

COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

PUNTA DE CAÑA FERMENTADA EN LA ALIMENTACION DE CABRAS CRIOLLAS DE LA MIXTECA POBLANA

LEONARDO TAPIA DIAZ

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2018

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 que suscribe Leonardo Tapia Diaz, 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 Jose Ricardo Barcena Gama, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis Punta de caña fermentada en la alimentación de cabras criollas de la Mixteca Poblana

y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan 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.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 18 de julio de 2018

Firma del
Alumno (a)

Jose Ricardo Barcena Gama
Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada: **Punta de caña fermentada en la alimentación de cabras criollas de la Mixteca Poblana**, realizada por el alumno: **Leonardo Tapia Díaz**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA


CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



DR. JOSÉ RICARDO BÁRCENA GAMA

ASESOR



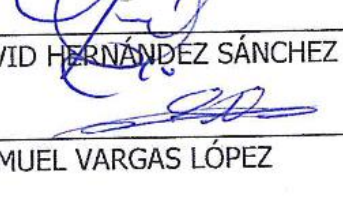
DR. EMILIO MANUEL ARANDA IBÁÑEZ

ASESOR



DR. DAVID HERNÁNDEZ SÁNCHEZ

ASESOR



DR. SAMUEL VARGAS LÓPEZ

Montecillo, Texcoco, Estado de México, agosto de 2018

PUNTA DE CAÑA FERMENTADA EN LA ALIMENTACIÓN DE CABRAS CRIOLLAS DE LA MIXTECA POBLANA

**Leonardo Tapia Díaz, M. en C.
Colegio de posgraduados, 2018**

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar el comportamiento productivo y las variables de fermentación ruminal de cabritos provenientes de la Mixteca Poblana, alimentados con una dieta integral a base de punta de caña de azúcar fermentada a través de un proceso de ensilaje conjuntamente con la siguiente mezcla: cultivo de bacterias lácticas (Vitafer) 14.0%, melaza 22.2%, urea 2.0%, sales minerales 0.5%, sulfato de magnesio 0.3% e hidróxido de calcio 6.0%. Para la prueba de comportamiento se utilizaron 32 cabritos criollos distribuidos en un diseño de bloques completos al azar utilizando el peso vivo inicial como criterio de bloqueo, con cuatro tratamientos (n = 8): T1: 0.0 % de punta de caña fermentada (PCF); T2: 25% PCF; T3: 37.5 % PCF y T4: 50% PCF. Se determinó el consumo diario de materia seca (CMS), la ganancia diaria de peso (GDP) y la eficiencia de conversión alimenticia (EC). Para determinar las variables de fermentación ruminal se utilizaron cuatro cabras machos de la raza alpina con cánula permanente en rumen y con un peso promedio de 35 kg en un diseño experimental de cuadro latino. Las variables determinadas fueron: Degradación de la MS (DMS), de la FDN (DFDN) y FDA (DFDA), AGV, pH y N-NH₃. El CMS de los cabritos no presentó diferencias entre los tratamientos (P<0.1). No hubo diferencias en la GDP o EC entre tratamientos; sin embargo, la prueba se suspendió después de dos semanas debido a la pérdida generalizada de peso de los cabritos en los diferentes tratamientos. La DMS fue menor (P<0.05) en T1, sin diferencia entre tratamientos. El mismo comportamiento se observó en la DPC, DFDN y DFDA, presentando la mayor (P<0.05) degradabilidad el T4. La concentración total de AGV y acético no tuvo diferencia entre tratamientos. La concentración de ácido propiónico disminuyó (P<0.05) en T4, comparado con T1, en tanto, el ácido butírico fue mayor en T4 que en T1. La concentración del ácido butírico determinada fue atípicamente elevada, promediando entre los tratamientos una concentración del 33.5 %. El comportamiento productivo de los cabritos fue negativo por lo que se concluye que el

uso de punta de caña fermentada con los ingredientes utilizados en este estudio, como alimento para la engorda de cabritos provenientes de la Mixteca Poblana no tiene resultados positivos, por lo cual no se recomienda su uso.

Palabras clave: Punta de caña, cabritos, degradabilidad, comportamiento productivo.

FERMENTED CANE TIP TO FEED CRIOLLAS GOATS FROM THE MIXTECA

POBLANA

**Leonardo Tapia Díaz
Colegio de posgraduados 2018**

ABSTRACT

The objective of the present investigation was to determine the productive performance and ruminal fermentation variables of kids from the Mixteca Poblana, fed with an integral diet based on sugarcane tip fermented through a silage process together with a next mix: lactic bacteria (Vitafer) 14.0%, molasses 22.2%, urea 2.0%, mineral salts 0.5%, magnesium sulfate 0.3% and calcium hydroxide 6.0%. For the performance test, 32 criollo kids were used, distributed according to a randomized complete block design using the initial live weight as a blocking criterion, with four treatments (n = 8): T1: 0.0% tip fermented cane (PCF); T2: 25% PCF; T3: 37.5% PCF and T4: 50% PCF. Daily dry matter consumption (CMS), daily weight gain (GDP) and feed conversion efficiency (EC) were determined daily. There were no differences in the CMS between treatments ($P \leq 0.1$). There were no differences in the GDP or EC between treatments; however, the test was discontinued after two weeks due to the generalized weight loss of the kids in the different treatments. To determine the variables of ruminal fermentation, four criollo male goats with a permanent cannula in rumen and with an average weight of 35 kg were used in a Latin square experimental design. The variables determined were: Degradation of the MS (DMS), FDN (DFDN) and FDA (DFDA), AGV, pH and N-NH₃. The DMS was lower ($P < 0.05$) in T1 than in the other treatments, there being no difference between the others treatments. The same behavior was observed in the DPC, DFDN and DFDA, presenting the highest ($P < 0.05$) degradability in T4. There were no differences in the total concentration of VFA between treatments, nor in the concentration of acetic acid, but that of propionic acid decreased ($P < 0.05$) in T4, compared to T1, however the concentration of butyric acid was higher in T4 than in T1. The concentration of the butyric acid determined was atypically high, averaging among the treatments a concentration of 33.5%. The productive performance of the kids was negative so it is concluded that the use of cane tip fermented with the ingredients used

in this study, as feed for the fattening of kids from the Mixteca Poblana does not have positive results, so that its use is not recommended.

Key words: Tip of cane, kids, degradability, productive performance.

DEDICATORIA

A mi nueva familia que es mi fortaleza ante cualquier adversidad, con amor para mi esposa Carito y a mi hijo Christopher, ustedes la razón de despertar todos los días.

A mi madre que nunca dejara de enseñarme como se debe luchar en esta vida, esa mujer que desde que nací ha estado al pendiente de mí.

A mi padre y hermanos que son mi fortaleza y los responsables de tener unas princesas por sobrinas.

A mi inolvidable equipo de basquetbol (Alejandro, Tedy, Neph, Felix, J. Carlos y el coach Peregrina).

A mis amigos los Galeanos (Martha, Fer, Rolando, Sergio, Antonio, Teresa y Galiel) mis hermanos que conocí en Chapingo.

AGRADECIMIENTOS

Al pueblo de México, gracias a sus contribuciones y a través del CONACYT, conté con el recurso necesario para concluir con el grado de maestro en ciencias.

Al Dr. Ricardo Bárcena Gama, por la dirección correcta y precisa en este trabajo, por sus consejos, apoyo y sobre todo paciencia.

A los asesores por sus atinadas recomendaciones y facilidades que me ofrecieron (Dr. Emilio Aranda, Dr. Samuel Vargas, Dr. David Hernández).

A la Dra. Crosby y a la Ing. Margarita Crosby, por el apoyo en las determinaciones de laboratorio.

Al Dr. Mario Cobos por el acceso al laboratorio de microbiología.

A Carlos, Elizabeth, Omar y Lupita por el apoyo continuo que me ofrecieron.

CONTENIDO

RESUMEN	iv
ABSTRACT	vi
DEDICATORIA	viii
AGRADECIMIENTOS	ix
CONTENIDO	x
LISTA DE CUADROS	xii
LISTA DE FIGURAS	xiii
INTRODUCCIÓN	1
REVISION DE LITERATURA	3
Situación de la caprinocultura en la Mixteca Poblana	3
Uso de la caña de azúcar como alternativa de forraje en rumiantes	4
Punta de caña de azúcar	5
Punta de caña de azúcar fermentada y uso de aditivos	6
Condiciones favorables para la fermentación de caña de azúcar	8
Producción de punta de caña en la región de Izúcar de Matamoros	9
HIPOTESIS	10
OBJETIVOS	10
General	10
Específicos	10
MATERIALES Y MÉTODOS	10
Localización	10
Tratamientos experimentales	11
Análisis de laboratorio	12
Prueba productiva	13
Análisis estadístico	14
Prueba metabólica	14
Análisis estadístico	16
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17

Análisis químico de las dietas experimentales	17
Prueba productiva	18
Prueba metabólica.....	19
CONCLUSIÓN	27
LITERATURA CITADA.....	28

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Ingredientes del Vitafer.....	11
Cuadro 2. Punta caña de azúcar con aditivos para fermentar.	12
Cuadro 3. Tratamientos experimentales	12
Cuadro 4. Análisis químico de los alimentos utilizados.	17
Cuadro 5. Efecto de los tratamientos en consumo de MS, ganancia diaria de peso y eficiencia de conversión en cabritos.	18
Cuadro 6. Efecto de los bloques en las variables consumo, cambio de peso y eficiencia en cabritos.....	19
Cuadro 7. Efecto de los tratamientos en la degradabilidad de la materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutra y fibra detergente ácida	20
Cuadro 8. Cinética de la degradación <i>in situ</i> de la materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutra y acida de los tratamientos experimentales.	22
Cuadro 9. Fracción soluble y potencialmente degradable de las dietas experimentales aplicando el modelo de Orskov.....	23
Cuadro 10. Efecto de los tratamientos experimentales en las variables de fermentación en el rumen.	25

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Producción en pie	3
Gráfica 2. Producción en canal	3
Gráfica 3. Degradabilidad de la materia seca	21
Gráfica 4. Degradabilidad de la materia seca de las dietas experimentales ajustada por el modelo Oskorv.	24

INTRODUCCIÓN

Los caprinos son de las primeras especies domesticadas en el mundo por su resistencia y adaptación a climas adversos (Jiménez et al., 2013). Los principales países productores son China, India, Paquistán y Sudan, en donde los hatos de caprinos se encuentran distribuidos entre la población de bajos recursos, principalmente. Aunque el consumo mundial de carne de caprino no es tan alto como el caso de ovinos o bovinos, se estima que del total de carnes rojas, la de caprino se encuentra alrededor del 5%, es decir 5.2 millones de toneladas anuales. La población caprina en México representa el 1% del total mundial, presentando consumos per cápita anual de casi medio kilogramo de carne, aunque ésta información estadística puede ser poco veraz debido a que los productores crían y consumen a sus propios animales (Arechiga et al., 2008).

Jiménez *et al.* (2013), reportan que en México, las cabras se distribuyen principalmente en tres zonas; la sur, que comprende los estados de Puebla Guerrero y Oaxaca; la zona centro, que incluye a los estados de Guanajuato, San Luis Potosí y Querétaro, y la norte, que abarca los estados de Nuevo León, Coahuila, Durango y Zacatecas. Estas zonas se caracterizan por presentar climas áridos o semiáridos donde la alternativa ganadera es la producción de caprinos debido a su rusticidad, y donde la agricultura o producción intensiva de otras especies animales no es redituable. En éstas zonas, los caprinos constituyen un recurso de gran importancia social en los habitantes de zonas rurales, representando en muchas ocasiones la única fuente de ingreso (Arechiga et al., 2008), y una actividad socioeconómica trascendente para los productores (Franco, 2009)

La Mixteca Mexicana es una de las regiones que presenta una actividad caprina trascendental. Tiene una superficie de 34869 km², que incluye a los estados de Guerrero, Oaxaca y Puebla, principalmente. La Mixteca, en el estado de Puebla, abarca una superficie de 11,025 km² (Mora, 1987; INEGI, 2000) y corresponde al 26 % del territorio del estado (Argos Consultores Ambientales, 2007). La producción caprina en la Mixteca Poblana es del tipo familiar, el productor asume los riesgos y los minimiza

con la actividad agrícola, comercio y migración (Hernández-Hernández, 2006; Sánchez, 2006).

El principal problema que se detecta en la Mixteca Poblana para la producción de caprinos es la alimentación de los animales debido principalmente a los escasos de forraje y precios de insumos para ofrecerles algún tipo de suplementación y mejorar su productividad. Ante esta problemática, se buscan alternativas de alimentación para los caprinos de ésta zona, que puedan ofrecer una oportunidad para mejorar la producción animal y ser viable en términos económicos para el productor.

Varios investigadores han aprovechado los subproductos de las diferentes industrias para disminuir costos de alimentación, tal es el caso de Ramos-Juarez et al. (2014) que propusieron una técnica para el uso de residuos de la cosecha mecanizada de la caña de azúcar, para utilizarla en la alimentación de rumiantes, mejorando su nivel nutricional con la fermentación y el uso de aditivos.

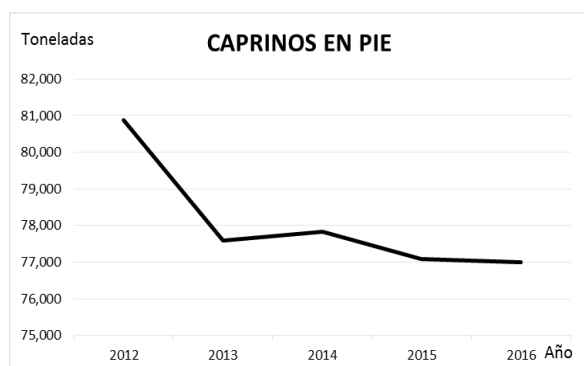
Cerca de la Mixteca Poblana existen zonas cañeras que producen residuos agrícolas, como la punta de caña, que coincide con la época de estiaje y representan una fuente potencial de alimento para los caprinos. Tal es el caso del Distrito de Izúcar de Matamoros, Puebla, que produce más de 1,368,000 toneladas de caña que entrega al Ingenio de Atencingo, Puebla, y que separan cerca de 100 000 toneladas de punta de caña que puede usarse como fuente de forraje para la alimentación de los caprinos. Considerando la experiencia desarrollada por el Dr. Emilio Aranda, del Campus Tabasco del Colegio de Postgraduados, en el trópico húmedo mexicano referente al uso de la punta de caña de azúcar adicionada con diferentes ingredientes y fermentada como alimento para bovinos en el trópico húmedo, se planteó como objetivo de la presente investigación valorar dicha tecnología en la alimentación de caprinos en engorda en la región de Izúcar de Matamoros, Puebla, región de la Mixteca Poblana.

REVISION DE LITERATURA

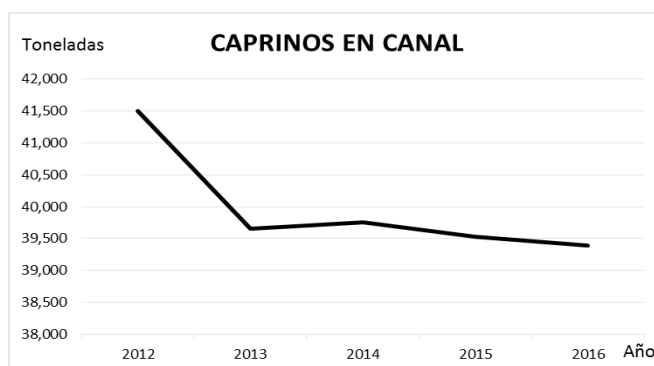
Situación caprina en México

El SIAP reportó en 2018, que de 2006 a 2015, la población de caprinos en México ha tenido ligeros cambios, pero se ha mantenido por arriba de las 8 millones y medio y sin sobrepasar de nueve millones de cabezas. En las graficas 1 y 2, se presentan los datos reportados en 2016 de la producción de caprinos en pie y en canal, respectivamente. En éstas gráficas se aprecia la disminución en la producción de caprinos iniciando desde 2012.

Gráfica 1. Producción en pie



Gráfica 2. Producción en canal



Fuente: SIAP (2018)

La población caprina en México representa el 1% del total mundial, presentando consumos per cápita anual de casi medio kilogramo de carne (Arechiga, et al., 2008).

Situación de la caprinocultura en la Mixteca Poblana

La problemática en la producción caprina de la Mixteca Poblana es explicada por diferentes factores, como lo menciona Hernández *et al.* (2011), entre ellos, las condiciones climáticas desfavorables como la baja precipitación pluvial con la consecuente disminución de las fuentes de alimentación (forrajes), sumándose también la severa erosión del suelo. Además, los productores no cuentan con un buen manejo integral zootécnico que incluya programas de identificación, alimentación, reproducción,

mejoramiento genético y sanitario. Los caprinos de esta zona tienen un mercado local, con alta demanda. Los animales se comercializan después de los 8 meses de edad, en pie, pero difícilmente se maneja un precio por kg, por lo que la asignación de precio es subjetivo y a favor del comprador.

Uso de la caña de azúcar como alternativa de forraje en rumiantes

Aunque el volumen potencialmente disponible es alto, Aranda (2004) reportó que el alto contenido de fibra y el bajo nivel de proteínas y minerales limitan el uso de la caña de azúcar; además, la cantidad que presenta de sacarosa reduce la actividad de las enzimas celulolíticas, si solo se ofrece este alimento. Aunado a ello, la tasa de digestión de la fibra es menor que en otros forrajes, por lo que la pared celular es una de sus principales limitantes. Por lo anterior, se busca hacer más disponible el contenido de celulosa y hemicelulosa de la caña de azúcar para poder usarla como fuente de nutrientes.

Según Torres-Moreira (2006), una hectárea de caña de azúcar permite producir hasta 2 000 kg de carne, en caso de ganado estabulado con la cosecha de 300 kg al día se pueden mantener hasta 15 bovinos con consumos de 20 kg por animal al día, con la suplementación de otros ingredientes como urea, oleaginosas, cereales, subproductos y sales minerales (Salazar-Ortiz et al., 2017). En caso de ganado semiestabulado alcanzaría para por lo menos 25 animales con consumos de 12 kg aproximadamente. Noriega-Loyo (2017) sugiere que en ovinos pelibuey alimentados a base de alimento comercial de engorda y forraje de caña ofrecida a libre acceso, pueden alcanzar ganancias de 180 g por día.

Mui *et al.* (2000) evaluaron diferentes niveles de inclusión de caña de azúcar integral (0, 15, 30, 45, 60 y 75%) y pasto guinea, en cabras de 10 a 11 kg de peso y con menos de 4 meses de edad, utilizando una dieta basal con concentrado y bloque de melaza-urea, logrando consumos reales de 0, 13, 23, 26, 37 y 51% de caña de azúcar, observando consumo totales de los alimentos en el rango de 0.437 a 0.494 kg/día, con

ganancias de peso diarias desde 37 a 64 g, con conversiones alimenticias mayores a 7.5 que alcanzan el valores cercanos a 13. En relación a la digestibilidad de la materia seca, no hubo diferencias entre tratamientos (62.1-66.7%), pero en particular en la digestibilidad de la fibra cruda a medida que aumenta la cantidad de caña de azúcar la digestibilidad disminuye de 63 a 43%.

Punta de caña de azúcar

Martin (2009) menciona las diferentes alternativas de alimentación para rumiantes utilizando como base a la caña de azúcar, indicando a las puntas como un opción de forraje que se ha usado en fresco o fermentadas justificando su uso por el volumen producido pero también por la preocupación de ser una posible fuente de contaminación como desecho de la industria azucarera, que produce CO₂ por la incineración en campo de este recurso forrajero.

Según Ramírez *et al.* (2014), en particular la punta de caña quemada, es una buena fuente de forraje por su contenido de FDN (60%) y una digestibilidad superior al 60%, pero que contiene menos del 4% de proteína, por lo que se requiere una suplementación con fuentes de proteína verdadera o nitrógeno no proteico.

Se han reportado trabajos en los que se evaluó la punta de caña sin fermentar, ya sea como alimento único o como ingrediente en una dieta integral, Galina *et al.* (1995) incluyeron la punta de caña en una dieta que contenía 29% de rastrojo de maíz, 29 % de concentrado (18 % PC), 9.5% de melaza, 2% urea, 1% sal, 0.5% sales minerales para ovinos. Con esta dieta obtuvieron ganancias de 102 y 86 g día⁻¹, utilizando animales de menos de 30 kg de peso vivo y más de 30 kg de peso vivo respectivamente, con edades entre 12 y 36 meses. Reportando la conversión alimenticia en 11:1 en el grupo de menos de 30 kg y de 12:1 para animales de más de 30 kg, con consumos de 1.055 kg d⁻¹ y 1.270 kg d⁻¹. El costo de la dieta por kg fue de 0.11 dólares, representando un costo por cada kg ganado de 1.21 dólares (grupo 1) y 1.32 dólares (grupo 2).

Galina *et al.*, (2007) utilizaron 150 corderos pelibuey en engorda, utilizando tres tratamientos, el primero era solo punta de caña de azúcar, el segundo, punta de caña suplementada con 200 g de una de mezcla de urea al 4 %, y el tercero, 40% punta de caña y 60% forraje de maíz y 200 g de una mezcla con 4% de urea. Los resultados reportados fueron: ganancia diaria de peso de 70g d⁻¹, 135 g d⁻¹ y 218 g d⁻¹, para cada una de las dietas, respectivamente. En el consumo de alimento, los datos que reportan por cada dieta fueron 474 g d⁻¹ para T1, 797 g d⁻¹ para T2 y 917 g d⁻¹ para T3. Los valores de nitrógeno amoniacal fueron 6.8, 18.3, 26.7 mg dl⁻¹ respectivamente. Los resultados de la digestibilidad de la materia seca fueron 58.8, 68.7, y 63.2, respectivamente y, las proporciones de AGV, fueron: acético, propiónico y butírico, de 78.2, 72.2, 74.2; 14.4, 6.0, 17.5; 5.3, 8.6, 6.4, para cada una de las dietas, respectivamente.

Arcos, *et al.*, (2000), incorporaron dos levaduras de *Sacharomyces cerevisiae* en dietas para ovejas Suffolk, para conocer la fermentación ruminal y digestibilidad de dietas basadas en punta de caña (50%), sorgo (21%), salvado de trigo (15%), melaza 12% y urea 2%, obteniendo en el grupo control (sin levadura) pH de 6.05, nitrógeno amoniacal de 9.24 mg dl⁻¹, consumo de alimento de 1183 g d⁻¹, digestibilidad de materia seca de 77.3%, FDN de 39%, FDA de 16.7%, determinando la proporción de AGV con los siguientes resultados, Acetato (66.6%), propionato (22.2%) y butirato (11.3%).

Punta de caña de azúcar fermentada y uso de aditivos

Aguirre *et al.* (2010) analizaron *in vitro* diferentes formas en las que se puede ofrecer la caña de azúcar y los residuos después de la cosecha. Los resultados demostraron que el valor nutritivo mejora con la fermentación y el uso de 1.1 % de urea, 0.5 % de minerales y 0.5 % zeolita como aditivos, se obtienen valores de materia seca de 98.37% y 97.53%, materia orgánica de 92.56% y 90.90%, proteína cruda de 10.93% y 13.25%, fibra detergente neutra 59.91% y 59.08% y fibra detergente ácida de 33.87% y 37.73% para caña de azúcar entera y residuos, respectivamente. En la

prueba de comportamiento se utilizó la caña de azúcar entera sin quemar, residuos quemados y caña de azúcar quemada, sin observar diferencia entre fracciones de la planta con la fermentación y el uso de aditivos.

Por su parte Salinas-Chavira *et al.* (2013) analizaron la sustitución de rastrojo de sorgo por punta de caña fermentada, en dietas altas en grano y con un nivel de forraje del 12%, con tres tratamientos, testigo con 10% de rastrojo de sorgo, tratamiento 2 con la sustitución del 5% por punta de caña fermentada y tratamiento 3 con 10% de sustitución, en la primera prueba, en borregos machos pelibuey con cánula, observando la mayor degradabilidad en el tratamiento con mayor cantidad de punta de caña fermentada, en una segunda prueba con un grupo de borregos pelibuey en engorda los resultados que arrojó fue la disminución del consumo de alimento a medida que se aumenta la cantidad de punta de caña fermentada, aunque no hubo diferencias por tratamiento en la ganancia diaria de peso (162-168 g), en la eficiencia de alimentación (17-20%) y en la conversión alimenticia (5-6).

Una de las estrategias que se han utilizado es adicionar urea como fuente de nitrógeno (Martin, 1997; Aranda, 2000) o fermentarla para mejorar los nutrientes que se ofrecen a los animales (Elías *et al.*, 1990; Ramos, 2005).

Ramos *et al.* (2014) utilizaron los residuos de la cosecha de la caña de azúcar con diferentes mejoras, una de ellas fue la fermentación para la conservación del forraje (ensilaje), así como agregar aditivos para aumentar los nutrientes disponibles, pero también para poner a disposición algunos que sean difíciles de metabolizar por el animal. Para cumplir con los objetivos anteriores se evaluaron microsilos con residuos de cosecha de la caña de azúcar, urea, minerales, pulido de arroz, melaza, sulfato de magnesio, cultivo de bacterias lácticas denominado "Vitafer" e hidróxido de calcio Ca(OH)_2 (cal), extrayendo el aire con una aspiradora. Estos microsilos con diferentes días de conservación (0, 20, 40 y 60 d) se utilizaron para determinar la composición química y la degradabilidad en diferentes horarios (4, 8, 12, 24, 48, 72 h) y con diferentes niveles de Ca(OH)_2 (0, 3, 6 y 9%) en bovinos con cánula. Entre los

resultados más sobresalientes es que a medida que aumenta el nivel de cal la FDN y FDA disminuyen, contrario con lo que pasa con el pH, aumentando conforme la cal es mayor en el tratamiento. La materia seca disminuyó a medida que pasaron los días de conservación, la proteína cruda fue mayor del 10% en todos los tratamientos. En el caso de la degradabilidad *in situ* de la materia seca, fibra detergente neutra y fibra detergente acida, como también la tasa de degradación y fracción soluble aumentaron a medida que fueron mayores los niveles de cal. Por ultimo, en la producción de ácido láctico se encontró que al llegar al nivel de 9% de cal no aumentó por lo que se puede pensar que las bacterias acido-lácticas no se han desarrollado correctamente. Lo que ofrece una alternativa para utilizar los residuos de cosecha en la alimentación de rumiantes. Basándose en en el estudio de Ramos et al. (2014), el presente trabajo de investigación tuvo como interés realizar pruebas de comportamiento y metabólica en cabras.

Chizzotti *et al.* (2015) evaluó diferentes niveles (0, 5, 10 y 15 g/kg) de óxido de calcio (CaO), por su capacidad de moderar la fermentación de las levaduras por las propiedades antifúngicas y la hidrólisis de los carbohidratos de la pared celular. Utilizados con ensilaje de punta de caña de azúcar en dietas para novillos (Holstein x Nellore) de media ceba, usando como testigo el ensilado de maíz complementado con concentrado para lograr una relación forraje concentrado de 50:50. Presentando ganancias diarias de peso similares para el ensilado de maíz y el de caña con 5 g/kg de CaO, 1.13 kg y 1.34 kg, respectivamente, para los demás tratamientos las ganancias fueron menores. Aumentando la digestibilidad aparente de la materia seca, proteína y fibra detergente neutro (FDN) a medida que los niveles de CaO aumentaban.

Condiciones favorables para la fermentación de caña de azúcar

Bravo-Martins *et al.* (2006) mencionaron que es necesario no favorecer el crecimiento de microorganismos indeseables para evitar afectaciones en la producción y la salud animal, tal es el caso de las levaduras, que pueden desarrollarse en ambientes ácidos y anaerobios sin ser inhibidos por el ácido láctico, son capaces de

convertir los azúcares de la caña en etanol, CO₂ y agua, provocando pérdidas de materia seca y reducción del consumo voluntario. Otro grupo de microorganismos indeseables son los hongos filamentosos que están presentes en zonas del ensilado donde el aire quedó atrapado al momento del sellado, es decir si no se extrajo todo el aire del silo, provocando problemas de salud por las toxinas producidas.

Carvalho et al. (2014) encontraron que el desarrollo de levaduras pueden afectar la conservación de la caña de azúcar en el ensilaje, así como aumentar la pérdida de materia seca, mientras que las responsables de la calidad del ensilado son las bacterias ácido lácticas y su actividad metabólica. Estos autores reportaron que la cepa de bacteria ácido láctica *L. plantarum*, mostró mayor crecimiento de levaduras, producción de etanol y pérdida de materia seca; mientras que las cepas *L. brevis* y *L. hilgardii* mostraron mejores resultados, con lo que concluyeron que las cepas heterofermentativas obligatorias permiten mejor calidad del ensilado. Por otra parte, Schmidt (2006), agregó al ensilado lactobacilos buchneri, y reportó un incremento en el consumo voluntario, tasa de ganancia de peso y conversión alimenticia. Peláez et al., (2007) utilizaron hongo *Pleurotus sapidus* para mejorar la digestibilidad de la caña de azúcar al fermentarla de forma aeróbica y ofrecérselas a ovinos. Esta técnica no disminuyó la producción de nitrógeno amoniacal en los fermentados y los resultados en productividad animal no fueron satisfactorios.

Producción de punta de caña en la región de Izúcar de Matamoros

López et al., (2003) reporta que de la planta integral el 10-20% es lo que se considera como punta de caña, lo que representa según la información del SIAP (2014) para el Distrito de Izúcar de Matamoros más de 100 000 toneladas del forraje potencial.

La literatura científica no reporta trabajos de investigación realizados en caprinos utilizando la punta de caña fermentada y enriquecida con otros ingredientes y

Lactobacillus, por lo que la generación de información relacionada con este tipo de alimento para caprinos del área de la Mixteca Poblana reviste una gran importancia.

HIPOTESIS

El uso de punta de caña fermentada con aditivos como alimento para cabritos en engorda, favorece su respuesta productiva.

OBJETIVOS

General

Evaluar la utilización de las puntas de caña de azúcar en la alimentación de cabritos.

Específicos

Determinar el comportamiento productivo y variables de fermentación ruminal de cabritos en engorda, alimentados diferentes proporciones de punta de caña fermentada con aditivos.

Evaluar el patrón de fermentación de dietas con diferentes proporciones de punta de caña de azúcar con aditivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Todos los caprinos utilizados en ésta investigación fueron tratados conforme al Reglamento para el uso de animales experimentales, aprobado por el Consejo General Académico del Colegio de Postgraduados.

Localización

La presente investigación se realizó en la Unidad Metabólica de Rumiantes del Programa de Ganadería del Colegio de Posgraduados-Campus Montecillo, localizado en Montecillo, Estado de México. El área experimental se encuentra a una altitud de 2250 msnm, latitud Norte de 19° 23' 40", latitud Oeste 98° 53' 42". El clima es el más

seco de los templados, la temperatura media anual es de 15.2°C y 636.5 mm de precipitación media anual, lluvias en verano (García, 2004)

Tratamientos experimentales

La punta de caña se colectó (3 t) en la región de Izúcar de Matamoros, Puebla, durante la zafra y se trasladó, vía terrestre, al área experimental del Colegio de Postgraduados. Se secó al aire libre, bajo techo y en piso de cemento por 30 d. Posteriormente, se picó en un molino de martillos con una criba de 2 cm y se ensacó.

Siguiendo la metodología descrita por el Dr. Emilio Aranda Ibáñez, se preparó el aditivo (Cuadro 1), y se dejó fermentar por tres días. A éste compuesto se le nombró VITAFERM. El yogur natural, con lactobacilus, utilizado fue de una marca comercial, y es recomendado para el consumo humano. Posteriormente, el vitafer se mezcló con la punta de caña y se adicionaron otros ingredientes para asegurar la fermentación y la multiplicación de bacterias para la producción de ácido láctico (Cuadro 2).

Cuadro 1. Ingredientes del Vitafer

Agua	Melaza	Maíz grano	Sulfato de amonio	P. Soya	Minerales	Urea	Yogurt
70.8	15.0	4.0	0.3	4.0	0.5	0.4	5.0

Para la elaboración de los microsilos, se utilizaron bolsas de plástico negra, con capacidad de 20 kg, las cuales se colocaron dentro de costales de nailon de un alimento comercial para dar soporte a las bolsas al envasar el material y evitar que se rompieran. Para extraer el aire de las bolsas, ya ingresado el material, se utilizó una aspiradora doméstica de 1 HP. El tiempo mínimo de ensilaje fue de 21 días y posteriormente, se abrieron al azar tres silos, para confirmar la calidad del producto fermentado.

Cuadro 2. Punta caña de azúcar con aditivos para fermentar.

Ingredientes	%
Melaza	22.2
Urea	2.0
Sales minerales	0.5
Sulfato de magnesio	0.3
Maíz	5.0
Vitafer	14.0
Punta de caña de azúcar	50.0
Ca (OH) ₂ (cal)	6.0

Los tratamientos experimentales se definieron con base en diferentes porcentajes de inclusión del ensilado en la alimentación de los cabritos.

Cuadro 3. Tratamientos experimentales

Tratamientos	PCF (%)	PCNF (%)	Maíz (%)	P Soya (%)	Minerales* (%)	EM (Mcal)	PC (%)
T1	0.00	50	28.1	19.25	2.65		
T2	25	25	33.76	14.29	1.94	2.457**	13**
T3	37.5	12.5	36.58	11.82	1.59		
T4	50	0.00	39.41	9.34	1.25		

PCF=punta de caña fermentada con aditivos, PCNF= punta de caña no fermentada, EM=energía metabolizable, PC= proteína cruda: *Premezcla comercial SEPA®; **Estimado del NRC, 2007.

Análisis de laboratorio

Los análisis químicos de los ingredientes y tratamientos se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal del Postgrado en Ganadería del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México.

Se determinó la materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), ácido láctico (AL) y cenizas (CEN), de acuerdo al AOAC (2005). La fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente acida (FDA) de acuerdo a Van Soest *et al.*, 1991), y pH, con un potenciómetro Orion®. Las determinaciones se hicieron en la punta de caña de azúcar antes y después de fermentar, así como en cada ingrediente de los tratamientos.

Prueba productiva

Se utilizaron 32 cabritos machos de 15.5 kg PV \pm 5, recién destetados y de menos de un año de edad. Los cabritos fueron comprados, en la región de Izúcar de Matamoros, Puebla, a diferentes pequeños productores de caprinos. Los cabritos presentaban variación de peso y edades, lo único en común es el sistema de producción en pastoreo sin suplementación, en el que estuvieron antes de utilizarlos para la prueba, añadido a lo anterior, síntomas de baja nutrición y no tenían ninguna vacuna. Se trasladaron a la Unidad Metabólica del Programa de Ganadería, donde se les proporcionó una dieta a base de paja de avena con grano y se desparasitaron, vitaminaron y vacunaron. Los cabritos permanecieron en tres grupos según su peso vivo, proporcionando agua y forraje al libre acceso durante una semana.

Después del tiempo de recuperación se distribuyeron utilizando bloques al azar, para disminuir la variación en los pesos (bloque 1: 10.4-12.7 kg, bloque 2: 13.2-15.2 kg, bloque 3: 16-18 kg, bloque 4: 18.1-21 kg), designando dentro de los bloques los tratamientos con ayuda de la aleatorización de Excel, en corraletas individuales que cumplieran con los requerimientos de espacio vital, piso de cemento con paja de avena como cama, sombra, comederos y bebederos. Se les proporcionó agua a libre acceso durante todo el periodo experimental. Posteriormente, se inició con la adaptación sustituyendo la paja de avena con grano por el tratamiento experimental respectivo, incrementándolo paulatinamente hasta que a los veinte días se les asignó el 100 % del tratamiento correspondiente.

Los cabritos se pesaron el día uno de asignado el 100 % del tratamiento correspondiente, considerando éste día como el inicio del periodo experimental. La cantidad de alimento del ofrecido inicialmente fue del 3 % de su PV con ajuste diario

para evitar exceso de rechazo. El horario de alimentación fue dos veces al día, 7:00 y 16:00 h. Se registró el alimento rechazado de los comederos diariamente por la mañana antes de servir alimento, con ello se ajustaba la cantidad ofrecida para proveer 10 % más diariamente en relación con lo que consumieron el día anterior, en los casos necesarios.

El alimento ofrecido y rechazado se determinó diariamente para calcular el consumo voluntario de MS (CMS), y los cabritos se pesaron cada siete días para calcular la ganancia diaria de peso (GDP).

Se usó el diseño bloques al azar, con 4 bloques, 4 tratamientos y 8 repeticiones por tratamiento.

Análisis estadístico

Los cabritos se distribuyeron en las jaulas metabólicas en piso de acuerdo a un diseño de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y ocho repeticiones, considerando cada cabrito como la unidad experimental y el peso inicial de los mismos como cofactor de corrección. El criterio para definir los bloques fue peso inicial de los cabritos, que también se usó como cofactor.

Modelo: $y = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$

Donde: y = Respuesta obtenida con el i -ésimo tratamiento del j -ésimo bloque

μ = Efecto medio general

T_i = Efecto atribuido al i -ésimo tratamiento

B_j = Efecto atribuido al j -ésimo bloque

E_{ij} = Término de error aleatorio.

Las medias de resultados de los tratamientos se analizaron con la prueba de Tukey ($P < 0.1$)

Prueba metabólica

Se utilizaron cuatro caprinos machos enteros de 30 kg PV \pm 5 con cánula permanente en el rumen para determinar las variables ruminales de fermentación de los cuatro tratamientos utilizados en la prueba de comportamiento. Los caprinos fueron alojados en corraletas individuales con piso de cemento, paja de avena como cama y provistos de bebederos y comederos individuales. Los animales se distribuyeron de

acuerdo a un diseño de cuadro latino 4 x 4 con un periodo de adaptación a los tratamientos de quince días cada uno. Para determinar la degradabilidad y la tasa de degradabilidad *in situ* de la MS, PC, FDN y FDA, se incubaron en el rumen 0.5 g de cada tratamiento en bolsas ANKOM® por 4, 8, 12, 24, 48, 72 h (Vanzant *et al.*, 1998). La PC no se determinó en las muestras incubadas hasta las 48 y 72 h considerando que ya no se encontraría mayor degradabilidad después de las 24 h.

La degradabilidad se ajustó al modelo exponencial que Orskov y McDonald (1979), el cual estima la degradabilidad ruminal de los nutrientes en función del tiempo de permanencia en el rumen con base en datos obtenidos por la técnica de degradación *in situ*:

$$D=A+B(1-\exp^{-Kt})$$

Donde D es la degradabilidad ruminal de la fracción b en el tiempo t, A es la fracción soluble que es completamente degradable en el rumen, B es la fracción potencialmente degradable en el rumen, K es una constante y t es el tiempo de permanencia en el rumen.

Para determinar el nitrógeno amoniacal (N-NH₃), ácidos grasos volátiles (AGV) y pH del rumen, se extrajeron 4 ml, aproximadamente de líquido ruminal utilizando una bomba de vacío a través de la cánula de los caprinos y filtrándolo a través de una manta de cielo con cuatro capas. La toma de muestra del líquido se realizó a las cuatro horas posprandial, después de 14 días de ofrecido el tratamiento de cada periodo experimental. El pH se midió inmediatamente utilizando un potenciómetro portátil marca Orion®. Posteriormente se colocaron, aproximadamente, cuatro mL de cada muestra de líquido ruminal en un tubo de ensayo y se acidificaron agregando 1 mL de ácido metafosfórico al 25% (v/v), para lograr una concentración de 4:1; las muestras se congelaron hasta su análisis posterior.

Para determinar la concentración de los AGV, las muestras del líquido ruminal se descongelaron, se tomó una alícuota de 1.5 mL y se centrifugaron durante 15 minutos a 12,000 rpm. A continuación se extrajo con micropipeta el sobrenadante y se colocó en viales de vidrio de 1 mL y se inyectó 1 µL, en un cromatógrafo de gases Perkin

Elmer, modelo Claurus 500, con auto muestreador y equipado con una columna capilar FFAP con longitud de 15 m, temperatura del inyector de 240° C, detector de ionización de flama (FID) de 250° C y de horno 140° C con flujo de gases (H₂ y aire) de 40 mL min⁻¹ para el aire y 400 mL min⁻¹ para el hidrógeno (Erwin et al., 1961)

Para determinar la concentración de N-NH₃, se siguió la metodología propuesta por McCollough (1967). Las muestras del líquido ruminal se descongelaron y se tomó una alícuota de 2 mL para ser centrifugadas a 3,000 rpm por 10 min. Posteriormente, se colectaron 20 µL del sobrenadante y se depositaron en tubos de ensaye de 10 mL, adicionando 1 mL de fenol y 1 mL de hipoclorito de sodio. Las muestras se incubaron en baño maría a 37° C por 30 min y se adicionaron 5 mL de agua destilada para diluir las muestras, se agitaron en un vortex (Genie 2, modelo G-560) y se realizó la lectura en un espectrofotómetro de luz ultravioleta visible CARY 1-E VARIAN a una DO de 630 nm.

Análisis estadístico

Para el análisis de las variables de fermentación del rumen, los animales fueron distribuidos en un diseño experimental de Cuadro Latino 4 x 4.

Modelo estadístico:

$$Y = \mu + T_i + P_j + A_k + H_l + E_{ijk}$$

Donde: Y = Respuesta obtenida con el i-esimo tratamiento del j-esimo periodo, en el k-esimo animal y el l-esimo horario.

μ = Efecto medio general

T_i = Efecto atribuido al i-esimo tratamiento

P = Efecto atribuido al j-esimo periodo

A_k = Efecto atribuido al k-esimo animal

H_l = Efecto atribuido al l-esimo horario

Los periodos experimentales fueron de 17 días, considerando catorce como periodo de adaptación a los tratamientos experimentales y tres como periodo de muestreo. Las medias de resultados se analizaron con el paquete GLM de SAS (2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis químico de las dietas experimentales

El análisis químico de las dietas experimentales (cuadro 4) muestra que la MS disminuye a medida que la cantidad de punta de caña fermentada aumenta, estos resultados eran esperados debido a la cantidad de humedad presente en el fermentado. El contenido de MO se mantuvo similar entre los tratamientos; no así para la punta de caña antes de ensilar y después de hacerlo, mostrando mayores niveles de ceniza y menores de MO en comparación a los tratamientos.

La FDN y FDA disminuyeron a medida que aumentó la cantidad de punta de caña fermentada en los tratamientos, pero sin presentar diferencias con la no fermentada. El contenido de PC, sugiere un incremento conforme se incrementa la cantidad de punta de caña fermentada, lo cual responde a la adición de urea. El pH se incrementó a medida en que se aumentó la cantidad de la caña fermentada, lo cual se atribuyó a la cantidad de cal agregada; sin embargo, la concentración de ácido láctico durante la fermentación, no mostró cambios.

Cuadro 4. Análisis químico de los alimentos utilizados.

Variable	Punta de caña	Punta de caña con aditivos	Punta de caña fermentada con aditivos	T1	T2	T3	T4
MS (%)	90.26	61.25	58.56	89.51	81.69	79.89	75.87
MO (%)	89.52	81.48	81.47	90.47	90.40	89.83	90.14
Cenizas (%)	10.48	18.52	18.53	9.53	9.60	10.17	9.86
FDN (%)	61.84	43.22	42.73	45.63	34.82	30.74	27.53
FDA (%)	38.10	27.69	26.68	25.82	20.03	16.81	15.40
Proteína (%)	2.05	8.85	8.68	10.42	11.34	11.58	12.00
pH	6.40	9.80	7.94	5.83	7.35	7.75	7.84
A. láctico (%)		2.43	2.94				

MS, materia seca; MO, materia orgánica; FDN, fibra detergente neutra; FDA, fibra detergente acida; A. láctico, ácido láctico, T1, 50% punta de caña y 0% punta de caña fermentada; T2, 25% punta de caña y 25% punta de caña fermentada; T3, 12.5% punta de caña y 37.5% punta de caña fermentada; T4, 0% punta de caña y 50% punta de caña fermentada.

Prueba productiva

Durante las dos primeras semanas del periodo de investigación, los cabritos disminuyeron su consumo voluntario y peso, principalmente en los tratamientos con mayor cantidad de caña fermentada con aditivos, y después de registrar el fallecimiento de dos cabritos, se decidió suspender esta prueba, por lo que sólo se registraron datos experimentales de las dos primeras semanas del periodo de investigación.

El efecto de los tratamientos experimentales en las variables productivas se presentan en el Cuadro 5, El CMS de los cabritos del T1 fue superior ($P \leq 0.1$) al T4. No hubo diferencias en el CMS entre los demás tratamientos. Estos resultados coinciden con los publicados por Salinas-Chavira *et al.* (2013) quienes reportaron una disminución en el consumo de MS a medida que aumentó el nivel de punta de caña fermentada en la dieta de ovinos. No hubo diferencias en la ganancia diaria de peso (GDP), o eficiencia de conversión (EC) entre tratamientos. Los cabritos mostraron pérdida de peso en los diferentes tratamientos, lo cual indica que aún con la cantidad de MS consumida, ésta no fue suficiente para cubrir, al menos, los requerimientos de mantenimiento. Esta situación, no esperada, se relacionó con el tipo de las dietas experimentales ofrecidas, las cuales, aparte de su baja aceptación y consumo, probablemente afectaron la fermentación en el rumen y digestibilidad total de nutrientes, repercutiendo en una eficiencia de conversión negativa.

Cuadro 5. Efecto de los tratamientos en consumo de MS, ganancia diaria de peso y eficiencia de conversión en cabritos.

Variable	T1	T2	T3	T4	CME
CMS d ⁻¹ (kg)	0.52 ^a	0.43 ^a	0.50 ^a	0.42 ^a	0.02
GDP (kg)	-0.01 ^a	-0.07 ^a	0.03 ^a	-0.04 ^a	0.01
EC (%)	-6.47 ^a	-21.26 ^a	1.64 ^a	-26.31 ^a	794.87

Literales distintas en la misma hilera, significan diferencias ($P \leq 0.10$)

CMS: Consumo de MS; GDP. Ganancia Diaria de Peso; EC, Eficiencia de Conversión; CME, Cuadrado medio del error.

El análisis por bloques (Cuadro 6) indicó que los cabritos en el B4, que tenían el mayor peso vivo inicial, tuvieron mayores ($P \leq 0.1$) CMS y GDP, lo que repercutió en tener una EC positiva aunque muy poco deseable. Es interesante destacar que los

cabritos en el B4 fueron los únicos que presentaron una EC positiva, probablemente por la edad y peso de los cabritos que les permitió adaptarse con mayor facilidad a cambios de alimentación, probablemente porque tenían un rumen mejor desarrollado así como su tracto digestivo posterior, que les permitió aceptar mejor las dietas experimentales; sin embargo, los resultados no son los que se esperaban y, en términos generales, son negativos.

Cuadro 6. Efecto de los bloques en las variables consumo, cambio de peso y eficiencia en cabritos.

Variable	B1	B2	B3	B4	CME
CMS d ⁻¹ (kg)	0.46 ^b	0.41 ^b	0.44 ^{ab}	0.55 ^a	0.02
GDP (kg)	-0.07 ^{ab}	-0.06 ^{ab}	-0.06 ^b	0.10 ^a	0.01
EC (%)	-15.20 ^a	-28.96 ^a	-19.12 ^a	10.88 ^a	794.87

Literales distintas en la misma hilera, significan diferencias (P≤0.10)

CMS: Consumo de MS; GDP. Ganancia Diaria de Peso; EC, Eficiencia de Conversión; B1, 10.4-12.7 kg; B2, 13.2-15.2 kg; B3, 16-18 kg; B4, 18.1-21 kg; CME, Cuadrado medio del error

Los resultados obtenidos en esta investigación, claramente demuestran que este tipo de alimento preparado no es aceptado por los caprinos de la mixteca. Puede haber varias razones para explicar esto, como lo es el tipo de animal, caprinos vs bovinos, la nutrición previa al recibir las dietas, condición nutricional, edad, peso y sobre todo la condición sanitaria por parte de los caprinos. Por otro lado, la dieta ofrece ciertas desventajas como lo fue el pH alcalino del ensilado, que pudo afectar el metabolismo del rumen inhibiendo la actividad microbiana y afectar los procesos digestivos en el tracto posterior.

Prueba metabólica

Los resultados en la degradabilidad de la materia seca (DMS), de la PC (DPC), de la FDN (DFDN) y FDA (DFDA) entre tratamientos se presentan en el cuadro 7. La DMS fue menor (P<0.05) en T1 que en los demás tratamientos, sin diferencia con los otros tratamientos. El mismo comportamiento se observó en la DPC, DFDN o DFDA, presentando la mayor (P<0.05) degradabilidad el T4.

Estos resultados indican que la degradabilidad de los nutrientes se incrementó a medida que se aumentó la cantidad de la caña fermentada en las dietas experimentales, lo cual está relacionado con el proceso propio de fermentación que mejoró la degradabilidad de la fibra, manifestándose en un incremento en la degradabilidad de la MS de la dieta total y, en el caso de la PC, debido a la adición de la urea. Estos resultados coinciden con los reportados por Ramos et al. (2014), quienes utilizando el mismo producto de Vitafer durante el proceso de ensilaje de la punta de caña, indicaron que la digestibilidad *in vitro* de la MS, FDN y FDA, se incrementó, argumentando que este proceso de mejora se debe a la cal adicionada, la cual actúo como un tratamiento alcalino para romper enlaces celulíticos y así facilitar la degradación de la fibra por parte de los microorganismos del rumen.

Cuadro 7. Efecto de los tratamientos en la degradabilidad de la materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutra y fibra detergente ácida

Variable (%)	T1	T2	T3	T4	CME
DMS	39.36 ^b	42.30 ^a	43.75 ^a	44.88 ^a	15.03
DPC	12.93 ^c	27.49 ^b	32.45 ^{ab}	36.71 ^a	60.07
DFDN	26.56 ^b	23.29 ^b	25.60 ^b	30.50 ^a	46.52
DFDA	35.86 ^{ab}	33.02 ^b	35.00 ^b	38.41 ^a	30.35

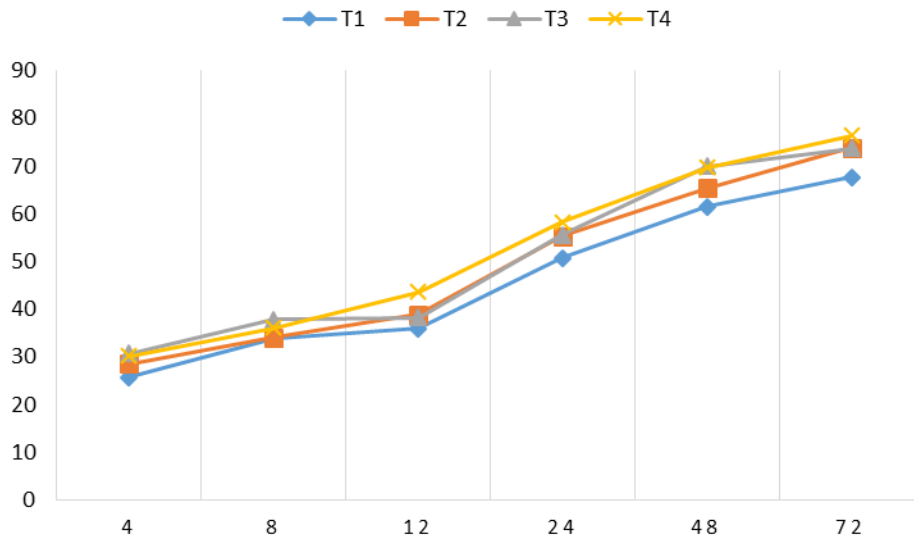
Literales distintas en la misma hilera, significan diferencias ($P \leq 0.05$)

DMS: degradabilidad de la materia seca; DPC: degradabilidad de la proteína cruda; DFDN: degradabilidad de la fibra detergente neutra; DFDA: degradabilidad de la fibra detergente ácida; CME: cuadrado medio del error.

En la gráfica 3 se presenta el comportamiento general que, en promedio, tuvieron los cabritos en la degradabilidad de la MS de las dietas experimentales. Se aprecia que conforme se aumentó la cantidad del ensilaje de caña fermentada con los aditivos, la DMS también aumento; sin embargo, este incremento no significó ningún aumento real en los cabritos consumiendo los diferentes tratamientos. La explicación a estos resultados, pueden ser varios, pero en general, se atribuye a que el consumo de MS no fue suficiente para provocar mayores aumentos de peso, quizás por el origen de los cabritos. Los resultados encontrados en este estudio son difíciles de explicar y contrastar con algunos publicados por otros autores, quienes utilizando este mismo

procedimiento de ensilaje para fermentar la punta de caña, con los mismos aditivos, pero ofrecida a otras especies, como bovinos de carne en el trópico, reportan buenos resultados.

Gráfica 3. Degradabilidad de la materia seca



En el cuadro 8 se muestran los resultados de la cinética de degradación de la materia seca (DMS), proteína cruda (DPC), fibra detergente neutra (DFDN) y fibra detergente acida (DFDA) durante las diferentes horas de incubación *in situ* de los tratamientos experimentales. Esta prueba tuvo como objetivo determinar la degradabilidad de la punta de caña fermentada durante diferentes tiempos de incubación y determinar su cinética. Es interesante hacer notar que el T4 presentó mayor ($P \leq 0.05$) DMS a las 12, 48 y 72 h que el T1, no habiendo diferencias con los otros tratamientos que también contenían caña fermentada pero en menor cantidad, lo cual se relaciona con la DFDN y DFDA, que presentaron una tendencia a incrementar su degradabilidad a las mismas horas. Estos resultados indican que el proceso de fermentación y los aditivos facilitan la degradación en el rumen de la pared celular. La DPC fue menor ($P \leq 0.05$) en el T1 que en los demás tratamientos que contenían punta

de caña fermentada, atribuible este incremento a el proceso de fermentación pero sobre todo a la urea adicionada. Con excepción del T1, prácticamente la cantidad de proteína potencialmente degradable en rumen de los demás tratamientos se presentó desde las cuatro horas de incubación, manteniéndose hasta las 24 h, momento en que se decidió parar el proceso de fermentación de la PC. Estos resultados de incrementos en la degradabilidad de la MS y FDN y FDA de la punta de caña coinciden con lo reportado por otros autores (Aguirre *et al.*, 2010; Salinas-Chavira *et al.*, 2013)

Cuadro 8. Cinética de la degradación *in situ* de la materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutra y acida de los tratamientos experimentales.

Variable	Hora	T1	T2	T3	T4	CME
DMS	4	25.71 ^a	28.51 ^a	30.74 ^a	30.12 ^a	9.61
	8	33.91 ^a	34.03 ^a	37.84 ^a	36.04 ^a	16
	12	35.94 ^b	38.92 ^{ab}	38.23 ^{ab}	43.67 ^a	7.66
	24	50.74 ^a	55.28 ^a	55.56 ^a	58.21 ^a	14.44
	48	61.44 ^b	65.32 ^{ab}	69.97 ^a	69.63 ^a	15.48
	72	67.59 ^b	73.86 ^{ab}	73.74 ^{ab}	76.36 ^a	17.04
DPC	4	6.50 ^b	27.94 ^a	32.00 ^a	38.86 ^a	32.28
	8	9.06 ^b	23.17 ^{ab}	34.12 ^a	35.80 ^a	42.69
	12	11.31 ^c	26.07 ^b	31.19 ^{ab}	41.19 ^a	31.33
	24	24.85 ^a	32.76 ^a	32.49 ^a	30.97 ^a	34.39
DFDN	4	14.66 ^b	12.26 ^b	17.31 ^{ab}	21.31 ^a	20.29
	8	17.51 ^a	20.70 ^a	19.20 ^a	24.02 ^a	118.99
	12	18.12 ^b	11.35 ^c	17.19 ^b	24.17 ^a	8.4
	24	29.06 ^a	22.20 ^b	23.48 ^{ab}	28.20 ^a	17.35
	48	36.19 ^a	32.50 ^a	36.33 ^a	36.44 ^a	21.81
	72	43.84 ^{ab}	40.72 ^b	40.07 ^b	48.88 ^a	24.76
DFDA	4	27.22 ^a	22.85 ^a	28.35 ^a	29.73 ^a	32.25
	8	29.97 ^a	30.26 ^a	28.20 ^a	32.74 ^a	29.7
	12	30.58 ^{ab}	26.00 ^c	28.47 ^{bc}	33.28 ^a	6.0
	24	37.77 ^a	34.77 ^a	36.83 ^a	39.24 ^a	15.03
	48	40.76 ^a	39.80 ^a	42.60 ^a	43.12 ^a	27.4
	72	48.90 ^a	44.45 ^a	45.58 ^a	52.32 ^a	32.99

Literas distintas en la misma hilera, en cada variable, significan diferencias ($P \leq 0.05$)

DMS, digestibilidad de la materia seca; DPC, digestibilidad de la proteína cruda; DFDN; digestibilidad de la fibra detergente neutra; DFDA, digestibilidad de la fibra detergente acida.

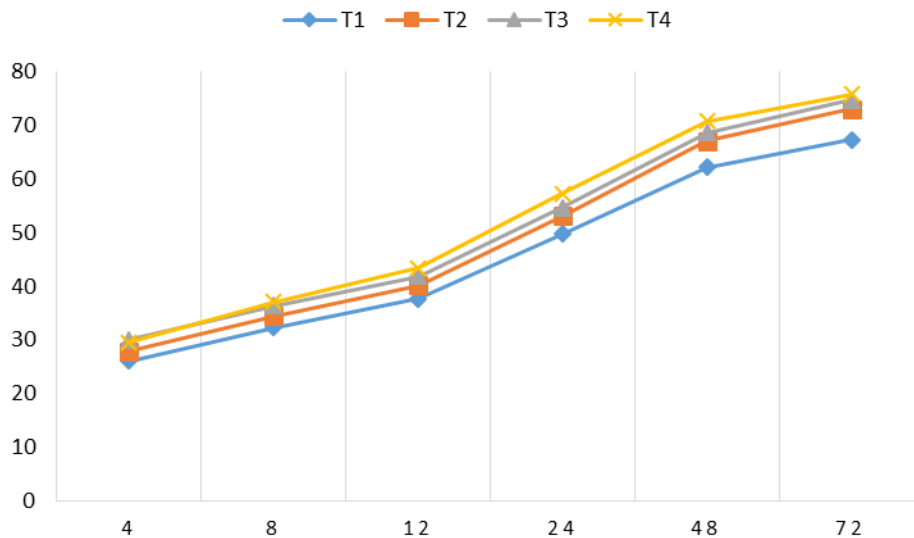
Se aplicó el modelo propuesto por Orskov y McDonald (1979) para estimar las fracciones solubles (A), potencialmente degradable (B) y tasa de digestión (K) en el rumen de la MS de los diferentes tratamientos, en función del tiempo de permanencia en el rumen (Cuadro 9). No se detectaron diferencias en la fracción A entre tratamientos, lo que indica que la fracción soluble de la MS era similar entre tratamientos y que el proceso de fermentación no lo afectó; sin embargo, en la fracción B, aun cuando no se detectaron diferencias, se aprecia una clara tendencia de incremento en esta fracción conforme la cantidad de punta de caña fermentada se aumentó en los tratamientos, lo que coincide con las mayores degradaciones de la MS, FDN y FDA encontradas en la prueba metabólica y lo que soporta el hecho de que el proceso de fermentación favoreció el incremento en la degradabilidad de estos nutrientes. Es importante hacer notar que, aun cuando no se detectaron diferencias, la tasa de digestión (K), tiende a ser mayor en el T4 que en los demás tratamientos, esto indica que la velocidad de digestión de la materia seca potencialmente digestible es de 4.13% por hora, lo que permite una digestión más rápida y se favorezca el consumo de alimento. Desafortunadamente, estos beneficios del proceso de fermentación al ensilar la punta de caña con aditivos, no favoreció el comportamiento productivo de los cabritos por las razones señaladas anteriormente. El comportamiento general de la cinética de digestión ajustado por el modelo de Orskov (Gráfica 4) fue similar al determinado en la prueba in situ que se presentó en la gráfica 3.

Cuadro 9. Fracción soluble y potencialmente degradable de las dietas experimentales aplicando el modelo de Orskov.

Fracción	T1	T2	T3	T4
A	18.85	20.34	22.71	20.79
B	51.84	57.18	56.84	57.95
K (%)	3.77	3.55	3.43	4.13

A, fracción soluble completamente degradable en el rumen; B, fracción potencialmente degradable en el rumen, K tasa de digestión y t es el tiempo de permanencia en el rumen.

Gráfica 4. Degradabilidad de la materia seca de las dietas experimentales ajustada por el modelo Oskorv.



Los resultados del efecto de los tratamientos en las variables ruminales de fermentación, se presentan en el cuadro 9. No hubo diferencias en la concentración total de AGV entre tratamientos, tampoco en la concentración de acético. pero la del ácido propiónico disminuyó ($P < 0.05$) en T4, comparado con T1; sin embargo, es de resaltar la concentración de ácido butírico, el cual presentó nivel anormales desde el T1, aumentando este conforme el nivel de caña fermentada con aditivos se incrementó en los tratamientos, hasta alcanzar proporciones del 36.6% en T4. Esta situación, desde nuestro punto de vista, totalmente atípica y no era esperada, pudo afectar el comportamiento productivo de los cabritos, aun cuando se observó un pH normal en el rumen y, aunque un poco elevada la concentración de $N-NH_3$, se considera que ésta concentración no afectaría la fermentación en el rumen. Debido a estos resultados se decidió hacer nuevamente la determinación de AGV, obteniéndose resultados similares. Ante esto, la explicación de ese incremento en ácido butírico es difícil, pero se puede atribuir a la presencia de *Clostridium*, aun y cuando los cabritos fueron desparasitados y vacunados, específicamente contra éste. Este resultado, no esperado, pudo afectar fuertemente el comportamiento de los cabritos sobre todo en lo

que se refiere al consumo de MS, la cual se disminuyó grandemente conforme se aumentó la punta de caña fermentada. Si bien es cierto que se observa un incremento en la digestibilidad de la MS, FDN y FDA, esto pudo ser un efecto del proceso de fermentación y no por un proceso de degradabilidad ruminal mejorado. El consumo de las dietas experimentales, en general, fue menor a lo esperado y esto pudo afectar la degradación de la MS, y la presencia de la urea consumida elevó la concentración de urea de nitrógeno amoniacal. Sin embargo, la nula respuesta de los cabritos a los tratamientos experimentales y con base a la concentración de ácido butírico, pudo ser debido a un problema de infestación con *Clostridium*.

Cuadro 10. Efecto de los tratamientos experimentales en las variables de fermentación en el rumen.

Variable	T1	T2	T3	T4	CME
AGV (mM)	97.23 ^a	128.62 ^a	129.35 ^a	121.28 ^a	321.46
Acético (mM dl ⁻¹)	45.96 ^a	42.41 ^a	41.01 ^a	41.03 ^a	13.64
Propiónico (mM dl ⁻¹)	30.47 ^a	26.33 ^a	26.20 ^a	22.44 ^a	16.57
Butírico (mM dl ⁻¹)	23.56 ^b	31.27 ^{ab}	32.79 ^{ab}	36.53 ^a	21.00
pH	6.25 ^a	6.31 ^a	6.24 ^a	6.55 ^a	0.03
N-NH ₃ (mg dl ⁻¹)	28.13 ^a	29.03 ^a	26.94 ^a	26.18 ^a	12.61

Literales distintas en la misma columna, significan diferencias (P<0.05)

CME: cuadrado medio del error.

En general, los cabritos utilizados en esta investigación tuvieron un comportamiento negativo como respuesta a los tratamientos utilizados. Estos tratamientos se determinaron con base a la experiencia reportada por Ramos et al. (2014), quién desarrollaron la metodología con los que se mezclaron los aditivos, incluyendo el vitafer y el nivel de cal. Los resultados reportados por Ramos et al. (2014), con bovinos de carne en el trópico son alentadores, sobre todo cuando se usa la punta de caña fermentada con los mencionados aditivos. Esto nos motivó a utilizar la misma metodología pero con cabras provenientes de la Mixteca Poblana para ofrecer una alternativa de alimentación para las cabras de esa zona y utilizando el subproducto de la caña que se produce en Izúcar de Matamoros, Puebla. Es este punto es importante destacar que los cabritos que se adquirieron para el experimento provenían

de diferentes pequeños productores, con diferentes pesos y edades, así como la falta de nutrición, desparasitación y vacunación. La heterogeneidad del material animal, obligó a tenerlos por veinte días en periodo de recuperación y desparasitación, principalmente contra *Clostridium*. Dado el comportamiento productivo de los cabritos, sobre todo de los más pequeños, en respuesta a los tratamientos experimentales fue negativo, con bajos consumos y pérdida de peso corporal, atribuyéndolo estos efectos, en parte a factores como la condición corporal y de salud en que se recibieron, así como a la no aceptación de las dietas al disminuir su consumo voluntario, motivado, tal parece, por el efecto de la fermentación en el rumen, provocado por el alto contenido de ácido butírico.

CONCLUSIÓN

El uso de ensilaje de punta de caña con los aditivos utilizados en este estudio, como alimento para la engorda de cabritos provenientes de la Mixteca Poblana no tiene resultados positivos.

Los cabritos perdieron peso por su limitado consumo

El patrón de fermentación presento baja concentración de ácido acético, alto en propionico y butírico.

La degradación ruminal se favorecio con la inclusión de cal y el proceso de fermentación.

Recomendaciones

Se requiere realizar más estudios para definir las limitantes del consumo de las puntas de caña por parte de los caprinos.

Estudiar los hábitos de los caprinos con relación a la alimentación con caña de azúcar y subproductos.

LITERATURA CITADA

Aguirre Jorge, Magaña Ramón, Martínez Sergio, Gómez Alejandro, Ramírez José C., Barajas Rubén, Plascencia Alejandro, Bárcena Ricardo y García Danny E. 2010. Caracterización nutricional y uso de la caña de azúcar y residuos transformados en dietas para ovinos. *Zootecnia Trop.*, 28(4): 489-497.

AOAC. 2005. Official methods of analysis. Edition 18. Association of Official Analytical Chemists. Washington, 29 DC, EE.UU. 1928 p.

Aranda, I. E. M., Ruiz, P., Mendoza, G. D., Marcoff, C. F., Ramos, J. A., & Elías, A. 2004. Cambios en la digestión de tres variedades de caña de azúcar y sus fracciones de fibra. *Rev. Cubana Ciencias Agrícolas*, 38, 137-144.

Aranda, I. E. M. 2000. Utilización de la caña de azúcar en la alimentación de rumiantes. Tesis en opción al grado de Dr. Cs. Vet. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 90 p.

Arcos-García J.L., Castrejón F.A., Mendoza G.D., Pérez-Gavilán E.P. 2000. Effect of two commercial yeast cultures with *Saccharomyces cerevisiae* on ruminal fermentation and digestion in sheep fed sugar cane tops. *Livestock Production Science* 63 153–157

Aréchiga, C., Aguilera, J., Rincón, R., Méndez de Lara, S., Bañuelos, V., Meza-Herrera, C., 2008. Situación actual y perspectivas de la producción caprina ante el reto de la globalización. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 9 (1), 1-14.

Argos consultores ambientales S.A. de C.V. 2007. Estudio regional forestal, UMAFOR Izúcar de Matamoros. Asociación de Silvicultores de la Mixteca A. C. 221 p.

Bravo-Martins, Claudia Eugênia Castro, Carneiro, Heloisa, Castro-Gómez, Raúl Jorge Hernán, Figueiredo, Henrique César Pereira, & Schwan, Rosane Freitas. 2006. Chemical and microbiological evaluation of ensiled sugar cane with different additives. *Brazilian Journal of Microbiology*, 37(4), 499-504.

Carvalho, B. F., Ávila, C. L. S., Pinto, J. C., Neri, J., & Schwan, R. F. 2014. Microbiological and chemical profile of sugar cane silage fermentation inoculated with wild strains of lactic acid bacteria. *Animal Feed Science and Technology*, 195, 1-13.

Chizzotti, F. H. M., Pereira, O. G., Valadares Filho, S. C., Chizzotti, M. L., Rodrigues, R. T. S., Tedeschi, L. O., & Silva, T. C. 2015. Does sugar cane ensiled with calcium oxide affect intake, digestibility, performance, and microbial efficiency in beef cattle?. *Animal Feed Science and Technology*, 203, 23-32.

- Elías, A., Lezcano, O., Lezcano, P., Cordero, J., & Quintana, L. 1990. Reseña descriptiva sobre el desarrollo de una tecnología de enriquecimiento proteico en la caña de azúcar mediante fermentación en estado sólido (Saccharina). *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 24:1
- Erwin E. S., J. Marco G., and E. Emery. 1961. Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. *J. Dairy Sci.* 44: 1768-1771.
- Franco, G., F. J. 2009. Producción animal y desarrollo sustentable en rumiantes. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Dirección de Fomento Editorial. pp 14-46.
- Galina M.A., Guerrero M., Puga C.D. 2007. Fattening Pelibuey lambs with sugar cane tops and corn complemented with or without slow intake urea supplement. *Small Ruminant Research* 70 101–109.
- Galina, M. A., Pacheco, D., Silva, E., Palma, J. M., & Hummel, J. (1995). Fattening goats with sugarcane sprouts, corn stubble, protein concentrate, molasses and urea. *Small Ruminant Research*, 18(3), 227-232.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía. México. 91 p.
- Hernández-Hernández, J.E. 2006. Valoración de la caprinocultura en la Mixteca Poblana: socioeconomía y recursos arbóreo-arbustivos. Tesis Doctoral. Universidad de Camagüey. Camagüey. Cuba.
- Hernández, J.E., Franco, F.J., Villarreal, O.A., Camacho, J.C. Y Pedraza, R.M. 2011. Caracterización socioeconómica y productiva de unidades caprinas familiares en la mixteca poblana. *Arch. Zootec.* 60 (230): 175-182. 2011.
- INEGI. 2000. Síntesis geográfica del estado de Puebla. Libro electrónico. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. México.
- Jiménez, Badillo, M. D. R., Braña Varela, D., Partida de la Peña, J. A., Alfaro Rodríguez, R. H., Soto Simental, S., & Torres Cardona, M. G. 2013. Evaluación de la calidad en la canal caprina. Guía práctica para la evaluación de la canal caprina. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y

Mejoramiento Animal. INIFAP. Libro técnico N° 4. ISBN: 978-607-37-0027-6. 103 p.

López, I., Aranda, E. M., Ramos, J. A., & Mendoza, G. D. 2003. Evaluación nutricional de ocho variedades de caña de azúcar con potencial forrajero. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola (Cuba)*.

McCullough H. 1967. The determination of ammonia in whole blood by a direct colorimetric method. *Clin.Chem.* 17: 297-304.

Martin, P. C. 2009. El uso de residuales agroindustriales en la alimentación animal en Cuba: pasado, presente y futuro. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 13(3), 3-10.

Martín, P. C. 1997. Forraje de caña en la alimentación del ganado vacuno. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 31: 237

Mora, P.M. 1987. Características de las explotaciones caprinas en la Mixteca Poblana. Primer curso de producción caprina en el estado de Puebla. *Memorias. EMVZ-UAP. Puebla. México.*

Mui, N. T., Ledin, I., & Van Binh, D. (2000). Effect of chopping and level of inclusion of whole sugar cane in the diet on intake and growth of goats. *Livestock Science* 66(1), 25-34.

Noriega-Loyo J. 2017. Determinación del efecto del polimorfismo del gen leptina en el desarrollo corporal-calidad de la canal de corderos Pelibuey. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. 109 p.

Orskov, E. R. and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agriculture Science* 92(2): 492-503.

Peláez, A., Meneses, M., Aranda, E. A., Megías, M. D., Martínez, A., Barcena, R., & Loera, O. 2007. Mejoramiento de la calidad del ensilado de caña de azúcar integral mediante la incorporación de fermentos sólidos de *pleurotus sapidus*. In *Memorias XII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería.*

- Ramos, J. A. 2005. Obtención de un concentrado energético proteínico por fermentación en estado sólido de la caña de azúcar para bovinos en ceba. Tesis en Opción al Grado de Dr. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba.
- Ramos-Juárez, Jesús, Lázaro-Que, C.J., Vargas-Villamil Luis, Aranda-Ibáñez, Emilio y Hernández-Mendo, Omar, 2014. Efecto del hidróxido de calcio y conservación de alimentos a base de residuos de caña de azúcar. *Agroproductividad*. 7. 65-70.
- Salazar-Ortiz, Juan & Trejo-Téllez, Libia Iris & Valdez-Balero, Apolonio & Emmanuel Senties-Herrera, Héctor & Rosas Rodríguez, Miriam & Sánchez, Jaime & Magdalena Crosby-Galván, María & Gómez-Merino, Fernando. 2017. SUGARCANE (*Saccharum* spp.) IN RUMINANTS' DIET: experiences generated with fodder canes. *Agroproductividad*. 10. 70-75.
- Salinas-Chavira, J., Almaguer, L. J., Aguilera-Aceves, C. E., Zinn, R. A., Mellado, M., & Ruiz-Barrera, O. (2013). Effect of substitution of sorghum stover with sugarcane top silage on ruminal dry matter degradability of diets and growth performance of feedlot hair lambs. *Small ruminant research*, 112(1), 73-77.
- Sánchez, T.Y. 2006. Diagnóstico productivo para sustentar las unidades de producción familiar caprinas en la Mixteca Poblana: Tehuaxtla y Maninalcingo. Tesis de Licenciatura. EMVZBUAP. Tecamachalco. Puebla. México.
- Schmidt P. 2006. Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com raçãoes contendo silagens de cana-azúcar. Tesis Doctorado en Agronomía. Escola Superior de Agricultura. Luiz de Queiroz. Universidade de Sao Paulo Brasil p1-228.
- SIAP (2018) Población nacional caprina. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA, Consultado el 7 de marzo de 2018. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/165999/caprino.pdf>
- SIAP (2018) Producción nacional caprina. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA, Consultado el 7 de marzo de 2018. Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx/anpeuario_siapx_gobmx/ResumenNacional.do
- SIAP, 2014. Producción anual de caña de azúcar en el Distrito de Izúcar de Matamoros, Puebla. SAGARPA. Consultado el 18 de noviembre de 2015. Disponible en <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>

Torres-Moreira J.A. 2006. Uso de la caña de azúcar como parte de la ración para engorde de ganado bovino, estabulado y semiestabulado. In: Memorias del XVI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica. Heredia, Costa Rica. pp. 865-869.

Van Soest J. P., B. Robertson J., and A. Lewis B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.

Vanzant E. S., R. C. Cochran and E. C. Titgemeyer, 1998. Standardization of in situ techniques for ruminant feedstuff evaluation. *J. Anim. Sci.*, 76:2717-2729.