

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

Instituto de Ciencias Agrícolas

Instituto en Investigaciones en Ciencias Veterinarias



**EFECTO DE NIVEL DE ENSILAJE DE MAÍZ EN
SUSTITUCIÓN DE HENO DE ALFALFA EN DIETAS DE
FINALIZACIÓN PARA OVINOS**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:
DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

PRESENTA:

CONSTANTINO RAYMUNDO HERNÁNDEZ

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Martín Francisco Montaña Gómez

CO-DIRECTOR DE TESIS

Dr. Jaime Salinas Chavira

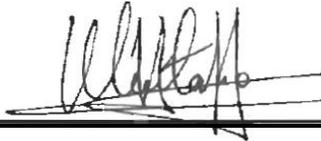
MEXICALI, B. C., MÉXICO

JUNIO DE 2017

La presente tesis “Efecto de nivel de ensilaje de maíz en sustitución de heno de alfalfa en dietas de finalización para ovinos” realizada por el C. Constantino Raymundo Hernández, dirigido por el Dr. Martín Francisco Montaña Gómez, ha sido evaluada y aprobada por el Comité Particular abajo indicado, como requisito parcial para obtener el grado de:

Doctor en Ciencias Agropecuarias

Comité Particular



Dr. Martín Francisco Montaña Gómez
Director de Tesis



Dr. Jaime Salinas Chavira
Co-Director



Dr. Miguel Mellado Bosque

Sinodal



Dra. Olga Maritza Manríquez Núñez
Sinodal



Dr. Juan Octavio Chirino Romero
Sinodal

AGRADECIMIENTOS

A mi director de tesis, Dr. Martin Francisco Montaña Gómez, por la ayuda y la orientación que me brindó durante el periodo de elaboración de tesis y por su amistad y confianza que hicieron de este trabajo una experiencia de aprendizaje agradable.

Al resto de mi comité de tesis, Dr. Jaime Salinas Chavira, Dr. Miguel Mellado Bosque, Dra. Olga Maritza Manríquez Núñez y Dr. Juan Octavio Chirino Romero, por su apoyo durante el periodo de experimento y la elaboración de mi tesis.

Al Instituto de Investigaciones de Ciencias Veterinarias y al Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California por permitirme realizar mi doctorado, permitirme el uso de sus instalaciones y el gran apoyo brindado para la realización de este proyecto de tesis.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México por la beca que me otorgaron para poder realizar mi Doctorado.

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a Dios, por haberme dado la sabiduría y la fuerza para culminar una etapa más de mis estudios. Con todo mi amor y respeto a mis padres por depositar su confianza en mí, por todos los consejos y el ejemplo que me dieron, el cual fue de gran ayuda para salir adelante y por su infinito amor que me brindan a diario y que me impulso a superarme y cumplir mis metas. Con gran cariño y amor a mis hermanas por la comprensión y el apoyo durante este periodo de mi vida.

CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN	10
OBJETIVO	12
HIPÓTESIS	13
REVISIÓN DE LITERATURA	14
Producción ovina	14
El ensilaje	16
Ensilaje de maíz	17
Cosecha del maíz para ensilar	18
Utilización de ensilajes en la producción ovina	19
Pruebas de comportamiento (características de la canal)	20
Producción de amonio	21
Microorganismos que intervienen en el ensilaje	23
Bacterias ácido lácticas	24
Levaduras	25
Enterobacterias	26
Clostridios	27
Bacterias productoras de ácido acético	28
Bacilos	29

Mohos.....	29
Composición química del ensilaje de maíz.....	32
MATERIALES Y METODOS.....	34
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
Consumo de materia seca.....	38
Ganancia diaria promedio.....	39
Conversión alimenticia.....	40
Eficiencia alimenticia.....	41
Peso de la canal fría.....	42
Rendimiento de la canal.....	42
Perdidas por enfriamiento	43
Área del ojo de costilla.....	44
Grasa dorsal.....	44
CONCLUSIÓN.....	45
LITERATURA CITADA.....	46

ANEXO

Artículo I.- Influence of Feeding Enzymatically Hydrolyzed Yeast Cell Wall on Growth Performance and Digestive Function of Feedlot Cattle during Periods of Elevated Ambient Temperature.

Artículo II.- Influence of Time Between Ruminal Glucose Challenges on Rumen Functio

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Composición química del maíz ensilado y sin ensilar.....	33
Cuadro 2. Ingredientes y composición química de los tratamientos.....	35
Cuadro 3. Efecto de los tratamientos sobre el comportamiento productivo.....	39
Cuadro 4. Efecto de los tratamientos sobre rendimiento de la canal, grasa dorsal, pérdida por enfriamiento y área del ojo del lomo.....	43

RESUMEN

Se realizó una prueba de eficiencia productiva utilizando 4 tratamientos para comparar una dieta tradicional en base a heno de alfalfa vs la sustitución parcial por ensilaje de maíz en: 0%, 10%, 20% y 30% en base a materia seca (MS). Se utilizaron 20 ovinos para un total de 5 repeticiones por tratamiento. Los animales se alimentaron con las dietas a base de heno de alfalfa con 18% de proteína cruda (PC), ensilaje de maíz con grano, maíz rolado al vapor y pasta de cacahuete con 55% de PC, balanceadas para obtener dietas isoenergéticas e isoprotéicas. Después de 84 días de alimentación con pesaje de los corderos cada 15 días se evaluó el efecto de los tratamientos sobre el comportamiento productivo, las variables fueron: ganancia total, ganancia diaria de peso (GDP), consumo de materia seca por día (CMS), conversión alimenticia (CA) y eficiencia alimenticia (EA). Se observó diferencia ($P < 0.05$) en CA y EA, siendo las conversiones y eficiencias: 0% (5.643 y 0.178 kg), 10% (6.315 y 0.159 kg), 30% (6.332 y 0.159 kg) y 20% (6.662 y 0.151 kg), respectivamente. Los animales fueron sacrificados y se determinó las características de la canal. Las variables a medir fueron: peso de la canal caliente, peso de la canal fría (kg), grasa dorsal (cm), rendimiento de la canal (%), área del ojo de la costilla (cm²) y grasa dorsal. Solo se observó una tendencia ($P = 0.0709$) en la grasa dorsal, con valores de 0.42, 0.32, 0.27 y 0.3 para los tratamientos con 0%, 10%, 20% y 30% de ensilaje de maíz respectivamente. No se observó diferencia ($P > 0.05$) sobre el resto de las características de la canal. La sustitución de alfalfa por ensilaje de maíz en hasta 30% de MS de las dietas de engorda para ovinos puede ser una alternativa viable para mantener parámetros de producción adecuados.

Palabras clave: Ovinos, forraje, engorda, ensilaje, alfalfa.

ABSTRACT

A productive efficiency test was performed using 4 treatments to compare a traditional diet based on hay alfalfa vs partial substitution for corn silage: 0%, 10%, 20% and 30% based on dry matter (DM). Twenty sheep were used for a total of 5 repetitions per treatment. The animals were fed diets based on alfalfa hay with 18% crude protein (CP), corn silage with grain, steam rolled corn and 55% of peanut paste, balanced to obtain isoproteic and isoenergetic diets. After 84 days of feeding with the lambs weighing every 15 days treatments effects were evaluated on productive performance; the variables were: total gain, average daily gain (ADG), dry matter intake (DMI), feed conversion (FC) and feed efficiency (FE). Difference was observed ($P < 0.05$) on FC and FE, conversions and efficiencies: 0% (5.643 and 0.178 kg), 10% (6315 and 0.159 kg), 30% (6.332 and 0.159 kg) and 20% (6,662 and 0.151 kg), respectively. The animals were sacrificed and carcass characteristics were determined. The variables were: hot and cold carcass weight (kg), dorsal fat (cm), performance of the channel (%), rib eye area (cm²) and dorsal fat area. Only a trend was observed ($P = 0.0709$) in the backfat, with values of 0.42 0.32 0.27 and 0.3 for the treatments with 0%, 10%, 20% and 30% of corn silage, respectively. No differences were observed ($P > 0.05$) on the rest of the characteristics of the channel. Replacement of alfalfa by silage corn in up to 30% of MS of the diets of fattening for sheep can be a viable alternative to maintain adequate production parameters.

Key words: sheep, feed, fattening, silage, alfalfa.

INTRODUCCIÓN

La producción ovina en México tiene como objetivo principal la obtención de carne (López et al., 2000), sin embargo, se enfrenta al reto que representan los altos costos de producción por concepto de alimentación, especialmente en sistemas intensivos donde los granos son la base de la alimentación y cuyo elevado precio agudiza el problema (Pérez et al., 2010). En este contexto los forrajes se presentan como una alternativa viable para la alimentación de rumiantes (Martín y Rogers, 2004). La alfalfa ocupa un lugar importante por ser una especie forrajera con gran potencial productivo y constituye un recurso forrajero con altas condiciones nutrimentales, tales como un 18.4 a 20% de proteína y energía metabolizable (EM) de 2.21 Mcal/kg (Bhatti et al., 2008), sin embargo, su encarecimiento durante la época de baja producción incrementa el precio del alimento disminuyendo con esto los ingresos. Esta problemática puede ser afrontada con la utilización de ensilajes. Acorde con Payán (2006), la eficiencia productiva de rumiantes alimentados con raciones en base a ensilados de maíz es menor en comparación con aquellos alimentados en base a heno de alfalfa, debido principalmente a su menor valor nutritivo (Payán, 2006). El ensilaje de maíz puede ser una alternativa para sustituir parcialmente a la alfalfa, ya que contiene una cantidad elevada de almidón (28.23%) y EM de 2.46 Mcal/kg, además de su buena digestibilidad, disponibilidad de forraje de buena calidad durante épocas de baja producción forrajera y altos niveles de producción de materia seca por hectárea. Además, el ensilado es uno de los métodos de conservación de nutrientes que facilitan la recolección del forraje (Cañeque y Sancha, 1998).

El objetivo de la preparación de ensilaje consiste en crear un ambiente anaeróbico para la fermentación de azúcares que se transformarán en ácidos, reduciendo el pH y permitiendo la conservación del forraje (Chamberlain y Wilkinson, 2002). Santos et al. (2009) mencionan que debido a su bajo costo y alto rendimiento se está considerando su inclusión cada vez en mayor intensidad en la alimentación animal. La inclusión de ensilajes de maíz y sorgo

han ido cobrando mayor importancia en rumiantes por su alto desempeño en condiciones adversas como son la sequía, las altas temperaturas del verano o un retraso de la siembra, comparado con otros cultivos (Oliver et al., 2004). Por lo anterior y con la finalidad de evaluar la eficiencia de la inclusión de ensilaje de maíz y el nivel adecuado de sustitución de heno de alfalfa en dietas de finalización para ovinos, se realizó el presente experimento.

OBJETIVO

Evaluar la eficiencia de inclusión de ensilaje de maíz, así como el nivel adecuado de sustitución de heno de alfalfa en dietas de finalización para ovinos.

HIPOTESIS

La inclusión de ensilaje de maíz en sustitución de heno de alfalfa no afecta adversamente los parámetros de eficiencia productiva y características de la canal de ovinos en finalización.

REVISIÓN DE LITERATURA

Producción ovina

El sistema de producción ovina que genera la mejor relación costo/beneficio es la producción en sistemas de pastoreo, pero a su vez son susceptibles a las variaciones climatológicas estacionales y vulnerables a las sequías extremas. Un ejemplo de esto son las sequías que se presentaron en Oceanía y en América que obligaron a algunos países a realizar una reducción forzosa de sus inventarios, tanto de ovinos como de bovinos (FAO, 2010).

En México existen sistemas de producción ovina muy variados, teniendo particularidades entre cada región, los hábitos, tradiciones y recursos con los que se dispone son los que determinan el consumo de carne ovina. Estos sistemas van desde los altamente tecnificados que mantienen a los animales en completa estabulación sobre pisos elevados, hasta los trashumantes que se mantienen en condiciones totalmente extensivas (SAGARPA, 2013).

De esta forma se perciben fluctuaciones durante ciertas épocas del año, provocando que existan irregularidades en la oferta de ovinos y por lo tanto diferencias en la condición corporal y el peso que alcanza al momento de la venta, esto es una gran problemática, ya que el mercado formal demanda que exista constancia del proveedor y que el producto suministrado sea uniforme (Partida, 2009).

La producción de carne ovina en México ha incrementado, pero aun así, solo genera 70% de la demanda nacional, por lo tanto existe un mercado interno que demanda unas 30,000 toneladas por año. Además, México ha recibido la petición de exportar carne y animales a países como Jordania, Turquía, Libia, India y Corea del Sur, así como a Centroamérica (SAGARPA, 2013).

Los sistemas de producción ovina se llevan a cabo en pastoreo, estabulación o en combinación de ambos sistemas. Estos se dividen en: intensivo, semi-intensivo y extensivo, además el propósito fundamental de la producción se divide en comerciales y de autoconsumo. A su vez, los sistemas comerciales pueden ser intensivos, semi-intensivos o extensivos, y por lo general, los de autoconsumo son de traspatio (SAGARPA, 2013).

En Baja California, la producción ovina se da principalmente en sistemas semi-intensivos con el 70.5% de la producción, 20.5% en sistemas extensivos y 9.1% intensivos. Los rebaños son manejados de forma tradicional, alimentados con forrajes de riego y que solo difieren de los sistemas intensivos en que estos últimos mantienen a los animales en estabulación permanente. Los principales forrajes utilizados para la alimentación son: alfalfa, zacate Bermuda, sudán, ryegrass, cebada, trigo y mezclas de los mismos. Los sistemas extensivos consisten en rebaños alojados en corrales rústicos con alimentación en pastoreo de zonas de matorrales, orillas de canales de riego o de esquilmos agrícolas. El objetivo principal de los tres sistemas es la producción de animales para abasto (Martínez et al., 2011).

La alfalfa es el principal cultivo forrajero del Valle de Mexicali, aunque también existen superficies considerables en la zona costa. A nivel estatal se cuenta con una superficie sembrada promedio en los últimos cinco años de 29,000 hectáreas, distribuidas con el 97 % en el Valle de Mexicali y el 3% en la Zona Costa (Ensenada, Tecate, Tijuana y Playas de Rosarito). Según datos del sistema producto alfalfa, de este cultivo se utiliza el 75% de su totalidad para alimentar aproximadamente 50,000 cabezas de ganado lechero, 15 % de bovinos productores de carne y el 10% restante para la elaboración de alimentos concentrados. El bajo rendimiento del cultivo durante el invierno ocasiona una deficiencia de forraje en la región, lo que origina que se recurra a la importación de los Estados Unidos (OIEDRUS, 2012).

El ensilaje

El ensilaje es una técnica utilizada para la conservación de forrajes en condiciones cercanas al fresco (Sparo y Mallo, 2001), puede incluso decirse que contiene mayor proporción de compuestos sencillos provenientes de los carbohidratos y proteínas, que el mismo alimento fresco (Watson y Smith, 1963), resultando en una opción económica y ecológica y con menor dependencia de las inclemencias del tiempo (Sparo y Mallo, 2001), mejorando así la disponibilidad de alimento en épocas críticas de producción, donde disminuye la producción de forraje y por lo tanto se incrementan los costos por concepto de alimentación (FAO, 1999). La utilización de ensilajes para la alimentación animal, está considerado por el bajo costo y alto rendimiento biológico (Santos et al., 2009), permitiendo también, aprovechar la sobreproducción de forrajes en ciertas épocas y suministrarlo durante épocas de escasez (Cañeque y Sancha, 1998). El éxito del ensilado dependerá del nivel de microflora láctica y la riqueza del sustrato en glúcidos fermentables (Lowrie y Wells, 1991)

La preservación del forraje se logra por medio de una fermentación láctica espontánea bajo condiciones anaerobias. Su principio de conservación es una rápida disminución del pH, gracias a la producción de ácidos orgánicos por las bacterias ácido lácticas (BAL) que impiden el crecimiento microbiano y la actividad de las enzimas endógenas catabólicas de la planta preservando el alimento (Bolsen et al., 1992; FAO, 1999; Garcés et al., 2006).

Las características del forraje que determinan la calidad de la fermentación son su contenido de materia seca, contener un nivel adecuado de sustrato fermentable en forma de carbohidratos solubles, baja capacidad amortiguadora, además de una estructura física, que permita una compactación con facilidad en el silo, después de ser cosechado y la microflora epifita con la que comienza el proceso fermentativo (Bolsen et al., 1992; McDonald et al., 1993). Dentro de esta flora, las BAL son las que más efectivamente reducen el pH del silo produciendo ácido láctico como principal

producto fermentativo (D'mello, 2002). Este ácido es el más eficiente de la fermentación (menor pérdida de energía en el forraje) y es el ácido orgánico de mayor poder acidificante. Así, mientras más rápido disminuya el valor del pH, más nutrientes serán retenidos en el silo, siendo primordial promover el crecimiento de las BAL lo más rápido posible después de sellarlo (Ashbell y Weinberg, 1999; Schroeder, 2004). De esta forma, los forrajes se conservan con un mínimo de pérdidas de materia seca y de nutrientes, manteniendo una buena palatabilidad por el ganado (De la Roza et al., 2005; Vieira, 2009). Los forrajes más importantes para la elaboración de ensilaje a nivel mundial son el maíz, alfalfa y pastos, aunque también se ensilan trigo, sorgo y algunas legumbres (Garcés et al., 2006).

Ensilaje de maíz

El maíz (*Zea mays*) es un alimento nutritivo tanto para pequeños como para grandes rumiantes, tiene una alta tasa de eficiencia proteica y relativamente alta energía digestible (ED) y nutrientes digestibles totales, por lo que el forraje de maíz puede desempeñar un rol importante en la alimentación de los animales durante todo el año si es cultivado (Desai y Deore, 1984).

El maíz es un forraje de gran valor, que puede ser utilizado para la elaboración de ensilaje por su alta producción, alta energía, fácil manejo, conservación y aprovechamiento por los animales, aunque es pobre en materias primas nitrogenadas y en algunos minerales (Cañeque y Sancha, 1998). Este ensilaje es uno de los forrajes conservados más importantes y versátiles en el mundo. Contiene mezcla única de grano y fibra digestible, que constituye una de las principales fuentes energéticas para la alimentación de rumiantes (Ruiz et al., 2009).

Cosecha del maíz para ensilar

El maíz debe ser cosechado para el ensilaje después de que el elote este bien desarrollado, pero antes de que las hojas se vuelvan marrones y secas, así la cantidad y calidad del maíz para ensilar están en su apogeo, con una materia seca del cultivo total entre 30 y 35 % (Wheaton et al., 1993; Chamberlain y Wilkinson, 2002). Esta fase viene señalada cuando la línea de leche en el grano supone la mitad de la distancia entre la punta y la base del grano, que es cuando debe cosecharse, la línea de leche representa la división en el grano entre los gránulos sólidos de almidón y los azúcares líquidos en solución con gránulos de almidón en suspensión, iniciándose la deposición de almidón en la punta (extremo distal) del grano y avanza lentamente hacia la parte inferior del grano según va madurando (Chamberlain y Wilkinson, 2002). En esta etapa de desarrollo, el elote ha acumulado la mayor parte de su valor nutricional potencial, pero ha habido poca pérdida de las hojas y tallos, después de la etapa de desarrollo del grano, el valor nutricional de tallos y hojas de maíz disminuye mientras que las pérdidas de masa aumentan (Wheaton et al., 1993).

Si el maíz se cosecha demasiado pronto, con menos del 30% de materia seca, es probable que sea menor el contenido de almidón en la cosecha y el consumo de nutrientes digeribles puede ser inferior al óptimo (Chamberlain y Wilkinson, 2002). Por otra parte se incrementa la filtración de nutrientes, esto alcanza generalmente su pico sobre el cuarto día después de ensilar, idealmente, el contenido de humedad de los forrajes que entran en el silo debe ser suficientemente bajo para evitar la pérdida por dicho efecto (Wheaton et al., 1993). Si la cosecha se recolecta demasiado madura, con más del 40% de sustancia seca, resulta difícil conseguir una compactación adecuada en el silo y como consecuencia es más probable que se desarrolle moho en el ensilado ocasionando pérdidas en la fermentación (Wheaton et al., 1993; Chamberlain y Wilkinson, 2002). También existe el riesgo de que los granos duros no sean aplastados completamente durante la cosecha, y puede verse reducida su digestibilidad (Chamberlain y Wilkinson, 2002)

En el proceso de ensilaje el forraje pasa por una serie de transformaciones ocasionadas por la acción de las enzimas de la planta y los microorganismos presentes en la superficie foliar, estas enzimas actúan en los procesos respiratorios y en la descomposición de glúcidos y proteínas (Cañeque y Sancha, 1998). Al corte del forraje, este continúa respirando, por lo tanto absorbiendo oxígeno y liberando anhídrido carbónico, con desprendimiento de calor. Esta respiración ocasiona una pérdida de materia seca muy digestible, además de que se reduce la cantidad de azúcares de la planta, perjudicando la acción posterior de la flora láctica al no encontrar suficiente cantidad de carbohidratos que garanticen una acumulación suficiente de ácido láctico. Por tal motivo, es conveniente llenar y cerrar el silo en el menor tiempo posible. El aire que aún queda dentro del silo es desprovisto de oxígeno en menos de 12 horas, produciéndose un ligero aumento de la temperatura del forraje ensilado de 3 a 5 °C. A este proceso se le llama respiración celular (Cañeque y Sancha, 1998).

Utilización de ensilaje en la producción ovina

Los problemas con la estacionalidad de la producción forrajera son factores que contribuyen a un menor desarrollo de la producción ovina, lo que puede comprometer los índices de rendimiento animal alcanzados (Suassuna et al., 2014).

La finalización de corderos en corrales de engorda hace posible suministrar al mercado animales que han alcanzado un buen desarrollo a una temprana edad, obteniendo canales de mejor calidad, lo que garantiza un mejor precio y un rápido retorno del capital invertido (Oliveira et al., 2002). Esto es viable cuando se dispone de insumos de bajo costo como el ensilaje durante la estación seca donde existe una gran falta de forraje en los pastizales, lo que permite a los productores suministrar animales para sacrificio durante todo el año (Ribeiro et al., 2002).

Una de las preocupaciones con respecto al uso del ensilado como ingrediente principal en la alimentación de ovejas es su alto contenido de humedad y fibra detergente neutro (FDN) y un valor proteico relativamente pobre (Van de Vyver et al., 2013).

Por otro lado, los países europeos y Australia utilizan el ensilado en la alimentación de ovejas para mejorar la utilización de los pastizales, aumentar la tasa de siembra, como alimento para la sequía y también para la finalización de los corderos en feedlot (Stanley, 2003)

El consumo de materia seca (CMS) disminuyó a medida que aumentaba la inclusión del ensilaje, dando como resultado un mayor consumo en dietas que contenían 20% y 50% de MS dentro de la ración que aquellas que contenían 70% de materia seca (Van de Vyver et al., 2013).

Pruebas de comportamiento (Rendimiento de la canal)

La carne de ovino es una excelente fuente de proteínas de alto valor nutritivo, compuesta por 20% proteínas y 75% de agua aproximadamente, y la cantidad de grasa es inversamente proporcional a la de agua. Ambos influyen en la jugosidad, textura, color y sabor de la carne (Dabés, 2001).

El rendimiento de la canal caliente es el más utilizado por los productores, mientras que el rendimiento de la canal fría es el más utilizado por los almacenes fríos comercialmente hablando y el más importante para la cadena de producción de carne ovina (Suassuna et al., 2014).

Las pérdidas de peso por enfriamiento están inversamente relacionadas con el grado de engorde de las canales, ya que el espesor de la grasa proporciona protección a las canales durante el período de enfriamiento, reduciendo las pérdidas (Suassuna et al., 2014), según Sañudo et al. (1981), los valores aceptables de pérdida de peso por enfriamiento de las canales en los corderos de carne, oscilan entre el 3 y el 4%. La grasa dorsal de la canal se

puede estimar a través de las mediciones del espesor de la grasa subcutánea tomada en el musculo longissimus dorsi, a la altura de la inserción de las costillas 12 y 13, que se correlaciona con el contenido grasa de la canal (Fisher, 1990).

El área del ojo de la costilla es una medida objetiva, de gran valor en la predicción de la cantidad de musculo de la canal, esta medida se realiza mediante un corte transversal entre las costillas 12^a y 13^a. Los músculos de madurez tardía, son los más confiables para representar el índice de desarrollo del tamaño del tejido muscular, así, el musculo longissimus dorsi es el más indicado, ya que tiene una madurez tardía y es fácil de medir (Osorio, Osorio, 2005).

Producción de amonio

La materia nitrogenada de las plantas está formada en su mayor parte por proteínas (70-80% del total) y en menor cantidad por aminoácidos libres, aminas y de formas minerales (iones nitrato y amonio). Las proteínas se degradan hasta formas simples como aminoácidos y aminas, entre otros (Valencia y Chalacán, 1999). Las bacterias productoras de ácido butírico se encuentran en el suelo en forma de esporas o células latentes, estas comenzaran a crecer muy lentamente en comparación con los lactobacilos que producen el ácido láctico. (Watson y Smith, 1963). Las proteasas hidrolizan las proteínas vegetales en péptidos y aminoácidos, esta proteólisis disminuye a medida que el medio se acidifica, y se detiene cuando el pH desciende por debajo de 4. Esto explica que, incluso en buenos ensilados, el contenido de nitrógeno soluble sea mayor que el de la planta verde y que pueda representar más del 50% del nitrógeno total (Cañeque y Sancha, 1998). Sin embargo, las enzimas proteolíticas de las bacterias formadoras de ácido butírico, producen amoniaco y compuestos amoniacaes a partir de las proteínas, estas sustancias de carácter básico pueden neutralizar los ácidos producidos, favoreciendo el

desarrollo de más bacterias productoras de ácido butírico, fermentación de carbohidratos y producción de malos olores (Watson y Smith, 1963).

Kung (2001), al realizar una revisión en ensilajes de maíz observaron un rango de valores entre el 5 - 7% para PC. Estos autores mencionan que una concentración alta de este compuesto proviene de procesos fermentativos indeseados mediante los cuales la proteína del forraje es utilizada por bacterias proteolíticas que liberan el amonio como producto final de la fermentación. Al mismo tiempo Fitzsimons et al. (1992), al estudiar ensilajes de diferentes forrajes reportaron valores entre un 4 a 6% de PC utilizando pediococos homofermentadores como inoculantes. Así mismo, Betancourt y Caraballo (2005) señalaron que un silo de buena calidad debe contener un máximo de 7% de PC en forma amoniaca. Por su parte Kung y Shaver (2001) señalan que los silos altos en humedad son más propensos a alcanzar mayores niveles de amonio debido a un mayor rompimiento de la proteína por una lenta reducción en el pH del silo o por fermentaciones clostridiales y que en estos casos, valores mayores al 12% de amonio como porcentaje de la PC son indicadores de un mal proceso fermentativo.

Argamentería et al. (1997) mencionan que aunque se desconocen las causas exactas que determinan la velocidad del deterioro e incremento de temperaturas en materiales ensilados al tratarse de un proceso biológico, está relacionado con la temperatura ambiente y el calor generado en dicho proceso, de ahí su mayor importancia en verano que en invierno. Acorde con Jobim et al. (1997), es sabido que la temperatura afecta de forma significativa el crecimiento y actividad de los microorganismos que actúan en los ensilajes. Asimismo la elevación de la temperatura durante el día frente a la temperatura durante la noche puede resultar en cambios significativos en la actividad que desempeñan los microorganismos.

Microorganismos que intervienen en el ensilaje

Una cosecha de forraje húmedo puede impulsar el crecimiento de una amplia gama de microorganismos, la mayoría de los cuales degradarán el valor de nutrientes para el ganado, por lo tanto, se utiliza la técnica del ensilaje, que generalmente controla la actividad microbiana mediante la combinación de un ambiente anaeróbico y una fermentación natural de azúcares por las bacterias del ácido láctico en el cultivo, esta fermentación y el bajo pH resultante suprimen principalmente el crecimiento de otros microorganismos anaerobios. La fermentación puede también inhibir las levaduras, los mohos y las bacterias aerobias, pero el ambiente anaerobio es esencial prevenir el crecimiento de la mayoría de microorganismos que deterioran el forraje (Muck, 2010).

El desarrollo de microorganismos durante el proceso de ensilaje se da en función de las circunstancias que predominan en el medio, además de ser de gran importancia para el éxito del proceso de conservación (FAO, 1999). Existen microorganismos como las bacterias ácido lácticas que son benéficas, ya que acidifican la masa del forraje y pueden desarrollarse en ausencia de aire. Pueden hallarse también microorganismos que perjudican el proceso de ensilaje, estos crecen y se multiplican en presencia de aire como las levaduras, bacilos, *Listeria* sp. y mohos, compitiendo con los microorganismos lácticos por los azúcares, existen también microorganismos anaerobios como los clostridios y enterobacterias, estos son indeseables, ya que pueden destruir parte de la proteína, incluso destruir ácidos ya formados ocasionando un incremento del pH perjudicando así el proceso de conservación, además de originar con esto un olor desagradable (Watson y Smith, 1963; Argamenteoría et al., 1997). Las bacterias aerobias *Klebsiella* y *Acetobacter* se desarrollan en la primera fase, cuanto más cantidad de aire entre en contacto con el ensilaje, son más activas. Estas bacterias utilizan carbohidratos como sustrato transformándolo en anhídrido carbónico o ácido acético, este ácido acético tiene una baja capacidad acidificante por lo tanto no tiene gran capacidad de conservación. Después de un periodo de entre 1 a 2 días aparecen las bacterias *Leuconostoc*

y *Streptococcus*, estas se encargan de transformar los azúcares en ácido láctico acelerando la disminución del pH (Cañeque y Sancha, 1998). Conforme la concentración de ácido láctico incrementa, disminuye la presencia de estas bacterias y aparecen los *Lactobacillus* y *Pediococcus* que son los encargados de formar ácido láctico en grandes cantidades, esto sucede entre los días 3 y 5, la mayoría de ellos son mesofilos, entendiendo con esto que pueden crecer en un rango de temperaturas que oscilan entre 5° y 50°C, con un óptimo desarrollo entre 25° y 40°C (Watson y Smith, 1963; Cañeque y Sancha, 1998). A partir de este punto hasta los 17 a 21 días de la conservación, el ácido láctico se acumula en cantidades crecientes mientras que el forraje se va haciendo cada vez más inhabitable para otras bacterias. Todas las bacterias ácido lácticas son aerobios facultativos, pero muestran preferencia por las condiciones aerobias. Si se produce la cantidad suficiente de ácidos disminuyendo el pH a valores de 4.2 o inferiores, esto garantizará que el forraje ensilado se conservará en perfectas condiciones por un período indefinido de tiempo, con un valor nutritivo semejante al que poseía al ser puesto en el silo (Balows et al., 1992; Cañeque y Sancha, 1998).

Bacterias ácido lácticas.- este término cubre bacterias de varios géneros (*Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Streptococcus* y *Leuconostoc*) que se encuentran en el ensilaje (Pahlow et al., 2003). Todos ellos producen ácido láctico como su principal producto de fermentación de azúcares, pero otros productos, en particular ácido acético, etanol y dióxido de carbono, son comunes (Muck, 2010). Las bacterias ácido lácticas, pueden clasificarse de acuerdo al tipo de azúcares que metabolizan como: homofermentadores obligatorios, estos producen más de 85 por ciento de ácido láctico a partir de hexosas (azúcares C6) como la glucosa, pero no pueden degradar las pentosas (azúcares C5) como la xilosa, ya que carecen de fosfocetolasa (Muck, 2010); Los heterofermentadores facultativos también producen principalmente ácido láctico a partir de hexosas, pero además pueden degradar algunas pentosas produciendo ácido láctico, ácido acético y/o etanol; Los heterofermentadores obligatorios degradan las hexosas y las pentosas,

pero se distinguen de los homofermentadores en que degradan las hexosas en proporciones equimolares de ácido láctico, CO₂, ácido acético y/o etanol (Balows et al., 1992; Schleifer y Ludwig 1995). Los homofermentadores obligatorios reúnen especies como *Pediococcus damnosus* y *Lactobacillus ruminis*. Los heterofermentadores facultativos incluyen a *Lactobacillus plantarum*, *L. pentosus*, *Pediococcus acidilactici*, *P. pentosaceus* y *Enterococcus faecium*. Los heterofermentadores obligatorios incluyen miembros del género *Leuconostoc* y algunos *Lactobacillus* como *L. brevis* y *L. buchneri* (Balows et al., 1992).

Levaduras.- Las levaduras son quizás los microorganismos aerobios más significativos del cultivo en relación con la calidad del ensilado, estas crecen sobre sustratos solubles, siendo los azúcares y el ácido láctico los más importantes en relación con el ensilaje (Muck, 2010). Durante la fermentación de los carbohidratos, se producen algunas sustancias intermedias, el ejemplo más común es la formación de alcohol cuando el azúcar es atacado por las enzimas de la levadura (Watson y Smith, 1963). Estos microorganismos son eucariotas, anaerobios facultativos y heterótrofos y su acción tanto de las levaduras anaerobias como aerobias son indeseables en todo ensilaje, bajo condiciones anaeróbicas las levaduras fermentan azúcares produciendo etanol y CO₂ (McDonald et al., 1991). La producción de etanol no sólo disminuye los azúcares disponibles para producir ácido láctico, sino que también produce un mal sabor en la leche (Randby et al., 1999). En condiciones aerobias, muchas especies de levaduras degradan el ácido láctico en CO₂ y H₂O. La degradación del ácido láctico permite que el valor del pH del ensilaje se eleve, lo que a su vez facilita el desarrollo de otros organismos indeseables (McDonald et al., 1991).

En la mayoría de las circunstancias, las levaduras son el primer grupo de microorganismos que se desarrollan una vez que el oxígeno entra en contacto con el ensilaje, pudiendo desarrollarse durante el almacenamiento o durante la

alimentación, esto ocurre porque muchas levaduras son capaces de crecer a pH de 3.5, muy por debajo del pH de la mayoría de los ensilajes (Muck, 2010). La supervivencia de las levaduras durante el almacenaje depende de la severidad de la anaerobiosis y la concentración de ácidos orgánicos. La presencia de oxígeno facilita la supervivencia y el desarrollo de las levaduras durante el almacenaje (Donald et al., 1995), mientras que un contenido elevado de ácido fórmico o ácido acético reducen su supervivencia (Driehuis y van Wikselaar, 1996) La actividad inicial de las levaduras parece ser incrementada en forrajes que generan niveles bajos de pH (<5), por ejemplo, cuando se trata de materiales con un alto contenido de azúcares como papas, cáscaras de naranja o remolacha azucarera, o cuando se emplean aditivos ácidos. Bajo estas condiciones el ensilaje resultante tiene concentraciones altas de etanol y bajas en ácido láctico (Driehuis y van Wikselaar, 1996), una vez que las levaduras comienzan a desarrollarse y a consumir ácido láctico, el pH aumenta, esto permite que otros microorganismos que deterioran el ensilaje crezcan, particularmente cuando el pH está por encima de 4.5 (Muck, 2010).

Algunas especies de levaduras pueden crecer en un ambiente anaerobio, fermentando los azúcares en etanol, esto ocurre cuando los ensilajes tienen alto contenido de azúcares como el ensilaje de caña y de la disponibilidad de estos después de que el pH bajo inhibe la actividad de las bacterias ácido lácticas (Muck, 2010).

Enterobacterias- son organismos anaerobios facultativos. Se considera que la mayoría de las enterobacterias presentes en el ensilaje no son patógenas, sin embargo, su desarrollo en el ensilaje es perjudicial porque compiten con las bacterias ácido lácticas por los azúcares disponibles, y porque además pueden degradar las proteínas. La degradación proteica no sólo causa una reducción del valor nutritivo del ensilaje, sino que también permite la producción de compuestos tóxicos tales como aminos biogénicos y ácidos grasos de cadena múltiple. Se sabe que las aminos biogénicos tienen un efecto

negativo sobre la palatabilidad del ensilaje (Woolford, 1984; McDonald et al., 1991). Más aún, el amoníaco generado por la proteólisis aumenta la capacidad tampón del forraje ensilado, lo que causa una disminución en la velocidad de descenso del pH del ensilaje. Una particularidad de las enterobacterias es su habilidad, en el proceso de ensilaje, para reducir el nitrato (NO_3) a nitrito (NO_2). Las enterobacterias en el ensilaje pueden luego degradar el nitrito en amoníaco y óxido de nitrógeno (N_2O), pero este también puede ser transformado en monóxido de nitrógeno (NO) y nitrato (Spoelstra, 1987). En presencia de aire, el NO es oxidado produciendo una mezcla de gases, óxidos amarillo-marrones de nitrógeno (NO_2 , N_2O_3 , N_2O_4). Los gases de NO y NO_2 dañan el tejido pulmonar y pueden causar enfermedades con síntomas parecidos a la neumonía, conocida como enfermedad del ensilaje (Woolford, 1984). A pesar de estos problemas, se considera útil que ocurra una leve reducción de nitritos, ya que los nitritos y el NO que se generan son inhibidores muy potentes de los clostridios y mejoran la calidad del ensilaje (Spoelstra, 1987). Debido a que las enterobacterias no proliferan en ambientes con valores bajos de pH las técnicas de ensilaje que aseguren un rápido descenso del pH en el ensilaje, provocarán por lo tanto, una inhibición del desarrollo de las enterobacterias (McDonald et al., 1991).

Clostridios.- son bacterias anaeróbicas que forman endosporas. Muchas de ellas pueden fermentar tanto carbohidratos como proteínas, esto ocasiona una disminución en el valor nutritivo del ensilaje y al igual que las endobacterias crean problemas al producir aminas biogénicas. Además, la presencia de clostridios en el ensilaje altera la calidad de la leche ya que sus esporas sobreviven después de transitar por el tracto digestivo y se encuentran en las heces; esto puede resultar en la contaminación de la leche, ya sea directamente o por ubres mal aseadas. La especie de mayor importancia en las lecherías es *Clostridium tyrobutyricum*, un organismo ácido tolerante. Además de poder

fermentar carbohidratos, *C. tyrobutyricum* también puede degradar el ácido láctico en ácido butírico, H₂ y CO₂ (Klijn et al., 1995).

El ensilaje que es atacado por *Clostridium* muestra un alto contenido de ácido butírico (más de 5 g/kg de MS), un pH alto (>5 en ensilajes con bajo contenido de MS), y alto contenido tanto de amoníaco como de aminas (McPherson y Violante, 1966). Las técnicas de ensilaje que permiten una disminución rápida del pH evitarán el problema, puesto que tanto el desarrollo de enterobacterias como de clostridios se inhibe con valores bajos de pH. Por otro lado, los clostridios muestran mayor susceptibilidad a la falta de humedad que las bacterias ácido lácticas (Huchet et al., 1995). Por ello, toda medida tomada para disminuir la humedad de un forraje, como inducir su marchitez y por ende aumentar el valor del contenido de MS, permite la inhibición selectiva de clostridios (Wieringa, 1958). Por último, los nitritos y el NO u otros compuestos que puedan ser degradados en el ensilaje para producirlos, también inhibirán el desarrollo de los clostridios (Spoelstra, 1987).

Bacterias productoras de ácido acético.- estas bacterias pertenecen al género *acetobacter*, son aerobias estrictas y ácido tolerantes, este tipo de bacterias pueden deteriorar aeróbicamente al ensilaje, ya que crecen en etanol, produciendo ácido acético, sin embargo, una vez que se ha agotado el etanol, pueden crecer en ácido acético y oxidar el lactato y el acetato produciendo CO₂ y agua, esto elevará el pH y permitirá que otros microorganismos aeróbicos crezcan (Spoelstra et al., 1988; Muck, 2010). Solo se han informado sobre las bacterias de ácido acético en el silo de maíz, ensilaje que por lo general tiene baja capacidad de tamponamiento de manera que las concentraciones de ácido láctico y acético son bajas y un alto contenido de azúcar que podría permitir altas concentraciones de etanol, otros ensilados como el de caña de azúcar y de hierba C₄ pueden ser candidatos para encontrar bacterias productoras de ácido acético (Muck, 2010).

Bacilos.- Estas bacterias con forma cilíndrica forman esporas y se les puede distinguir fácilmente de los clostridios, ya que son aerobias facultativas, mientras que los clostridios son anaerobios estrictos (Claus y Berkeley, 1986). Los bacilos aerobios facultativos fermentan un amplio rango de carbohidratos generando ácidos orgánicos como; acetatos, lactatos y butiratos, o etanol, 2,3-butanodiol y glicerol (Claus y Berkely, 1986). Algunos *Bacillus* spp. son capaces de producir sustancias fungicidas, y han sido utilizados para inhibir el proceso de deterioro aeróbico en ensilajes (Phillip y Fellner, 1992). Los bacilos no sólo son menos eficaces como productores de ácido láctico y acético comparado con las bacterias ácido lácticas si no que en las etapas finales, incrementan la deterioración aeróbica (McDonald et al., 1991), siendo esta su actividad más significativa cuando se expone al oxígeno, después de que las levaduras o bacterias de ácido acético han aumentado el pH (aproximadamente 4.5 o más), y la temperatura ha aumentado modestamente (40°C), una segunda ola de calentamiento generalmente ocurre con temperaturas que suben a 50°C o más, la actividad de los bacilos produce un ensilaje viscoso al tacto (Muck, 2010). Para disminuir el desarrollo de *Bacillus* en el ensilaje, la temperatura de almacenaje no debería ser muy alta y deberá de reducirse la entrada de aire (Gibson et al. 1958).

Mohos.- Son organismos eucarióticos. Es fácil identificar un ensilaje infestado por mohos debido a los filamentos de diversos colores y de gran tamaño que producen muchas especies. Los mohos se desarrollan en cualquier sitio del ensilaje donde encuentren oxígeno, inclusive solo trazas. En un buen ensilaje eso ocurre sólo al inicio del almacenamiento y se restringe a la capa exterior de la masa ensilada, pero durante el deterioro aeróbico al destapar el silo, todo el ensilaje puede ser invadido por mohos. Las especies que se han identificado más frecuentemente en el ensilaje pertenecen a los géneros *Penicillium*, *Fusarium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Byssoschlamys*, *Absidia*, *Arthrinium*, *Geotrichum*, *Monascus*, *Scopulariopsis* y *Trichoderma* (Jonsson et al., 1990; Nout et al.,

1993). Los mohos no sólo disminuyen el valor nutritivo y la palatabilidad del ensilaje sino que también son un riesgo para la salud de los animales y las personas. Las esporas de mohos pueden asociarse a ciertas afecciones pulmonares y reacciones alérgicas, además de otros problemas de salud asociados con los mohos se relacionan con las micotoxinas (Auerbach, 1996). Dependiendo del tipo y la cantidad de toxina presente en el ensilaje, los problemas de salud pueden variar desde ligeras molestias digestivas, pequeños problemas de fertilidad y una disminución de las defensas naturales, hasta daños serios al hígado o a los riñones y abortos (Scudamore y Livesey, 1998). Algunas especies de hongos que producen micotoxinas son: *Aspergillus fumigatus*, *Penicillium roqueforti*, y *Byssochlamys nivea*. *P. roqueforti* es una especie ácido tolerante que puede desarrollarse aún en ambientes con muy poco oxígeno y alta concentración de CO₂ y ha sido detectada como una especie predominante en diversos tipos de ensilajes (Nout et al., 1993; Auerbach, 1996). Todavía existen muchas dudas sobre cuáles son las condiciones bajo las que se producen las micotoxinas en el ensilaje. No todos los ensilajes fuertemente infestados por mohos tienen forzosamente una gran cantidad de micotoxinas, y no todos los tipos de micotoxinas que pueden producir los mohos se encuentran necesariamente en un ensilaje infestado (Nout et al., 1993; Auerbach, 1996). Está confirmado que la aflatoxina B₁, una micotoxina de *Aspergillus flavus*, puede ser transferida del ensilaje a la leche. A pesar de esto, no se sabe si esto mismo puede ocurrir con micotoxinas de *P. roqueforti* o *A. fumigatus* (Scudamore y Livesey, 1998).

Cuando los forrajes tienen bajas concentraciones de azúcares como en el caso de las leguminosas y plantas jóvenes o ha disminuido su valor antes de ensilarlo por medio de la respiración celular y fertilización nitrogenada, o simplemente los azúcares fueron agotados por las bacterias aerobias durante la primera fase, entonces las bacterias que forman ácido láctico, no dispondrán de una cantidad de azúcares suficiente para disminuir el pH a 4.2; si el pH no es disminuido, se desarrollarán otros microorganismos que van a destruir el forraje. Entre estos microorganismos, se encuentran en primera instancia las bacterias

Clostridium sacarolíticas que utilizan los carbohidratos para formar ácido butírico de olor desagradable y escaso poder acidificante, dificultando así la actividad de las bacterias ácido lácticas, además destruye el ácido láctico ya formado, provocando que disminuya la acidez del forraje permitiendo que proliferen otros grupos bacterianos como *Clostridium* proteolíticos, estas bacterias continúan con la putrefacción que afecta a la proteínas, generando amoníaco como producto final, este amoníaco neutraliza la acidez residual. El forraje que ahora contiene un valor alimenticio bajo y que es muy posible que contenga sustancias toxicas, puede ser descompuesto aún más por los hongos que se reproducen rápidamente, en especial donde no hubo una completa compactación quedando bolsas de aire. Finalmente es considerada la fermentación ocasionada por levaduras y mohos que se desarrollan por la acumulación de aire dentro del silo (Cañequé y Sancha, 1998).

Los microorganismos del ensilaje utilizan carbohidratos hidrosolubles para su crecimiento. Los principales son la fructosa, sacarosa y fructosanos. Si los forrajes contienen un bajo contenido de carbohidratos hidrosolubles se pueden limitar las condiciones de la fermentación. Para que se dé una buena fermentación en el proceso de ensilaje, se requiere un mínimo de 6 a 12% de carbohidratos hidrosolubles en base a MS. La cantidad de carbohidratos que contienen las plantas dependerá del tipo de forraje, de la condición del cultivo, así como las ambientales y de manejo (Alaniz, 2008). Con respecto a esto Marnette (2001) menciona que cuando un forraje no contiene azúcares en suficiente cantidad es necesario agregar melaza o alguna fuente de azúcares para facilitar la fermentación.

La capacidad tampón de los forrajes se define como la resistencia del forraje a las variaciones de pH, esta capacidad depende de factores tales como su composición, la cantidad de proteína bruta, iones inorgánicos como calcio, potasio, sodio, así como la combinación existente de ácidos orgánicos (Jobim et al., 2007).

Al mismo tiempo, y debido a que la proporción tallos/hojas de la planta aumenta conforme incrementa su edad, se presenta una disminución de los procesos metabólicos. Esto ocasiona que se reduzca la cantidad de ácidos orgánicos, provocando un descenso de la capacidad tampón cuando la planta madura (De la Roza, 2005). Cuando el forraje contiene una alta capacidad tampón, más ácido láctico será requerido para poder obtener un pH óptimo, incrementando con esto la demanda de azúcares fermentables necesarios para poderlo proporcionar (Cañeque y Sancha, 1998).

Composición química del ensilaje de maíz

En un experimento para la caracterización agronómica y nutricional de forrajes anuales en el norte de México, Núñez et al. (2010), observaron que el forraje de maíz tuvo variaciones en la mayoría de las variables agronómicas y de valor nutritivo. Las variedades superiores de maíz forrajero tuvieron producciones de materia seca mayores de 19 t ha⁻¹, digestibilidad in vitro superior a 72.6 %, energía neta de lactancia mayor de 1.54 Mcal kg⁻¹ MS y digestibilidad de la fibra detergente neutro (FDN) mayor de 54.74 %.

Diferentes estudios se han realizado para evaluar forrajes para ensilaje, dentro de los que se encuentran para maíz producciones de materia seca (MS) mayores a 19 t ha⁻¹ (Núñez et al., 2010). Por su parte Corral et al. (2011) evaluaron 6 híbridos de maíz, obteniendo una producción de MS de 13.4 a 20.7 t ha⁻¹. Owens et al. (2009) mencionan que el pH al destapar el silo fue de 4.0 en un experimento en el que evaluaron la fermentación ruminal, síntesis de proteína microbiana y flujo de nutrientes a omaso en el ganado alimentado con ensilaje de maíz. Por su parte Corral et al., (2011) obtuvieron un pH de 3.8. En relación a la MS del ensilaje, se han encontrado porcentajes de 31.8% (Owens et al., 2009; Corral et al., 2011). Mientras que para la digestibilidad in vitro de MS (DIVMS) se han reportado valores de 75.4 y 71.3% (Owens et al., 2009; Corral et al., 2011) respectivamente.

En el caso de la proteína cruda (PC) contenida en los ensilajes de maíz se han observado porcentajes de 8.4% (Owens et al., 2009) y de 7.5% (Corral et al., 2011), mientras que los valores para detergente neutro (FDN) del ensilaje fueron de 39.3% (Owens et al., 2009) y de 35.4% (Corral et al., 2011). Las cantidades de fibra detergente ácido (FDA) reportadas por Owens et al. (2009) fueron de 22.6%, mientras que Corral et al. (2011) reportaron valores de 19.4%. La cantidad de almidón fue de 30.7% (Owens et al., 2009). El ácido láctico reportado por Owens et al., (2009) fue de 6.5%, mientras que los reportados por Ruiz et al., (2006) fueron de 8.5 a 11.2% en un estudio para evaluar el valor nutritivo y rendimiento forrajero de híbridos de maíz para ensilaje. La energía metabolizable (EM) reportada por Corral et al., (2011), fue de 2.5 Mcal kg⁻¹ MS. Mier et al., (2009) muestran valores similares entre la composición química del maíz sin ensilar y el maíz ensilado (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición química del maíz ensilado y sin ensilar

Variables	Maíz	Ensilaje de maíz
Materia seca	43.9	45.3
Proteína Bruta	6.2	6.4
FDN	42	35.2
FDA	26.1	22.6
Lignina	3.2	3.3
Cenizas	6.2	5.7
Grasa	0.9	0.82
Almidón	12.9	17.7
N amoiacal	0.05	0.05
Azúcares reductores	0.06	0.08
Ca	0.27	0.27
P	0.21	0.2
Mg	165.5	166.7

MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en la unidad de producción y comportamiento ovino del Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma de Baja California, en Mexicali, Baja California, México.

Se utilizaron 20 ovinos cruzados con diferentes porcentajes de Pelibuey, Dorper y Katahdin (22.7 kg PV) alojados en corraletas con comedero lineal y bebedero automático compartido en un Diseño Completamente al Azar, con el propósito de evaluar el efecto de los tratamientos sobre la eficiencia productiva y características de la canal. Los tratamientos consistieron en la sustitución de heno de alfalfa por ensilaje de maíz en 0, 10, 20 y 30% BMS (Cuadro 2). Las dietas se formularon de acuerdo a los requerimientos nutricionales para ovinos (NRC, 2007), utilizando el software Aries 2007.

Un día previo al inicio del experimento, los animales fueron pesados individualmente, desparasitados y asignados de manera aleatoria a 20 corrales, considerando a cada uno como unidad experimental. Los corrales contaban con un área de 4 m², totalmente sombreados, bebederos automáticos compartidos, 2 m de comedero lineal.

El consumo (BMS) de las dietas fue ad libitum, asegurando un rechazo diario de al menos el 5% del total ofrecido. Durante toda la prueba se ofreció alimento fresco diariamente en dos porciones iguales a las 08:00 y 15:00 h. El experimento consistió en 84 días, con pesaje de los animales cada 14 días a partir del inicio de la prueba. El sobrante de alimento se retiró y pesó cada viernes antes de suministrar alimento nuevo con la finalidad de calcular el consumo de materia seca.

Cuadro 2. Ingredientes y composición química de los tratamientos.

		Nivel de inclusión de ensilaje, (% BMS)			
		0	10	20	30
Ingrediente					
Alfalfa heno,		80.000	70.000	60.000	50.000
18%PC					
Silo Maíz con			10.000	20.000	30.000
grano					
Maíz rolado vapor		20.000	18.000	15.700	13.500
Pasta cacahuete.			2.000	4.300	6.500
55PC					
Composición química, % MS					
MS		89.798	71.339	59.178	50.559
EM (Mcal/kg)		2.426	2.431	2.156	2.438
PC		16.400	16.300	16.335	16.325
Extracto etéreo		3.260	3.172	3.075	2.981
FAD		25.340	22.426	19.540	16.644
FND		35.200	31.240	27.316	23.380
Ca		1.134	1.025	0.917	0.809
P		0.234	0.240	0.247	0.253
UIP		5.166	5.069	4.508	4.182
DIP		11.188	11.747	10.191	9.712

Al finalizar la prueba, los corderos se llevaron a la planta de sacrificio Tipo Inspección Federal (TIF) número 54 en la que se pesaron las canales en caliente y en frío y se tomó la medida de la grasa dorsal. Para calcular el comportamiento productivo, los pesos inicial y final fueron reducidos 4% con la finalidad de eliminar el peso representado por el contenido del tracto digestivo.

Se midieron las variables: peso inicial (PI), peso final (PF), ganancia total (GT), consumo de materia seca (CMS), ganancia diaria de peso (GDP), conversión y eficiencia alimenticia; así como, peso de la canal caliente (PCC), peso de la canal fría (PCF), grasa dorsal, rendimiento de canal caliente y fría y área del ojo de la costilla.

El peso inicial y final, fueron obtenidos al entrar y al salir del periodo experimental. La ganancia total fue la diferencia entre PF – PI. El CMS es la diferencia del alimento ofrecido menos el alimento rechazado por día. La GDP se calculó en base al promedio de la ganancia diaria de peso de 6 pesajes realizados durante el periodo experimental, realizadas cada 14 días. La conversión alimenticia resultó de dividir CMS/GDP y la eficiencia alimenticia, dividiendo GDP/CMS.

Los animales fueron llevados a sacrificio con un peso promedio de 41.6 kg que fue el peso vivo al sacrificio (PVS). Después de ser sacrificados, se retiraron las extremidades, cabeza, piel y vísceras, manteniendo dentro de la canal la riñonada y se midió el PCC. Las canales fueron almacenadas a 4°C y al día siguiente se tomó PCF, se realizó un corte entre las costillas 12 y 13 midiendo con un vernier el espesor de la grasa dorsal, ancho y profundidad del área del ojo de la costilla.

Los datos obtenidos durante el sacrificio fueron utilizados para determinar el rendimiento de la canal caliente ($PCC/PVS \times 100$), rendimiento de la canal fría ($PCF/PVS \times 100$) y área del ojo de la costilla utilizando el método geométrico mediante la fórmula: $(A/2 \times B/2 \times \pi)$ en la que (A) es el ancho, (B) la profundidad y $\pi = 3.1416$ (Osório y Osório, 2005).

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (2002). Los efectos de los tratamientos sobre las medias fueron analizados mediante la prueba de Tukey con polinomios ortogonales. Los resultados se consideraron significativos cuando el valor de P fue ≤ 0.5 , y la tendencia cuando el valor de P fue > 0.05 y $\leq a 0.10$ (Hicks,

1973). El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de los niveles de inclusión de ensilaje de maíz en sustitución de heno de alfalfa en dietas de finalización para ovinos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los efectos de los tratamientos sobre el comportamiento productivo de los ovinos se muestran en el Cuadro 3.

Consumo de materia seca

El nivel de inclusión de ensilaje de maíz en sustitución de alfalfa, no afectó el consumo ($P > 0.05$) de MS. Por su parte Fluharty et al. (1999) encontraron que corderos alimentados con una ración que contenía 70% de ensilaje de alfalfa consumieron 23.5% más alimento que con la ración que contenía 70% de ensilaje de maíz, sin embargo la GDP fue 21.3% mayor para los corderos alimentados con ensilaje de maíz, esto atribuido a la menor concentración de energía neta de ganancia (ENg) en el ensilaje de alfalfa. Van de Vyver et al. (2013) en un estudio para determinar la relación óptima de ensilado:concentrado en dietas de finalización para corderos en engorda, en el que utilizaron dietas con 0, 20, 50 y 70% de ensilaje de maíz BMS, reportaron que las dietas con 50 y 70% de ensilaje de maíz, no fueron capaces de llegar a los niveles de consumos de MS que la dieta control y con 20% de ensilaje durante el periodo de estudio de 60 días, atribuyendo esto a una restricción física debido al bajo contenido de MS y alto contenido de FDN del ensilaje. De manera similar, Luimes (2011) en un experimento para evaluar el desempeño del crecimiento y eficiencia de corderos que consumían niveles crecientes de ensilaje de maíz, utilizando tres dietas que fueron: 1) 0% ensilaje de maíz, 2) 25% ensilaje y 3) 50% de ensilaje. Reportaron que existe una relación estrecha en el CMS de los animales alimentados con las dietas con 0 y 25% de ensilaje, ya que los animales alimentados con 50% de ensilaje fueron incapaces de mantener la ingesta de materia seca. Por su parte Hafez et al. (2012), realizaron un trabajo con el objetivo de evaluar el efecto de la adición de un inoculante microbiano para evaluar la calidad del ensilaje de la planta completa de maíz, además de estudiar el efecto de la alimentación con ensilaje de maíz inoculado y sin inocular en el crecimiento, características de la canal y la eficiencia de corderos Rahmani, utilizaron dos dietas que contenían: 50% mezcla de alimento

concentrado, 20% paja de trigo y 30% ensilaje inoculado (R1) o 30% de ensilaje sin inocular (R2). Encontraron mayor ($P < 0.01$) consumo de ensilaje inoculado (0.397 kg) que de ensilaje sin inocular (0.361 kg), sin embargo no encontraron diferencias significativas en CMS entre la dieta completa con ensilaje de maíz inoculado y la dieta sin inocular (1.289 y 1.258 kg MS/d) respectivamente. El volumen y alta humedad de las dietas que contienen niveles de 50% BMS o superiores de ensilaje de maíz afectan negativamente el CMS debido al bajo contenido de materia seca que contiene el ensilaje de maíz.

Cuadro 3. Efecto de los tratamientos sobre el comportamiento productivo.

Variable	Nivel de inclusión de ensilaje, (% BMS)					
	0	10	20	30	DE	P
Peso inicial, kg	22.080 ^a	21.629 ^a	21.754 ^a	21.744 ^a	0.07	0.9758
Peso final, kg	41.942 ^a	38.736 ^a	39.187 ^a	40.032 ^a	1.56	0.2377
Ganancia total, kg	19.862 ^a	17.107 ^a	17.434 ^a	18.288 ^a	2.33	0.1128
CMS, kg	1.330 ^a	1.282 ^a	1.373 ^a	1.363 ^a	2.24	0.1233
GDP, kg	0.237 ^a	0.204 ^a	0.207 ^a	0.218 ^a	2.33	0.1128
Conversión alimenticia	5.643 ^b	6.315 ^{ab}	6.662 ^a	6.332 ^{ab}	3.45	0.0418
Eficiencia alimenticia	0.178 ^a	0.159 ^{ab}	0.151 ^b	0.159 ^{ab}	4.08	0.0248

DE= desviación estándar P= valor de P

^{ab} En cada fila, cifras con letras distintas son significativamente diferentes ($P < 0.05$)

Ganancia diaria promedio

No se observaron ($P > 0.05$) diferencias estadísticamente significativas en GDP para los niveles de inclusión de ensilaje de maíz de 0% (0.237 kg/d), 10% (0.204 kg/d), 20% (0.207 kg/d) y 30% (0.218 kg/d). Acorde a esto, Van de Vyver et al. (2013) tampoco observaron diferencias significativas en la GDP, siendo estas de 0.23, 0.20, 0.24 y 0.20 kg/d para los tratamientos con 0%, 20%, 50% y 70% de ensilaje de maíz respectivamente. Otros autores (Malisetty et al.,

2013), reportaron mayores valores ($P < 0.01$) para GDP en corderos alimentados con raciones de ensilaje *ad libitum* + concentrado (1.5% PV), que en corderos alimentados con ensilaje *ad libitum* + concentrado (0%, 0.5% y 1% PV), ensilaje + (25% de alfalfa o paja de maní BMS) o una dieta completa basada en bagazo de sorgo dulce. También encontraron GDP similares en corderos alimentados con ensilaje + concentrado (1% PV), ensilaje + alfalfa (25% BMS) y una dieta completa basada en bagazo de sorgo dulce. Sin embargo, Fluharty et al. (1999) reportan que los corderos alimentados con una dieta conteniendo 70% de ensilaje de maíz, tuvieron una GDP 21.3% mayor que aquellos alimentados con 70% de ensilaje de alfalfa en la ración, atribuyéndolo a una mayor concentración de ENg en el ensilaje de maíz. Por su parte Luimes (2011), reportó una disminución en la GDP en corderos alimentados con una dieta que contenía 50% de ensilaje de maíz (0.208 kg/d), mientras que no observó diferencia entre los animales que consumieron las dietas con 0% (0.322kg/d) y 25% (0.304 kg/d) de ensilaje, tal vez por la cantidad de nutrientes digeribles totales (NDT) que limitaban el crecimiento en los tratamientos con altos contenidos de ensilaje de maíz. Hafez et al. (2012) observaron que la ganancia diaria de peso fue significativamente mayor ($P < 0.01$) para los corderos alimentados con ensilaje de maíz inoculado (0.196 kg/d) que los alimentados con ensilaje sin inocular (0.161 kg/d) debido principalmente al incremento de nutrientes y reducción de fibra en el ensilaje con inóculo microbiano.

Conversión alimenticia

Se observó diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$) entre los tratamientos con 0% (5.643 kg) y 20% (6.662 kg) de ensilaje de maíz, mientras que los tratamientos con 10% (6.315 kg) y 30% (6.332 kg) de ensilaje no mostraron diferencias significativas. Por su parte Van de Vyver et al. (2013) observaron diferencias significativas entre tratamientos, teniendo mejor conversión los animales que consumieron las dietas con 50 y 70% de ensilaje

de maíz, difiriendo significativamente del control y la dieta con 20% de ensilaje, siendo esta última la menos eficiente con (7.91 ± 0.401) , en referencia a esto mencionan que la conversión no es óptima para la producción de ovejas en corral de engorda y las investigaciones futuras se justifican al optimizar niveles específicos para corderos de rápido crecimiento, con especial atención en la proteína no degradable (UDP) y fuentes de carbohidratos. Hafez et al. (2012) observaron que el ensilaje de maíz con inóculo microbiano aumentó la proteína cruda, extracto etéreo y cenizas, mientras que disminuyó la fibra cruda, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido, encontraron mejoras ($P < 0.01$) en la conversión al alimentar con ensilaje de maíz inoculado (6.56 kg) en comparación con el ensilaje sin inocular (7.8 kg).

Luimes (2011) menciona que si bien la dieta con 25% de ensilaje de maíz no muestra ninguna desventaja, tampoco ofrece una ventaja clara en su inclusión en las dietas, proponiendo cuatro factores clave a tomar en cuenta para tomar la decisión de si se debe utilizar ensilaje o no. Estos factores son: 1) ser utilizadas cuando incrementa el precio de los cereales; 2) Si existen ventajas económicas al cambiar la alimentación incorporando ensilaje de maíz; 3) Gestionar una limpieza de comederos por lo menos una vez al día para evitar riesgos de infección por listeria monocytogenes; 4) Se puede retrasar el crecimiento de los corderos con un nivel de inclusión de ensilaje que se ubique entre 25% y 50% para mejorar el acceso al mercado ya que si se proporciona el 50% se corre el riesgo de pérdidas por muerte perdiendo así la rentabilidad esperada (similar a backgrounding en ganado de carne).

Eficiencia alimenticia

La eficiencia alimenticia presentó ($P < 0.05$) diferencias significativas entre tratamientos, mostrándose mayor eficiencia en los corderos que consumieron el tratamiento con 0% de ensilaje de maíz y la menor eficiencia se obtuvo con el tratamiento que contenía 20% de ensilaje, mientras que los

tratamientos con 10% y 30% de ensilaje no mostraron diferencias con respecto a los anteriores.

Los efectos de los tratamientos sobre las características de la canal de los ovinos se muestran en el Cuadro 4.

Peso de la canal fría

No se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en el PCF con los porcentajes de ensilaje de 0% 21.9 kg, 10% 20 kg, 20% 20.4 kg, y 30% 20.5 kg. Nuestros resultados concuerdan con los presentados por, Van de Vyer et al. (2013), quienes tampoco observaron efecto sobre el peso de la canal fría al comparar niveles de inclusión de ensilaje en 0, 20, 50 y 70% BMS del total de la dieta en borregos merinos.

Rendimiento de la canal

El porcentaje de rendimiento en canal del presente estudio no mostró ($P > 0.05$) diferencias significativas entre los tratamientos. Luimes (2011) por su parte tampoco observó diferencias significativas entre tratamientos sobre el rendimiento de la canal de corderos alimentados con dietas que contenían 0%, 25% y 50% de ensilaje de maíz. Sin embargo, Van de Vyver et al. (2013) reportaron ($P < 0.05$) diferencias significativas siendo más altas para corderos que recibieron dietas con 20% y 50% de ensilaje de maíz que los del grupo control, estando probablemente relacionado con los ingredientes de las dietas, así como los niveles de ingesta diaria de diferentes nutrientes. De acuerdo con esto, Hafez et al., (2012) señalaron que alimentar con 30% de ensilaje de maíz inoculado con bacterias en las dietas ($P < 0.05$) incrementó el rendimiento de la canal (53.75%) con respecto a los corderos alimentados con 30% de ensilaje de maíz sin inocular en las dietas (51.45%). Estos resultados son similares a los obtenidos en el presente estudio, donde no se observaron ($P > 0.05$) diferencias

significativas con 52.93%, 52.15%, 53.03%, 51.93% de rendimiento de la canal para las dietas con 0%, 10%, 20% y 30% de ensilaje de maíz en sustitución de alfalfa.

Cuadro 4. Efecto de los tratamientos sobre rendimiento de la canal, grasa dorsal y área del ojo del lomo.

Variable	Nivel de inclusión de ensilaje, (% BMS)				DE	P
	0	10	20	30		
PCC	22.2	20.2	20.8	20.8	1.27	0.3168
PCF	21.9	20	20.4	20.5	1.3	0.3101
GDOR	0.42	0.32	0.27	0.3	2.84	0.0709
RCC	52.934	52.145	53.029	51.931	0.39	0.7623
RFC	52.219	51.647	52.013	51.176	0.28	0.842
PPE(kg)	0.715	0.497	1.016	0.755	0.53	0.666
PPE (%)	1.335	0.955	1.906	1.456	0.5	0.689
AREARI	20.667	16.927	18.81	18.281	1.83	0.1821

B

DE= desviación estándar P= valor de P

Perdidas por enfriamiento

La pérdida por enfriamiento promedio en este estudio fue de 1.413%, sin mostrar diferencias estadísticas ($P > 0.05$), siendo menor que las encontradas por Suassuna et al. (2014), quienes no encontraron diferencia estadística, con pérdidas por enfriamiento de 2.85, 1.97, 2.30, 2.96 y 2.38% en corderos alimentados con raciones mixtas totales a base de ensilaje de sorgo de cinco diferentes genotipos, las raciones contenían una proporción de forraje de 45.11 a 50.98%, estos valores fueron ajustados en función al contenido de proteína bruta de los piensos. De la misma manera Dantas et al. (2008) encontraron pérdidas por enfriamiento mayores a las del presente, siendo estas de 4,18, 3,33 y 2,88% en corderos Santa Inés en pastoreo, suplementados con

concentrado en 0,0, 1,0 y 1,5% de su peso vivo, respectivamente. Las pérdidas por enfriamiento están inversamente relacionadas con el grado de engrasamiento de las canales, ya que el espesor de la grasa proporciona protección a las canales durante el período de enfriamiento, reduciendo las pérdidas. En este trabajo, la pérdida por enfriamiento de las canales se puede considerar baja, ya que, según Sañudo et al. (1981), para los corderos productores de carne, los valores aceptables oscilan entre el 3 y el 4%, mostrando que, los animales del presente estudio obtuvieron un buen engrasamiento de la canal suficiente para proteger a las canales durante el enfriamiento.

Área del ojo de costilla

No se observó efecto de los tratamientos ($P > 0.05$) sobre el área del ojo de la costilla, obteniéndose valores de 20.67cm², 16.93cm², 18.81cm² y 18.28cm² para los tratamientos con 0%, 10%, 20% y 30% de ensilaje de maíz respectivamente. Hafez et al. (2012), no observaron ($P > 0.05$) diferencias significativas en el área del ojo de la costilla con las dietas adicionadas con 30% de ensilaje inoculado (20.17 cm²) o sin inocular (18.93 cm²). Luimes (2011) tampoco encontró diferencias significativas entre tratamientos con 0%, 25% y 50% de ensilaje de maíz.

Grasa dorsal

Se observó una tendencia ($P = 0.0709$) sobre el valor de grasa dorsal con valores en centímetros de 0.42, 0.32, 0.27 y 0.3 para los tratamientos con 0%, 10%, 20% y 30% de ensilaje respectivamente.

CONCLUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos en este experimento podemos concluir que la sustitución de alfalfa por ensilaje de maíz en hasta 30% de MS de las dietas de engorda para ovinos puede ser una alternativa viable para mantener parámetros de producción adecuados.

LITERATURA CITADA

- Alaniz, O. 2008. Adición de residuo de la industria cervecera al ensilaje de maíz como alternativa de forraje para ganado. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el desarrollo Regional Durango. Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental 1(1):1-35.
- Argamentería, G., De La Roza, B., Martínez, L., Sánchez, Y., Martínez, A. 1997. El ensilado en Asturias. Centro de Investigación Aplicada y Tecnología Agroalimentaria (CIATA) 127pp.
- ARIES, 2007. Least Cost and Ration Analysis Programs for Sheep. Software Development Department of Animal Science, University of California Davis, CA 95616 USA.
- Ashbell, G., Weinberg, Z. FAO. 1999. Conferencia electrónica en forrajes tropicales. Estudio 7.0 - ensilaje de cereales y cultivos forrajeros en el trópico.; URL: [Http://www.fao.org/waicent/faoinfo/agricult/agp/agpc/gp/silage/home.htm](http://www.fao.org/waicent/faoinfo/agricult/agp/agpc/gp/silage/home.htm).
- Auerbach, H. 1996. Verfahrensgrundlagen zur Senkung des Risikos eines Befalls von Silagen mit *Penicillium roqueforti* und einer Kontamination mit Mykotoxinen dieses Schimmelpilzes. Landbauforschung Volkenrode, Sonderheft 168: 1-167.
- Balows, A., Truper, H.G., Dworkin, M., Harder, W., & Schleifer, K.-H. (eds) 1992. The Prokaryotes. 2nd ed. New York, NY: Springer Verlag.
- Betancourt M. y Caraballo A. 2005. Henificación y ensilaje: aspectos operativos y tecnológicos. Manual de Ganadería Doble Propósito. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Zulia.
- Bhatti, S., Bowman, J., Firkins, J., Grove, A. and Hunt, C. 2008. Effect of intake level and alfalfa substitution for grass hay on ruminal kinetics of fiber digestion and particle passage in beef cattle. J Anim Sci. 86: 134-145.
- Bolsen, K., Lin, C., Brent, B., Feyerherm, A., Urban, J., Aimutis, W. 1992. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. J Dairy Sci. 75:3066-3083.

- Cañeque, M. V. y Sancha, S. J. L. 1998. Ensilado de forrajes y su empleo en la alimentación de rumiantes. Editorial Mundi-Prensa, España. Pp. 37-42.
- Chamberlain, A. T., & Wilkinson, J. M. (2002). Alimentación de la vaca lechera. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- Claus, D., & Berkeley, R.C.W. 1986. The Genus Bacillus. p. 1105-1139, in: Sneath, et al., 1986, q.v.
- Corral, L., Domínguez, D., Rodríguez, F., Villalobos, G., Ortega, J., Muro, A. 2011. Composición química y cinética de degradabilidad de ensilaje de maíz convencional y sorgo de nervadura café. Revista Brasileira de Ciencias Agrarias. 6(1):181-187.
- Dabés, A. C. 2001. Propriedades da carne fresca. Revista Nacional da Carne, v. 25, n. 288, p. 32-40.
- Dantas, A. F.; Pereira Filho, J. M.; Silva, A. M. A.; Santos, E. M.; Sousa, B. B. and César, M. F. 2008. Características da carcaça de ovinos Santa Inês terminados em pastejo e submetidos a diferentes níveis de suplementação. Ciência e Agrotecnologia 32:1280-1286.
- De la Roza, B. 2005. El ensilado en zonas húmedas y sus indicadores de calidad. IV Jornadas de Alimentación Animal. Laboratorio de Mouriscade. Lalín (Pontevedra). 20pp
- Desai, S. and D. Deore. 1984. Effects of detectrate, spacing and nitrogen fertilizer on growth and forage production, Journal of Maharastra Agricultural University. 8:109-111.
- D'mello, J. P. F. 2002. Microbiology of animal feeds. Edinburgh eh9 3jg, united kingdom. URL : [Http://www.fao.org/docrep/article/agrippa/556_en.htm](http://www.fao.org/docrep/article/agrippa/556_en.htm).
- Donald, A.S., Fenlon, D.R., & Seddon, B. 1995. The relationships between ecophysiology, indigenous microflora and growth of Listeria monocytogenes in grass silage. J. Appl. Bacteriol., 79: 141-148.

- Driehuis, F., & van Wixselaar, P.G. 1996. Effects of addition of formic, acetic or propionic acid to maize silage and low dry matter grass silage on the microbial flora and aerobic stability. p. 256-257, in: Jones et al., 1996, q.v.
- FAO.2010. http://www.3tres3.com/buscando/fao-evolucion-mundial-delconsumo-de-carne_30869/. Consultado 13 de mayo de 2014.
- FAO. 1999. Electronic conference on tropical silage grassland and pasture crops. URL :<http://www.fao.org/waicent/faoinfo/agricult/agp/agpc/gp/silage/home.htm> consultado 11 de mayo de 2015.
- FISHER, A. V. 1990. New approaches to mensuring fat in the carcass of meat animals. In: WOOD, J. D.; FISHER, A. V. (Ed.). Reducing fat in meat animals. London: Elsevier, p. 255-343.
- Fitzsimons A., Duffner F., Curtin D., Brophy G., O'kiew P and O'connell M. 1992. Assessment of *Pediococcus acidilactici* as a Potential Silage Inoculant. Applied and Environmental Microbiology p. 3047-3052 Vol. 58, No. 9.
- Fluharty F. L., Lowe G. D. and Clevenger D. D. (1999). Effects of Corn Silage vs. Alfalfa Haylage on Lamb Growth and Carcass Characteristics in Forage-Based Finishing Systems. The Ohio State University Department of Animal Sciences.
- Garcés, A., Suárez, E., Guillermo, J. y Ruíz, S. 2006. Evaluación de la calidad bromatológica del ensilaje de pasto kikuyo y maní forrajero. Revista Lasallista de Investigación. Corporación Universitaria Lasallista 3:34-37.
- Gibson, T., Stirling, A.C., Keddie, R.M., & Rosenberger, R.F. 1958. Bacteriological changes in silage made at controlled temperatures. J. Gen. Microbiol., 19: 112-129.
- Gouet, P. 1995. El ensilado de los vegetales. En: Bourgeois, C. M. y Larpent, J. P. Microbiología alimentaria. Volumen 2. Fermentaciones alimentarias. Editorial Acribia, España. 366 pp.
- Hafez, Y. H., Abedo, A. A., & Khalifa, E. I. (2012). Effect of microbial inoculation of whole plant corn silage on growth performance and carcass characteristics of Rahmani lambs. Egyptian Journal of Sheep and Goat Sciences, 7(2), 17-29.

- Hicks, C. R. 1973. *Fundamental Concepts in the Design of Experiments*. Holt, Rinehart and Winston, New York.
- Huchet, V., Thuault, D., & Bourgeois, C.M. 1995. Modelisation des effets du pH, de l'acide lactique, du glycerol et du NaCl sur la croissance des cellules vegetatives de *Clostridium tyrobutyricum* en milieu de culture. *Lait*, 75: 585-593.
- Jobim, C. C., Nussio, L. G., Reis, R. A., & Schmidt, P. (2007). Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(Suppl.), 101-119. <https://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982007001000013>
- Jonsson, A., Lindberg, H., Sundas, S., Lingvall, P., & Lindgren, S. 1990. Effect of additives on quality of big-bale silage. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 31: 139-155.
- Klijn, N., Nieuwenhof, F.F.J., Hoolwerf, J.D., van der Waals, C.B., & Weerkamp, A.H. 1995. Identification of *Clostridium tyrobutyricum* as the causative agent of late blowing in cheese by species-specific PCR amplification. *Appl. Environ. Microbiol.*, 61: 2919-2924.
- Kung L and Shaver R. 2001. Interpretation and Use of Silage Fermentation Analysis Reports. *Focus on Forage - Vol 3: No. 13*
- Kung L. 2001. Silage fermentation and additives. *Direct -fed Microbial, Enzyme & Forage Additive Compendium*, Miller Publishing Co., Minnetonka, MN. lkung@udel.edu
- López, P., Rubio, L. y Valdés, M. 2000. Efecto del cruzamiento, sexo y dieta en la composición química de la carne de ovinos Pelibuey con Rambouillet y Suffolk. *Rev Vet Méx.* 31:11-19.
- Lowrie, P. and Wells, S. 1991. *Microorganism biotechnology and disease*. Cambridge, Great Britain. Pp. 46 y 54.
- Luimes, P. (2011). Can corn silage be a part of a profitable feeder lamb nutrition program? *Ontario Sheep News*. Pag. 8 – 10.

- Malisetty, V., Reddy Yerradoddi, R., Devanaboina, N., Mallam, M., Krishna Cherala, H., Reddy Admal, R., & Prakash Manthani, G. (2013). Effect of feeding maize silage supplemented with concentrate and legume hay on growth in Nellore ram lambs. *Veterinary World*, 6(4).
- Mannetje, L. (2001). Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos. Memorias de la conferencia electrónica de la FAO sobre el ensilaje en los trópicos. Roma, IT.
- Martin, J. and R. Rogers. 2004. Forage-produced beef: Challenges and potential. *The Professional Animal Scientist*. 20:205-210.
- Martínez-Partida, J., Jiménez-Sánchez, L., Herrera-Haro, J., Valtierra-Pacheco, E., Sánchez-López, E., López-Reyna, M. 2011. Ganadería Ovino - Caprina en el marco del programa de desarrollo rural en Baja California. *Universidad y Ciencia* 27:331-344.
- McDonald, P.; Edwards, R. A. y Greenhalgh, J. F. D. 1993. *Nutrición Animal*. 4ª Ed. Acirbia, S. A. Zaragoza, España. 571 pp.
- McDonald, P., Henderson, A.R., & Heron, S.J.E. 1991. *The Biochemistry of Silage*. 2nd ed. Marlow, UK: Chalcombe Publications.
- McPherson, H.T., & Violante, P. 1966. Ornithine, putrescine and cadaverine in farm silages. *J. Sci. Food Agr.*, 17: 124-127.
- Mier, M. Q., 2009. Caracterización del valor nutritivo y estabilidad aeróbica de ensilados en forma de microsilos para maíz forrajero, Grado de Master en Zootecnia y Gestión sostenible Universidad de Córdoba Departamento de Producción Animal, Córdoba, España.
- Muck, R. E. (2010). Silage microbiology and its control through additives. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 183-191.
- Nout, M.J.R., Bouwmeester, H.M., Haaksma, J., & van Dijk, H. 1993. Fungal growth in silages of sugar beet press pulp and maize. *J. Agr. Sci.*, 121: 323-326

- NRC. 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Núñez, G., Payán, J., García, A., Pena, A., González, F., Ruiz, O., Arzola, C. 2010. Caracterización agronómica y nutricional del forraje de variedades de especies anuales en la región norte de México. *Rev Mex Cienc Pecu.* 1:85-98.
- OIEDRUS. 2012. Panorama general de alfalfa Baja California. Secretaria de Fomento Agropecuario, 1-12p.
- Oliveira, M. V. M. D., Pérez, J. R. O., Alves, E. L., Martins, A. R. V., & Lana, R. D. P. (2002). Evaluation of commercial joint, body components and internal organs of confined lambs and fed with swine wastes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(3), 1459-1468.
- OSÓRIO, J. C. S.; OSÓRIO, M. T. M. 2005. Produção de carne ovina: técnica de avaliação in vivo e na carcaça. Pelotas: Editora Universitária,
- Owens, D., M. McGree, T. Boland, and P. O'Kiely. 2009. Rumen fermentation, microbial protein synthesis, and nutrient flow to the omasum in cattle offered corn silage, grass silage, or whole-crop wheat. *J. Anim. Sci.* 87:658-668.
- Pahlow, G., Muck, R. E., Driehuis, F., Elferink, S. J. W. H. O., & Spoelstra, S. F. (2003). Microbiology of ensiling. *Agronomy*, 42, 31-94.
- Partida, P. J. A. 2009. Uso del cruzamiento en ovinos para la producción de carne de alta calidad. Querétaro, Qro. México: Folleto Técnico No. 3 INIFAP. ISBN:978-607-425-157-9.
- Payán, G. J. A. 2006. Estudio de la relación entre valor nutritivo de forrajes y producción de leche mediante el modelo CPM, Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Mexico.
- Pérez, A., O. Saucedo, J. Iglesias, H. Wencomo, F. Reyes, G. Oquendo, e I. Milián. 2010. Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Pastos y Forrajes.* 33: 1-17.

- Phillip, L.E., & Fellner, V. 1992. Effects of bacterial inoculation of high-moisture ear corn on its aerobic stability, digestion, and utilization for growth by beef steers. *J. Anim. Sci.*, 70: 3178-3187
- Randby, A.T., Selmer-Olsen, I., & Baevre, L. 1999. Effect of ethanol in feed on milk flavour and chemical composition. *J. Dairy. Sci.*, 82: 420-428.
- Ribeiro, E. L. A.; Rocha, M. A.; Mizubuti, I. Y. and Silva, L. D. F. 2002. Silagens de girassol (*Helianthus annus L.*), milho (*Zea mays L.*) e sorgo (*Sorghum bicolor (L.) Moench*) para ovelhas em confinamento. *Ciência Rural* 32:299-302.
- Ruiz B., Y. Castillo, A. Anchondo, C. Rodríguez, R. Beltrán, y J. Payan. 2009. Efecto de enzimas inoculantes sobre la composición del ensilaje de maíz. *Archivos de Zootecnia*, 58:163-171.
- Ruiz, O., Beltrán, R., Salvador, F., Rubio, H., Grado, A., & Castillo, Y. (2006). Valor nutritivo y rendimiento forrajero de híbridos de maíz para ensilaje. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*, 40, 91-96.
- SAGARPA-INIFAP. 2013. Producción de carne ovina. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal 5:4-31.
- Santos, M., A. Gómez, M. Pérez, J. Perea, G. Fernández, A. García, y R. Ferreira. 2009. Composição química de silagens obtidas em microsilos encobertos por plástico confeccionados com diferentes productos - Resultados preliminares. XVIII Congreso de Zootecnia, UTAD- Vila Real Portugal, p. 462-465.
- Sañudo, C. and Sierra, I. 1981. Estudio de la calidad de la canal y de la carne em animales cruzados Romanov por Rasa Aragonesa. 2. Comparación en el tipo comercial ternasco com Rasa en pureza. p.483-489. In: *Actas de las 7 Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia*. Facultad de Veterinaria, Talavera de la Reina, Espanha.
- SAS Institute. 2002. SAS User's Guide. SAS Institute Inc, Cary, NC. USA.
- Schleifer, K.H., & Ludwig, W. 1995. Phylogenetic relationships of lactic acid bacteria. p. 7-18, in: B.J.B. Wood & W.H. Holzapfel (eds) *The Genera of Lactic Acid Bacteria*. London: Blackie Academic & Professional.

- Schroeder, J. 2004. Silage fermentation and preservation; URL: [Http://www.ext.nodak.edu/extpubs/ansci/dairy/as1254w.htm](http://www.ext.nodak.edu/extpubs/ansci/dairy/as1254w.htm) consultado 18 mayo 2015.
- Scudamore, K.A., & Livesey, C.T. 1998. Occurrence and significance of mycotoxins in forage crops and silage: a review. *J. Sci. Food Agr.*, 77: 1-7.
- Sparo, M. D. y Mallo, A. R. 2001. Evaluación de la flora bacteriana en un ensilado natural de maíz. *Revista Argentina de Microbiología*. 33(2):1-10.
- Spoelstra, S.F. 1987. Degradation of nitrate by enterobacteria during silage fermentation of grass. *Neth. J. Agr. Sci.*, 35: 43-54.
- Stanley, D. (2003). The role of silage in lamb-finishing systems. In *Proceedings of the Joint Conference of the Grassland Societies of the Grassland Societies of Victoria and New South Wales* (pp. 57-61).
- Suassuna, J. M. A., Santos, E. M., Oliveira, J. S. D., Azevedo, P. S. D., Sousa, W. H. D., Pinho, R. M. A., and Bezerra, H. F. C. (2014). Carcass characteristics of lambs fed diets containing silage of different genotypes of sorghum. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 43(2), 80-85.
- Valencia, A., & Chalacán, A. (1999). *Ensilaje de residuos de cosecha de la zona de cultivos del cantón Espejo mediante el proceso biotecnológico* (Master's thesis, EL ÁNGEL/ITSA" Alfonso Herrera"/1999).
- Van de Vyver, W. F. J., J. A. Beukes, and R. Meeske. 2013. Maize silage as a finisher feed for Merino lambs. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, vol. 43 (Suppl. 1).
- Vieira, M. 2009. *Conservação de forragem*. Pesquisador da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA) e Doutorando do Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da UFRPE, 1-26.pp
- Watson, S. J. Y Smith, A. M. 1963. *El ensilaje*. 2a edición. Compañía Editorial Continental, S. A., México.
- Wheaton, H. N., Sewell, H. B., Martz, F. A., & Meinershagen, F. H. (1993). *Corn Silage*. Extension publications (MU).

Wieringa, G.W. 1958. The effect of wilting on butyric acid fermentation in silage. Neth. J. Agr. Sci., 6: 204-210.

Woolford, M.K. 1984. The Silage Fermentation. [Microbiological Series, No.14] New York, NY, and Basle: Marcel Dekker.