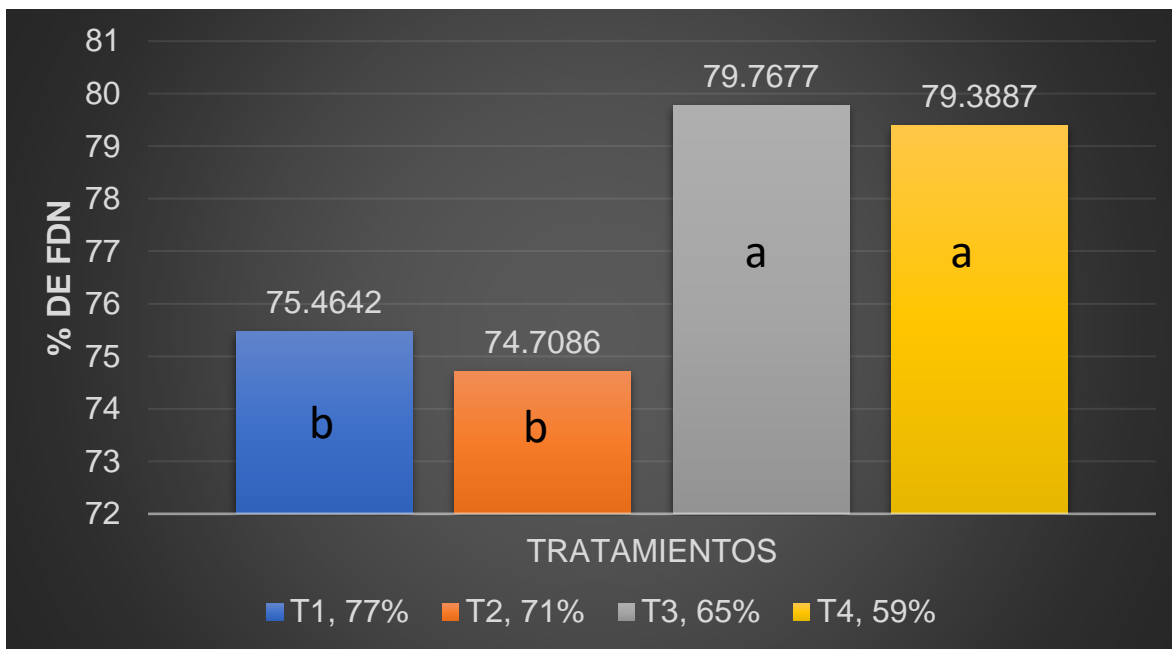


Figura 12. Porcentaje de FDN de los microsilos.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).

Fibra detergente ácido

La Figura 13 muestra los resultados de FDA. No hubo diferencia significativa entre ninguno de los tratamientos. El promedio de los porcentajes de los 4 tratamientos fue de 63.18. Sin embargo, en el estudio de Dorantes *et al.* (2016) se observó que el residuo de calabaza chihua en seco contiene 40.39% FDA, similar al ensilado realizado con yuca y paja de arroz (Li *et al.*, 2017), esto puede deberse al tipo de conservación y además al contenido nutricional que contiene cada residuo que se utiliza. Por el contrario, un ensilado realizado con *Cucurbita maxima* mostró un contenido de 27.5% de FDA, como se mencionó anteriormente que difiere la composición nutricional de las diferentes especies de calabaza, es por eso que se presenta menor contenido de FDA. Además de la especie de calabaza, la variación nutricional se debe a la parte de la calabaza que se analiza; como lo reportado con la semilla de *Cucurbita pepo* que contiene 37% de FDA (Seyma *et al.*, 2016). Como se puede observar en el análisis de Alfonso-Ávila *et al.*, (2012) observaron que los ensilados de maíz y alfalfa corresponden a alimentos ricos en FDN y bajos en MS, en los cuales el contenido de FDA fue de 25.3% y 31.7%, respectivamente. El

contenido de FDA en los alimentos es un indicativo de digestibilidad, tal y como se menciona en las tablas FEDNA (2018), ya que a menor contenido de FDA, mayor digestibilidad y mayor contenido de FDN, menor consumo (Sánchez *et al.*, 2000). Al igual que en forrajes mezclados con caña los porcentajes son mayores en comparación con pastos (king grass) (Sanchez, 2005). Los resultados obtenidos en el experimento con ensilados de *Cucurbita argyrosperma* fueron superiores a los mencionados anteriormente, por lo que pudiera afectarse negativamente la digestibilidad.

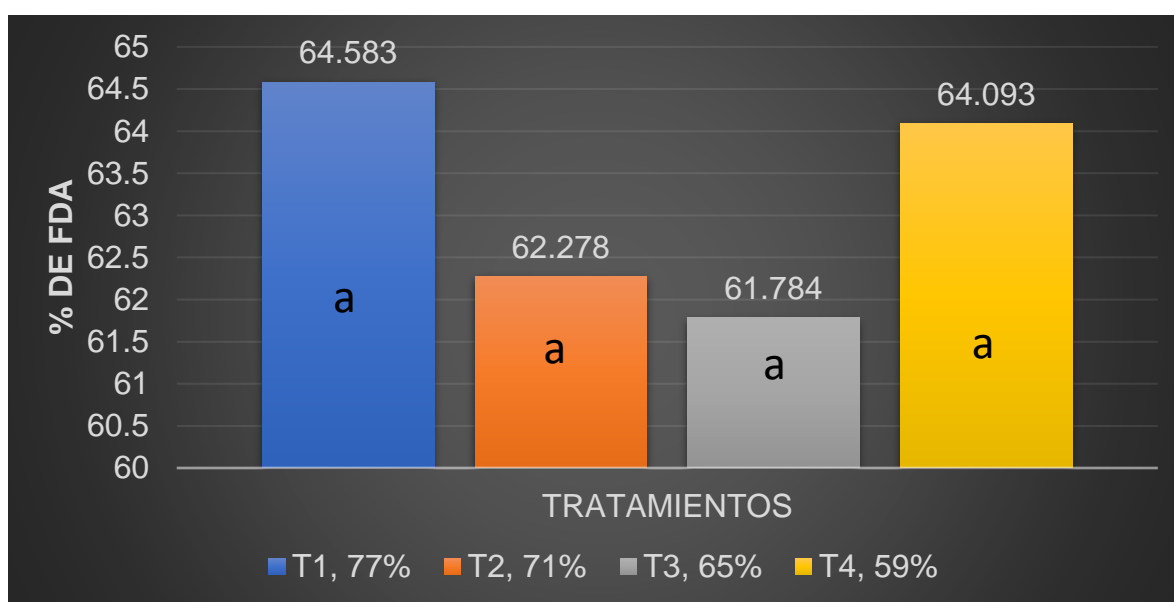


Figura 13. Porcentaje de FDA de los microsilos.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).

Extracto etéreo

El EE son los aceites y grasas que se extraen de una muestra (Tejada y Berruecos, 1976). La Figura 14 muestra descenso en el porcentaje de EE a medida que el contenido de MS aumentaba. Esto podría ser por que el tratamiento con mayor porcentaje de materia seca (T4) tenía mayor porcentaje de paja, y por lo tanto la paja por si sola muestra menor contenido de EE según indica lo reportado en tablas FEDNA; es por eso que disminuyó el porcentaje de EE en los ensilados con menor cantidad de residuo de calabaza chihua. Sin embargo, no hubo una diferencia significativa entre tratamientos. La misma tendencia se presentó en ensilados

elaborados con calabaza, zanahoria y maíz donde los porcentajes oscilaron de 0.54 a 1.20 % EE (Zivkov *et al.*, 2015). Fue superior lo obtenido en ensilado de brócoli (1.37% EE) y no se presentó relación con el contenido de materia seca (Diaz *et al.*, 2014). Además, Dorantes *et al.*, (2016) reportaron 3.08% en residuo seco de *Cucurbita argyrosperma*, esta variación puede depender del proceso de conservación que lleve el residuo o de su composición. Dorota-Halik *et al.* (2014) reportaron mayor porcentaje de EE con ensilados elaborados con *Cucurbita máxima* (4.6%); a comparación de un estudio hecho con pasta de *Cucurbita pepo* (Manjarrez *et al.*, 1976) donde se encontró 0.4% EE. También en ensilados de maíz (3.1%) (Juracek *et al.*, 2012) y en ensilados con tomate 3.8% (Méndez *et al.*, 2014) se reportan datos superiores a los obtenidos en este estudio.

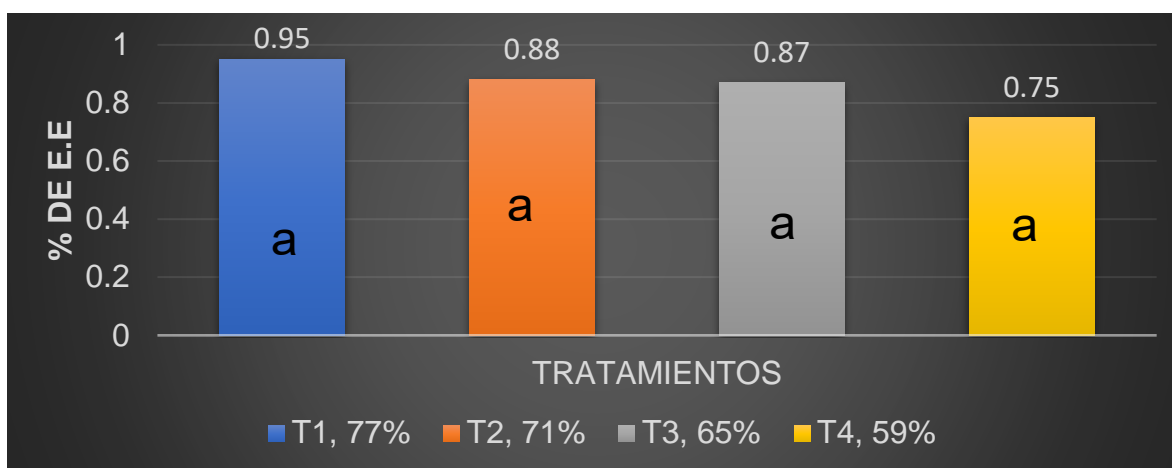


Figura 14. Porcentaje de Extracto Etéreo de los mcrosilos.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).

Proteína cruda

En el contenido de PC hubo diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) entre el T4 con 2.7 % de PC en comparación con T1, T2 y T3 con valores de 3.4 a 3.8 % de PC, como se muestra en la Figura 15. Se observa que los porcentajes de PC son inferiores a los reportados en diversos estudios de ensilados con calabaza de la variedad *Ishicu Kuru* con un porcentaje de PC de 8% (Zivkov *et al.*, 2015), o con la especie *Cucurbita máxima* que fue de 10.9% de PC (Dorota-Halik *et al.*,

2014). Además, en una dieta balanceada con ensilado de *Cucurbita pepo*, alfalfa y otros ingredientes se reportó 11.6% de PC (Razzaghzadeh *et al.*, 2007), similar al estudio realizado con la semilla de esta misma especie (10.32%) (Seyma *et al.*, 2016). Por su parte, Dorantes *et al.*, (2016) reportaron que el residuo en seco de *Cucurbita argyrosperma* contiene 8.63% PC, lo cual es superior al reportado en este estudio. Otras investigaciones de ensilados con residuos de brócoli presentaron 23% PC (Diaz-Monroy *et al.*, 2014) y de zanahoria 9.32% PC (Zivkov *et al.*, 2015) y ensilados con pasto reportaron de 14.8 hasta 20.6% de PC (Gastón, 2016). Estas variaciones podrían ser por la composición del material a ensilar, que fue de *Cucurbita argyrosperma* y que es diferente a los estudios mencionados previamente. También, puede ser por la fermentación que se lleva en los ensilados, como señala (Martínez-Fernández *et al.*, 2014) que una elevada proporción de proteína en el forraje es degradada durante el proceso de fermentación a nitrógeno no proteico.

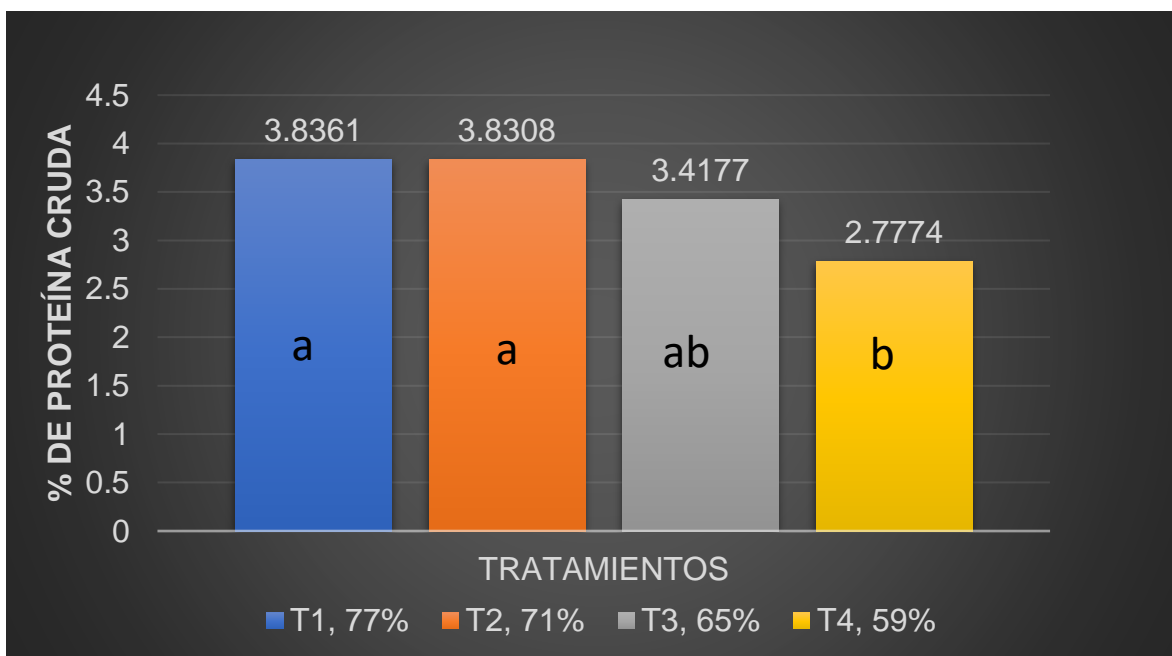


Figura 15. Porcentaje de proteína cruda de los microsilosos.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).

Cenizas

Se encontraron diferencias significativas en el contenido de CE ($P < 0,05$) entre los cuatro tratamientos (Figura 16), pero se nota que la diferencia estadística se presenta entre T1 con respecto a T2, T3 y T4. Esta variación podría deberse al grado de contaminación con tierra que se pudo dar al momento de la colecta de los residuos de calabaza, como indican Martínez-Fernández *et al.* (2014). Se sabe que el porcentaje de CE está relacionado con la composición mineral de un alimento (Tejada y Berruecos, 1976). Por lo tanto, de acuerdo a la literatura se han reportado porcentajes de CE en estudios con calabaza, como *Cucurbita argyrosperma*, seca y molida de 13.6%, siendo el contenido de minerales (Ca, P y Mg) similar al de la alfalfa fresca (Dorantes *et al.*, 2016). Kim *et al.*, (2012), evaluaron las partes (cáscara, pulpa y semilla) de varias especies de *Cucurbita* (*moschata*, *pepo* y *máxima*) y el contenido de CE fue mayor en *Cucurbita moschata* (10.3% en pulpa y 13.9% cáscara), siendo la de menor concentración de CE *Cucurbita pepo* (3.4 y 6.3%) pero en otra investigación de Hashemi y Razzaghzadeh (2007) obtuvieron 14.3% de CE en el residuo de esta misma calabaza. Ahora bien, en un estudio sobre ensilado de *Cucurbita máxima* hubieron porcentajes inferiores de 6.8 a 7% CE (Dorota-Halik *et al.*, 2014) en comparación con el obtenido en esta investigación. En mezclas de ensilados con otros residuos agrícolas fueron de 3.2 al 10.3% CE en zanahoria, avena, maíz y calabaza, y entre los principales minerales se encontraron Ca, P, Mn, Zn, Cu, Fe y Mg (Zivkov *et al.*, 2015), en el ensilado de avena con brócoli fue alrededor del 27% al 29% CE (Diaz -Monroy *et al.*, 2014), ensilado de maíz (Juracek *et al.*, 2012) con 3.9 y 4.5 % de CE y en cuanto a las semillas de *Cucurbita pepo* se encontraron porcentajes de 9.7 a 13.2 % CE (Seyma *et al.*, 2016). Por el contrario, (Alfonso-Ávila *et al.*, 2012) encontraron que pajas de gramíneas y alimento concentrado, contienen porcentajes similares (10% CE) al ensilado de *Cucurbita argyrosperma* y a ensilados de tomate (Méndez *et al.*, 2014). Se puede también mencionar que estos cultivos, son fertilizados durante su crecimiento, con el fin de mantener y mejorar su rendimiento (SADER, 2019).

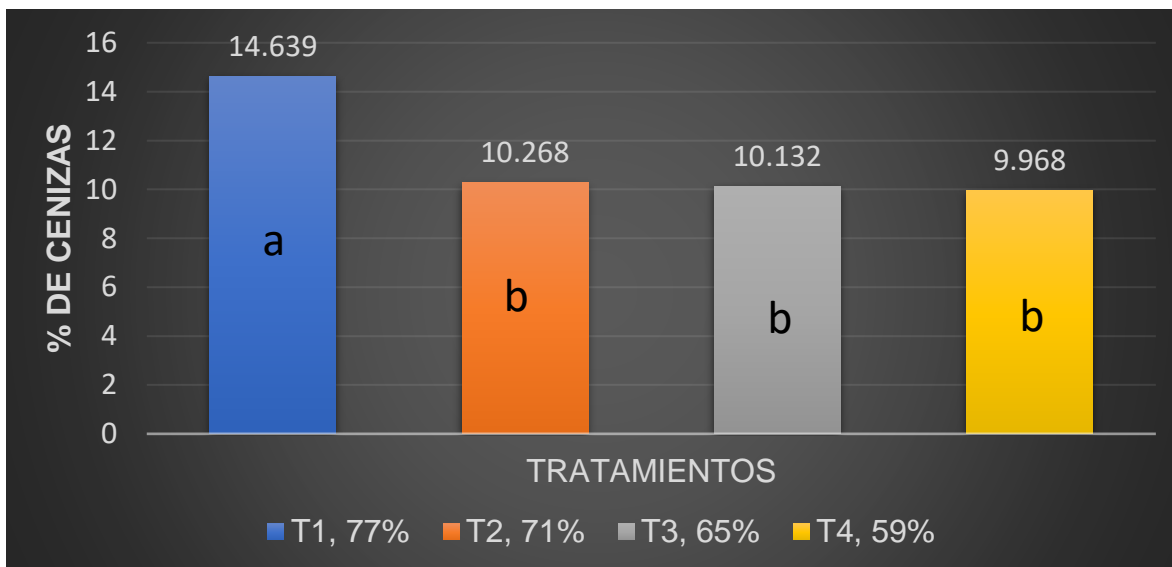


Figura 16. Porcentaje de cenizas de los microsilos.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).

Ácidos grasos volátiles

Se determinó la concentración de acético, propiónico y butírico. Sin embargo, sólo se obtuvieron los resultados de ácido acético como se muestra en la Figura 17. Se observa que hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos, pero los tratamientos T2 y T4, tuvieron las mayores diferencias respecto a T1 y T3. Los ensilados aceptables según Ward *et al.*, (2001) contienen <3% de ácido acético, <0.1% de ácido butírico y <0.5% de ácido propiónico. El ácido acético da un olor a vinagre, además el alto contenido de este (> 5% ms) puede presentar problemas en el consumo e ingesta del animal (Kung, y Shaver, 2001).

En una investigación realizada por López y Briceño (2017) con leguminosas, mencionan que la concentración de ácido acético aumenta cuando se dan las condiciones óptimas de humedad y carbohidratos. Además, se observó que la mezcla de la leguminosa *Cratylia* con otras fuentes de carbohidratos (melaza, pulpa de cítricos, pasto guinea) mostró un contenido de ácido acético de 2.48 mmol con un porcentaje de MS de 20 % (López-Herrera y Briceño-Arguedas, 2017), esto es similar a lo encontrado con los tratamientos T1 y T2 que contenían 77 y 71 % de

residuo de calabaza chihua, respectivamente, con un porcentaje de MS de 27-30% y humedad del 70%. En un estudio realizado con ensilado de maíz se obtuvieron valores de ácido acético de 1 a 1.20 mmol, donde se concluyó que estos valores permiten que los ensilados presenten baja estabilidad aeróbica y por lo tanto se consideren de buena calidad evitando que se reproduzcan bacterias aeróbicas (Villa *et al.*, 2010) que puedan ser patógenas para los animales. Por el contrario, en un estudio con alfalfa adicionado con *Lactobacillus buchneri* como inoculante, el cual es considerado como coadyuvante en la fermentación, se elevó la cantidad de ácido acético (6.42 mmol) y por lo tanto, conservó por más tiempo el ensilado (Kung *et al.*, 2003). Es decir que el aumento de ácido acético, solo afecta al consumo de los animales, pero conserva por más tiempo el ensilado.

Por su parte el ácido butírico con valores mayores a 0.25% MS tienen un olor a rancio, el cual, está relacionado con la presencia de bacterias *Clostridiales* (patógenas), obteniendo ensilados de mala calidad (Ward *et al.*, 2001).

Sin embargo, la disminución de los AGVs posiblemente se deba a la forma de conservación del forraje como señalan Morales-Almaráz *et al.* (2018). También al contenido de MS que presentan los ensilados tiene efectos en la concentración de los AGVs (Huhtanen *et al.*, 2007). A pesar de solo contar con los valores de ácido acético podríamos concluir que los ensilados elaborados en el presente experimento, se consideran ensilados de buena calidad, ya que se sabe que la presencia del ácido propiónico y butírico, se asocia con la presencia de bacterias indeseables como los *Clostridium* (Kung y Shaver, 2004; Ward *et al.*, 2001).

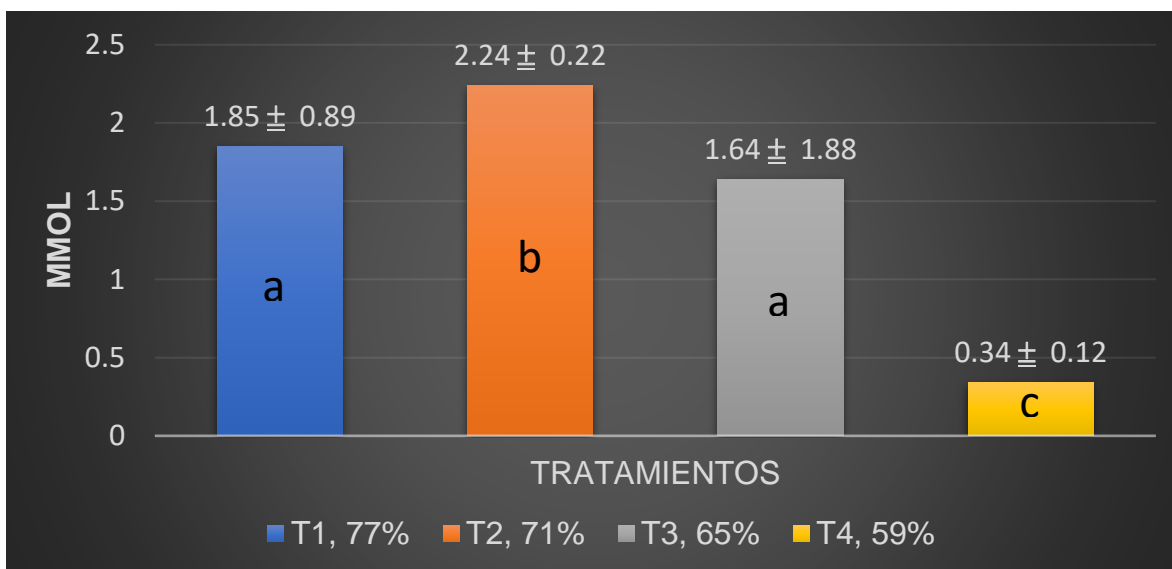


Figura 17. Concentración de ácido acético de los microsilos.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).

Evaluación organoléptica

La evaluación se llevó a cabo de acuerdo al Cuadro 14, presentado en materiales y métodos. Donde se les asignó un número, como se muestra en el Cuadro 15, para poderles conferir una calificación a cada característica. Con este cuadro se pudo obtener el análisis estadístico correspondiente a olor, textura y humedad. Excluyendo al color, debido a que el Cuadro 14 se utiliza para ensilados de maíz y por lo tanto la coloración de la calabaza difiere en esta característica.

Cuadro 15. Calificación asignada a los microsilos de acuerdo a su característica.

CALIFICACIÓN	CARACTERÍSTICA
4	Excelente
3	Bueno
2	Regular
1	Malo

Olor

Se encontraron diferencias ($P<0,05$), entre los tratamientos. Se puede observar en la Figura 17 que T4 con 59% de chihua, tuvo un promedio de 3.2 el cual nos indica que el olor que se percibió fue ligeramente olor a vinagre con una calificación de excelente y los otros 3 tratamientos con menor contenido de residuo tuvieron un promedio 3 dando una calificación de buena con un fuerte olor a vinagre. Esto difiere con un estudio con ensilado de yuca, que los tratamientos con mayor porcentaje de yuca fresca, obtuvieron la características de excelente (Maza *et al.*, 2011).

Textura

En cuanto a textura, también se presentaron diferencias ($P<0,05$), donde T4 obtuvo una calificación de 3.4, es decir una calidad de excelente con una textura de contorno bien definido (Figura 17). Los otros tratamientos obtuvieron un promedio de 3 con una calificación de buena (contorno definido) (Figura 17). Esto concuerda con la evaluación elaborada con ensilado de maralfalfa y yuca, donde se aprecia que a menor contenido de yuca, la característica que se obtiene es de excelente (Maza *et al.*, 2011) y con la investigación de Villalba *et al.*, (2011) con ensilados de café y plátano. Según varios investigadores como Triana *et al.*, (2014) y López-Herrera y Briceño-Arguedas (2017), debido al contenido de carbohidratos que favorecen la fermentación, es que se puede lograr esta consistencia uniforme.

Humedad

La humedad de los cuatro tratamientos no presentó diferencias significativas. En promedio tuvieron una calificación de 3, dando como resultado la característica de excelente a bueno (Figura 17). Este resultado difiere con lo reportado por Lopez *et al.* (2009) y Villalba *et al.* (2011), donde obtuvieron una calidad regular y se presentaron efluentes en la evaluación. Por lo tanto, un alto contenido de humedad, aumenta la proteólisis y el riesgo a la reproducción de microorganismos patógenos, como menciona Kim y Adesogan, (2006) con el ensilado de maíz. Pero, no fue el caso del ensilado de residuo de *C. argyrosperma* Huber.

En general todos los tratamientos presentaron una calidad entre excelente y buena en el olor, textura y humedad. Sin embargo, el T4 alcanzó una calificación de excelente en comparación con T1, T2 y T3, que tuvieron una variación entre bueno y regular. Esta calificación se atribuye a la cantidad de residuo de calabaza que contenía cada tratamiento, donde el T1 tenía mayor porcentaje de residuo (77) y el T4 menor cantidad de chihua (59%),

Color

Respecto al color T1 tuvo variación en cuanto a los colores café y negro. Los T2, T3, y T4 obtuvieron un color verde olivo y amarillo. A pesar de no existir información sobre evaluaciones sensoriales con calabaza, hay una estrecha relación con estudios realizados sobre otros residuos vegetales (Villalba *et al.*, 2011). Existe un estudio con cáscara de naranja, plátano y pasto, donde se reportan colores similares a los obtenidos con el ensilado de chihua (Triana *et al.*, 2014). Aunque se puede tomar como referencia la evaluación organoléptica que se hace a los ensilados de maíz (López-Herrera y Briceño-Arguedas, 2017).

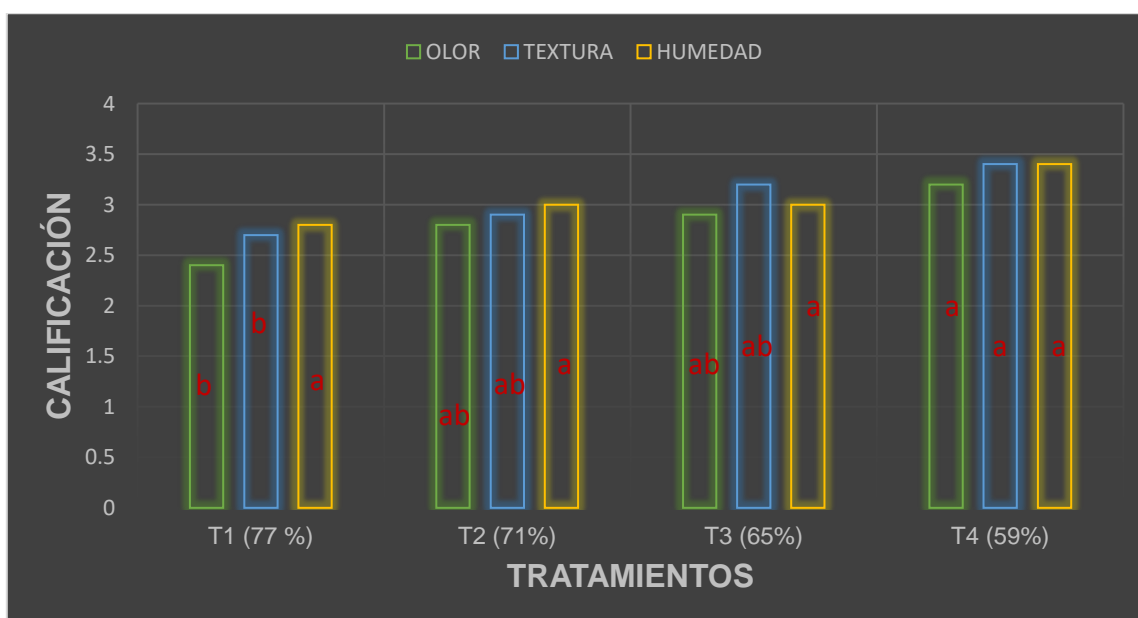


Figura 18. Calificación obtenida de acuerdo a cada característica evaluada.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos al determinar temperatura, pH, AGVs, PC, EE, CE, FDN y FDA en los microsilos elaborados con diferentes porcentajes de residuo de calabaza chihua (*Cucurbita argyrosperma* Huber) y a las características adecuadas de olor, textura y humedad, es factible utilizar el ensilado de chihua como una alternativa para la alimentación de rumiantes, a pesar de que el contenido de PC es bajo, su composición nutricional en general es posible que contribuya al mantenimiento de los rumiantes, principalmente durante la época de escasez de forraje.

LITERATURA CITADA

- Alfonso-Ávila, Á. R.; Wattiaux, M. A.; Espinoza-Ortega, A.; Sánchez-Vera, E.; Arriaga-Jordán, C. M. (2012). Local feeding strategies and milk composition in small-scale dairy production systems during the rainy season in the highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 44(3), 637–644. <https://doi.org/10.1007/s11250-011-9947-5>
- A.O.A.C., 2005. Official Methods of Analysis International Association of Official Analytical Chemists. 18th Edition. Arlington.
- Arboleda, D.; Tombe, A.; Morales Velasco, S. (2013). Propuesta para el establecimiento de especies arbóreas y arbustivas con potencial forrajero en sistemas de producción ganadera del trópico alto colombiano. *Rev. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 11(1), 154-163.
- Aroche, R.; Rodríguez, R.; Valdivié, M.; Martínez, Y. (2011). Semilla de calabaza en dieta para pollos de ceba. *Rev. producción. animal. Rev. Producción. Animal.*, 23(2), 103–108.
- Borreani, G.; Tabacco, E.; Schmidt, R. J.; Holmes, B. J.; Muck, R. E. (2018). Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 3952–3979. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13837>
- Chavira, J. S. (2016). Potential Use of Nonconventional Silages in Ruminant Feeding for Tropical and Subtropical Areas. In *Advances in Silage Production and Utilization*. <https://doi.org/10.5772/64382>
- Cruz, M.; Sánchez, J. (2000). *La fibra en la alimentación del ganado lechero*. *Rev. Nutrición Animal Tropical*. 6(1).
- Díaz-Monroy, B. L.; Iglesias, A. E.; Valiño Cabrera, E. C. (2014). Evaluation of bioensilage of broccoli (*Brassica oleracea* L.) and oats (*Avena sativa* L.) as supplements for dairy cows. / Evaluación del bioensilaje de brócoli (*Brassica oleracea* L.) y avena (*Avena sativa* L.) como suplemento en vacas lecheras. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 22(1), 21–29.
- Dorantes, J.; Flota, C.; Candelaria, B.; Ramírez, M.; Crosby, M. (2016). Calabaza chihua (*Cucurbita argyrosperma* Huber), Alternativa para la alimentación en el trópico. *Rev. Agroproductividad*, 9(9), 33–37.

- Dorota-Halik, G.; Łozicki, A.; Koziorzbska, A.; Dymninka, M.; Arkuszewska, E. (2014). *Annals of Warsaw of Life Sciences*. 57(53), 103–110.
- García, E. (1964). Modificaciones al sistema de clasificación climático de Köppen. Offset Larios. México. 246 p
- Esteban, M. B.; García, A. J.; Ramos, P.; Márquez, M. C. (2007). Evaluation of fruit-vegetable and fish wastes as alternative feedstuffs in pig diets. *Waste Management*, 27(2), 193–200. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2006.01.004>
- FEDNA. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición animal. (2018). Ensilado de maíz. Disponible en: <http://www.fundacionfedna.org/forrajes/ensilado-de-maiz> (Consultado 23 octubre 2019).
- Gastón A, C. (2016). Efecto del proceso de ensilaje sobre el valor nutricional de *Pennisetum purpureum*, *Tithonia diversifolia* y *Trichanthera gigantea*. *Investigaciones de Unisarc*, 10(2).
- González-Mendoza, J. (2009). *Situación y problemática de la producción y destino de la semilla de calabaza en San Pedro Lagunillas, Nayarit (Tesis de Licenciatura)*. Universidad Autónoma Agraria ‘Antonio Narro’.
- Hashemi, A.; Razzaghzadeh, S. (2007). Investigation on the possibility of ensiling cucurbit (*Cucurbita pepo*) residues and determination of best silage formula. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, Vol. 6, pp. 1450–1452.
- Huhtanen, P.; Rinne, M.; Nousiainen, J. (2007). Evaluation of the factors affecting silage intake of dairy cows: A revision of the relative silage dry-matter intake index. *Animal*, 1(5), 758–770. <https://doi.org/10.1017/S175173110773673X>
- Juracek, M.; Bíro, D.; Simko, M.; Galik, B.; Rolinec, M. (2012). The quality of maize silages from west region of Slovakia. *Journal of Central European Agriculture*, 13(4), 695–703. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/13.4.1114>
- Kim, S. C.; Adesogan, A. T. (2006). Influence of Ensilage Temperature, Simulated Rainfall, and Delayed Sealing on Fermentation Characteristics and Aerobic Stability of Corn Silage. *Journal of Dairy Science*, 89(8), 3122–3132. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(06\)72586-3](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(06)72586-3)
- Kim-Young, M.; Kim-Jin, E.; Kim, M.; Choi, C.; Lee, B. (2012). Comparison of the

- chemical compositions and nutritive values of various pumpkin (Cucurbitaceae) species and parts. *Nutrition Research and Practice*, 6(1), 21–27. <https://doi.org/10.4162/nrp.2012.6.1.21>
- Kung, L.; Shaver, R. (2001). Interpretation and Use of Silage Fermentation Analysis Reports. *Focus on Forage*, 3(13), 1–18. <https://doi.org/10.1017/S175173110773673X>
- Kung, L.; Taylor, C. C.; Lynch, M. P.; Neylon, J. M. (2003). The effect of treating alfalfa with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 86(1), 336–343. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73611-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73611-X)
- Li, P.; Ji, S.; Wang, Q.; Qin, M.; Hou, C.; Shen, Y. (2017). Adding sweet potato vines improve the quality of rice straw silage. *Animal Science Journal*, 88(4), 625–632. <https://doi.org/10.1111/asj.12690>
- Lopez-Herrera, M.; Whing-ching, R.; Rojas-Bourrillon, A. (2015). Valoración nutricional de ensilajes de corona de piña con adición de heno y urea. *Rev. Nutrición Animal Tropical*. 9(2):65-90
- López-Herrera, M. (2017). *Efecto del ensilado de cuatro leguminosas en mezcla con diferentes fuentes de carbohidratos sobre la calidad nutritiva y emisión de metano (Tesis de maestría)*. Universidad Nacional de Costa Rica
- López-Herrera, M.; Briceño-Arguedas, E. (2017). Efecto de la especie de leguminosa y la fuente de carbohidratos en la calidad física y química de mezclas para ensilaje. *Nutrición Animal Tropical*, 11(1), 52. <https://doi.org/10.15517/nat.v11i1.29605>
- Lopez, M.; Winching, R.; Rojas, A. (2009). Características fermentativas y nutricionales del ensilaje de rastrojo de piña (*Ananas comosus*). *Agronomía Costarricense*, 33(1), 1–15.
- Lozicki, A.; Koziarzewska, A.; Halik, G.; Dymnicka, M.; Arkuszewska, E.; Niemiec, T.; Bogdan, J. (2015). Effect of ensiling pumpkin (*Cucurbita maxima* D.) with dried sugar beet pulp on the content of bioactive compounds in silage and its antioxidant potential. *Animal Feed Science and Technology*, 206, 108–113. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.05.012>

- Manjarrez, B.; Enríquez, F.; Avila, E.; Shimada, A. (1976). Substitución de pasta de soya con pasta de semilla de calabaza, en raciones para cerdos de abasto. In *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* (Vol. 0).
- Martínez-Fernández, A.; Argamentería, A.; De La Rosa, B. (2014). *Manejo de forrajes para ensilar*. Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentaria (SERIDA) del Principado de Asturias, Villaviciosa, Asturias, España. 282-283
- Maza, L.; Vergara, O.; Paternina, E. (2011). Evaluación química y organoléptica del ensilaje de maralfalfa (*Pennisetum* sp.) más yuca fresca (*Manihot esculenta*). *Rev. MVZ Córdoba*. 16 (2), 1528-2537.
- McEniry, J.; O’Kiely, P.; Clipson, N. J. W.; Forristal, P. D.; Doyle, E. M. (2010). Assessing the impact of various ensilage factors on the fermentation of grass silage using conventional culture and bacterial community analysis techniques. *Journal of Applied Microbiology*, 108(5), 1584–1593. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2009.04557.x>
- Méndez, F.; Aguilera, J.; López, M.; Ramírez, R.; Carrillo, O.; EScareño, L.; Medina, C. (2014). Preservation of fresh tomato waste by silage. *Interciencia*, 39(6), 342–344.
- Morales-Almaráz, E.; Domínguez-Vara, I. A.; Mejía-Urbe, L. A.; Cruz-Monterrosa, R. G.; Jiménez-Guzmán, J.; Vieyra-Alberto, R. (2018). Effect of the diet type on the composition of fatty acids in cow milk. *Agroproductividad*, 11(11), 21-21–26. <https://doi.org/10.32854/agrop.v11i11.1278>
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2016). *Nutrient Requirements of Beef Cattle, 8th Revised Edition*. <https://doi.org/10.17226/19014>
- OCDE. (2018) OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2018–2027; OCDE-Publicado en 2018. https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2018-es.
- Ortiz-González, R. (2012). *Ensilaje De Alfalfa Y Ovillo En Contenedores De 200 Litros Durante Epoca De Lluvias* (tesis de maestría). Universidad Autónoma Chapingo.
- Owens, V. N.; Albrecht, K. A.; Muck, R. E. (2002). Protein degradation and

- fermentation characteristics of unwilted red clover and alfalfa silage harvested at various times during the day. *Grass and Forage Science*, 57(4), 329–341. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2494.2002.00333.x>
- Razzaghzadeh, S.; Amini-Jabalkandi, J.; Hashemi, A. (2007). Effects of different levels of pumpkin (*Cucurbita Pepo*) residue silage replacement with forage part of ration on male buffalo calves fattening performance. *Italian Journal of Animal Science*, 6(SUPPL. 2), 575–577. <https://doi.org/10.4081/ijas.2007.s2.575>
- SADER .Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019). ¿Qué es y para qué sirve el fertilizante? . <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/que-es-y-para-que-sirve-el-fertilizante?idiom=es>
- Sanchez, L. (2005). Estrategias para modernas la conservación de forrajes en sistemas de producción bovina tropical. *Revista Corpoica*, 6, 69–80
- Seyma, H.; Kokten, K.; Kaplan, M.; Ucar, R. (2016). Çerezlik Kabak (*Cucurbita pepo* L .) Atıklarının Hayvan Beslemede Kullan ı m Olanaklarının Araştırılması. *Rev. Turk Tarm ve Doga Bilimleri Dergisi*. 3(1), 79-82.
- Tabacco, E.; Piano, S.; Cavallarin, L.; Bernardes, T. F.; Borreani, G. (2009). Clostridia spore formation during aerobic deterioration of maize and sorghum silages as influenced by *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* inoculants. *Journal of Applied Microbiology*, 107(5), 1632–1641. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2009.04344.x>
- Tejada, I.; Berruecos, J. (1976). Análisis bromatológico de alimentos empleados como ingrediente en nutrición animal. *Técnica pecuaria*, (1158), 31–33.
- Tobía, C.; Uribe, L.; Villalobos, E.; Soto, H.; Ferris, I. (2003). Aislamiento, Selección y Caracterización de bacterias ácido lácticas en ensilaje de soya. *Agronomía Costarricense*. In *Agronomía Costarricense*. 27(2), 21-27.
- Triana, E.; Leal, F.; Campo, Y.; Lizcano, H. (2014). *Evaluacion de ensilaje a partir de dos subproductos agroindustriales (cascara de naranja y plátano de rechazo) para alimentación de ganado bovino*. *Rev. Alimentos Hoy*. 22(31), 33–45.
- Ulloa, J. B.; van Weerd, J. H.; Huisman, E. A.; Verreth, J. A. J. (2004). Tropical agricultural residues and their potential uses in fish feeds: the Costa Rican situation. *Waste Management*, 24(1), 87–97.

<https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2003.09.003>

- Villa, A.; Meléndez, A.; Carulla, J.; Pabón, M.; Cárdenas, E. (2010). *Study of microbiological and nutritional quality of corn silage in two Colombianecosystems*.
- Villalba, D. K.; Holguin, V. A.; Acuña, J. A.; Varon, R. P. (2011). Calidad bromatológica y organoléptica de ensilajes de residuos orgánicos del sistema de producción café – musáceas. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 4(1), 47–52.
- Ward, R. T.; Ondarza, M. B.; Chazy, W. (2001). *Fermentation Analysis of Silage : Use and Interpretation*. Cumberland Valley Analytical Services . 21742(301), 1–18.
- Wilkinson, J. M.; Davies, D. R. (2013). The aerobic stability of silage: Key findings and recent developments. *Grass and Forage Science*, 68(1), 1–19. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2012.00891.x>
- Zivkov, M.; Jacsic, S.; Jovicin, M. (2015). The determination of the quality in cereal silages supplemented with pumpkin and carrot. In *First International Symposium of Veterinary Medicine*. 115-121.

CAPÍTULO II. PRUEBA DE CAFETERÍA EN NOVILLOS ESTABULADOS CON MICROSILOS DE ENSILADO DE *Cucurbita argyrosperma* HUBER

INTRODUCCIÓN

Una prueba de preferencia es un experimento en el que los animales están expuestos a varias condiciones y se utiliza para comparar diferentes alimentos en cuanto a consumo y preferencia (Faugeron y Soulet, 2017). La literatura señala que las pruebas de cafetería o preferencia son las mejores vías para estimar la palatabilidad relativa de un alimento, el dar simultáneamente alimentos con diferentes características, reflejando una competencia entre ellas (Pinto-Ruiz *et al.*, 2003). Estas pruebas de cafetería se utilizan para determinar si un forraje es aceptado y hasta que nivel puede ser incluido en la dieta y consiste en el suministro de un alimento en diferentes proporciones que se desee evaluar (Nieves y Terán, 2006).

En el ganado bovino, la preferencia se ve afectada por experiencias previas con el alimento. Los rumiantes usan sus sentidos para elegir su alimento y tienen la capacidad de identificar los sabores básicos (dulce, amargo, salado, ácido y umami) (Harper *et al.*, 2016). Además de las características del animal, se deben considerar las características de la planta y las variables ambientales (Pinto-Ruiz *et al.*, 2003). En general, tanto las características físicas como químicas de un alimento afectan su preferencia (Lasse, 2013).

Se han realizado diversas investigaciones para conocer la preferencia de los animales por diferentes forrajes y alimentos, como pastos, arbustos y residuos agrícolas (Medina *et al.*, 1993; Montes-Pérez *et al.*, 2015; Pinto-Ruiz *et al.*, 2003; Pinto-Ruiz *et al.*, 2016; Rojas-Hernández *et al.*, 2016). Actualmente se busca una mayor sustentabilidad en los sistemas ganaderos. Para lograrlo, es necesario utilizar los recursos locales, de tal manera que se reduzca la dependencia de insumos externos, incluyendo los alimentos. En este sentido, los residuos vegetales podrían ser una opción toda vez que son alimentos no aptos para consumo humano

pero con propiedades nutritivas que podrían ser aprovechadas por el ganado (Valdez-Arjona y Ramírez-Mella, 2019). En Campeche, se estima que anualmente se producen 258,842 toneladas de residuo de calabaza chihua, debido a que se cosecharon 46,660.83 hectáreas de calabaza en 2018 para obtener la semilla (SIAP, 2018), el cual parece tener potencial como alimento para rumiantes (Crosby-Galván *et al.*, 2018). No existe información relacionada a la aceptación y consumo de este residuo por parte del ganado bovino. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar la preferencia en el consumo de ensilados elaborados con diferente contenido de residuo de calabaza *Cucurbita argyrosperma* Huber (chihua) en bovinos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

Esta fase se llevó a cabo en el Colegio de Postgraduados (CP) Campus Campeche, ubicado en poblado de Sihochac, Champotón, Campeche, que se encuentra a una latitud 19°50'13.8"9 y longitud 90°58'61.1"1 a una altura media de 20 msnm con clima cálido subhúmedo, con lluvias en verano A_{w0} de acuerdo con la clasificación de Köppen, con una temperatura media anual de 26.8 °C y una precipitación pluvial promedio de 1, 003 mm al año (García, 1964).

Animales

Se utilizaron 4 novillos machos, enteros, de razas Sardo Negro, Pardo Suizo y sus cruza (F1), de peso aproximado de 300 kg, dos años de edad, y sin antecedentes de consumo de calabaza con un sistema de alimentación estabulado. Previo al ensayo, los animales se desparasitaron con Doramectina (Doramic + ad3e®) y vacunaron contra Derriengue (Derri Plus ®) y *Clostridium* (Bacterina 11 vías Biobac®).

Instalaciones

Los animales se alojaron en corrales individuales, elaborados con cemento, tubos metálicos y láminas galvanizadas. Cada corral contó con un área de sombra, con piso de cemento, y un área de asoleadero, con piso de tierra; además, de un bebedero de cemento compartido entre dos corrales. Las dimensiones de cada corral fueron 3 m de ancho por 9 m de largo. Los comederos fueron lineales de 3 m de largo, 80 cm de alto, 60 cm de ancho y 25 cm de fondo, los cuales se dividieron con tablas de madera en 4 compartimentos, con el fin de evaluar los tratamientos al mismo tiempo (Anexo 2).

Dieta basal

Los novillos se alimentaron con una dieta integral elaborada con paja de *Echinochloa polystachya* (pasto alemán) y *Brachiaria brizantha*; granos secos de destilería, maíz molido y premezcla mineral (Cuadro 16). Diariamente, se ofrecieron 10 kg de alimento a cada novillo, divididos en dos horarios: 08:00 y 16:00 horas.

Cuadro 16. Composición de la dieta basal.

Ingredientes	Contenido,%
Rastrojo	65
Maíz molido	7
Granos secos de destilería	28

Tratamientos

Los tratamientos evaluados fueron los ensilados elaborados en la fase anterior, los cuales contenían diferente contenido de residuo de *Cucurbita argyrosperma* Huber: T1: 77%, T2: 71%, T3: 65% y T4: 59% de contenido de calabaza chihua, los cuales se describen en el Cuadro 14 del Capítulo 1.

Periodo de adaptación

Los novillos se adaptaron utilizando el protocolo de cafetería en el cual todos los tratamientos se ofrecen de forma separada y de manera simultánea, por un periodo corto de tiempo. Este periodo consistió en ofrecer 500 g de cada uno de los tratamientos durante 20 minutos por 7 días en las mañanas; después se ofreció su dieta basal. La adaptación se hizo con el fin de acostumbrar a los animales a comer en cada una de las divisiones del comedero y a consumir el ensilado de *Cucurbita argyrosperma* Huber.

Prueba de cafetería

En esta prueba participaron 2 personas con el objetivo de ofrecer al mismo tiempo cada tratamiento, e inició al día siguiente de finalizado el período de adaptación. Se ofrecieron 2 kg de cada uno de los tratamientos, de manera simultánea, durante 5 días consecutivos. Con el fin de evitar un sesgo, es decir bloquear el hábito-reflejo de los animales con la posición y al primer encuentro con el ensilado, diariamente, hubo una rotación de los tratamientos día 1 (1,2,3 y 4), día 2 (2,3,4 y 1), así hasta completar los 5 días que duró la prueba (Anexo 2). Los tratamientos se ofrecieron a las 9:00 h, en ayunas, por un periodo de 20 min. Pasado el tiempo, se retiró el sobrante de cada uno de los compartimentos de los comederos, se pesó y se obtuvo el consumo utilizando la siguiente formula: **(kg de ensilado ofrecido – kg de ensilado rechazado) = consumo**.

Diseño experimental y análisis estadísticos

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. El análisis estadístico se realizó con el procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS, Versión 9.0 y el modelo incluyó el tratamiento, la ubicación y la interacción tratamiento x ubicación (Harper *et al.*, 2016). Se realizó la comparación de medias con la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El objetivo de esta fase fue evaluar la preferencia del consumo de los ensilados elaborados con residuo de *Cucurbita argyrosperma* Huber por los novillos. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$.) en el consumo de cada uno de los tratamientos (Figura 18). Tampoco hubo efecto por la ubicación de los tratamientos en el comedero. Aun cuando no hubo diferencias en el consumo de cada uno de los ensilados (0.36 ± 0.04 kg), numéricamente sí se encontraron diferencias entre cada uno de los tratamientos, en donde claramente se observó que la preferencia es mayor a medida que el contenido de *Cucurbita argyrosperma* Huber de los ensilados se incrementa (Figura 18). Por lo tanto, el consumo pudo estar influenciado por las características físicas y químicas que presentan los ensilados, o por las propiedades de los residuos de la calabaza. Estos resultados son similares a los reportado por Razzaghzadeh *et al.*, (2007) con ensilado de *Cucurbita pepo* en búfalos machos, quienes observaron que el mayor consumo de ensilado fue cuando tenía mayor porcentaje de residuo de calabaza (60%), con un total de 7.72 kg día^{-1} . Resultados similares se reportaron en ovinos con ensilado de *Cucurbita maxima*, donde no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, ya que los 3 contenían alrededor del 70% de calabaza, dando un consumo entre 645 y 652 g día^{-1} (Medina *et al.*, 1993). Lo mismo se observó en el estudio realizado por Montes-Pérez *et al.* (2018) con cerdos *Pecari tajacu*, donde el ensilado con 76.4% de calabaza local y 23.6% de maíz molido, tuvieron un mayor consumo en comparación con tratamientos formulados con 50% de pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) y Ramón (*Brosimum alicastrum*), o una mezcla de 50% de calabaza y maíz, alrededor de 340 g/día ; por lo tanto, ellos concluyen que esta preferencia se debe a la palatabilidad, es decir al sabor del ensilado.

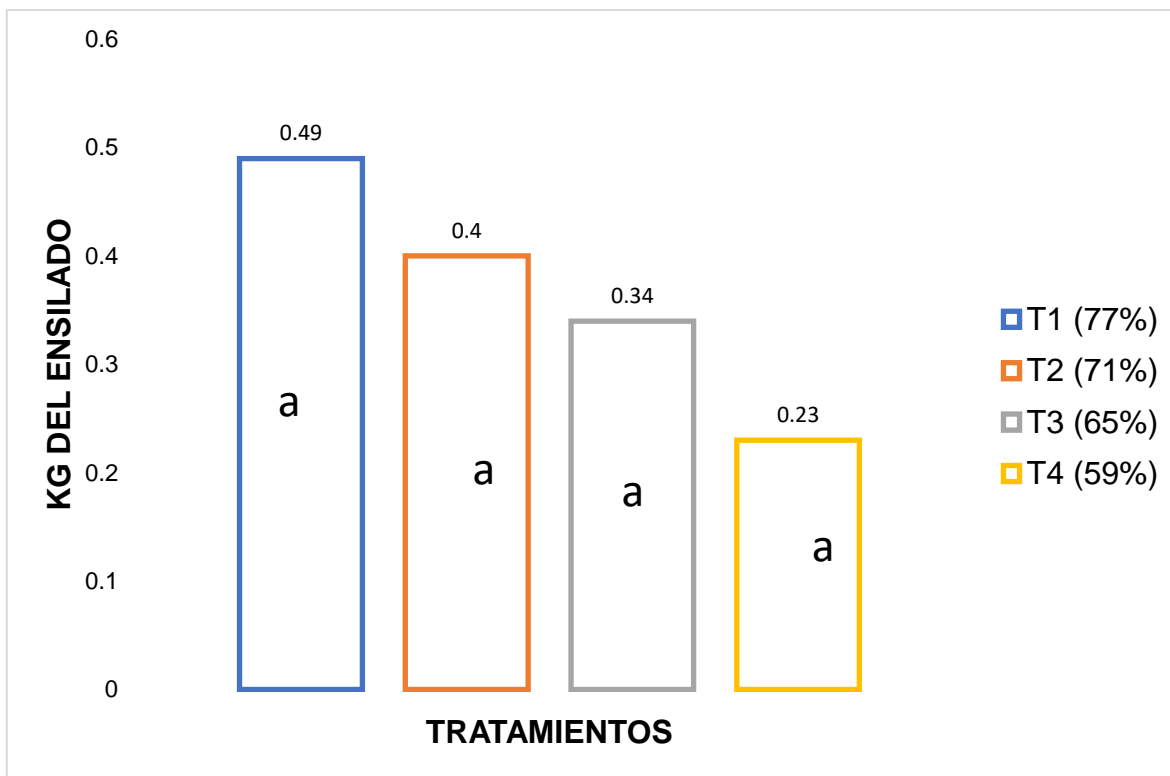


Figura 19. Consumo de ensilados en novillos.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).

Otras investigaciones realizadas en animales con diferentes ensilados, presentan similitudes a lo mencionado anteriormente. En una investigación realizada con ensilado de brócoli (75%) y avena (25%), el tratamiento con mayor contenido de residuo vegetal fue el preferido por las vacas lecheras (Díaz-Monroy *et al.*, 2014). También Pinto-Ruiz *et al.* (2016), observaron que ensilados de *Pennisetum* y diferentes porcentajes de inclusión de pulpa de café (25-50%), presentaron mayor consumo por los bovinos en comparación con los otros tratamientos de 75 y 100% de pulpa de café y señalan que esta preferencia, se debe a las características sensoriales de los ensilados. En un estudio realizado con venados cola blanca (*Odocoileus virginianus*) con ensilados a base de *Leucaena leucocephala* y *Brosimum alicastrum* en diferentes porcentajes (T1-100% *Leucaena leucocephala*, T2-100% *Brosimum alicastrum* y T3-50 *Leucaena leucocephala* y 50% *Brosimum alicastrum*), mostraron que el ensilado con 100% de *Brosimum alicastrum* fue el más consumido debido a su mayor palatabilidad y menor contenido de FDN (Montes-

Pérez *et al.*, 2015). Es decir, que la composición química y palatabilidad de un ensilado influirá en su preferencia y consumo. En general, tanto las características físicas como químicas de un alimento afectan su preferencia (Lasse, 2013).

Además, el tiempo de exposición de los ensilados tiene relación con el consumo voluntario y a su vez con su preferencia. En este caso, los ensilados se ofrecieron a los novillos durante 20 minutos y el consumo fue de 500 g de material. Se sabe que este consumo se ve afectado tanto por factores del animal como del alimento que se ofrece (Ortiz-Borrero y Collazos-Quina, 2014). Existen reportes sobre la conducta ingestiva de los animales, donde se considera la velocidad de consumo, la velocidad de bocados y el tamaño de bocado. En el estudio de pulpa de café se observó que los ensilados con 25 y 50% de pulpa tuvieron mayor consumo de acuerdo a las variables evaluadas, respecto a la velocidad de bocado fue de 6 a 9 bocados min^{-1} , la velocidad de consumo de 8 a 10 g MS min^{-1} y el tamaño de bocado de 1 a 5 g de MS bocado $^{-1}$ (Pinto-Ruiz *et al.*, 2016). En otro estudio realizado bajo diferentes condiciones, se observó que el tamaño de la planta y la época del año influyen en la velocidad de bocado, tamaño de bocado y la velocidad de consumo, se aprecia que la *Leucaena* con una altura de 90 cm en la época seca tiene un tamaño de bocado de 0.40 g de MS bocado $^{-1}$, velocidad de bocado 39 bocados min^{-1} y velocidad de consumo 15.5 g de MS min^{-1} , que es mayor que en la época de lluvia o de norte (Ortega-Reyes *et al.*, 2009). Respecto a lo anterior y a la figura 18, se calculó que la velocidad de consumo fue de 6.7, 5.9, 5.8 y 4.8 g de MS min^{-1} para los tratamientos 1 (77%), 2 (71%), 3 (65%) y 4 (59%), respectivamente. Este resultado difiere con lo reportado anteriormente, indicando que el consumo de los ensilados en el presente estudio fue menor que lo reportado por Pinto-Ruiz *et al.* (2016) utilizando ensilados de pulpa de café; sin embargo, el consumo de MS por minuto aumentó en los ensilados con un mayor contenido de *Cucurbita argyrosperma* Huber. En otro estudio realizado con conejos se observó que el intento de consumo fue de 10 a 20 minutos después de ofrecidos los forrajes (Batata, *Leucaena* y Naranjillo), con una disminución significativa ($P < 0,05$)

posteriormente (Nieves *et al.*, 2005). Sin embargo, no existe información al respecto en bovinos.

La preferencia alimenticia en rumiantes se ve afectada por muchas variables que probablemente interactúan entre sí, como tipo de comedero, posición del comedero, olor y sabor del alimento (Harper *et al.*, 2016). Esto coincide con Pinto-Ruiz *et al.*, (2003) que mencionan que la predilección por algún forraje depende del sentido del olfato y el gusto. Además, con estos sentidos pueden detectar compuestos tóxicos o antinutricionales que hacen que prefieran otro alimento (Pinto-Ruiz *et al.*, 2007).

CONCLUSIONES

Todos los ensilados elaborados con diferentes porcentajes de residuos de calabaza *Cucurbita argyrosperma* Huber (chihua), fueron aceptados por los animales; aunque el consumo promedio fue menor a lo reportado con otros ensilados, lo cual pudo deberse a algún compuesto que contengan las calabazas o también al olor o sabor que perciban los animales y por lo tanto no sea apetecible para ellos. Sin embargo, por los resultados obtenidos el ensilado elaborado con residuo de calabaza chihua se puede incluir en dietas para bovinos sin que se presenten problemas en la salud animal, aun cuando esto último no fue parte del objetivo de esta fase. Es necesario tomar en cuenta cuando se incluyen nuevos ingredientes en la dieta del ganado, que es posible que los animales tarden en adaptarse a su olor y sabor. Por lo anterior, con base a la preferencia y al consumo del ensilado y tomando en cuenta los análisis físico-químicos previos, es factible considerar el uso de ensilados con *Cucurbita argyrosperma* Huber como una alternativa en la alimentación del ganado. Si bien no hubo diferencias estadísticas significativas, el objetivo de la investigación era utilizar el mayor porcentaje del residuo de *Cucurbita argyrosperma* Huber para la alimentación del ganado. Por lo tanto, el ensilado (T1) con 77% de residuo de calabaza es la mejor opción.

LITERATURA CITADA

- Crosby-Galván, M.; Espinoza-Velasco, B.; Ramirez-Mella, M. (2018). Effect of Chihua Pumpkin Residue (*Cucurbita argyrosperma*) in Ruminal Gas Production and Digestibility in vitro. *Pakistan J. Zool*, 50(3), 1–3. <https://doi.org/10.17582/journal.pjz/2018.50.3.sc1>
- Diaz-Monroy, B. L.; Iglesias, A. E.; Valiño Cabrera, E. C. (2014). Evaluation of bioensilage of broccoli (*Brassica oleracea* L.) and oats (*Avena sativa* L.) as supplements for dairy cows. / Evaluación del bioensilaje de brócoli (*Brassica oleracea* L.) y avena (*Avena sativa* L.) como suplemento en vacas lecheras.
- García, E. (1964). Modificaciones al sistema de clasificación climático de Köppen. Offset Larios. México. 246 p
- Faugeron, J.; Soulet, C. (2017). How to conduct flavour preference trials in. *International Dairy Topics*, 16(2), 31.
- Harper, M. T.; Oh, J.; Giallongo, F.; Lopes, J. C.; Weeks, H. L.; Faugeron, J.; Hristov, A. N. (2016). Short communication: Preference for flavored concentrate premixes by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 99(8), 6585–6589. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11001>
- Lasse, P. (2013). *Do dairy cows have preferences for different concentrate feeds?* Aarhus University (Master Thesis).
- Medina, J.; Chavira, J.; Martínez, R.; Lerma, C. (1993). [Silage of ripe pumpkins (*Cucurbita maxima*) with sorghum ratoons, urea and molasses in complete rations for sheep]. [Spanish]. *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias*.
- Montes-Pérez, R.; Borges-Ventura, D.; Solorio-Sánchez, F.; Sarmiento-Franco, L.; Magaña-Monforte, J. (2018). Preference on silage feed intake and its effect on ovarian activity in Pecari tajacu. *Abanico Veterinario*, 8(2). <https://doi.org/10.21929/abavet2018.82.4>
- Montes-Pérez, R.; Ceballos Centeno, S.; Solorio Sánchez, F. (2015). Preferencia del consumo de ensilajes de árboles nativos por venados cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en cautiverio. *Archivos de Zootecnia*, 64(247), 299–

302. <https://doi.org/10.21071/az.v64i247.411>

- Nieves, D.; Rojas, E.; Téran, O.; Fuenmayor, A.; Gonzáles, C. (2005). *Aceptabilidad de dietas con naranjillo, leucaena, morera, maní forrajero, batata y yuca en dietas para conejos de engorde*. 2005(1), 19–25.
- Nieves, T.; Terán, O. (2006). Use of tropical tree and shrub resources for feeding rabbits in venezuela. *Revista Computarizada de Producción Porcina*, 13(1): 30–33.
- Ortega-Reyes, L.; Huchim-Castillo, J.; Pantoja-Rivas, F. (2009). *Ingestive behavior of adult Zebu cattle grazing leucaena at two heights*. Técnica Pecuaria en México. 47(2):125-134.
- Ortiz-Borrero, A.; Collazos-Quina, L. (2014). *Preferencia bovina de especies arbustivas forrajeras en el piedemonte llanero*. Universidad de la Salle. Disponible en: <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/227>
- Pinto-Ruiz, R.; Gomez, H.; Hernandez, A.; Medina, F. J.; Martinez, B.; Aguilar, V.; Villalobos, I.; Nahed, J.; Carmona, J. (2003). Preferencia ovina de arboles forrajeros del centro de Chiapas, Mexico. *Pastos y Forrajes*, 26(4), 329–334.
- Pinto-Ruiz, R.; Guevara-Hernández, F.; Medina, J. A.; Hernández-Sánchez, D.; Leyde Coss, A.; Guerra-Medina, E. (2016). Conducta ingestiva y preferencia bovina por el ensilaje de Pennisetum y pulpa de café. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 59. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.23120>
- Pinto-Ruiz, R.; Hernández-Sánchez, D.; Ramírez-Avilés, L.; Sandoval-Castro, C. A.; Cobos-Peralta, M.; Gómez-Castro, H. (2007). Taninos y fenoles sobre la fermentación in vitro de leñosas forrajeras tropicales. *Agronomía Mesoamericana*, 20(1), 81. <https://doi.org/10.15517/am.v20i1.4983>
- Razzaghzadeh, S.; Amini-Jabalkandi, J.; Hashemi, A. (2007). Effects of different levels of pumpkin (Cucurbita Pepo) residue silage replacement with forage part of ration on male buffalo calves fattening performance. *Italian Journal of Animal Science*, 6(SUPPL. 2), 575–577. <https://doi.org/10.4081/ijas.2007.s2.575>
- Rojas-Hernández, S.; Olivares-Pérez, J.; Quiroz-Cardoso, F.; Villa-Mancera, A.; Cipriano-Salazar, M.; Camacho-Díaz, L.; Reynoso-Palomar, A. (2016). Diagnosis of the palatability of fruits of three fodder trees in ruminants.

Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 3(7), 121–127.
<https://doi.org/10.19136/era.a3n7.664>

SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2018). Anuario Estadístico de la Producción Ganadera. Disponible en: https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/ (Consultado 10 de Octubre 2018).

Valdez-Arjona, L. P.; Ramírez-Mella, M. (2019). Pumpkin waste as livestock feed: Impact on nutrition and animal health and on quality of meat, milk, and egg. *Animals*, 9(10). <https://doi.org/10.3390/ani9100769>

CAPÍTULO III. ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN DEL ENSILADO DE *Cucurbita argyrosperma* Huber EN LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LA LECHE DE VACA

INTRODUCCIÓN

La leche es una sustancia líquida secretada por todas las especies de mamíferos para suministrar alimento e inmunidad a su crías (Jenness, 1988; Medhammar *et al.*, 2012). Es uno de los alimentos más completos nutricionalmente hablando, siendo fuente importante de macro y micronutrientes (Medhammar *et al.*, 2012). En la actualidad, los seres humanos consumen grandes cantidades de leche de otras especies domésticas, como bovinos, caprinos, ovinos, camellos y búfalos especializados en producción de leche para consumo humano (Moncada, 2011). Los animales lecheros son un factor clave en seguridad alimentaria de países en desarrollo (Medhammar *et al.*, 2012), debido a su composición nutricional. Sin embargo, actualmente ha surgido el interés en modificar la composición química de la leche, debido a informes sobre efectos negativos en la salud humana (Samková *et al.*, 2012). Esta composición puede verse influenciada por varios factores, como la especie animal, raza, genética, edad, condiciones ambientales, etapa de lactancia, forma de ordeño (manual o mecánica) y el estado nutricional del animal (Bernabucci *et al.*, 2015; Dobranić *et al.*, 2008; Pereira, 2014). Cabe destacar, que la alimentación impacta de manera significativa la producción de leche (Kalyankar *et al.*, 2016) y al contenido de proteína, grasa y lactosa (Allen, 2000; Moncada, 2011).

Es importante señalar que los forrajes constituyen más de la mitad de la dieta del ganado lechero (Kendall *et al.*, 2009), influyendo en la composición de la leche (Larsen *et al.*, 2012). Además, la calidad de los forrajes va a influir en el producción de la leche (Dias *et al.*, 2019). Es por ello que una nutrición balanceada, constituye una forma natural, equilibrada y económica para que los productores modifiquen de manera notable y rápida la composición de la leche y aumenten su productividad (Beigh *et al.*, 2017; Elgersma, 2015), con el fin de cumplir con las características

que exigen los consumidores, salvaguardando el bienestar animal, el medio ambiente y utilizando sistemas de producción a base de pastos (Elgersma, 2015; Orjales *et al.*, 2019). Sin embargo, muchos forrajes solo están disponibles en algunas épocas del año (Elgersma, 2015), lo que produce una disminución en la producción de leche (Bacab-Pérez, 2011). Es por eso que, el ensilaje de maíz se ha convertido en un alimento importante para las vacas lecheras en los sistemas de producción por su aporte nutricional (Elgersma, 2015).

Por esta razón, se sabe que una alternativa para incrementar la producción y composición de la leche es la utilización de residuos agrícolas (Beigh *et al.*, 2017), y se considera principalmente el residuo de *Cucurbita argyrosperma* Huber, debido a que es fuente de carbohidratos, ácidos grasos, vitaminas, minerales, pigmentos y antioxidantes; (Kim-Young *et al.*, 2012; Yadav *et al.*, 2010). Por tal motivo, los objetivos de este trabajo fueron determinar el consumo de ensilados de chihua y maíz en vacas lecheras y evaluar la producción y composición de la leche de éstas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El experimento se llevó a cabo en el rancho Cabahuil, que se encuentra en el kilómetro 205 de la carretera federal Escárcega - Villahermosa, del municipio de Carmen, Campeche, con una latitud $18^{\circ}21'38.8''9$ y longitud $91^{\circ}51'05.5''6$ a una altura media de 5 msnm con clima cálido subhúmedo, con lluvias en verano Aw_0 de acuerdo con la clasificación de Köppen, con temperatura media anual de 26.8 °C y una precipitación pluvial promedio de 1, 003 mm al año (García, 1964).

Elaboración del ensilado de *Cucurbita argyrosperma* Huber

Se realizó la elaboración del ensilado correspondiente a los resultados obtenidos en la fase anterior, es decir se elaboró el T1 que contenía el 77% de residuo de *Cucurbita argyrosperma* Huber. Aunque no hubo diferencias estadísticas

significativas entre tratamientos; numéricamente sí hubo mayor preferencia por el ensilado con mayor contenido de residuo.

Colecta del material a ensilar

Se utilizó como forraje, rastrojo de los pastos *Echinochloa polystachya* (pasto alemán) y *Brachiaria brizantha*, los que se adquirieron en pacas en la cabecera municipal de Champotón, Campeche, ubicado a 41 km del CP a una Longitud: 90°42'35.68" Latitud: N19°21'1.51". Se utilizaron alrededor de 25 pacas con un peso total de 300 kg, que posteriormente se picaron.

Por otra parte se recolectaron 900 kg de residuo agrícola de calabaza (*Cucurbita argyrosperma* Huber), es decir, cáscara y pulpa de la calabaza. Este se adquirió en predios pertenecientes a la comunidad de Ruíz Cortines ubicado a 35 km del CP a una Longitud 90° 35'8.33"3 y Latitud 19°47'5.83"3 a 30 msnm. Este residuo se obtuvo después de la cosecha de la semilla de calabaza, el cual se queda en las parcelas (Anexo 3). El cultivo se dio por un sistema de siembra manual con sistema de riego por cintilla, el cual duró alrededor de 2.5 meses. La colecta se realizó en el mes de febrero, cinco meses después de la cosecha por sistema de riego por temporal.

Se utilizó otro ensilado elaborado con maíz criollo de la marca San Pableño, el cual ya se encontraba elaborado de la misma forma por el productor desde 3 meses antes.

Inoculante

El inoculante comercial que se usó para ambos ensilados fue BIOSILE[®], que contiene 20 mil millones de UFC/g de *Lactobacillus plantarum* y *Pediococcus pentoseaus*, el cual ayuda al control de la fermentación y a preservar el ensilado una vez abierto. Por cada tonelada de forraje se utilizan 4 L de agua con 5 gramos de inoculante. Por lo tanto, se utilizaron 4.25 L de agua más 5.25 g de BIOSILE[®] para 1200 kg de ensilado.

Elaboración de silo pastel

En la preparación del ensilado de calabaza participaron 4 personas. Se utilizaron 2 picadoras tipo manual eléctricas (Bomeri), sin cribas con motor de 13 hp en una se picó el rastrojo con un tamaño de partícula de 3 cm aproximadamente. El total del rastrojo utilizado fue de 300 kg. El residuo de la calabaza se cortó con machete y posteriormente se picó para obtener un tamaño de partícula pequeña para su posterior compactación. De este residuo se utilizaron 900 kg. Una vez picados el rastrojo y la calabaza, se mezclaron con una pala sobre una superficie de 2 metros de ancho por 8 metros de largo, utilizando una lona para evitar el contacto con la tierra, después de obtener una capa de la mezcla de aproximadamente 5 cm, se le aplicó 1.125 L del inoculante con una aspersora motorizada de mochila y después se compactó con las llantas de un tractor agrícola de la marca John Deere, este procedimiento se realizó 2 veces más. Finalmente se realizó el sellado del ensilado con plástico de polietileno calibre 600 y se le colocó tierra alrededor de todo el plástico con el fin de obtener una compactación adecuada y libre de oxígeno. En total se ensilaron 1200 kg de la mezcla de calabaza con rastrojo. Este silo de tipo pastel se realizó en 2 días y se abrió 30 días después para su posterior uso con los animales.

Para elaborar el ensilado de maíz se utilizó un procedimiento similar. En este caso se empleó una ensiladora (John Deere) que se arrastra con tractor y un remolque (Massey Ferguson) para almacenar todo el maíz picado, posteriormente se trasladó el remolque con el maíz al lugar donde se hizo el silo, se colocó en capas como se describió para la elaboración del ensilado de calabaza, para después compactar con el tractor y concluir con el sellado del ensilado con plástico de calibre 600 (Anexo 3).

Animales

El estudio se llevó a cabo en un rancho donde se tiene un sistema de producción extensivo de doble propósito, típico de la región. El total de vacas que se ordeñan son 53, de diferentes cruces de razas como Brahman, Suizo, Holstein, Sardo Negro

y Gyr, de una edad promedio entre 8 y 10 años, con un peso aproximado de 350 a 400 kg, con becerro menor de 5 meses y una producción promedio de 5 litros al día por vaca, las cuales se ordeñan una vez al día (4 a 7 am). La leche producida de este hato se vende a una quesería local diariamente. La ordeña se lleva a cabo de manera manual donde participan cinco personas. Los trabajadores van a buscar a los animales que se encuentran en un potrero con acceso a diferentes pastos *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria humidicola*, *Panicum máximum* y arbustos propios de la región, agua *ad libitum* (jaguey) y 80 kg de pollinaza como suplemento, luego se encierran en un corral donde se amarran por lotes de 20 vacas alrededor del corral (Anexo 3) y separan al resto en otro corral. Posteriormente se inicia la ordeña, después de ordeñar ese lote se sueltan y se pasa otro lote, así sucesivamente hasta terminar con todos los animales, por último, se vuelven a encerrar todas las vacas y se les ofrece ensilado de maíz *ad libitum*, para luego regresarlas al potrero.

Para este experimento, se utilizaron 20 vacas seleccionándolas lo más homogéneamente posible de acuerdo a los datos proporcionados por el productor y conocimiento previo sobre las razas. Se realizó una selección al azar para formar 2 grupos de 10 animales cada uno, donde se enumeraron del 1 al 10 por grupo, asignándoles un color por tratamiento al grupo 1 o verde (ensilado de maíz) y al grupo 2 o rojo (ensilado de *Cucurbita argyrosperma* Huber).

Alimentación

Con el fin de no interferir en las actividades de la ordeña se fabricaron 10 comederos individuales que se colocaron a cada una de las vacas que estuvieran marcadas en cada lote, hasta completar con los 20 animales del experimento durante el tiempo de ordeña, de acuerdo al color con que estuvieran marcadas las vacas, era el ensilado a ofrecerle: el color verde era el ensilado de maíz y el color rojo el ensilado de calabaza chihua. Se realizó un periodo de adaptación donde se les proporcionó 1 kg del ensilado con residuo de calabaza por 5 días. Finalizado este periodo se les ofreció 4 kg de ensilado individualmente durante el tiempo que duraban en ordeñar el lote de vacas, en un tiempo aproximado de 30 minutos, transcurrido ese tiempo

se recogía el ensilado que hubiera sobrado y se pesaba el rechazo para poder obtener el consumo por animal de cada ensilado. Dado que las vacas no estaban acostumbradas a comer durante la ordeña y tampoco al ensilado de residuo de calabaza chihua, se les suplemento con un aditivo que les fuera apetecible, en este caso se les ofrecieron alrededor de 300 gr de melaza y 100 gr de salvadillo por animal para estimular el consumo de los ensilados.

Tratamientos

Los tratamientos fueron dos que consistieron en dos tipos de ensilados. Un ensilado fue de maíz (T1) y el otro ensilado de *Cucurbita argyrosperma* Huber (T2). Este último se elaboró de acuerdo al tratamiento 1 de la fase 1 del experimento con los microsilos, el cual contenía mayor porcentaje de residuo de *Cucurbita argyrosperma* Huber y en la fase 2 tuvo mayor consumo. Además, que se buscó utilizar mayor contenido de residuo de calabaza. Cada tratamiento tuvo 10 repeticiones (cada vaca fue una repetición). En el Cuadro 17 se muestra la composición nutricional de los tratamientos.

TRATAMIENTOS	PC	FDN	FDA	CE	EE
T1. Ensilado de maíz.	4.99	66.5	242.88	7.20	1.5
T2. Ensilado de <i>Cucurbita argyrosperma</i> Huber. ¹	4.91	69.86	52.09	12.00	1

¹Capítulo 1 (77% de residuo de calabaza chihua).

Producción y composición de la leche

Las vacas se ordeñaron en la mañana de 4 a 7 am. Se registró la producción individual de leche cada tercer día durante todo el experimento. Los últimos 5 días del experimento se tomaron 100 ml de leche de cada vaca, las cuales se almacenaron a -20°C hasta que se analizó su composición (grasa, proteína, lactosa)

en el Laboratorio de Nutrición de la Escuela Superior de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Campeche, ubicado en la cabecera municipal de Escárcega, Campeche.

Colecta de muestras

Alimentos y suplementos

Cada semana se colectó alrededor de 1 kg de ensilado por cada tratamiento en total se obtuvieron 4 muestras de cada ensilado. También se tomaron muestras de los pastos que se encuentran en el potrero que pastorearon las vacas, estas muestras se usaron para determinar la composición nutricional a través de análisis bromatológicos.

Leche

Las muestras de leche se colectaron de forma individual durante los últimos 5 días del experimento, en botellas de plástico con capacidad de 250 ml debidamente etiquetadas y selladas, las cuales se congelaron a -20°C para su posterior análisis de composición con un equipo de **LactiChek™-01 RapiRead**.

Preparación de las muestras de leche

Las muestras de leche se descongelaron con equipo de Baño María (BM-120T) a 40°C, después se homogenizaron con un agitador multipropósito (CVP-200P) hasta alcanzar una temperatura de 30 °C. La temperatura se midió con un termómetro de mercurio.

Análisis químicos

Análisis bromatológicos de los ensilados

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Los análisis realizados fueron los siguientes: extracto etéreo (EE), cenizas (CE) y proteína cruda (PC) se analizaron por la

metodología de la AOAC (2005). La PC se midió con el equipo “micro destilador Kjeldahl”. La fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) se analizaron por la metodología de Van Soest *et al.* (1963).

Análisis de la leche

Los análisis de la leche se realizaron al tener las muestras a una temperatura ambiente como se describió anteriormente. Se utilizaron vasos de precipitado de 20 ml, donde se colocaron las muestras de leche. De cada muestra de leche se obtuvieron 2 repeticiones, las cuales fueron medidas con el LactiChek. El equipo analizaba cada repetición en aproximadamente 40 segundos. Los datos que se obtuvieron fueron de: Grasa, Proteína, Agua, Sólidos no Grasos, Densidad y Lactosa.

Consumo de los ensilados

El registro del consumo de los ensilados de cada una de las vacas fue durante los 25 días que duró el experimento. Este consumo se obtuvo al retirar de cada uno de los comederos el ensilado no consumido, se pesó el rechazo y se obtuvo el consumo utilizando la siguiente fórmula: ***(kg de ensilado ofrecido – kg de ensilado rechazado) = consumo.***

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar de los 2 tratamientos y 10 repeticiones por tratamiento. Los resultados se analizaron con el procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS, versión 9.0, y se realizó la comparación de medias con la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características químicas de la leche

La composición y calidad de la leche depende de varios factores como especie y raza del animal (Bedoya-Mejia *et al.*, 2011), estrés, ambiente (Bertocchi *et al.*, 2014), edad, etapa de lactancia (Lindmark-Månsson *et al.*, 2003), entre otros, pero se ve influenciada en gran medida por el tipo de dieta que se les suministra; como cantidad y tipo de fibra, tamaño de partícula, la adición de grasas y la relación forraje-concentrado (Bedoya-Mejia *et al.*, 2011). En el experimento no hubo diferencias ($P \leq 0.05$) entre tratamientos de cada una de las variables evaluadas (Cuadro 18). Sin embargo, los resultados obtenidos difieren con otras investigaciones reportadas. En un estudio en lecherías suecas en 1996 se encontraron resultados de proteína 3.7%, grasa 4.34% y lactosa 4.62% (Lindmark-Månsson *et al.*, 2003). En el estudio de Dos Santos *et al.* (2019) con vacas Holstein y Gyr con dietas altas en energía (maíz y soya) y bajas en energía presentaron valores de grasa 3.8 a 4.25%, proteína 2.8 a 3% y lactosa de 4.53 a 4.65%, estos autores señalan que el contenido de proteína de los alimentos no tiene relación con el contenido de proteína en la leche; pero el contenido de carbohidratos no fibrosos, es decir dietas con altos niveles de energía modifica la composición de la leche. Siendo menor el porcentaje de grasa y mayor el porcentaje de lactosa en nuestro experimento que a las investigaciones mencionadas anteriormente.

Por su parte, el porcentaje de lactosa que obtuvieron Dias *et al.*, (2019) con vacas Holstein alimentadas con pasto *Lolium perenne* a diferentes alturas, fue similar al obtenido en este experimento, ya que se encontró que la leche tuvo 5.1% de lactosa. Sin embargo, González *et al.*, (2015) mencionan que la cantidad de lactosa es constante y es muy difícil que se altere con la alimentación. Además, Dias *et al.*, (2019) reportaron los porcentajes de grasa, proteína y sólidos no grasos (4.2 %, 3.7% y 9.4%) que fueron diferentes a los del Cuadro 18. Ellos concluyen que, dependiendo la altura del pasto y de contenido nutricional, los porcentajes de grasa y sólidos no grasos en la leche pueden aumentar o disminuir.

En un estudio realizado con cabras en pastoreo y complementadas con una dieta integral, se pudo observar que los porcentajes de grasa (4.1-4.5%), proteína (3.11-3.37 %) y lactosa (4.6-4.8%) son similares a los resultados obtenidos en cuanto a

proteína pero difieren en cuanto al porcentaje de grasa (Maldonado-Jaquez *et al.*, 2017). De acuerdo a las normas mexicanas (NMX-F-737-COFOCALEC-2010 y la NOM-155-SCFI-2012) de la leche (Secretaría de Economía, 2012) que señalan los requisitos que debe cumplir la leche de buena calidad en cuanto a su composición (grasa 3%, sólidos no grasos 8.5%, densidad 1,029 g cm³⁻¹, proteína 3%, y lactosa 4.3%); por lo que la composición de la leche observada en este experimento (Cuadro 19) no cumple con las especificaciones en cuanto al contenido de grasa en ninguno de los dos tratamientos evaluados (ensilado de maíz y ensilado con residuos de calabaza chihua), concluyendo que probablemente los ensilados son deficientes en cuanto a su contenido nutricional o a la cantidad ofrecida.

Cuadro 17. Composición química de la leche de vacas alimentadas con ensilado de maíz (T1) y ensilado de *Cucurbita argyrosperma* Huber (T2).

VARIABLE	Unidad de medida	T1	T2
Grasa	%	2.45 ± 1.0^a	2.07 ± 1.03^a
Sólidos no grasos	%	9.15 ± 0.3^a	9.18 ± 0.38^a
Proteína	%	3.26 ± 0.11^a	3.26 ± 0.14^a
Lactosa	%	5.21 ± 0.17^a	5.23 ± 0.20^a
Densidad	g ml ⁻¹	33.09 ± 1.72^a	33.49 ± 1.75^a

Media ± desv. Estándar. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Puesto que la grasa y la proteína láctea son caracteres genéticos con alta heredabilidad y cuanto mayor es la producción, menor es el contenido de grasa y proteínas en la leche (González *et al.*, 2015), se hace indispensable conocer y analizar cada uno de los componentes de la ración que influyen sobre la interacción alimento-composición láctea (Bedoya-Mejía *et al.*, 2011).

Martínez *et al.* (2010) señalan que las cualidades saludables de la leche de los rumiantes para el humano depende del tipo y las proporciones de los ácidos grasos que contengan; en este sentido, Bedoya-Mejía *et al.* (2011) mencionan que el componente lipídico es reconocido como el más importante de la leche en términos

de costo, de nutrición y de características físicas y sensoriales del producto. Además, que el contenido de grasas buenas puede mejorar el comportamiento reproductivo de los bovinos (Zárate-Martínez *et al.*, 2011). En general, los animales con alimentación nutricionalmente buena producen más leche con un mayor nivel de grasa y proteína que los animales con alimentación de menor calidad nutricional (Kalyankar *et al.*, 2016). Por lo que posiblemente en el presente trabajo, el consumo de los ensilados no cubrió las necesidades de los animales para producir leche con mayor calidad nutricional.

Consumo de los ensilados

Como se puede observar en la Figura 20, hubo una diferencia ($P \leq 0.05$) entre T1 (Maíz) y T2 (*Cucurbita argyrosperma* Huber). Esto se puede deber a diversos factores como el acondicionamiento de los animales a un alimento nuevo o como se mencionó antes, el sabor y el olor ocasionaron que el alimento no fuera palatable para los animales. Sin embargo, en la investigación de Mora-Valverde (2010) con *Morus alba* y ensilado de maíz se encontró que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos ofrecidos que consistían en mezclas de diferentes porcentajes de los forrajes ofrecidos (T1 36% de *Morus* y 64 % maíz; T2 46% y 54%; T3 56% y 44%).

Otro de los factores que influyen en el consumo de un alimento en los bovinos, se debe al llenado ruminal. Es decir, se sabe que, si el contenido de FDN de un forraje es mayor a 60%, tiende a disminuir el consumo de alimento (Cruz & Sánchez, 2000). Esto concuerda con los resultados obtenidos en la figura 17, donde el T1 (maíz) con 66.5% de FDN fue el que se consumió más que el T2 (*Cucurbita argyrosperma* Huber) con 69.8% FDN (Cuadro 17). Esto es similar al estudio hecho en vacas alimentadas con dietas balanceadas con contenidos de 28% y 32% FDN (Kendall *et al.*, 2009), donde se observó que, los animales consumieron más alimento cuando el porcentaje de FDN era de 28%, en comparación con las vacas alimentadas con dietas que contenían 32% de FDN. Por lo que, los autores sugieren que la ingesta

de las vacas alimentadas con dietas altas en fibra estuvo limitada por el llenado intestinal.

Sin embargo, como ya se mencionó anteriormente, el bajo consumo puede ser debido a que los alimentos ofrecidos no cumplen con las características de preferencia de los animales y además se resalta el hecho de que el consumo de menos de 4 kg de ensilado (en base fresca) pudo no ser suficiente para satisfacer los requerimientos nutricionales de las vacas.

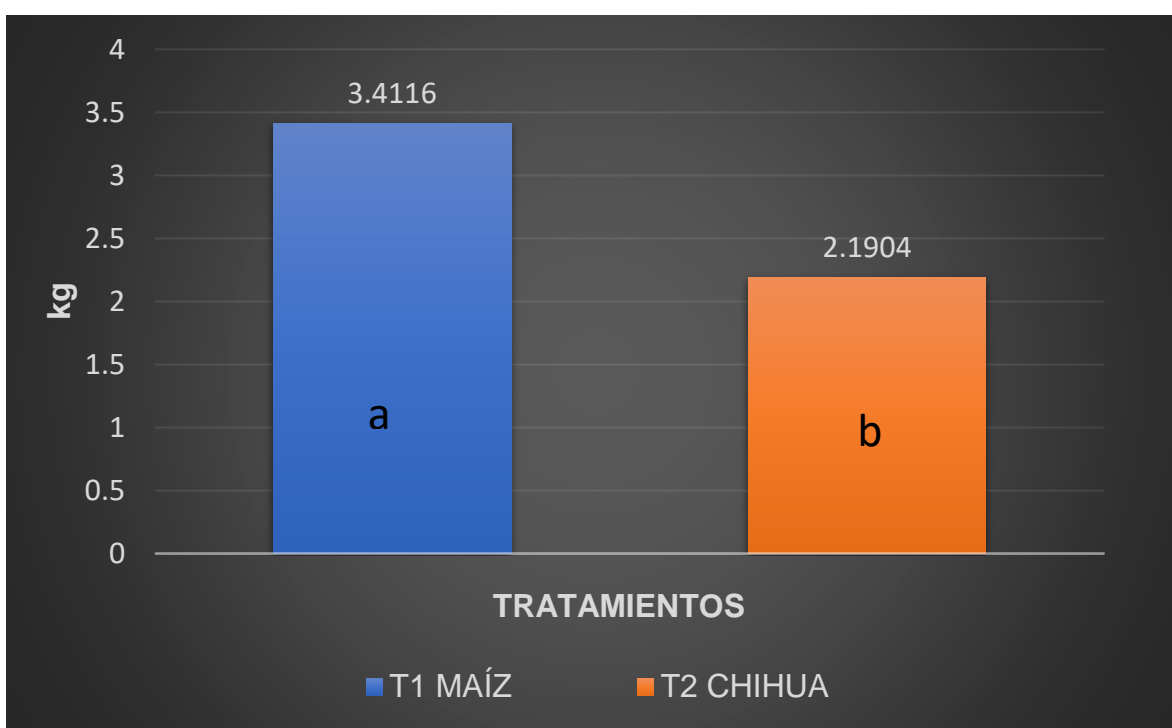


Figura 20. Consumo de ensilados en vacas.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).

Producción de leche

En la Figura 21 se observa que no hubo diferencia ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos T1 y T2, a pesar que la composición nutricional del maíz y calabaza chihua es muy diferente (Cuadro 18). Es importante señalar que la calidad nutricional de los alimentos influye en la producción (Bedoya-Mejia *et al.*, 2011) y como se mencionó anteriormente que cuanto mayor es la producción, (González *et al.*, 2015), tiende a disminuir su calidad.

En un estudio con vacas de doble propósito (Sheen y Riesco, 2002), donde se utilizaron dos tratamientos: pastoreo con *Brachiaria* y pastoreo más polvo de arroz y residuos de cerveza, se obtuvo una producción de leche de 3.8 kg día⁻¹ y 5.2 kg día⁻¹, respectivamente, lo cual se debe a la calidad del pasto que no cumple con los requerimientos nutricionales de los alimentos para incrementar su producción de leche. En otro estudio con cabras en pastoreo y pastoreo más un concentrado, se observó que la producción de leche varió de 0.64 a 1.14 kg día⁻¹. Donde el tratamiento con mejor composición nutricional aumentaba la producción de leche (Maldonado-Jaquez *et al.*, 2017).

Por otro lado, si se toma en cuenta que algunas vacas son cruza de razas consideradas altas productoras (Holstein, Gyr, entre otras) y con la composición nutricional del alimento, debería haber aumentado la producción. En el estudio de Dai *et al.*, (2018) observamos que al sustituir forraje por alfalfa fresca no aumentó la producción de leche en las vacas Holstein, el control tuvo 34.2 kg día⁻¹ de leche y los otros tratamientos obtuvieron una menor producción (32.2kg día⁻¹), sin embargo no tuvieron diferencias significativas. En otro estudio en que se proporcionó residuo de yuca en diferentes porcentajes a una dieta balanceada, se observó que no hubo diferencias en la producción de leche entre tratamientos (Alavarse *et al.*, 2015). Sin embargo, en un estudio con pasto *Lolium perenne* cortado a diferentes alturas, si se obtuvieron diferencias en cuanto a la producción de leche por día, los autores mencionan que esto se debió a la composición nutricional de los pastos (Dias *et al.*, 2019). Principalmente, esto puede deberse al

aporte de energía de los alimentos, tal es el caso de vacas lecheras que aumentan su producción con una dieta mixta alta en energía en comparación con una dieta a base de pastos que es deficiente en su aporte de energía (Kolver y Muller, 1998). Es por eso que la eficiencia productiva va a depender de la calidad y composición de la dieta que se ofrece a los animales.

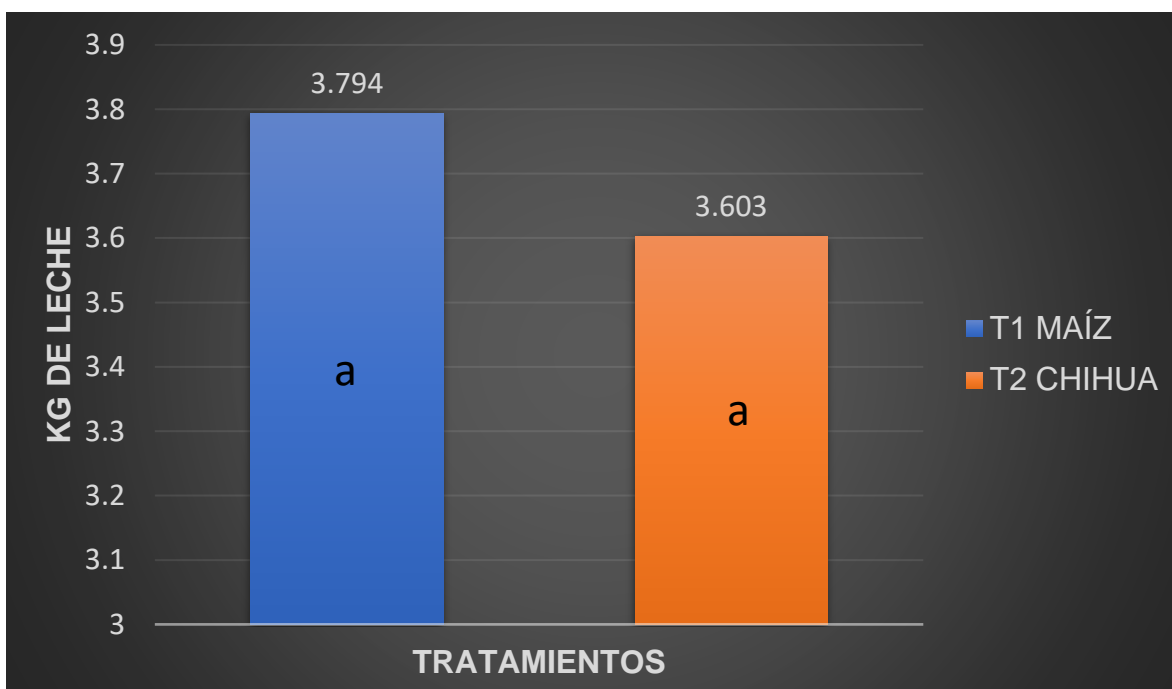


Figura 21. Producción de leche de vacas alimentadas con ensilado de maíz (T1) y ensilado de calabaza chihua (T2).

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).

A pesar de que no existe información al respecto sobre el uso del ensilado de residuo de *Cucurbita argyrosperma* Huber en la alimentación de vacas lecheras, si existe información de trabajos con otras calabazas y su uso en rumiantes destinados a producción de carne. En el estudio de Razzaghzadeh *et al.* (2007) en el que usó ensilado de *Cucurbita pepo* en búfalos, no hubo diferencias significativas en el consumo de alimento y ganancia de peso, concluyendo que se puede incorporar en una dieta hasta 60% sin causar algún efecto negativo. Otro estudio se realizó con ovinos, utilizando ensilado de *Cucurbita máxima*, en este estudio los tratamientos tuvieron diferentes porcentajes de inclusión de calabaza alrededor del 70% y en

este caso se observó que no hubo diferencias estadísticas entre tratamientos pero si apreciaron que hubo aumento en la ganancia de peso en los corderos utilizando cualquier porcentaje de calabaza (Chavira, 2016).

CONCLUSIONES

Se puede concluir que la composición de los ensilados evaluados en este experimento son deficientes en cuanto a su composición nutricional principalmente en proteínas y grasas. Por lo tanto, la cantidad ofrecida o consumida no fue suficiente para satisfacer los requerimientos de las vacas. No obstante, no se observaron diferencias en cuanto a la composición y producción de leche entre los ensilados, solamente hubo diferencias en cuanto el consumo, lo cual pudo deberse a varios factores como el tiempo de adaptación al tratamiento con residuo de calabaza chihua, a sus características organolépticas o algún componente nutricional que no sea palatable para los animales, tal es el caso de algunos compuestos antinutricionales. Es importante mencionar que se necesitan más estudios con respecto a la calabaza *Cucurbita argyrosperma* Huber en cuanto otros componentes nutricionales.

LITERATURA CITADA

- Alavarse, M.; Fernandes, T.; Schmidt, E.; Gouveia, J.; Dos santos, M.; Javorsky, C.; Cristine, I.; Dos reis, R. (2015). *Silage of residue from the extraction of cassava starch in diets from lactating holstein cows*. *Ciencias Agrárias*, 36(3):1701-1712.
- Allen, M. S. (2000). Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 83(7), 1598–1624. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75030-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75030-2)
- Bacab-Pérez, H.; Solorio-Sánchez F. (2011). Oferta y consumo de forraje y producción de leche en ganado de doble propósito manejado en sistemas silvopastoriles en tepalcatepec, michoacán. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 13(3), 271–278.
- Bedoya-Mejia O.; Rosero-Noguera R.; Posada S. (2011). Composición de la leche de cabra y factores nutricionales que afectan el contenido de sus componentes. In Garcés-Giraldo L. (Ed.), *Desarrollo y Transversabilidad* (p. 83).
- Beigh, Y. A.; Ganai, A. M.; Ahmad, H. A. (2017). Prospects of complete feed system in ruminant feeding: A review. *Veterinary World*, 10(4), 424–437. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.424-437>
- Bernabucci, U.; Basiricò, L.; Morera, P.; Dipasquale, D.; Vitali, A.; Piccioli, F.; Calamari, L. (2015). Effect of summer season on milk protein fractions in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 98(3), 1815–1827. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8788>
- Bertocchi, L.; Vitali, A.; Lacetera, N.; Nardone, A.; Varisco, G.; Bernabucci, U. (2014). Seasonal variations in the composition of Holstein cow's milk and temperature-humidity index relationship. *Animal*, 8(4), 667–674. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000032>
- Chavira, J. S. (2016). Potential Use of Nonconventional Silages in Ruminant Feeding for Tropical and Subtropical Areas. In *Advances in Silage Production and Utilization*. <https://doi.org/10.5772/64382>
- Dai, Q.; Hou, Z.; Gao, S.; Li, Z.; Wei, Z.; Wu, D. (2018). Substitution of fresh forage ramie for alfalfa hay in diets affects production performance, milk composition,

- and serum parameters of dairy cows. *Tropical Animal Health and Production*, 51(2), 469–472. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1692-6>
- Dias, K.; Garcia, S.; Islam, M.; Clark, C. (2019). Milk yield, milk composition, and the nutritive value of feed accessed varies with milking order for pasture-based dairy cattle. *Animals*, 9(2), 60. <https://doi.org/10.3390/ani9020060>
- Dobranić, V.; Njari, B.; Samardžija, M.; Mioković, B.; Resanović, R. (2008). The influence of the season on the chemical composition and the somatic-cell count of bulk tank cow's milk. *Veterinarski Arhiv*, 78(3), 235–242.
- dos Santos, G. B.; Brandão, F. Z.; dos Santos Ribeiro, L.; Ferreira, A. L.; Campos, M. M.; Machado, F. S.; de Carvalho, B. C. (2019). Milk production and composition, food consumption, and energy balance of postpartum crossbred Holstein-Gir dairy cows fed two diets of different energy levels. *Tropical Animal Health and Production*, 51(1), 65–71. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1660-1>
- Elgersma, A. (2015). Grazing increases the unsaturated fatty acid concentration of milk from grass-fed cows: A review of the contributing factors, challenges and future perspectives. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117:1345–1369. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201400469>
- García, E. (1964). Modificaciones al sistema de clasificación climático de köppen. Offset Larios. México. 246 p
- FEDNA.Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición animal. (2018). Ensilado de maíz. Disponible en: <http://www.fundacionfedna.org/forrajes/ensilado-de-maiz> (Consultado 23 octubre 2019).
- González, B.; Pérez, A.; Mohar, F. (2015). Efecto en la alimentación con Moringa oleífera en la dieta de vacas lecheras. *Revista Ingeniería Agrícola*, 5(4), 40–45.
- Jeness, R. (1988). Composition of Milk. In *Fundamentals of Dairy Chemistry* ;1–38. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-7050-9_1
- Kalyankar, S. D.; Khedkar, C. D.; Patil, A. M.; Deosarkar, S. S. (2016). Milk: Sources and Composition. In *Encyclopedia of Food and Health*; 741–747. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00463-3>

- Kendall, C.; Leonardi, C.; Hoffman, P. C.; Combs, D. K. (2009). Intake and milk production of cows fed diets that differed in dietary neutral detergent fiber and neutral detergent fiber digestibility. *Journal of Dairy Science*, 92(1), 313–323. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1482>
- Kim-Young, M.; Kim-Jin, E.; Kim, M.; Choi, C.; Lee, B. (2012). Comparison of the chemical compositions and nutritive values of various pumpkin (Cucurbitaceae) species and parts. *Nutrition Research and Practice*, 6(1), 21–27. <https://doi.org/10.4162/nrp.2012.6.1.21>
- Kolver, E. S.; Muller, L. D. (1998). Performance and Nutrient Intake of High Producing Holstein Cows Consuming Pasture or a Total Mixed Ration 1. In *Journal of Dairy Science*; 81. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75704-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75704-2)
- Larsen, M. K.; Kidmose, U.; Kristensen, T.; Beaumonta, P.; Mortensena, G. (2012). Chemical composition and sensory quality of bovinemilk as affected by type of forage and proportion of concentrate in the feed ration. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(1), 93–99. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5735>
- Lindmark-Månsson, H.; Fondén, R.; Pettersson, H.E. (2003). Composition of Swedish dairy milk. *International Dairy Journal*, 13(6), 409–425. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(03\)00032-3](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(03)00032-3)
- Maldonado-Jaquez, J. A.; Granados-Rivera, L. D.; Hernandez-Mendo, O.; Pastor-López, F. J.; Isidro-Requejo, L. M.; Salinas-Gonzalez, H.; Torres-Hernandez, G. (2017). Uso de un alimento integral como complemento a cabras locales en pastoreo: respuesta en producción y composición química de la leche. *Nova Scientia*, 9(18). <https://doi.org/10.21640/ns.v9i18.728>
- Martínez, A.; Pérez, M.; Pérez, L.; Gómez, G. (2010). *Digestión de los lípidos en los rumiantes: una revisión*. *Interciencia*, 35(4):240-246.
- Medhammar, E.; Wijesinha-Bettoni, R.; Stadlmayr, B.; Nilsson, E.; Charrondiere, U. R.; Burlingame, B. (2012, February). Composition of milk from minor dairy animals and buffalo breeds: A biodiversity perspective. *Journal of the Science of Food and Agriculture*; 92:445–474. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4690>
- Moncada, A. (2011). *El libro blanco de la leche*. México; Disponible en:

- www.canilec.org.mx (Consultado en 2 Septiembre 2018).
- Mora-Valverde, D. (2010). Consumo de Morera (*Morus alba*) fresca mezclada con ensilaje de maíz por el ganado Jersey en crecimiento. *Agronomía Mesoamericana*, 21(2). <https://doi.org/10.15517/am.v30i1.34916>
- Orjales, I.; Lopez-Alonso, M.; Miranda, M.; Alaiz-Moretón, H.; Resch, C.; López, S. (2019). Dairy cow nutrition in organic farming systems. Comparison with the conventional system. *Animal*, 13(05), 1084–1093. <https://doi.org/10.1017/S1751731118002392>
- Pereira, P. C. (2014). Milk nutritional composition and its role in human health. *Nutrition*, 30(6), 619–627. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2013.10.011>
- Razzaghzadeh, S.; Amini-Jabalkandi, J.; Hashemi, A. (2007). Effects of different levels of pumpkin (*Cucurbita Pepo*) residue silage replacement with forage part of ration on male buffalo calves fattening performance. *Italian Journal of Animal Science*, 6(SUPPL. 2), 575–577. <https://doi.org/10.4081/ijas.2007.s2.575>
- Samková, E.; Špička, J.; Pešek, M.; Pelikánová, T.; Hanuš, O. (2012). Animal factors affecting fatty acid composition of cow milk fat: A review. *South African Journal of Animal Sciences*; 42: 83–100. <https://doi.org/10.4314/sajas.v42i2.1>
- Secretaría de Economía. (2012). NORMA Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012, Leche-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. *Diario Oficial de La Federación*, 1–33.
- Sheen, S.; Riesco, A. (2002). Factores que afectan la producción de leche en vacas de doble propósito en trópico húmedo (Pucallpa). In *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*;13. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i3.16733>
- Yadav, M.; Jain, S.; Tomar, R.; Prasad, G. B. K. S.; Yadav, H. (2010). Medicinal and biological potential of pumpkin: An updated review. *Nutrition Research Reviews*, 23(2), 184–190. <https://doi.org/10.1017/S0954422410000107>
- Zárate-Martínez, J.; Vinary-Vadillo, J.; Carballo, O.; Hernández, D.; Villagómez, E. (2011). Efecto de la alimentación con grasas protegidas en vacas de doble propósito. *Agronomía Meosamericana*, 22(2), 359–366.

CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

El ensilado de residuo de calabaza *Cucurbita argyrosperma* Huber (chihua) por su composición nutricional deficiente en contenido de proteína y grasa, no modificó la producción de leche de vacas de doble propósito ni la composición de la leche en cuanto a sus componentes generales. Sin embargo, no se encontraron diferencias, cuando se comparó con el ensilado de maíz, lo cual nos señala que se puede utilizar el ensilado de *C. argyrosperma* como una alternativa más para la alimentación del ganado en épocas de baja disponibilidad, sirviendo como un alimento de mantenimiento y no de eficiencia productiva.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

Finalmente podemos concluir que el residuo de la calabaza chihua, es una alternativa más para la alimentación de vacas lecheras, debido a que no afecta la producción de la leche, ni presenta efectos nocivos para la salud del animal. Además, que mezclando el residuo con paja para obtener un contenido de materia seca del 25%, se puede ensilar correctamente y, por lo tanto, utilizarlo en épocas de estiaje cuando la disponibilidad de forraje disminuye. Es necesario recordar que el tipo de razas que se utilizan en estas regiones tropicales no son las adecuadas para el tipo de clima, ya que debido a su genética no resisten al calor y por lo tanto no logran su máxima capacidad de producción. Por tal motivo, se necesitan más estudios para explorar una mayor inclusión de ensilado de residuo de calabaza chihua para proporcionar la base científica en la incorporación de dietas balanceadas que superen su estacionalidad, reduciendo los costos de alimentación y mejorando la sostenibilidad de la agricultura.

Además, es importante señalar que no se realizó un análisis sobre el contenido de carotenoides de la calabaza chihua. Sin embargo, existe una investigación de (Kim *et al.*, 2012) sobre diferentes especies de calabazas *Cucurbitaceae sp.* donde se obtienen contenidos de carotenos, ejemplo el B-caroteno (1.4 a 17.4); los cuales pueden presentarse en la leche, como en el experimento realizado por (Larsen *et al.*, 2012); donde obtuvo de 1.7 a 2.1 de β -carotenos en ensilados de maíz y alfalfa y se reflejó principalmente en el color de la leche, con aspecto amarillento. Por consiguiente, se recomienda realizar más estudios sobre la composición nutricional de la chihua y su efecto en los bovinos, principalmente en las vacas lecheras.

ANEXOS

ANEXO 1. ELABORACIÓN DE MICROSILOS CON RESIDUO DE CALABAZA *Cucurbita argyrosperma* HUBER.

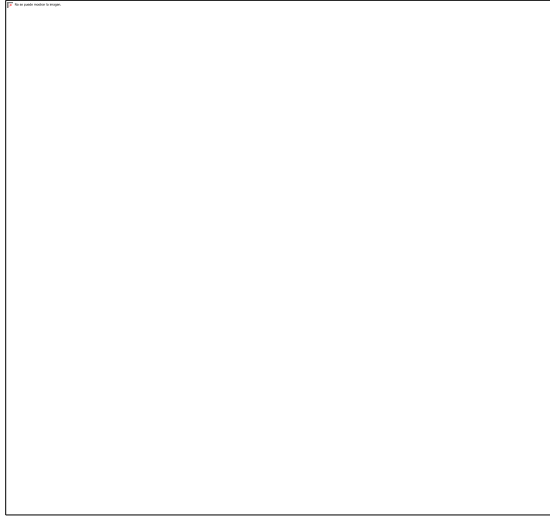


Imagen 2. Picado del residuo de calabaza.

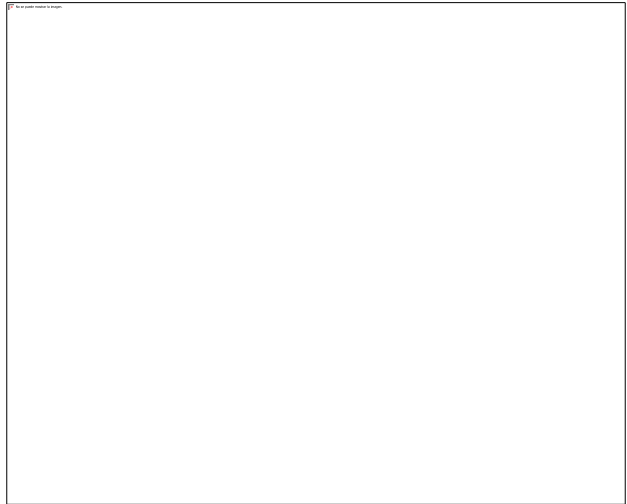


Imagen 1. Mezclado del residuo de calabaza con paja.



Imagen 3. Llenado de las bolsas con la mezcla.

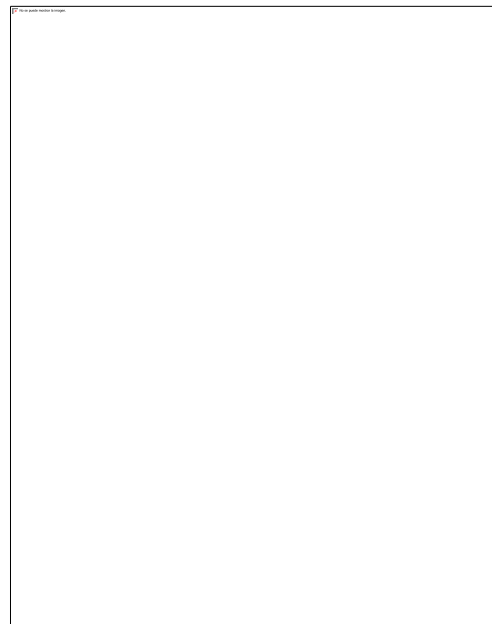


Imagen 4. Compactación de la mezcla.

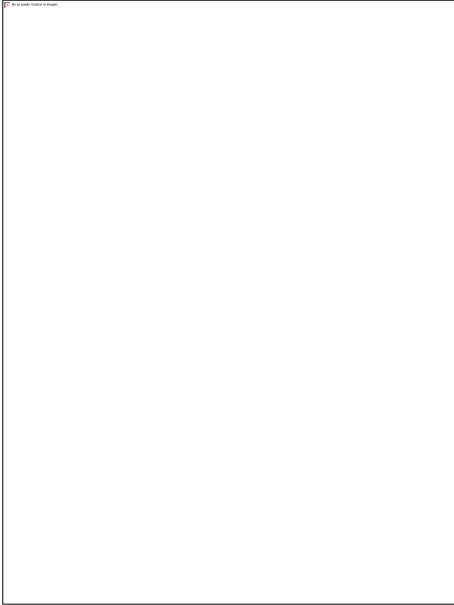


Imagen 5. Sellado de las bolsas.

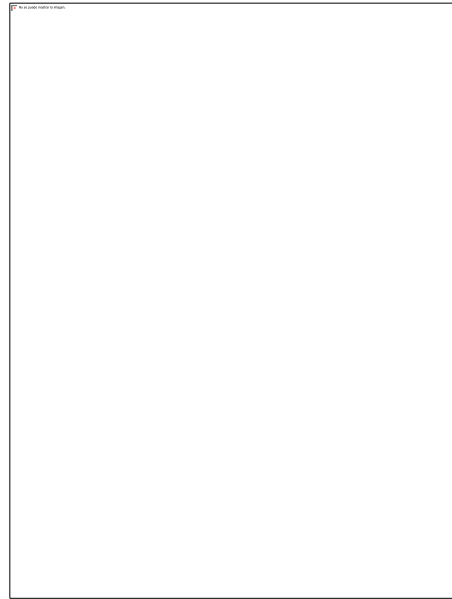


Imagen 6. Micro silos.

ANEXO 2. EVALUACIÓN DE PREFERENCIA DE LOS MICROSILOS CON RESIDUO DE *Cucurbita argyrosperma* HUBER

Imagen 7. División de los comederos.

Imagen 8. Tratamientos ofrecidos.

ANEXO 3. ELABORACIÓN DEL SILO PASTEL CON RESIDUO DE *Cucurbita argyrosperma* HUBER Y EVALUACIÓN DEL ENSILADO CON VACAS LECHERAS.



Imagen 9. Colecta del residuo de calabaza Cucurbita Argyrosperma huber.

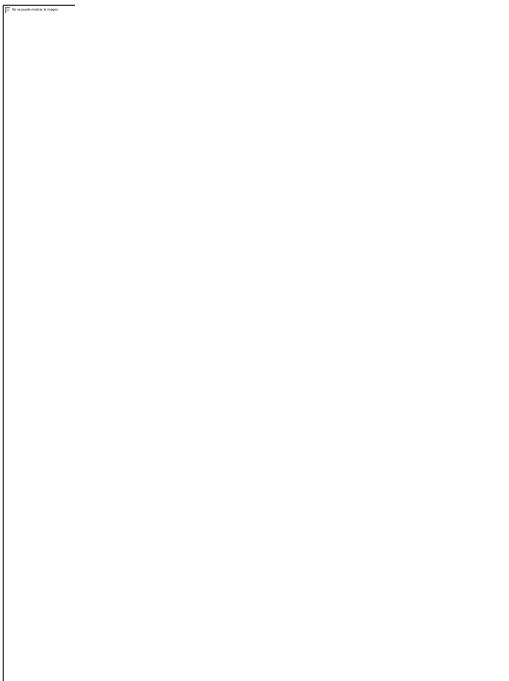


Imagen 10. Traslado del residuo de calabaza.

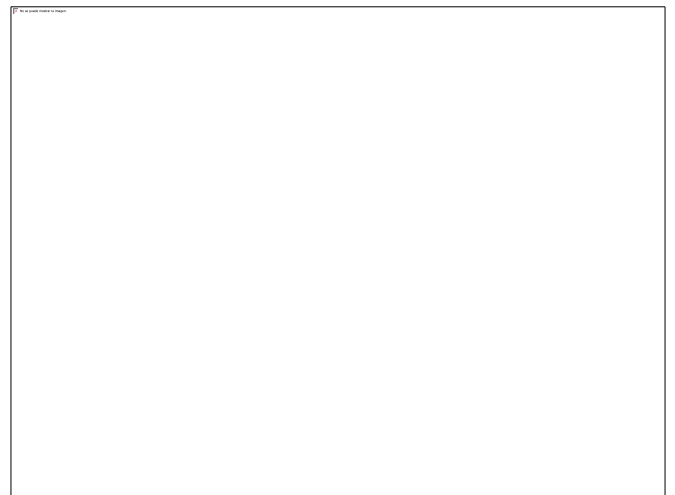


Imagen 11. Picado del residuo de calabaza.

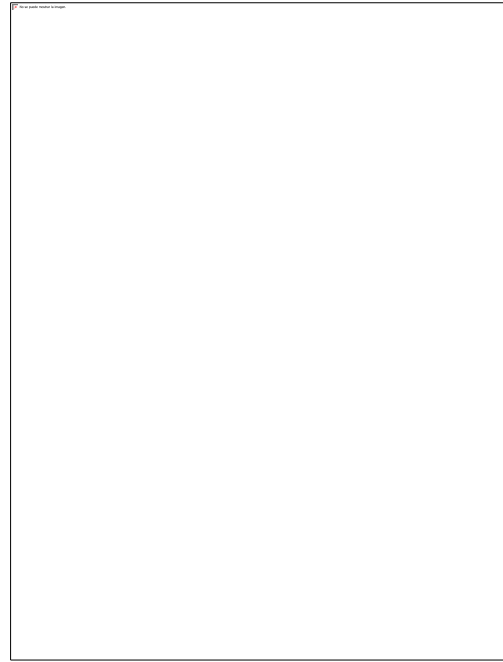
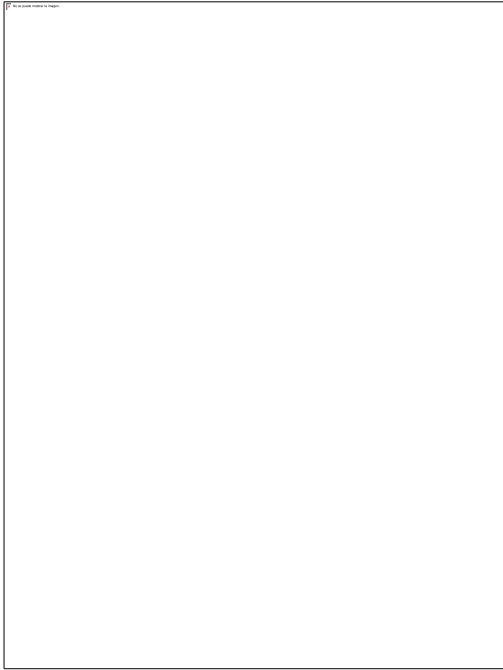


Imagen 10. Mezcla del residuo de calabaza con la paja.

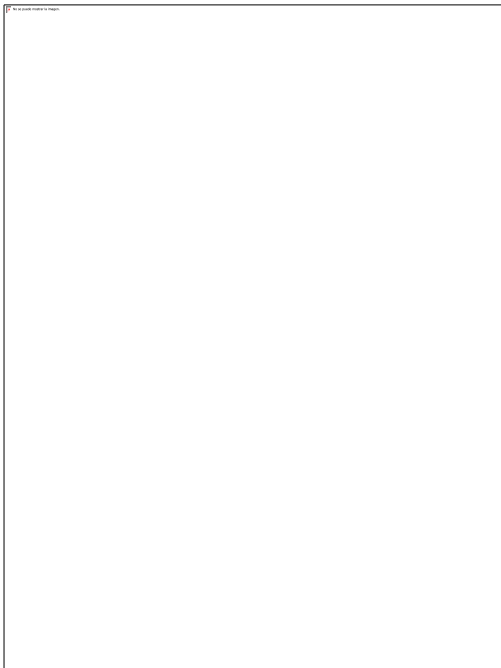


Imagen 13. Mezcla del ensilado.

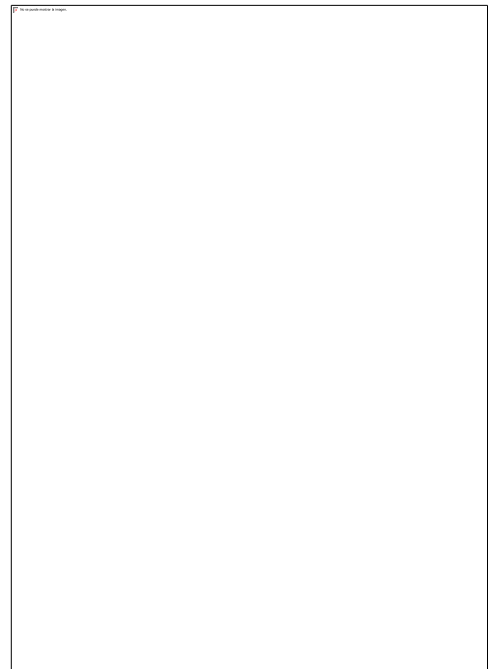


Imagen 14. Aplicación del inoculante.

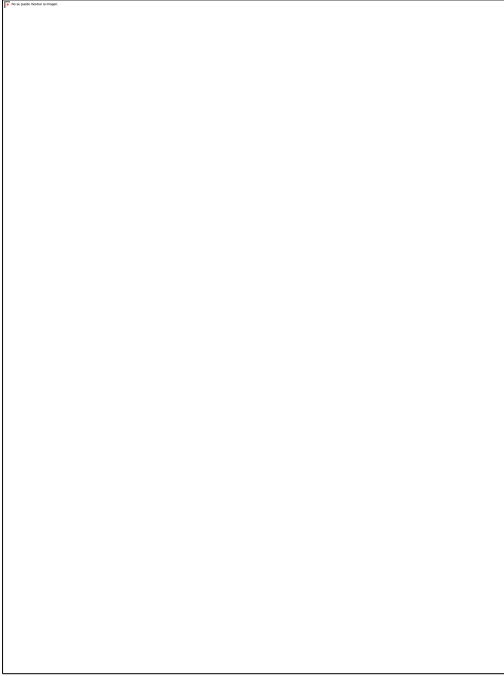


Imagen 15. Compactación con tractor de la mezcla.

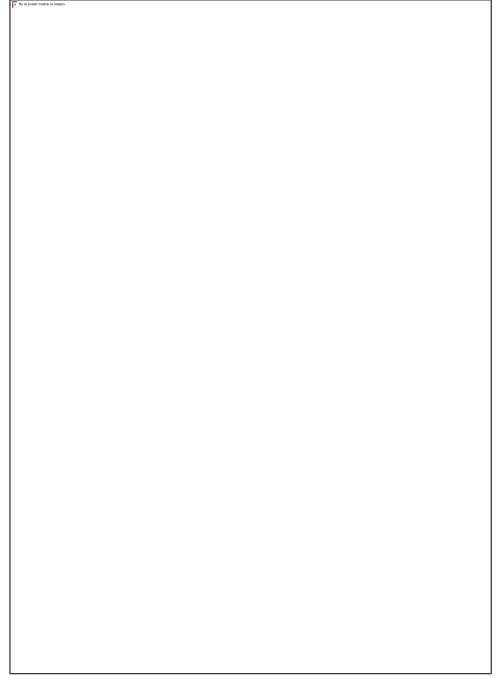


Imagen 16. Sellado con nylon calibre 600.

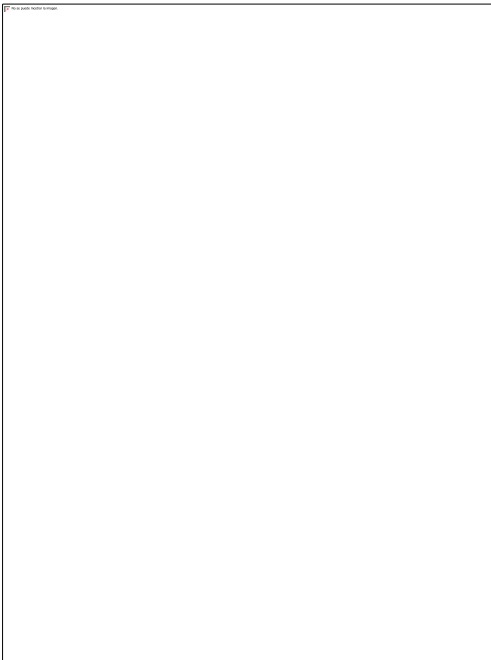


Imagen 17. Sellado con tierra alrededor del nylon.

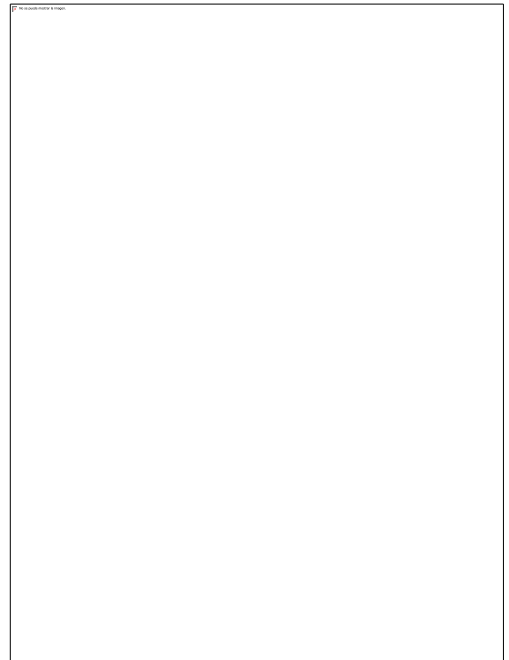


Imagen 18. Silo pastel.

Imagen 19.. Ordeña manual.

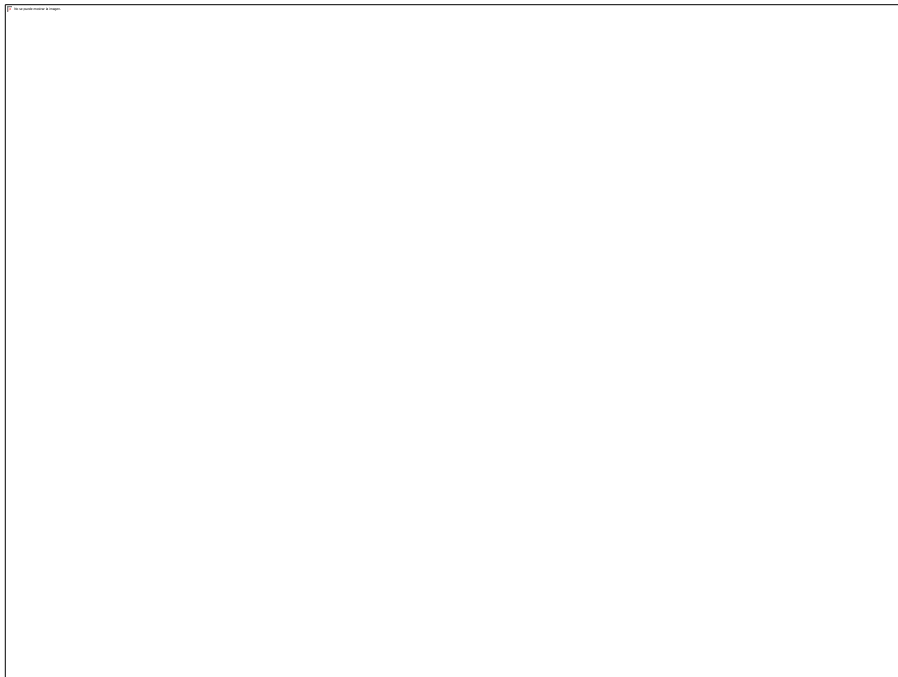


Imagen 20.. Cruzas y razas evaluadas.

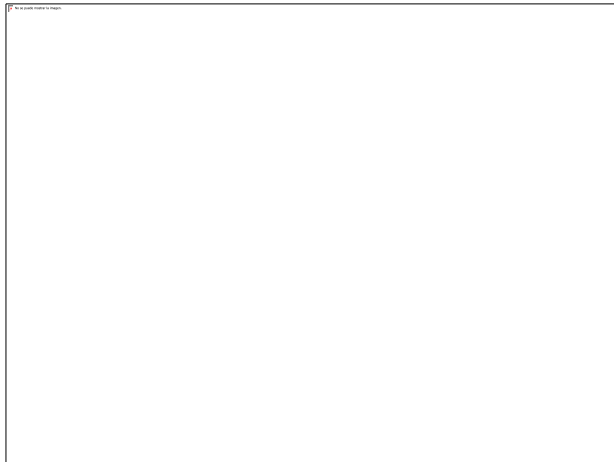


Imagen 22. Comedero utilizado.

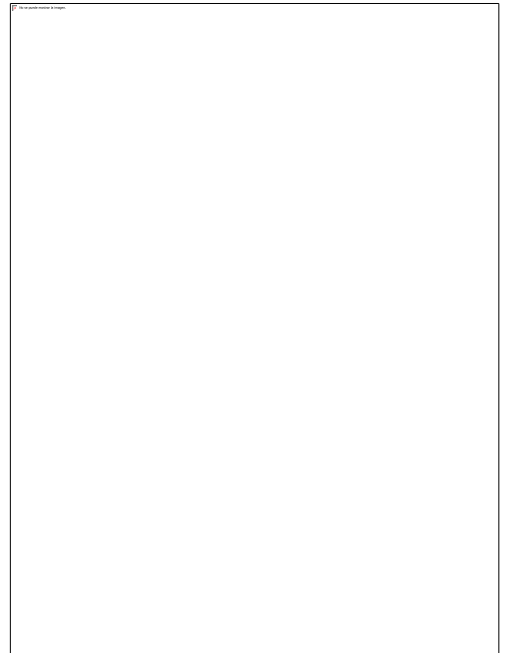


Imagen 11. Tratamiento con ensilado de calabaza (liston rojo).

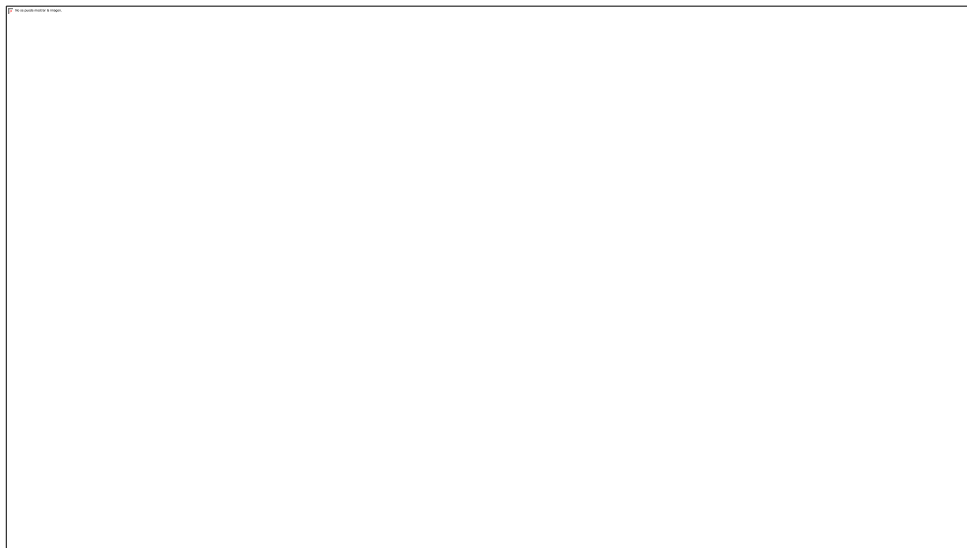


Imagen 23. Tratamiento con ensilado de maíz (liston verde).

ANEXO 4. COSTO DE LOS ENSILADOS DE *Cucurbita argyrosperma* HUBER EVALUADOS.

Cuadro 18. Composición y costos de los ensilados.

INGREDIENTES	TRATAMIENTOS									
	M1	M2	M3	M4	P	M1	M2	M3	M4	P
	KG					\$				
Residuo de calabaza	77	71	65	59	750	0	0	0	0	0
Paja	20	26	32	38	250	44.4	57.7	71.11	84.4	555.5
Biosile®	0	0	0	0	0.006	0	0	0	0	11.4
Melaza	1.5	1.5	1.5	1.5	0	5	5	5	5	0
Minerales (ovino plus)	0.5	0.5	0.5	0.5	0	7.5	7.5	7.5	7.5	0
Yogurt (Yoplait®),	1	1	1	1	0	29.5	29.5	29.5	29.5	0
Total	100	100	100	100	1000.006	86.4	99.5	113.1	126.4	566.9
Costo por kg	-	-	-	-	-	0.864	0.995	1.131	1.264	0.567

M1= Microsilo T1 (77%), M2= Microsilo T2 (71%), M3= Microsilo T3 (65%), M4= Microsilo T4 (59%), P= Silo pastel.

En este Cuadro 19, se puede observar que resulta más factible y económico elaborar una tonelada de ensilado, que elaborar 100 kg de ensilado, debido a que se incrementan los costos en cuanto los ingredientes, específicamente en el aditivo. Es importante señalar que, en el experimento se observó que los animales prefieren el aditivo casero que contiene melaza al aditivo comercial (BIOSILE®). Además, tenemos que tomar en cuenta que, el residuo de *Cucurbita argyrosperma* Huber por el momento no tiene un valor comercial, ya que se desperdicia en las parcelas de los productores. Es por eso que, con base en los resultados obtenidos en esta investigación, podemos considerar en darle un uso al residuo de la calabaza para la alimentación de los animales, la cual, podría disminuir los costos en una unidad de producción pecuaria.