



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y SALUD
ANIMAL

“Evaluación de la capacidad nutricional del ensilado de híbridos de maíz Tsiri Puma y Tlaoli Puma en la producción ovina y caprina: Un enfoque etológico y ecológico”

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
DOCTORA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y SALUD ANIMAL

Presenta:

M. en M.V.Z. LAURA CASTILLO HERNÁNDEZ

Tutora principal:

Dra. Angélica María Terrazas García

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM

Comité tutor:

Dra. Margarita Tadeo Robledo

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM

Dra. Julieta Gertrudis Estrada Flores

Universidad Autónoma del Estado de México

Cuautitlán Izcalli, Estado de México, 2025



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**PROTESTA UNIVERSITARIA DE INTEGRIDAD Y
HONESTIDAD ACADÉMICA Y PROFESIONAL
(Graduación con trabajo escrito)**

De conformidad con lo dispuesto en los artículos 87, fracción V, del Estatuto General, 68, primer párrafo, del Reglamento General de Estudios Universitarios y 26, fracción I, y 35 del Reglamento General de Exámenes, me comprometo en todo tiempo a honrar a la Institución y a cumplir con los principios establecidos en el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente con los de integridad y honestidad académica.

De acuerdo con lo anterior, manifiesto que el trabajo escrito titulado:

"Evaluación de la capacidad nutricional del ensilado de híbridos de maíz TSIRI PUMA y TLAOLI PUMA en la producción ovina y caprina: Un enfoque etológico y ecológico"

que presenté para obtener el grado de **Doctora** es original, de mi autoría y lo realicé con el rigor metodológico exigido por mi programa de posgrado, citando las fuentes de ideas, textos, imágenes, gráficos u otro tipo de obras empleadas para su desarrollo.

En consecuencia, acepto que la falta de cumplimiento de las disposiciones reglamentarias y normativas de la Universidad, en particular las ya referidas en el Código de Ética, llevará a la nulidad de los actos de carácter académico administrativo del proceso de graduación.

Atentamente

Laura Castillo Hernández, 303271316

A handwritten signature in black ink, appearing to be the name of the student.

(Nombre, firma y Número de cuenta de la persona alumna)



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

COORDINACIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Universidad Nacional Autónoma de México
Secretaría General
Coordinación General de Estudios de Posgrado
Persona titular del Programa de en
Ciencias de la Producción y de la Salud Animal

Presente:

Quien suscribe, Dra. Angélica María Terrazas García, tutora principal de Laura Castillo Hernández, con número de cuenta 303271316, integrante del alumnado de Doctorado en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal, de ese programa, manifiesto bajo protesta de decir verdad que conozco el trabajo escrito de graduación elaborado por dicha persona, cuyo título es: **“Evaluación de la capacidad nutricional del ensilado de híbridos de maíz TSIRI PUMA y TLAOLI PUMA en la producción ovina y caprina: Un enfoque etológico y ecológico”** así como el reporte que contiene el resultado emitido por la herramienta tecnológica de identificación de coincidencias y similitudes con la que se analizó ese trabajo, para la prevención de faltas de integridad académica. De esta manera, con fundamento en lo previsto por los artículos 96, fracción III del Estatuto General de la UNAM; 21, primero y segundo párrafos, 32, 33 y 34 del Reglamento General de Exámenes y; 22, 49, primer párrafo y 52, fracción II del Reglamento General de Estudios de Posgrado, AVALO que el trabajo de graduación presentado se envíe al jurado para su revisión y emisión de votos, por considerar que cumple con las exigencias de rigurosidad académica previstas en la legislación universitaria.

Protesto lo necesario.

“Por mi raza hablará el espíritu”

Ciudad Universitaria CDMX a 6 de diciembre de 2024



Dra. Angélica María Terrazas García
Tutora principal

DEDICATORIA

A mis padres, hermanos y sobrinas que son el motor de mi vida, mi fuente de inspiración y mi fuente de felicidad.

A mis amigos Sandy, Sara y Víctor por su enorme apoyo y palabras de aliento siempre que el día es demasiado gris.

Con mucho cariño para mis maestros que amaron a los pequeños rumiantes tanto como yo lo hago, Dr. José De Lucas Tron y Dr. Miguel Ángel Pérez Razo, QEPD.

AGRADECIMIENTOS Y CRÉDITOS

Dra. Angélica:

- Por su gran apoyo, conocimientos, dedicación, paciencia y aportaciones para que se llevara a cabo este proyecto, también agradezco mucho su amistad. Es una increíble investigadora, profesora y sobre todo un gran ser humano.

Dra. Margarita y Dra. Julieta, mi comité tutor:

- Gracias por su dedicación, por su apoyo para lograr este proyecto son una gran inspiración para las mujeres investigadoras.

Al Dr. Joob Zaragoza Esparza:

- Por su apoyo con el establecimiento, manejo y cosecha de los cultivos de maíz; así como en la realización de los ensilados, apoyo en las determinaciones de laboratorio y en la colecta de datos.

Investigación realizada gracias al financiamiento de:

- Al programa UNAM-DGAPA-PAPIIT clave IN224220 (responsable Angélica Terrazas)
- A la cátedra de investigación UNAM-FESC-CI2245 (responsable Angélica Terrazas).
- Al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT) fondo Mujeres Investigadoras FICDTEM-2021-068 (Responsable Angélica Terrazas)
- Al programa UNAM-DGAPA-PAPIIT claves IT201618 (responsable Margarita Tadeo).

Al CONACYHT por la beca nacional otorgada para realizar los estudios de Doctorado con número 2020-000026-02NACF-25852.

Al Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) de la UAEMex a través del proyecto de investigación 6859/2023E (Responsable Julieta Estrada) para la realización de pruebas de cinética de la fermentación ruminal *in vitro* y al personal responsable de los laboratorios del Instituto por su apoyo.

Al módulo de Ovinos y Caprinos, así como al área Agrícola del Centro de Enseñanza Agropecuaria, de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM y su personal:

- Por permitirnos la realización de esta investigación y el apoyo brindado durante todo el proceso.

A los M. en C. Paolo Cano Suárez y Alan Olazabal Fenochio:

- Por su apoyo en todo el proceso experimental

Al Doctor Jesús Jonathan Ramírez Espinoza

Por su apoyo en el cálculo de dietas manejo nutricional de los animales.

Al Mtro. Jesús Macedo, Ingeniero Axel Castillo, Martín Aranda, Jaime Sánchez y Salvador A.

- Por su apoyo en la colecta de los datos de todo el trabajo experimental y por el cuidado de los animales.

A la M.C. Rosario Arvizu y al personal de su laboratorio

- Por el apoyo con las determinaciones de los metabolitos en sangre.

Al Dr. Gustavo Mercado Macera

- Por su apoyo en con los datos de estación meteorológica de la FES Cuautitlán, UNAM.

CONTENIDO

RESUMEN GENERAL.....	1
ABSTRACT.....	4
INTRODUCCIÓN GENERAL	7
OBJETIVOS GENERALES.....	12
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
HIPÓTESIS.....	12
<i>Capítulo I. Potencial productivo de los híbridos de maíz Tsiri Puma y Tlaoli Puma en la alimentación de ovejas gestantes.</i>	<i>13</i>
1. INTRODUCCIÓN.....	13
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
Nota ética.....	16
2.1 Lugar de estudio.....	16
2.2 Animales y condiciones de mantenimiento.....	17
2.3 Grupos experimentales y alimentación.....	19
2.4 Proceso Experimental.....	20
2.4.1. Medición del peso, condición corporal y FAMACHA de las ovejas.....	20
2.4.2. Medición del consumo de alimento.....	21
2.4.3. Medición del comportamiento durante la gestación.....	21
2.4.4. Medición de metabolitos en sangre.....	22
2.4.5. Mediciones realizadas en el cordero a las dos horas postparto.....	23
2.4.6. Mediciones de la producción y calidad de leche.....	24
2.5. Análisis estadístico.....	26
3. RESULTADOS.....	26
3.1. Peso corporal de las ovejas.....	26
3.2. Condición Corporal de las ovejas.....	27
3.3. FAMACHA.....	29
3.4. Producción de leche.....	31
3.5. Calidad de la leche.....	31
3.6. Perfil metabólico.....	32
3.6.1. Proteínas totales.....	32
3.6.2. Albúmina.....	32
3.6.3. Globulina.....	33
3.6.4. Glucosa.....	33
3.6.5. Colesterol.....	33
3.6.6. β hidroxibutirato.....	34
3.7. Peso de los corderos.....	34
3.8. Temperatura corporal de los corderos.....	35
3.9. Comportamiento de las ovejas durante la gestación.....	36
3.9.1. Comiendo.....	36
3.9.2. Rumiando de pie.....	37
3.9.3. Rumiando echada.....	37
3.9.4. Descansando.....	38
3.10. Consumo del alimento.....	38
4. DISCUSIÓN.....	39
4.1. Peso y condición corporal de las ovejas.....	39

4.2.	FAMACHA.....	41
4.3.	Producción y calidad de leche.....	42
4.4.	Perfil metabólico de las ovejas.....	43
4.5.	Peso y temperatura en corderos.....	43
4.6.	Comportamiento y consumo del alimento de las ovejas durante la gestación.....	44
5.	CONCLUSIONES	46
Capítulo II. Evaluación productiva, nutricional y cinética de fermentación ruminal in vitro de híbridos de maíz puma y su relación con parámetros productivos en ovejas.....		48
1.	INTRODUCCIÓN	48
2.	MATERIALES Y MÉTODOS	50
2.1.	Lugar de estudio.....	50
2.2.	Siembra de los híbridos de maíz, manejo agronómico y cosecha.....	50
2.3.	Rendimiento en materia verde, de materia seca y porcentaje de materia seca	51
2.5.	Cinética de fermentación ruminal (PGIV) y digestibilidad (DIV) de cada componente de la planta. 51	
2.6.	Preparación del ensilado	52
2.8.	Animales y mantenimiento	53
2.9.	Cambios de peso y de condición corporal y metabolitos en sangre.....	53
2.10.	Análisis estadístico.....	54
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
3.1.	Rendimiento de materia verde, rendimiento y porcentaje de materia seca (MS)	55
3.2.	Constitución de los componentes de las plantas de los híbridos de maíz Puma.....	57
3.4.	Contenido de proteína de cada componente de la planta.....	59
3.5.	Fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD) de cada componente de la planta 60	
3.6.	Producción de gas in vitro (PGIV) y digestibilidad in vitro (DIV) de cada componente de la planta 62	
3.7.	Digestibilidad in vitro de materia seca (MS), materia orgánica (MO) y FDN de tallo, hoja y mazorca 63	
3.8.	Cambio de peso corporal de las ovejas.....	64
3.9.	Cambio de condición corporal de las ovejas	66
3.10.	Glucosa y β hidroxibutiratos	68
4.	CONCLUSIONES	71
Capítulo III. Evaluación productiva y potencial alimenticio de maíces Tsiri Puma y Tlaoli Puma incluidos en dietas sobre el rendimiento de cabras gestantes y sus cabritos.		72
.....		
1.	INTRODUCCIÓN	72
2.	MATERIALES Y MÉTODOS	74
2.1.	Lugar de estudio.....	74
2.2.	Establecimiento del experimento y cultivo para el ensilado.....	75
	Diseño experimental	75
2.3.	Medición del material vegetativo.....	76
2.3.1.	Rendimiento en materia verde	76
2.3.2.	Rendimiento de materia seca	76
2.3.3.	Porcentaje de materia seca	76
2.4.	Cosecha y preparación del ensilado.....	77
2.5.	Animales y condiciones de mantenimiento	77

Nota ética	77
2.6.2. Alimentación.....	79
2.6.3. Medición del peso y condición corporal.....	80
2.6.4. Medición del consumo de alimento	80
2.6.5. Medición de glucosa en sangre	81
2.6.5. Mediciones realizadas post parto en cabritos.....	81
2.7. Análisis estadístico.....	82
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	83
3.1. Material vegetativo	83
3.2. Consumo de alimento	84
3.3. Peso corporal de las cabras	86
3.4. Condición corporal de las cabras	87
3.5. Glucosa	88
3.6. Peso de los cabritos	89
3.7. Temperatura de los cabritos	90
4.- CONCLUSIONES	91
<i>DISCUSIÓN GENERAL</i>	<i>93</i>
<i>CONCLUSIONES GENERALES</i>	<i>97</i>
<i>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</i>	<i>98</i>

RESUMEN GENERAL

En el presente trabajo se evaluó el potencial alimenticio de híbridos maíz **Tlaoli Puma** y **Tsiri Puma** como ensilado en un 50% de la dieta de ovejas y cabras a partir de la segunda mitad de la gestación y el parto y su efecto en las crías. Por otra parte, se evaluaron los componentes de la planta: hoja, tallo y mazorca de los híbridos de maíz, Tlaoli Puma, Tsiri Puma y Centli Puma, para determinar el potencial productivo, así como componentes nutricionales por medio de la técnica de producción de gas y digestibilidad *in vitro*.

En el **Capítulo I** se evaluó el efecto de tres híbridos de maíz **Tlaoli Puma**, **Tsiri Puma** y **Centli Puma** en parámetros productivos, metabólicos y conductuales. Para ello se utilizó un rebaño de 61 ovejas gestantes, asignadas a uno de los tres híbridos: Centli Puma (N = 21), Tsiri Puma (N = 20) y Tlaoli Puma (N = 20). En las ovejas se midió el peso, la condición corporal (CC), FAMACHA y perfil metabólico, así como conductas previas al parto, la producción y calidad de leche a los 15 y 30 días de lactancia. En los corderos se midió la temperatura al nacimiento y el peso en el primer mes postparto. Se encontró que el peso, la CC y la FAMACHA de las ovejas durante la gestación y en la lactancia no fue afectada por el grupo ($P > 0.05$). La frecuencia de ovejas que se encontraba comiendo fue mayor en el grupo Tlaoli Puma ($P > 0.05$). Ni los metabolitos registrados durante la gestación, ni la producción de leche durante la lactancia fueron afectados por el grupo ($P = 0.183$). De la misma manera el peso de los corderos no varió entre los tres grupos de híbridos de maíz ($P = 0.573$). Se concluye que la alimentación de ovejas gestantes y en el parto, con ensilados de híbridos Tsiri Puma y Tlaoli Puma, tiene buen potencial ya que permiten mantener parámetros productivos y metabólicos adecuados a las diferentes etapas y favorece a la sobrevivencia de los corderos. En el **Capítulo II**. Se determinó en los componentes de la

planta: hoja, tallo y mazorca de los híbridos de maíz, **Tlaoli Puma**, **Tsiri Puma** y **Centli Puma**, el rendimiento en materia verde y materia seca, porcentaje de materia seca, porcentaje de proteína, fibra neutro detergente y fibra ácido detergente. Así como la producción de gas y digestibilidad *in vitro*. Los ensayos se establecieron en el ciclo 2020 en las parcelas de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. El rendimiento de materia verde y de materia seca, así como el porcentaje de materia seca fueron similares en los tres híbridos de maíz Puma ($P > 0.05$). Los híbridos Tlaoli Puma y Centli Puma presentaron los mayores porcentajes en el componente hoja ($P < 0.05$), mientras que en los porcentajes de tallo y mazorca no se encontraron diferencias entre los tres híbridos ($P > 0.05$). El contenido de proteína cruda fue similar entre los híbridos Puma ($P > 0.05$). No se observaron diferencias significativas en la fracción insoluble en los tres componentes de la planta de los híbridos Puma, las diversas fracciones de los tres híbridos en sus componentes hoja y tallo lo cual indicaría que son similares en cuanto al valor de fermentación de la fracción insoluble. La digestibilidad *in vitro* de la materia seca, la materia orgánica y la digestibilidad *in vitro* de la fibra detergente neutro no variaron entre los híbridos Puma, ni entre los componentes de la planta: tallo, hoja y mazorca. En el **Capítulo III** se evaluaron dos variedades híbridas de maíz (**Tsiri Puma** y **Tlaoli Puma**) para producir ensilados y su efecto en la alimentación de las cabras gestantes y sus crías. Se utilizó un rebaño de 38 cabras multíparas de razas con aptitud lechera las cuales fueron gestadas y a partir del día 64 fueron asignadas a tres tratamientos: a) grupo Tsiri Puma: cabras alimentadas con una dieta que cubría sus requerimientos que contenía el 50% de ensilado del híbrido Tsiri Puma b) grupo Tlaoli Puma cabras alimentadas con una dieta que cubría sus requerimientos que contenía el 50% de ensilado de híbrido Tlaoli Puma y c) grupo testigo, cabras alimentadas con una dieta que

cubría sus requerimientos y que contenía el 50% de ensilado de un híbrido comercial de maíz. La alimentación con estas dietas finalizó en la primera semana post parto. Días previos a la cosecha para la preparación de los ensilados se midió en cada uno de los híbridos el rendimiento de materia verde, rendimiento de materia seca y porcentaje de materia seca. En las hembras se midió el peso, la condición corporal y el perfil metabólico en la gestación y siete días post parto. En los cabritos se midió el peso al nacimiento y a los siete días posteriores y las temperaturas corporales alrededor de dos horas. Se encontró que rendimiento de materia verde y seca, porcentaje de materia seca no fue diferente entre los tres grupos de maíces ($p>0.05$). En las cabras el consumo de alimento fue mayor en las del grupo Tlaoli Puma, seguido del grupo Tsiri Puma ($p<0.0001$). El peso de las cabras fue mayor en los grupos Tsiri Puma y Tlaoli Puma ($p=0.0001$). La condición corporal y las concentraciones de glucosa no fueron afectadas por los tratamientos ($p>0.05$). Finalmente, el peso corporal y la temperatura externa de los cabritos fueron mayores en el grupo Tlaoli Puma ($p<0.5$). Se concluye que los híbridos de maíz Tsiri Puma y Tlaoli Puma tienen un rendimiento vegetal adecuado que permite producir ensilados de buena calidad que favorecieron buenos parámetros productivos de cabras y sus crías.

ABSTRACT

In the present work, the nutritional potential of Tlaoli Puma and Tsiri Puma corn hybrids was evaluated as silage in 50% of the diet of sheep and goats from the second half of gestation and peripartum and its effect on the offspring. On the other hand, the components of the plant were evaluated: leaf, stem and cob of the corn hybrids, Tlaoli Puma, Tsiri Puma and Centli Puma, to determine the productive potential, as well as nutritional components through the production technique of gas and digestibility in vitro.

In Chapter I, the effect of three corn hybrids Tlaoli Puma, Tsiri Puma and Centli Puma on productive, metabolic and behavioral parameters was evaluated. For this, a flock of 61 pregnant sheep was used, assigned to one of the three hybrids: Centli Puma (N = 21), Tsiri Puma (N = 20) and Tlaoli Puma (N = 20). Weight, body condition (BC), FAMACHA and metabolic profile were measured in the sheep, as well as pre-calving behaviors, milk production and quality at 15 and 30 days of lactation. The temperature at birth and weight in the first month postpartum were measured in the lambs. It was found that the weight, BCW and FAMACHA of the sheep during pregnancy and lactation were not affected by the group ($P > 0.05$). The frequency of sheep that were eating was higher in the Tlaoli Puma group ($P > 0.05$). Neither the metabolites recorded during pregnancy nor milk production during lactation were affected by the group ($P = 0.183$). In the same way, the weight of the lambs did not vary between the three groups of corn hybrids ($P = 0.573$). It is concluded that feeding pregnant and peripartum ewes with silages of Tsiri Puma and Tlaoli Puma hybrids has good potential since they allow maintaining productive and metabolic parameters appropriate to the different stages and favors the survival of the lambs. In Chapter II. It was determined in the components of the plant: leaf, stem and cob of the corn hybrids, Tlaoli Puma, Tsiri Puma

and Centli Puma, the yield in green matter and dry matter, percentage of dry matter, percentage of protein, neutral detergent fiber and acid detergent fiber. As well as gas production and in vitro digestibility. The trials were established in the 2020 cycle on the plots of the Cuautitlán Faculty of Higher Studies. The yield of green matter and dry matter, as well as the percentage of dry matter were similar in the three Puma corn hybrids ($P > 0.05$). The hybrids Tlaoli Puma and Centli Puma presented the highest percentages in the leaf component ($P < 0.05$), while in the percentages of stem and cob no differences were found between the three hybrids ($P > 0.05$). Crude protein content was similar among Puma hybrids ($P > 0.05$). No significant differences were observed in the insoluble fraction in the three plant components of the Puma hybrids, the various fractions of the three hybrids in their leaf and stem components, which would indicate that they are similar in terms of the fermentation value of the insoluble fraction. . The in vitro digestibility of dry matter, organic matter and in vitro digestibility of neutral detergent fiber did not vary between the Puma hybrids, nor between the plant components: stem, leaf and cob. In Chapter III, two hybrid varieties of corn (Tsiri Puma and Tlaoli Puma) were evaluated to produce silage and its effect on the feeding of pregnant goats and their offspring. A herd of 38 multiparous goats of breeds with dairy aptitude were used, which were gestated and from day 64 were assigned to three treatments: a) Tsiri Puma group: goats fed with a diet that covered their requirements and contained 50% silage. of the Tsiri Puma hybrid b) Tlaoli Puma group, goats fed with a diet that covered their requirements that contained 50% of Tlaoli Puma hybrid silage and c) control group, goats fed with a diet that met their requirements and that contained 50% of silage from a commercial corn hybrid. Feeding with these diets ended in the first week postpartum. Days prior to harvest for the preparation of silages, the yield of green matter, dry

matter yield and percentage of dry matter was measured in each of the hybrids. Weight, body condition and metabolic profile were measured in the females during pregnancy and seven days postpartum. The weight of the goats was measured at birth and seven days later, as well as body temperatures around two hours. It was found that yield of green and dry matter, percentage of dry matter was not different between the three groups of corn ($p>0.05$). In the goats, food consumption was higher in the Tlaoli Puma group, followed by the Tsiri Puma group ($p<0.0001$). The weight of the goats was higher in the Tsiri Puma and Tlaoli Puma groups ($p=0.0001$). Body condition and glucose concentrations were not affected by the treatments ($p>0.05$). Finally, the body weight and external temperature of the kids were higher in the Tlaoli Puma group ($p<0.5$). It is concluded that the Tsiri Puma and Tlaoli Puma corn hybrids have adequate plant performance that allows them to produce good quality silage that favored good productive parameters of goats and their offspring.

INTRODUCCIÓN GENERAL

El inventario mundial de ovejas es de 1, 266 millones de cabezas (IWTO 2021) y el de cabras de 1, 200 millones de cabezas (Worldstats 2023). La producción de estos pequeños rumiantes es de suma importancia para la seguridad alimentaria mundial (Joy *et al.*, 2020), sobre todo de regiones vulnerables (FAO, 2021) ya que estos pequeños rumiantes muchas veces son la fuente principal de ingresos económicos y se concentran en sistemas de producción pastorales extensivos y semi extensivo, sin embargo en algunas etapas como la gestación y la lactancia los animales llegan a padecer de malnutrición que puede afectar el desarrollo del feto, la producción de leche y calostro, así como el deterioro de la relación madre-cría y en consecuencia incrementar la tasa de mortalidad en las crías (Mellor, 1983; Robinson *et al.*, 1999; Terrazas *et al.*, 2009; Dwyer *et al.*, 2016; Freitas de Melo *et al.*, 2018). Por lo que las investigaciones en los países en desarrollo, donde las condiciones nutricionales de los rebaños de ovinos y caprinos no son las óptimas, se han enfocado a generar estrategias nutricionales con periodos cortos y precisos de suplementación alimenticia, explorando principalmente a las hembras en estados de gestación y lactancia (Terrazas *et al.*, 2012; Idamokor *et al.*, 2017). Dentro de estas estrategias nutricionales se ha estudiado la inclusión de suplementos energéticos como el uso de grano de maíz y avena durante el último mes de gestación tanto en ovejas, como en cabras (Banchero *et al.*, 2007; 2009; Ramírez-Vera *et al.*, 2012 a y b). Asimismo, se ha tratado de favorecer la calidad nutricional de los esquilmos de cosecha como el rastrojo de maíz, al cual se le han aplicado tratamientos químicos para potencializar su valor nutricional (Fahmy y Klopfenstein, 1992). Las investigaciones sobre dichas estrategias nutricionales también han considerado los costos de producción, por lo que las propuestas predominantes son aquellas que permiten el uso de sustratos nutricionales

económicos y disponibles en la región. De los trabajos que anteceden al uso del maíz como sustrato energético en ovinos y en caprinos, es en forma de grano molido o rolado, el cual ha de ser suministrado como suplemento en las últimas dos semanas de gestación, incrementando la producción de calostro y leche, favoreciendo la vinculación materno filial y la sobrevivencia de la cría (Banchero *et al.*, 2007; Banchero *et al.*, 2009; Ramírez-Vera *et al.*, 2012 a y b).

En México el maíz es el segundo productor agropecuario con mayor producción con 26.6 millones de toneladas (FAOSTAT 2022), cultivo de gran importancia nacional, debido a que se utiliza para consumo humano y animal que puede ser aprovechado por los pequeños rumiantes en sus principales componentes: grano, ensilado de la planta completa y rastrojo. El maíz es la gramínea con mayor volumen de producción de grano a nivel mundial, 1,025.6 millones de toneladas, de las cuales el 61.9% correspondieron a consumo forrajero y 38.1% a consumo humano, industrial y de semilla (USDA, 2019). En México en el 2023 se produjeron 27.5 millones de toneladas de grano y de maíz forrajero se produjeron 15, 431 millones de toneladas con un rendimiento promedio de 33.61 udm/ha (rendimiento de materia seca por hectárea) (SIAP, 2023). Gran parte del maíz que se importa está destinado a la alimentación animal. De esta manera se reportó que para el año 2023 se importaron alrededor de 19.7 millones de toneladas, 13.9 % con respecto al año 2022 (SIAP, 2024).

En virtud de que el maíz es un alimento ampliamente distribuido en México, la UNAM y el INIFAP en sus programas de mejoramiento genético han desarrollado para Valles Altos variedades precoces e híbridos varietales de maíz blanco y amarillo, los cuales se han liberado al mercado para su producción y consumo por parte de los productores agrícolas. Dichas variedades mejoradas presentan mayores rendimientos de grano con respecto a otros híbridos

comerciales, de esta manera los híbridos Tsiri Puma y Tlaoli Puma se evaluaron en 2015 y 2016, obteniéndose rendimientos de forraje en materia verde de 83 y 81 ton ha⁻¹ respectivamente y en materia seca de 23 y 22 ton ha⁻¹, respectivamente. Así como razonables contenidos de proteína (8.5 a 9%), altos valores de digestibilidad *in vitro* (68%) y bajo contenidos de fibras detergentes neutro y ácido de 50 y 25%. El híbrido de maíz Tsiri Puma presenta un rendimiento de grano de 9.5 a 12.5 t ha⁻¹, con media de 8.5 ton ha⁻¹. Adicionalmente estos híbridos son resistentes al acame de raíz y tallo y a las enfermedades fungosas de planta y mazorca causadas por los géneros *Puccinia* y *Ustilago* (Tadeo-Robledo *et al.*, 2016; Medina, 2018). Estos híbridos han sido evaluados en su capacidad nutricional como potencial para su uso en la producción animal, pero esto sólo ha sido evaluado en laboratorio. De esta manera se reporta que el híbrido Tsiri Puma *in vitro* tienen una digestibilidad del 72% (Tadeo-Robledo *et al.*, 2016; Medina, 2018), lo cual es alto en comparación a otros forrajes. Por lo que se hace necesario evaluar su aprovechamiento en la producción particularmente de los pequeños rumiantes.

Por otro lado, el ensilaje es un método de conservación de forraje que utilizan los productores, debido a que grandes cantidades de forraje pueden ser conservadas rápidamente, la cosecha y el proceso son menos dependiente del clima que el henificado (Grant y Adesogan, 2018). Además si el proceso se realiza adecuadamente se puede mantener la calidad de la planta al momento de la cosecha, incluso por años. La principal especie utilizada en México para ensilaje es el maíz (SIAP, 2019), debido a su alto rendimiento de forraje, con respecto a otros cereales y a su alto contenido de energía digestible (Baron *et al.*, 2014).

Los ovinos y caprinos son animales con habilidades tróficas que le permite ingerir plantas con alto contenido de fibra (Abedo *et al.*, 2013), de tal manera que pueden aprovechar la energía que éstos les aportan y el ensilado que se utiliza para alimentar al ganado destinado a la engorda, es una fuente con alto contenido de energía que permite reducir la dependencia del grano en la ración y disminuir así la acumulación de grasa en la canal (Jaborek *et al.*, 2017). Otra ventaja de la utilización del ensilado es la reducción de problemas de acidosis debido a la reducción en el contenido de grano en la ración (Fluharty *et al.*, 2017).

Respecto a la producción animal se sabe que México cuenta con un inventario actual de casi 9 millones de cabezas, estados de México, Hidalgo, Oaxaca, Veracruz y Puebla son los que cuentan con mayor presencia ovina (SADER, 2023). Por su parte cuenta con 8.84 millones de cabezas de ganado caprino, el 80% de la producción de este ganado se efectúa en sistemas de producción extensivo de subsistencia, en zonas de alta siniestralidad, pero de éstos dependen cerca de 1.5 millones de mexicanos, repartidos en 450 mil unidades de producción (SIAP, 2023). La eficiencia en este sistema es muy baja, debido a la escasa producción de forrajes y a la baja calidad del mismo.

En el caso particular de los sistemas de producción semi-extensiva en México y en varias regiones a nivel mundial se realiza sobre pasto nativos y restos de cultivos y cosecha, lo cual hace que la disponibilidad del forraje varíe de manera importante a lo largo del año, habiendo periodos que disminuye significativamente y es insuficiente, especialmente cuando los animales se encuentran en gestación y lactancia (Freitas de Melo *et al.*, 2015), o cuando los requerimientos nutricionales llegan a su máximo (Rattaray *et al.*, 1987; Kenyon y Webby, 2007).

Los híbridos Tsiri Puma y Tlaoli Puma, generados por la UNAM-INIFAP han mostrado un alto potencial productivo de grano y forraje, se evaluaron en laboratorio y registraron calidad alta, sin embargo, no se ha determinado su capacidad en los animales, por lo que es necesario establecer si pueden constituir una alternativa en la alimentación del ganado.

OBJETIVOS GENERALES

Evaluar el efecto de la alimentación con ensilado de híbridos de maíz Tsiri Puma y Tlaoli Puma, a cabras y ovejas durante la gestación y lactancia, sobre parámetros conductuales, productivos y en sus crías.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Evaluar el efecto la alimentación con ensilado de híbridos de maíz Tsiri Puma y Tlaoli Puma, a cabras y ovejas en estabulación, sobre el peso y la condición corporal, así como el perfil metabólico en sangre, durante la gestación y la lactancia.
- 2) Evaluar el efecto la alimentación con ensilado de híbridos de maíz Tsiri Puma y Tlaoli Puma, en ovejas en estabulación, sobre la producción de la leche durante la lactancia.
- 3) Evaluar el efecto la alimentación con ensilado de híbridos de maíz Tsiri Puma y Tlaoli Puma, a cabras y ovejas en estabulación, sobre el comportamiento alimenticio, durante la gestación y la lactancia.
- 4) Determinar el rendimiento y la calidad nutricional del forraje, así como la cinética de fermentación ruminal *in vitro* de híbridos Puma.

HIPÓTESIS

La alimentación con ensilado de maíz ya sea de híbrido Tsiri Puma y Tlaoli Puma, mejoran los parámetros productivos y conductuales y viabilidad en sus crías cuando se les provee a cabras y ovejas durante la segunda mitad de la gestación y la lactancia.

Capítulo I. Potencial productivo de los híbridos de maíz Tsiri Puma y Tlaoli Puma en la alimentación de ovejas gestantes.

1. INTRODUCCIÓN.

Los ovinos juegan un papel importante dentro de la ganadería social ya que pueden brindar productos como la lana, leche y carne (SADER, 2022). El inventario en México para el 2019 fue de 8.8 millones de ovinos (FAOSTAT, 2019), se concentró en el Estado de México con el 30%, en Hidalgo con el 25% y en Veracruz con el 15%, parte de estos estados se encuentran en los Valles Altos de la mesa central del país (Orona-Castillo *et al.*, 2014; FAOSTAT, 2019). La nutrición materna durante la gestación es un determinante clave para el desarrollo, crecimiento y sobrevivencia del producto (Herring, *et al.*, 2018). En ovejas maduras con 80 kg de peso y múltiples productos, el consumo de materia seca (MS) durante la gestación tardía es de alrededor de 2.82% en relación con su peso vivo (PV) NRC (2007), en la lactación temprana el consumo de materia es aproximado al 3.27% del PV y en cuanto a sus necesidades, la energética es de 2.0 EM Mcal/kg y de proteína cruda (PC) es de 12.11 % para el final de gestación; para lactación temprana son de 2.39 EM Mcal/kg y 10.48% PC (NRC, 2007). Se ha observado que cuando las ovejas llegan a padecer de malnutrición durante la gestación se puede afectar el desarrollo del feto, y en los recién nacidos causa hipotermia e inanición (Treacher, 1970; Mellor y Stafford, 2004; Refshauge *et al.*, 2015; Burgos-González *et al.*, 2018); por su parte la producción de calostro se ve disminuida (Mellor y Murray, 1985; Banchemo *et al.*, 2006; Refshauge *et al.*, 2015) y se deteriora la relación madre-cría, lo que en consecuencia puede incrementar la tasa de mortalidad en las crías (Dwyer *et al.*, 2003; Terrazas *et al.*, 2012; Olazábal *et al.*, 2013; Freitas de Melo *et al.*, 2015 y 2018). Otros efectos consecuentes de una mala nutrición pueden ser las

complicaciones al parto (Ahmed *et al.*, 2017; Dwyer, 2017) y reducción en la acumulación de reserva grasa (Russel, *et al.*, 1969) lo que complica sostener la lactancia (Vergara *et al.*, 2006; Refshauge *et al.*, 2015).

Por su parte el comportamiento de la alimentación en la oveja es importante ya que el consumo voluntario de MS declina pocas semanas antes del parto (Forbes, 1970), lo que conlleva a una restricción de los nutrientes en esta etapa. Sin embargo, el uso de algunos alimentos con elevado nivel energético puede mejorar la ingesta de nutrientes y los parámetros productivos de la oveja (Banchero *et al.*, 2004a y 2004b). El consumo de materia seca en ovejas en gestación tardía aumenta el consumo general en un 34% en comparación con ovejas con gestaciones tempranas (Arnold, 1975). Una leve restricción en la ingesta de alimentos durante la gestación provoca cambios considerables en el metabolismo de la oveja, como ejemplo la baja concentración de glucosa en la sangre, la alta concentración de β Hidroxibutiratos (Charismiadou *et al.*, 2000).

Una limitante importante para la producción ganadera es la baja disponibilidad de forrajes en la época de sequía, sin embargo, para hacer frente a esta problemática se ha implementado el uso de métodos de conservación de forrajes como el de ensilar (Esperance y Ojeda, 1997). Este proceso es muy utilizado en países de climas templados y tropicales, ya que en estos existe la necesidad de suplementación nutricional en el tiempo de escasez. (Rodríguez y Herrera, 2021). Adicionalmente este método tiene como ventaja el permitir el aprovechamiento óptimo de la planta, ya que se utiliza desde el tallo hasta el fruto (Rodríguez y Herrera, 2021) además de ser un método eficaz y económico (Quispe, 2021) y dentro de la gama de forrajes para conservar el maíz es el más utilizado para ensilar (Ramos, 2017). El ensilado de maíz es una muy buena alternativa frente a otros forrajes, ya que tiene un alto

contenido de carbohidratos (Velasco *et al.*, 2022). Finalmente, la importancia de usar maíz como forraje para ensilar radica en que es el cultivo más importante, ya que se obtiene la mayor producción de grano (1, 060 millones de toneladas) a nivel mundial (Velasco *et al.*, 2022).

Sin embargo, para aprovechar al máximo un forraje mediante el proceso de ensilar, es necesario que el cultivo tenga buen rendimiento de materia seca. Desafortunadamente en México las variedades de maíz que se cultivan para ensilar suelen presentar bajo rendimiento de materia seca por hectárea, bajo contenido de grano y alto de fibra, lo que ocasionan que la digestibilidad y nivel de energía del forraje sean bajas (Zaragoza-Esparza *et al.*, 2019). En general los híbridos de maíz han sido seleccionados para mejorar la producción de grano solamente (Velasco *et al.*, 2022), sin embargo, en instituciones como la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM (FES Cuautitlán, UNAM) y en el Campo Experimental Valle de México del INIFAP (CEVAMEX- INIFAP), se generan, desarrollan y evalúan diversos híbridos blancos androestériles de maíz (Tadeo-Robledo *et al.*, 2016 y 2021; Espinosa-Calderón *et al.*, 2018 y 2019; Zaragoza-Esparza *et al.*, 2019). A partir de un grupo sobresaliente de híbridos trilineales se han desarrollado las variedades de híbridos de maíz **Tlaoli Puma** y **Tsiri Puma** como alternativa para los productores de los Valles Altos de México (Tadeo-Robledo *et al.*, 2016). El híbrido trilineal de grano blanco y textura semidentada **Tlaoli Puma** expresa buena productividad para su uso como ensilado, ya que su rendimiento de forraje es superior a 85 t ha^{-1} , producción de materia seca de 25 t ha^{-1} y posee un porcentaje de digestibilidad de 67 %, por lo que puede tener un doble propósito, grano y forraje (Tadeo-Robledo *et al.*, 2021). La variedad **Tsiri Puma** es un híbrido trilineal

de grano blanco y textura semidentada que podría expresar un potencial de buena productividad para ensilado, ya que su rendimiento de forraje es de 83,369 kg ha⁻¹, con materia seca de 24,623 kg ha⁻¹ y porcentaje de digestibilidad 72.47% (Tadeo-Robledo *et al.*, 2021).

Por lo que el objetivo de este estudio fue evaluar el potencial productivo en la alimentación de ovinos, con ensilado de los híbridos de maíz Tsiri Puma y Tlaoli Puma, al incluir el 50% de la MS de una dieta suministrada durante la segunda mitad de la gestación e inicios de la lactación, sobre parámetros productivos, metabólicos y conductuales en las ovejas, así como sobre el crecimiento de los corderos. Por ello se plantea la hipótesis que la implementación de ensilado de maíz híbrido **Tlaoli Puma** y **Tsiri Puma** como ingrediente en la dieta de ovejas a partir de la segunda mitad de la gestación y el periparto, tiene efectos positivos en los parámetros productivos, en el perfil metabólico en la gestación, así como sobre la calidad y cantidad de leche durante la lactación y en los corderos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

Nota ética.

El protocolo fue aprobado por el Sub-Comité Institucional para el Cuidado y Uso de los Animales Experimentales del posgrado en Ciencias de la Producción y Salud Animal, UNAM con el número de proyecto: **SICUAE.DC-2021/2-4**.

2.1 Lugar de estudio.

El presente estudio se llevó a cabo en el módulo de ovinos, perteneciente al Centro de Enseñanza Agropecuario de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, de la Universidad Nacional Autónoma de México. El cual está localizado en el Altiplano Central de México

con coordenadas 19°31'35'' L. N. y 99°11'42'' L.O, a una altitud de 2256 msnm. Con clima es C(w0) (w)b(i)g que corresponde a templado subhúmedo con invierno seco y lluvias en verano, con una precipitación pluvial promedio de 600 mm anuales y temperatura media anual de 15.7 °C (SMN, 2017).

2.2 Animales y condiciones de mantenimiento.

Se utilizó un rebaño de 75 ovejas multíparas y primíparas con un peso promedio de 58.67 kg y una edad promedio de 4 años. El rebaño estuvo compuesto principalmente por hembras de las razas Columbia y algunas ovejas de cruce Columbia con Dorper. Las ovejas fueron sometidas a un protocolo de sincronización mediante el uso de esponjas intravaginales de poliuretano impregnadas con 60 mg de Medroxyprogesterona acetato (MAP) (SINCROGEST ®) durante 14 días, posterior al retiro se aplicó vía intramuscular 400 UI de gonadotropina coriónica equina, (Gon Active ®). Se realizó la inseminación artificial (IA) mediante laparoscopia 56 horas después del retiro y aplicación de la gonadotropina. Para garantizar la mayor cantidad de hembras gestantes, 17 días posteriores a la IA, se realizó un empadre con carneros de la raza Columbia pertenecientes al módulo ovino de la Facultad y las hembras estuvieron expuestas a estos machos durante 10 días.

Durante el empadre y hasta antes del diagnóstico de gestación (aproximadamente a los 50 días posteriores al empadre) las ovejas fueron mantenidas en un sistema semi-intensivo con 5 horas diarias de pastoreo (Imagen 1) con encierro diurno y nocturno. Durante ese periodo las ovejas se alimentaban en una pradera compuesta aproximadamente de 30% *Medicago sativa*, 30% de *Dactylis glomerata*, 10% de *Lolium arundinaceum* y 30% de especies de

gramíneas y herbáceas nativas. Adicionalmente en el corral se les proporcionaba heno de avena, heno de alfalfa, alimento concentrado (13% PC) y agua a libre acceso.

Durante toda la fase experimental el rebaño fue mantenido en estabulación en tres corrales de 15 x 15 metros cada uno. Cada corral estaba provisto de techo que proporcionaba espacio con sombra durante los periodos más calurosos del día, pisos de cemento, área de asoleadero, y contenía un comedero de cemento con 10 metros lineales, así como un comedero portátil de 1.5 metros lineales y bebederos automáticos.



Imagen 1. Pastoreo en praderas compuestas de *Medicago sativa*, de *Dactylis glomerata*, y *Lolium arundinaceum*. (Imagen tomada por L. Castillo-Hernández 2020)

Aproximadamente a los 50 días posteriores a la IA se realizó un diagnóstico de gestación con un equipo portátil Draminski ANIMAL (*profi*®, Polonia) y una sonda mecánica sectorial abdominal con alcance de frecuencias de 3.5 a 7 MHz. De las 75 ovejas se obtuvieron 61 gestantes (23 primíparas y 38 multíparas) las cuales fueron distribuidas de manera aleatoria en tres grupos experimentales.

Es importante mencionar que aproximadamente a los 106 días de gestación se realizó una desparasitación con Iverfull® a dosis de 0.2 mg/kg.

2.3 Grupos experimentales y alimentación.

Los animales fueron distribuidos en los grupos experimentales de acuerdo con su peso, condición corporal y paridad en tres grupos (Cuadro 1). La alimentación experimental se suministró en cada grupo aproximadamente cuando las ovejas tenían en promedio 67 días de gestación y se mantuvo hasta dos semanas posteriores al parto. La composición de la dieta y contenido nutricional proporcionada a las ovejas de cada grupo se puede apreciar en el Cuadro 1, asimismo las dietas se calcularon para los requerimientos nutricionales de las ovejas (NRC, 2007).

Cuadro 1. Distribución de las ovejas en los grupos de acuerdo con tamaño de la muestra, peso, condición corporal (CC) y número de animales por paridad. Así como composición y aporte nutricional de la dieta que fue suministrada aproximadamente a partir del día 67 de gestación y hasta 2 semanas postparto.

	Grupo Centli Puma (N=21)	Grupo Tsiri Puma (N=20)	Grupos Tlaoli Puma (N=20)
Peso (kg)	64 ± 2.87	63.9 ± 3.39	63.95 ± 2.64
CC	3.12 ± 0.14	2.92 ± 0.16	3.025 ± 0.13
Paridad	7 primíparas 14 multíparas	8 primíparas 12 multíparas	8 primíparas 12 multíparas
COMPOSICIÓN DE LA DIETA Y APOORTE DE LOS INGREDIENTES			
	Proteína (%)	EM (Mcal/Kg)	Inclusión MS (%)
Heno de Alfalfa	3.024	0.351	18%
Heno de Avena	0.91	0.183	10%
Concentrado comercial	2.9	0.602	22%
Ensilado	4.5	1.16	50%
Aporte total	12	2.6	100%

2.4 Proceso Experimental

2.4.1. Medición del peso, condición corporal y FAMACHA de las ovejas.

A las ovejas se les registró su peso, condición corporal y nivel de FAMACHA® en los días 17, 33, 50, 64, 85, 106 y 131 de gestación, a aproximadamente 3 horas postparto, a 15 y 30 días de lactancia.

El manejo de las ovejas para la toma de estas mediciones se realizó en una manga fija para pequeños rumiantes, en las instalaciones del módulo de ovinos, la cual permitió la rápida y fácil manipulación de los animales. El pesaje se realizó con una báscula ganadera para pequeños rumiantes con indicador de peso tipo romana ubicada a la salida de la manga de manejo con capacidad de 1500 kg y una precisión de 500 g (Imagen 2).



Imagen 2. Pesaje de ovejas para conformación de grupos. (Imagen tomada por L. Castillo-Hernández 2020)

La condición corporal fue determinada mediante la palpación de la zona lumbar basada en la escala de 1-5, en donde 1 se considera una oveja emaciada y 5 una oveja obesa (Russel, *et al.*, 1969). Las ovejas fueron evaluadas con el método de FAMACHA, para lo cual se realizó

la inspección ocular para determinar el color de la conjuntiva el cual fue categorizado en una escala de 1 a 5 (rojo, rojo-rosado, rosado, rosado-blanco y blanco respectivamente), que corresponde al nivel de anemia de las ovejas (Salles *et al.*, 2001; Van Wyk, 2002).

2.4.2. *Medición del consumo de alimento.*

A partir del diagnóstico de gestación (aproximadamente al día 50 posterior al empadre) los animales fueron puestos en estabulación para condicionarlos al manejo y a la dieta. Desde ese momento y diariamente hasta el final del periodo de evaluación (7 días postparto) se realizó el pesaje de los componentes de la dieta, para el caso de la alfalfa, avena y concentrado se hizo con ayuda de una báscula digital portátil marca Trip2 trip® con una capacidad de 40 kg y una precisión de 10 gramos. Para el caso del pesaje del ensilado se utilizó una báscula digital portable de gancho de la marca Crane Scane SF-915® con una capacidad de 300 kg y una precisión de 50 gramos.

Los componentes de la dieta fueron suministrados de forma escalonada, de preferencia se suministraba primero el ensilado de maíz, enseguida los forrajes (alfalfa y avena) y al final se suministraba el alimento concentrado. Al día siguiente el remanente de alimento, que no fue consumido por los animales de cada tratamiento, fue colectado y pesado con una báscula digital. Estos registros fueron anotados en una bitácora para cada grupo.

2.4.3. *Medición del comportamiento durante la gestación.*

Se realizó la medición de la conducta alimenticia mediante el método de barrido con observación directa a cada grupo experimental. Esta medición se hizo semanalmente con periodos de observación de tres horas por la mañana (08:00 a 11:00 horas) y 3 horas por la tarde (16:00 a 19:00 horas) registrando cada 15 minutos. Los registros se realizaron una

semana antes de iniciar con la administración de los tratamientos alimenticios que correspondían a los días 70, 77, 84, 91, 98, 103 112 119, 124, 133 y 140 de gestación. Se registró el número de ovejas de cada grupo que se encontraban realizando algunas de las siguientes conductas: comiendo (ovejas de pie junto al comedero con la cabeza completamente dentro del comedero); rumiando paradas (ovejas de pie que en ese momento se encontraban realizando la rumia como re masticando o regurgitando el bolo alimenticio); rumiando echadas (ovejas que se encontraban echadas re masticando o regurgitando el bolo alimenticio) y descansando (ovejas echadas en el corral sin realizar ninguna actividad o durmiendo).

2.4.4. *Medición de metabolitos en sangre.*

Con el fin de determinar el estado metabólico de los animales se realizaron muestreos sanguíneos, a cada oveja, en los días 50, 64, 85, 106 y 131 de gestación, así como aproximadamente a las dos horas post parto. Con excepción de este último muestreo, los anteriores se hicieron con los animales en ayunas a aproximadamente a las 09:00 am. Se tomó una muestra de 3 ml mediante punción en la vena yugular con agujas Vacutainer® de 21G x 25 mm, con tubos con EDTA con capacidad de 3 ml, las muestras sanguíneas fueron mantenidas en refrigeración hasta ser centrifugadas en el laboratorio dentro de las instalaciones de la Facultad el mismo día de la toma. En el laboratorio las muestras sanguíneas fueron procesadas en una centrífuga Hettich Universal® 16 R a 4 °C, a 3000 g durante 20 min; una vez centrifugadas las muestras el plasma fue separado y colocado en tubos Eppendorf con capacidad de 2 ml por medio de pipetas Pasteur y posteriormente fueron congelados a -20°C para su conservación hasta el momento del análisis.

Las muestras congeladas de plasma fueron llevadas a un laboratorio particular para hacer determinaciones de proteínas totales, albúmina, globulina, glucosa, colesterol y β hidroxibutiratos, mediante la técnica de espectrofotometría (Cal-Pereyra *et al.*, 2011).

2.4.5. *Mediciones realizadas en el cordero a las dos horas postparto.*

Una vez ocurrido el parto, la oveja y su cordero (s) fueron colocados en corraletas individuales durante las primeras 2 horas postparto, con el objetivo de asegurar que se estableciera el vínculo filial madre-cría, así como verificar que la cría ingiriera calostro.

Aproximadamente a las 2 horas postparto al cordero se le tomaron de las siguientes mediciones:

- a) *Temperatura rectal*: se realizó primero sujetando al cordero y sosteniéndolo con un brazo y con el otro se midió la temperatura por medio de un termómetro digital, introduciendo solamente hasta la gota de mercurio en el recto del cordero y permaneció ahí hasta sonar la alarma, se anotó la temperatura y se limpió el termómetro para la siguiente lectura.
- b) *Temperatura de la escapular*: Aún sujeto el cordero se tomó la temperatura escapular la cual se realizó con la ayuda de un termómetro con infrarrojo digital de la marca Steren con un rango de temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $50\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2.5^{\circ}\text{C}$ entre las dos escapulas del cordero.
- c) *Temperatura del cuello*: Para temperatura del cuello, se utilizó el mismo termómetro con infrarrojo y la medición se hizo a la altura del cuello, para ambos casos se registró la temperatura una vez que sonó la alarma (Imagen 3).

d) *Peso corporal:* Se realizó el pesaje de cada cordero posterior a la toma de temperaturas, se utilizó una cuerda a forma de arnés para sujetar al cordero y colocarlo en el gancho metálico de la báscula digital portátil marca Trip2 trip® con una capacidad de 40 kg y una precisión de 10 gramos.

e) *Sexo y tipo de parto:* Por último, se registró de cada cordero el sexo y el tipo de parto.



Imagen 3. Medición de la temperatura en el cuello. (Imagen tomada por L. Castillo-Hernández 2020)

2.4.6. *Mediciones de la producción y calidad de leche.*

a) *Cálculo de la producción de leche:* Se midió la producción de leche en los días 15 y 30 de lactancia. El procedimiento consistió en separar las ovejas con sus corderos, del grupo y colocarlos en dos corrales adyacentes de aproximadamente 12 m² cada uno. Cada día se medían entre 6 y 7 ovejas que tuvieran fechas similares de parto. Los manejos para las mediciones de leche se hicieron siempre en un horario similar entre las 08:00 a 14:00 horas. Para el proceso de medición de leche (Ricoardeau *et al.*, 1960; Kremer y Rsosés, 2016), las crías fueron separadas de sus madres durante 6

horas, de 08:00 a 14:00 horas. Una vez separados la madre de su cría, fue ordeñada manualmente para vaciar la ubre con ayuda de una inyección de 3 UI oxitocina (Expulsina Biochem®) vía intravenosa en la yugular. Durante el periodo de separación a las ovejas se les suministró agua y alimento. Una vez cumplido el tiempo de separación, se realizaron las mediciones a cada una de las ovejas, para esto los corderos fueron primero pesados, se registró su peso en una hoja pre formateada, e inmediatamente se les permitió el amamantamiento a sus madres por aproximadamente 3 minutos. Una vez que los corderos se mostraban satisfechos fueron retirados y nuevamente pesados (se anotó es peso en el mismo formato). El remanente de leche fue retirado mediante ordeña manual y con ayuda de una inyección de oxitocina (3 UI). Esta leche fue pesada con una báscula digital portátil marca Trip2 trip® con una capacidad de 40 kg y una precisión de 10 gramos. La producción estimada de leche fue calculada mediante la sumatoria de la diferencia de peso de los corderos vacíos y llenos (en gramos), más la leche remanente extraída por ordeña (en gramos). El total de esa sumatoria fue multiplicado por 4 para obtener la producción estimada de leche en 24 horas. Una vez finalizado el proceso las ovejas y sus corderos fueron reunidos y llevados al corral con el resto del grupo.

b) *Calidad de la leche:* Durante la medición de producción láctea se tomó una muestra de aproximadamente 20 ml en tubos de plástico estériles, para su posterior análisis de calidad (Ricoardeau, 1960). El análisis se hizo con ayuda del equipo EKOMIL 120, calibrado para leche de oveja, el análisis consistió en colocar 15 ml de leche en el contenedor especial e introducirlo al sitio de succión de la muestra para su inmediata lectura de contenido de grasa (%), sólidos no grasos (%) y proteína (%).

2.5. Análisis estadístico

Los parámetros productivos como el peso y condición corporal de las ovejas; el peso y las temperaturas de los corderos; la producción y calidad de leche y el consumo de alimento fueron analizados con una prueba estadística ANOVA, teniendo como efecto fijo el tratamiento alimenticio, tipo de parto, paridad y tiempo. Las variables conductuales y la FAMACHA fueron analizados con pruebas de estadística no paramétricas debido a que no mostraron una distribución normal, las pruebas usadas fueron: Kruskal Wallis y U de Mann Whitney para comparaciones independientes, así como Friedman y Wilcoxon para comparaciones dependientes. Los resultados fueron considerados significativamente diferentes cuando $P \leq 0.05$ y una tendencia cuando $0.05 < P \leq 0.1$. Los datos son presentados en medias \pm e.e. Los datos fueron procesados con el programa estadísticos SYSTAT versión 13.0 (SPSS, Chicago).

3. RESULTADOS.

3.1. Peso corporal de las ovejas.

El peso corporal de las ovejas (Figura 1-A) no fue afectado por el grupo experimental ($P = 0.291$), ni por la interacción de grupo por tiempo ($P = 0.936$). Sin embargo, sí fue afectado debido al tiempo de la medición ($P < 0.0001$), en la Figura 1-A se observó que las ovejas de los tres grupos incrementaron su peso a medida que avanzaba la gestación, y una vez que ocurrió el parto este peso disminuyó. Asimismo, se observó que a medida que avanzaba la lactancia hubo una recuperación de su peso.

Con respecto a la paridad se encontró un efecto significativo siendo las ovejas multíparas las que mayor peso tuvieron en comparación a las primíparas ($P < 0.0001$, Cuadro 2). Se

encontró diferencia significativa entre la interacción de la paridad con respecto al tiempo ($P < 0.001$, Cuadro 2).

Con respecto al tipo de parto (Cuadro 3) se halló diferencia significativa en los pesos de las ovejas de partos simples entre partos múltiples ($P < 0.016$), siendo las ovejas con partos dobles más pesadas que con sencillos. Asimismo, se encontró diferencia significativa debido al tiempo ($P < 0.0001$), y también con la interacción entre el tiempo y tipo de parto ($P < 0.002$).

3.2. Condición Corporal de las ovejas.

La condición corporal de las ovejas (Figura 1-B) no fue afectada por el tratamiento experimental ($P = 0.849$), ni por la interacción de tiempo y grupos ($P = 0.299$). Sin embargo, la etapa en la cual fueron evaluadas las ovejas sí afectó su condición corporal ($P < 0.001$), se observó que la CC incrementó conforme avanzaba la gestación, y una vez después del parto hubo un descenso (Figura 2-B).

Con respecto a la paridad se observó que la CC fue mayor en las ovejas multíparas que en las primíparas ($P < 0.001$, Cuadro 2). En el tipo de parto (Cuadro 3) se halló diferencia significativa en el tiempo ($P < 0.011$), y en la interacción entre el tiempo y tipo de parto ($P < 0.007$) en donde las ovejas con dos corderos fueron más pesadas que las de un solo cordero.

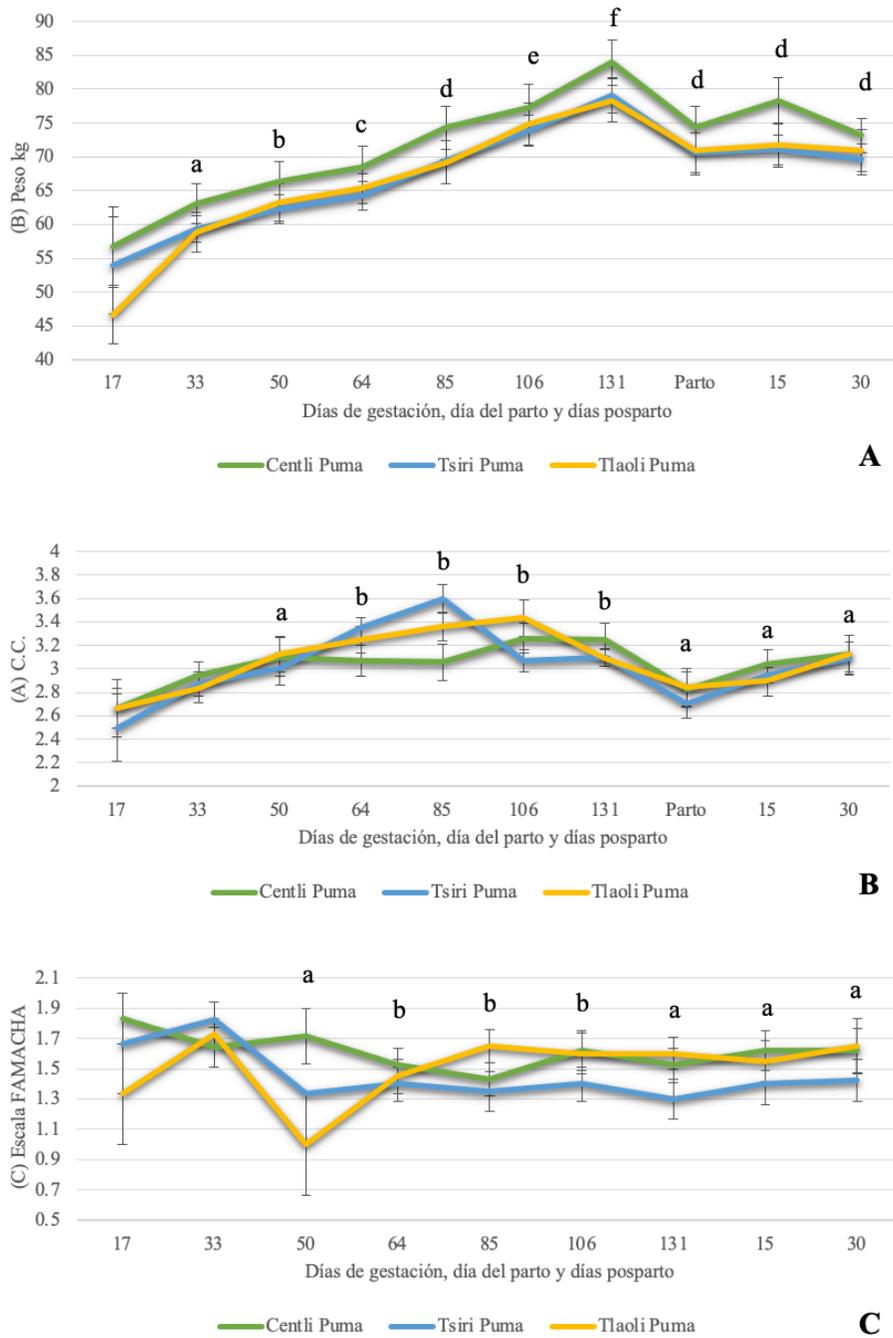


Figura 1. Medias y errores estándar de Peso en kg (A), la Condición corporal (B) y la escala FAMACHA (C), de ovejas alimentadas, durante la segunda mitad de gestación y la primera semana postparto, con una dieta que contenía el 50% de ensilado elaborado a base de tres híbridos de maíz (Centli Puma, Tsiri Puma y Tlaoli Puma). Las mediciones se hicieron desde el día 17 de gestación y hasta los 30 días postparto. Literales distintas indican diferencias a lo largo del tiempo.

3.3.FAMACHA.

Cuando se hicieron las comparaciones entre los tres híbridos de maíz (Centli Puma, Tlaoli Puma y Tsiri Puma, Figura 2-C), en el día 50 de gestación las ovejas del grupo Centli Puma tuvieron mayores valores de FAMACHA que los grupos Tlaoli Puma y Tsiri Puma ($P < 0.0001$). En los días 85, 106 y 131 de la gestación los grupos Centli Puma y Tlaoli Puma tuvieron mayores valores de FAMACHA que el grupo Tsiri Puma ($P < 0.001$). Finalmente, para los días 15 y 30 de lactancia, nuevamente los grupos Tlaoli Puma y Centli Puma tuvieron mayores valores de FAMACHA que el grupo Tsiri Puma ($P < 0.001$). La FAMACHA sólo en el día 50 de gestación fue afectada por la paridad (Cuadro 2), siendo las multíparas la que mayor valor tuvieron, en comparación a las primíparas ($P < 0.001$). En las demás mediciones no hubo diferencias entre primíparas y multíparas ($P > 0.05$).

Cuadro 2. Peso, condición corporal (CC) y FAMACHA de las ovejas (media \pm ee), desde el día 33 y hasta el 131 de gestación, al parto y en los días 15 y 30 de lactancia, de acuerdo con la paridad de la oveja.

	Día	PESO		CC		FAMACHA	
		Primípara	Multípara	Primípara	Multípara	Primípara	Multípara
GESTACIÓN	33	50.74 \pm 1.42a	67.41 \pm 1.51a	2.56 \pm 0.08	3.11 \pm 0.06*	1.73 \pm 0.11	1.76 \pm 0.07
	50	53.43 \pm 1.50b	71.10 \pm 1.41b	2.70 \pm 0.11	3.31 \pm 0.10*	1.12 \pm 0.12	2 \pm 0*
	64	55.48 \pm 1.50c	73.10 \pm 1.45c	3.06 \pm 0.10	3.32 \pm 0.08*	1.43 \pm 0.10	1.4 \pm 0.08
	85	59.81 \pm 1.90d	78.48 \pm 1.54d	2.83 \pm 0.12	3.52 \pm 0.07*	1.47 \pm 0.12	1.48 \pm 0.08
	106	64.82 \pm 1.80e	82.59 \pm 1.75e	3.01 \pm 0.12	3.42 \pm 0.08*	1.65 \pm 0.13	1.48 \pm 0.08
	131	69.64 \pm 2.10f	87.83 \pm 1.77f	3.04 \pm 0.08	3.22 \pm 0.07*	1.52 \pm 0.10	1.45 \pm 0.09
PARTO		65.31 \pm 1.11	79.27 \pm 2.13	2.66 \pm 0.12	2.89 \pm 0.10*		
LACTANCIA	15	64.82 \pm 2.07	79.95 \pm 1.95	2.97 \pm 0.10	2.97 \pm 0.08	1.39 \pm 0.10	1.62 \pm 0.10
	30	64.52 \pm 2.17	75.98 \pm 1.72	2.98 \pm 0.11	3.20 \pm 0.12*	1.34 \pm 0.10	1.69 \pm 0.13

Literales diferentes en cada columna indican diferencias significativas a largo del tiempo ($P < 0.05$). Asteriscos indican diferencias significativas ($P < 0.05$) entre columnas de acuerdo a la paridad.

Cuadro 3. Peso, condición corporal (CC) y FAMACHA de las ovejas (media \pm ee), desde el día 33 y hasta el 131 de gestación, al parto y en los días 15 y 30 de lactancia de acuerdo con el tipo de parto.

	Día	PESO		Tipo de parto	CC		Tipo de parto	FAMACHA		Tipo de parto
		Sencillo	Doble	Valores de P	Sencillo	Doble	Valores de P	Sencillo	Doble	Valores de P
GESTACIÓN	33	57.16 \pm 1.42	64.07 \pm 2.43	0.035	2.72 \pm 0.08	3.06 \pm 0.10	0.011	1.60 \pm 0.16	1.63 \pm 0.11	0.382
	50	60.25 \pm 2.09	67.61 \pm 2.48	0.027	2.92 \pm 0.12	3.27 \pm 0.12	0.054	1.76 \pm 0.09	2 \pm 0	0.033
	64	62.87 \pm 2.11	69.43 \pm 2.58	0.054	3.12 \pm 0.09	3.41 \pm 0.09	0.040	1.50 \pm 0.09	1.43 \pm 0.10	0.640
	85	67.80 \pm 2.44	74.43 \pm 2.77	0.080	3.17 \pm 0.11	3.52 \pm 0.07	0.143	1.43 \pm 0.08	1.47 \pm 0.12	0.785
	106	72.22 \pm 2.29	78.82 \pm 3.04	0.082	3.15 \pm 0.10	3.37 \pm 0.12	0.177	1.56 \pm 0.10	1.56 \pm 0.12	0.986
	131	76.02 \pm 2.45	86.43 \pm 2.71	0.007	3.10 \pm 0.08	3.19 \pm 0.10	0.525	1.50 \pm 0.10	1.47 \pm 0.10	0.885
PARTO		71.55 \pm 2.66	72.86 \pm 2.52	0.731	2.88 \pm 0.11	2.71 \pm 0.10	0.410			
LACTANCIA	15	70.85 \pm 2.27	74.68 \pm 2.96	0.302	3.02 \pm 0.09	2.82 \pm 0.08	0.142	1.43 \pm 0.10	1.60 \pm 0.13	0.305
	30	69.86 \pm 2.20	69.69 \pm 2.13	0.959	3.18 \pm 0.11	2.83 \pm 0.13	0.046	1.50 \pm 0.11	1.77 \pm 0.16	0.169

Cuadro 4. Producción y componente de leche (media \pm e.e.) de las ovejas a los 15 y 30 días de lactación, de acuerdo con el tratamiento según la dieta, con la paridad y con el tipo de parto.

VARIABLE	DÍAS	GRUPOS				EFECTOS					
		TLAOLI PUMA	TSIRI PUMA	CENTLI PUMA	Valor de P	PARIDAD		Valor de P	TIPO DE PARTO		Valor de P
						Primípara	Múltipara		Sencillo	Doble	
Grasa (%)	15	5.20 \pm 0.63	5.34 \pm 0.79	5.40 \pm 0.78	0.833	3.75 \pm 0.38	6.42 \pm 0.61	0.036	4.12 \pm 0.45	6.86 \pm 0.66	0.002
	30	4.06 \pm 0.66	3.60 \pm 0.39	3.45 \pm 0.56	0.833	3.94 \pm 0.55	3.44 \pm 0.31	0.036	4.04 \pm 0.47	3.29 \pm 0.31	0.169
Proteína (%)	15	4.95 \pm 0.22	4.30 \pm 0.27	4.26 \pm 0.28	0.253	4.64 \pm 0.26	4.33 \pm 0.19	0.143	4.63 \pm 0.19	4.19 \pm 0.26	0.331
	30	4.19 \pm 0.39	3.97 \pm 0.32	3.65 \pm 0.21	0.253	4.15 \pm 0.25	3.71 \pm 0.23	0.143	4.18 \pm 0.24	3.61 \pm 0.23	0.088
SNG (%)	15	10.20 \pm 0.26	9.42 \pm 0.32	9.34 \pm 0.35	0.253	9.89 \pm 0.31	9.39 \pm 0.23	0.098	9.87 \pm 0.22	9.20 \pm 0.31	0.195
	30	9.26 \pm 0.45	9.03 \pm 0.38	8.66 \pm 0.25	0.253	9.24 \pm 0.29	8.72 \pm 0.28	0.098	9.26 \pm 0.28	8.60 \pm 0.28	0.093
Producción de leche (kg)	15	1.92 \pm 0.27	2.01 \pm 0.21	2.17 \pm 0.21	0.186	1.92 \pm 0.18	2.17 \pm 0.18	0.256	1.66 \pm 0.13	2.37 \pm 0.23	0.008
	30	1.48 \pm 0.20	2.27 \pm 0.22	2.68 \pm 0.35	0.186	2.00 \pm 0.30	2.34 \pm 0.20	0.256	1.90 \pm 0.17	2.53 \pm 0.26	0.048

Literales diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas a largo del tiempo para cada componente (P<0.05). SNG= Sólidos no graso

3.4. Producción de leche.

A los 15 y 30 días de lactación no se encontró diferencia entre los grupos experimentales ($P > 0.05$). En cuanto al tipo de parto se encontró diferencia en el día 15 de lactancia ($P = 0.008$) y para el día 30 ($P = 0.048$), siendo las ovejas con parto múltiple mayores productoras de leche (Cuadro 4). En la paridad no se halló diferencia significativa ($P = 0.265$) ni en la interacción del tiempo y paridad ($P = 0.660$).

3.5. Calidad de la leche.

Con respecto a la calidad de la leche (Cuadro 4) no se encontró efecto por el grupo experimental, en ninguno de los componentes de la leche ($P > 0.05$). Sin embargo, sí se encontró efecto del tiempo en los componentes: Grasa ($P = 0.005$), Sólidos no Grasos ($P = 0.016$) y Proteínas ($P = 0.016$) siendo mayores en el día 15 que los registrados en el día 30. Mientras que para la interacción grupo x tiempo no hubo efecto significativo en ninguno de los componentes ($P > 0.05$). En cuanto al tipo de parto se encontró diferencia en el día 15 ($P = 0.002$) siendo las ovejas con partos múltiples con mayor producción de grasa; en contraste en la cantidad de sólidos no grasos no hubo diferencias significativas ($P = 0.195$), ni en la cantidad de proteína ($P = 0.331$) debido al tipo de parto.

Las ovejas multíparas en el día 15 de lactancia reportaron mayor contenido de grasa que las primíparas ($P = 0.036$, Cuadro 4), en tanto para el contenido de sólidos no grasos, ni para el de proteína no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$).

Para el día 30 de lactación en cuanto a la paridad (Cuadro 4) se halló una tendencia a que las ovejas primíparas tuvieran mayores porcentajes de sólidos no grasos que las multíparas ($P = 0.093$). Por su parte el contenido de proteína no fue afectado por la paridad ($P = 0.143$).

3.6. Perfil metabólico.

3.6.1. Proteínas totales.

Entre los grupos experimentales la concentración de proteínas totales 59.9 ml/dl Centli Puma, 61.1 ml/dl Tsiri Puma y 60.2 ml/dl Tlaoli Puma no difirió ($P > 0.05$). Sin embargo, a lo largo del tiempo sí se halló efecto significativo ($P < 0.0001$), en donde se encontró que la menor concentración fue en el día 85 21.1 ml/dl en comparación con el día 106 40.3 ml/dl (Figura 2-A). No se encontró diferencia entre la interacción del grupo experimental por el tiempo ($P > 0.05$). Con respecto a la paridad se observó que la concentración media de proteínas totales no fue afectada por este factor ($P > 0.05$). No hubo efecto en la interacción tiempo por paridad ($P > 0.05$). Para el tipo de parto se observó que la concentración media de proteínas totales no fue afectada por este factor ($P > 0.05$). No hubo efecto en la interacción tiempo por paridad ($P > 0.05$).

3.6.2. Albúmina.

Entre los grupos experimentales el nivel de albúmina no difirió ($P > 0.05$). Sin embargo, a lo largo del tiempo si se halló efecto significativo ($P < 0.0001$), la menor concentración fue en el día 85 (Figura 2-B). No se presentó diferencia entre la interacción del grupo experimental por el tiempo ($P > 0.05$). Con respecto a la paridad se observó que la concentración media de albumina no fue afectada por este factor ($P > 0.05$). No hubo efecto en la interacción tiempo por paridad ($P > 0.05$). Para el tipo de parto se observó que la concentración media de albumina no fue afectada por este factor ($P > 0.05$). No hubo efecto en la interacción tiempo por paridad ($P > 0.05$).

3.6.3. *Globulina.*

Entre los grupos experimentales el nivel de globulina no difirió ($P > 0.05$). Sin embargo, a lo largo del tiempo si se halló efecto significativo ($P < 0.0001$), en donde se encontraron menores concentraciones en los días 50 y 85 (Figura 2-C). No se encontró diferencia entre la interacción del grupo experimental por el tiempo ni tampoco al considerar la paridad de las ovejas ($P > 0.05$).

3.6.4. *Glucosa.*

Entre los grupos experimentales el nivel de glucosa no difirió ($P > 0.05$). Sin embargo, a lo largo del tiempo si se halló efecto significativo ($P < 0.0001$), encontrándose mayor concentración en el día 131 (Figura 2-D). No hubo diferencia entre la interacción del grupo experimental por el tiempo ($P = 0.058$). Con respecto a la paridad se observó que la concentración media de glucosa no fue afectada por este factor ($P > 0.05$). No hubo efecto en la interacción tiempo por paridad ($P > 0.05$). Para el tipo de parto se observó que la concentración media de glucosa fue afectada por este factor en donde las ovejas de partos sencillos presentaron mayores concentraciones (69.7 mg/dl) en contraste con las ovejas de partos múltiples (64.6 mg/dl), ($P < 0.05$). No hubo efecto en la interacción tiempo por paridad ($P > 0.05$).

3.6.5. *Colesterol.*

Entre los grupos experimentales el nivel de colesterol no difirió ($P > 0.05$). Sin embargo, a lo largo del tiempo si se halló efecto significativo ($P < 0.0001$), se presentó menor concentración al parto (Figura 2-E). No se encontró diferencia entre la interacción del grupo experimental por el tiempo, ni al considerar la paridad de las ovejas ($P > 0.05$).

3.6.6. β hidroxibutirato.

Entre los grupos experimentales el nivel de β hidroxibutirato no difirió ($P > 0.05$). Sin embargo, a lo largo del tiempo si se halló efecto significativo ($P < 0.0001$), se encontró mayor concentración en el día 50 y las menores concentraciones en el día 106 de la gestación (Figura 2-F). Se observó una tendencia a diferir entre la interacción del grupo experimental por el tiempo ($P = 0.073$).

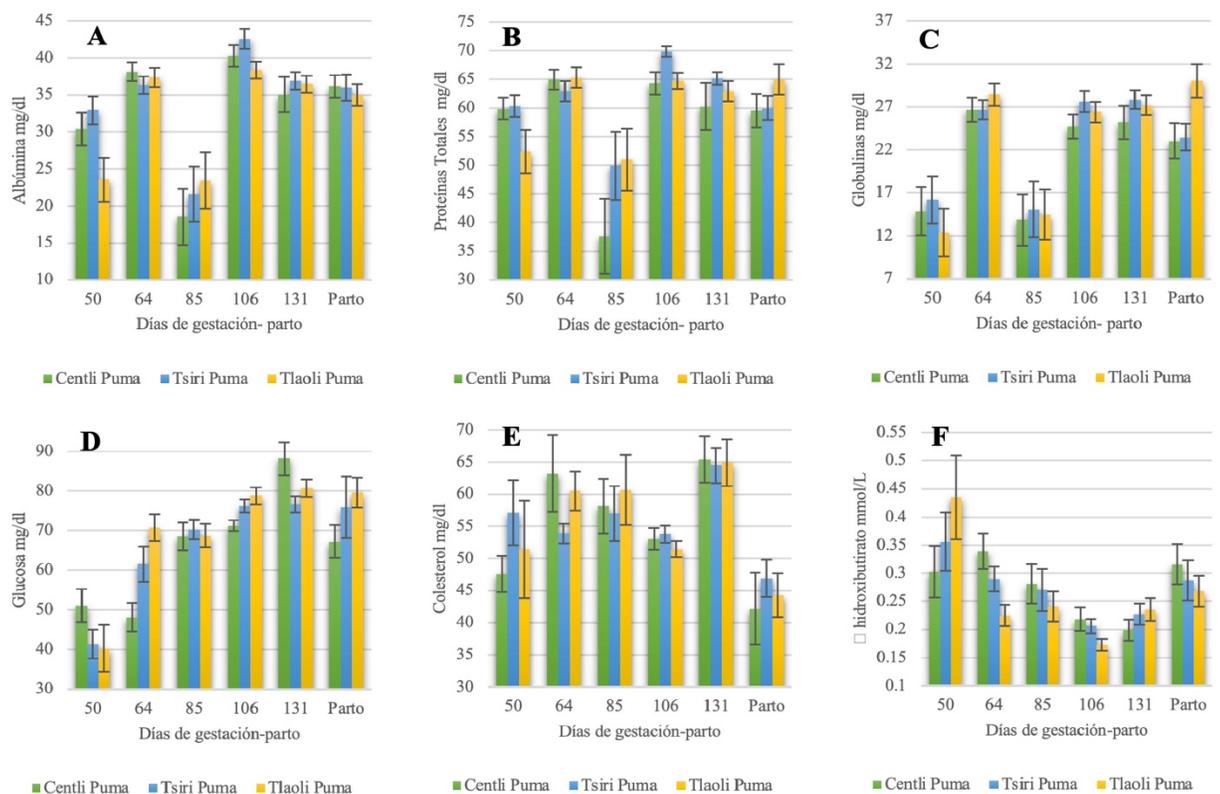


Figura 2. Concentración en plasma sanguíneo (media y errores estándar) de proteínas totales mg/dl (A), albúmina mg/dl (B), globulinas mg/dl (C), glucosa mg/dl (D), colesterol mg/dl (E) y β hidroxibutirato mmol/L (F) de los grupos experimentales Centli Puma, Trisi Puma y Tlaoli Puma.

3.7. Peso de los corderos.

Los pesos de los corderos al nacimiento fueron de 4.4 kg Centli Puma, 4.8 kg Tsiri Puma y 4.3 kg Tlaoli Puma; día 7, 7.1 kg Centli Puma, 47.4 kg Tsiri Puma y 8 kg Tlaoli Puma; día

15, 11.6 kg Centli Puma, 12.5 kg Tsiri Puma y 12.7 Tlaoli Puma; y día 30, 15.5 kg Centli Puma, 16 kg Tsiri Puma y 16.3 Tlaoli Puma; no fueron afectados por el grupo experimental de sus madres, ($P > 0.05$). Sin embargo, sí se evidenció diferencia significativa a lo largo del tiempo ($P < 0.0001$), a medida que avanzaba la lactancia el peso de los corderos fue incrementando. No hubo efecto significativo para la interacción del tiempo por grupos ($P > 0.050$).

Los pesos de los corderos (Cuadro 5) no fueron significativamente diferentes entre primíparas versus múltiparas ni al nacimiento, ni a los 7, 15 y 30 días de edad ($P > 0.05$).

En el tipo de parto afectó significativamente el peso de los corderos en las distintas mediciones realizadas, siendo los corderos nacidos de parto sencillo más pesados que los de parto múltiple ($P < 0.0001$, Cuadro 5). Finalmente el sexo del cordero no afectó su peso corporal, en ningunas de las etapas evaluadas ($P > 0.05$, Cuadro 5).

3.8. Temperatura corporal de los corderos.

La temperatura registrada en el cuello de los corderos a las dos horas post parto en los grupos Centli Puma fue de 29.1 ± 0.77 , Tsiri Puma 30.1 ± 0.59 y Tlaoli Puma 29.05 ± 0.85 °C no encontrando diferencias significativas entre los grupos ($P > 0.05$). La temperatura registrada de la zona escapular fue para el grupo Centli Puma de 29.43 ± 0.68 , Tsiri Puma 29.58 ± 0.74 y Tlaoli Puma de 30.0 ± 0.9 ($P > 0.05$). Finalmente en la temperatura vía rectal, tampoco se encontraron diferencias significativas entre grupos (Centli Puma: 39.38 ± 0.11 ; Tsiri Puma: 39.61 ± 0.10 y Tlaoli Puma de 39.53 ± 0.27 °C, $P > 0.05$).

Por su parte la paridad de las ovejas no afectó significativamente ninguna de las temperaturas registradas en los corderos a las dos horas post parto ($P > 0.05$, Cuadro 5).

Al analizar el efecto del tipo de parto o tamaño de la camada se encontró una tendencia a que la temperatura rectal de los corderos nacidos de parto sencillo fuera mayor que los de parto doble o triple ($P = 0.074$, Cuadro 5). En contraste la temperatura registrada en la zona escapular tendió a ser mayor para los corderos de partos triples que los sencillo y doble ($P = 0.091$, Cuadro 5). Finalmente, las temperaturas registradas en las tres zonas del cuerpo del cordero no fueron afectadas por el sexo de la cría ($P < 0.10$, Cuadro 5).

Cuadro 5. Peso corporal, temperatura interna y externa de los corderos (media \pm ee), desde el nacimiento, hasta los 30 días de lactancia de acuerdo con la paridad materna, tipo de parto y sexo de la cría.

VARIABLE	EDAD	EFECTOS									
		PARIDAD		Valor de P	TIPO DE PARTO			Valor de P	SEXO		Valor de P
		Múltipara	Primípara		Sencillo	Doble	Triple		Hembra	Macho	
Peso	Nacimiento	4.69 \pm 0.17a	4.31 \pm 0.21a	0.19	5.09 \pm 0.24a	4.31 \pm 0.11a	3.19 \pm 0.39a	P<0.001	4.54 \pm 0.18a	4.56 \pm 0.20a	0.92
	7	7.61 \pm 0.39b	7.39 \pm 0.51b	0.73	9.11 \pm 0.48b	6.52 \pm 0.30b	5 \pm 0.55b		6.94 \pm 0.2b	7.56 \pm 0.45b	0.26
	15	12.3 \pm 0.55c	12.19 \pm 0.59c	0.87	14.69 \pm 0.57c	10.74 \pm 0.39c	8.33 \pm 0.71c		11.64 \pm 0.49c	12.26 \pm 0.56c	0.41
	30	16.18 \pm 0.76d	15.63 \pm 0.90d	0.66	19.77 \pm 0.77d	14.06 \pm 0.49d	11.01 \pm 0.84d		15.09 \pm 0.71d	16.07 \pm 0.87d	0.39
T° rectal	Nacimiento	39.45 \pm 0.1	39.60 \pm 0.16	0.45	39.61 \pm 0.15	39.53 \pm 0.09	38.80 \pm 0.56	0.074	39.54 \pm 0.09	39.47 \pm 0.16	0.72
T° Cuello	Nacimiento	29.31 \pm 0.50	29.93 \pm 0.73	0.48	28.83 \pm 0.61	29.84 \pm 0.61	30.96 \pm 1.19	0.313	28.94 \pm 0.47	30.14 \pm 0.68	0.15
T° Escapular	Nacimiento	29.36 \pm 0.47	30.06 \pm 0.86	0.44	29.44 \pm 0.72	29.37 \pm 0.54	33.73 \pm 0.68	0.091	29.14 \pm 0.54	30.12 \pm 0.68	0.26

Literales diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas a largo del tiempo ($P < 0.05$).

3.9. Comportamiento de las ovejas durante la gestación.

3.9.1. Comiendo.

En esta conducta no se encontraron diferencias significativas entre las ovejas de los grupos Centli Puma, Tsiri Puma y Tlaoli Puma en las mediciones matutinas o vespertinas realizadas en las distintas etapas la gestación ($P = 0.459$). Sin embargo, cuando no se consideró el horario de medición se observó que el número de ovejas que se encontraban comiendo al momento del registro fue menor en el grupo Tlaoli Puma, que en los otros grupos ($P = 0.034$, Figura 3-A). Resultados similares al anterior se observaron para los días 91 ($P = 0.003$), 119 ($P = 0.008$) y una tendencia para el día 140 de gestación ($P = 0.08$).

3.9.2. *Rumiando de pie.*

En esta conducta se encontró diferencia significativa solamente en el día 91 de gestación el grupo Centli Puma ($P < 0.0001$) en donde se observó mayor número de ovejas rumiando de pie en el grupo Centli Puma y un menor número de ovejas en el grupo Tsiri Puma y Tlaoli Puma (Figura 3-B).

A lo largo del tiempo el número de las ovejas del grupo Centli Puma se observó mayor esta conducta en los días 84 y 91 ($P < 0.05$) en comparación de los demás días en donde se encontró menor número de ovejas realizando la rumia de pie. Para el grupo Tsiri Puma a lo largo del tiempo se encontró mayor número de ovejas rumeando de pie en los días 84 y 133 ($P < 0.05$).

3.9.3. *Rumiando echada.*

En esta actividad, en el día 77 en el grupo Centli Puma presentó mayor número de ovejas en comparación al número de ovejas del grupo Tsiri Puma y Tlaoli Puma ($P < 0.014$, Figura 3-C); para el día 133 se presentó mayor cantidad de ovejas en el grupo Tlaoli Puma y Tsiri Puma, pero no para el grupo Centli Puma que se encontraban rumiando echadas ($P < 0.005$). Para el día 91 de gestación las ovejas del grupo Tsiri Puma presentaron mayor actividad que el resto de los grupos ($P < 0.0001$). Mientras que para los días 112 ($P < 0.0001$) y 140 ($P < 0.0001$), los grupos con mayor actividad fueron Tsiri Puma y Tlaoli Puma. En el grupo Tsiri Puma mostraron diferencia significativa en el número de ovejas que se encontraron rumiando echadas a lo largo de la gestación ($P < 0.05$), para las ovejas del grupo Centli Puma no se encontró diferencia a lo largo del tiempo en el número de ovejas ($P > 0.06$).

3.9.4. Descansando.

Se encontró un mayor número de ovejas descansando en el grupo Centli Puma para el día 84 de gestación y un menor número en el grupo Tlaoli Puma ($P < 0.05$, Figura 3-D). En el día 91 el mayor número de ovejas descansando estuvo en el grupo Tlaoli Puma y el menor en el grupo Centli Puma.

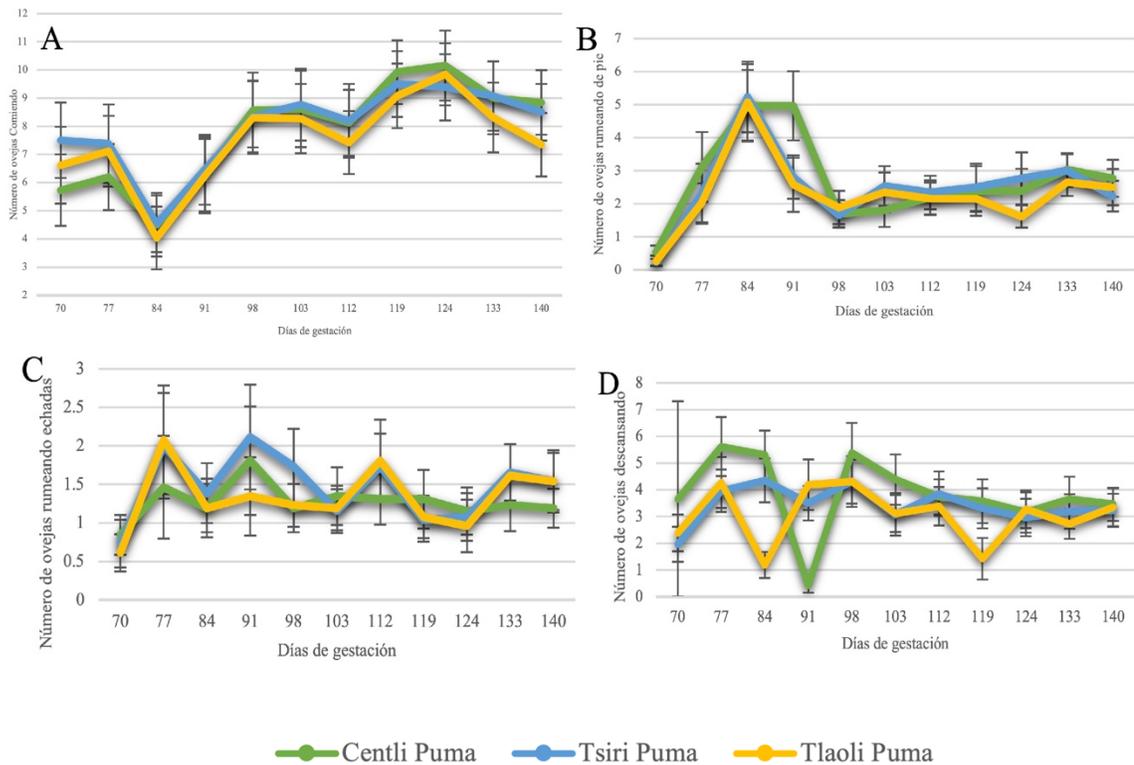


Figura 3. Medias y errores estándar de la frecuencia de ovejas que se encontraban comiendo (A), rumearo echadas (B), rumearo de pie (C) y descansando (D), y que fueron alimentadas con una dieta que contenía en su dieta 50% de ensilado de maíz a base los híbridos Centli Puma, Tsiri Puma o Tlaoli Puma. Los asteriscos indican diferencias entre grupos, para un mismo tiempo de observación ($P > 0.05$). Las letras distintas indican diferencias a lo largo del tiempo ($P > 0.05$).

3.10. Consumo del alimento.

El consumo estimado por oveja por día fue afectado por el grupo ($P > 0.0001$) se observa que las ovejas del grupo Centli Puma tuvieron mayores consumos durante la gestación, que las ovejas de los grupos Tsiri Puma y Tlaoli Puma (Figura 4). De la misma manera se encontró

que el factor tiempo afectó significativamente el consumo de las ovejas ($P > 0.0001$), se observa en la Figura 5 que en todos los grupos el consumo incrementó conforme avanzaba la gestación. No hubo interacción significativa entre el grupo y tiempo ($P = 0.130$).

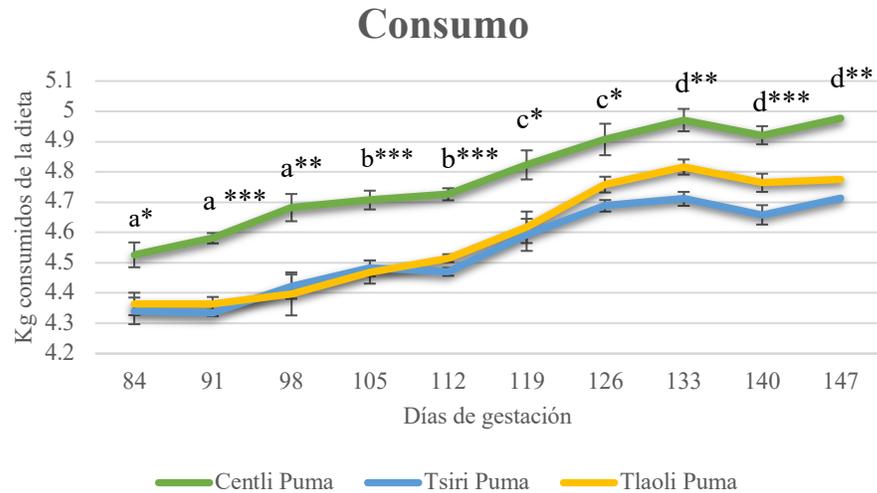


Figura 4. Media y error estándar de consumo individual de la dieta (kg) desde los días 84 hasta el 147 de la gestación, de los tres grupos experimentales: Centli Puma, Tsiri Puma y Tlaoli Puma. Los asteriscos indican diferencias entre grupos, para un mismo tiempo de observación ($P > 0.05$). Las letras distintas indican diferencias a lo largo del tiempo ($P > 0.05$).

4. DISCUSIÓN

4.1. Peso y condición corporal de las ovejas.

El peso corporal de las ovejas en las distintas etapas de la gestación fue similar para los tres grupos alimentados con los híbridos de maíz probados, lo que permite concluir que la calidad nutricional de dichos híbridos fue similar ya que el peso corporal de los animales tuvo un comportamiento parecido en la gestación y el postparto. Este comportamiento coincide con los resultados de un estudio en ovejas en donde se observó que el peso al parto disminuyó a 65.9 kg, comparado con el peso de las ovejas semanas antes del parto de 70 kg, además las

ovejas iban recuperando su peso a medida que avanzaba la lactancia 68.5kg a las 5 semanas post parto y 74.7 kg al momento del destete (Keady y Hanrahan, 2021). Estos resultados sugieren que la calidad nutricional de los híbridos Centli Puma, Tlaoli Puma, y Tsiri Puma tienen un potencial para ser utilizados como ensilados en la nutrición en ovejas gestantes y lactantes. Los datos aquí mostrados, coinciden con resultados reportados por otros autores, en los cuales se obtuvieron mayores pesos en ovejas alimentadas con ensilado de maíz (43.2 kg iniciales y 47.7 kg finales) en comparación con las ovejas alimentadas con henos de trigo 43.8 kg y 45.6 kg (Obeidat *et al.*, 2014).

La condición corporal registrada en las ovejas en los grupos Centli Puma, Tsiri Puma y Tlaoli Puma, conforme avanzaba la gestación también incrementó, como lo indican otros autores en donde ovejas aumentan sus reservas corporales debida a la mayor ingesta de nutrientes (Keady y Hanrahan, 2018); sin embargo, al momento del parto y la lactancia la condición corporal disminuyó lo cual coincide también con un reporte en ovejas en donde al momento del parto la CC disminuyó (Riçordeau *et al.*, 1960), esto es debido principalmente a que la demanda de nutrientes para lograr mantener la lactación se incrementa ocasionando movilización de reservar y pérdida rápida de CC (Obeidat *et al.*, 2014). De igual manera los resultados obtenidos de condición corporal en esta investigación concuerdan con los obtenidos por Gronqvist *et al.* (2018) en donde las ovejas en el día 136 de gestación en comparación con el día 115, presentaron mayor CC, en dietas que se cubrían sus requerimientos nutricionales.

En este trabajo además de haber evaluado el efecto de dietas con ensilado de híbridos de maíz, también se determinó el efecto de otros factores como la paridad de esta manera se

encontró que tanto el peso como la condición corporal de las ovejas fue afectado por dicho factor, se encontró que las hembras primíparas tuvieron menores pesos y CC en las distintas etapas evaluadas, en comparación con las ovejas multíparas, lo cual coincide con los resultados de otro estudio, en donde ovejas de la razas Black Face primíparas tuvieron una ganancia de 4.55 kg durante la gestación en contraste con una ganancia de 6.41 kg en ovejas multíparas (Dwyer *et al.*, 2005). De igual manera estos resultados coinciden con los reportados en ovejas de la raza Corridale, bajo un sistema de pastoreo natural, en el que se encontró que tanto el peso, como la CC de las ovejas primíparas fueron menores que los de multíparas, durante casi toda la gestación (Damián *et al.*, 2020). El menor peso y condición corporal de las ovejas primíparas es atribuido a que no han alcanzado la madurez, por lo que siguen creciendo durante la gestación y genera una competencia por los nutrientes disponibles entre ésta y el cuerpo materno (Dwyer *et al.*, 2005; Hinojosa-Cuéllar *et al.*, 2019).

Otro factor evaluado fue el tamaño de la camada y se encontró que las ovejas que tuvieron partos dobles mostraron mayores pesos y CC que las de parto sencillo, lo cual coincide con lo reportado en otro trabajo en el que se encontraron diferencias significativas (61.6 kg en ovejas con corderos únicos vs. 62.5 kg en ovejas con mellizos); sin embargo, en las CC no reportó diferencia significativa (3.6 únicos vs 3.1 en ovejas con mellizos), (Banchemo *et al.*, 2005).

4.2. FAMACHA.

Los resultados de FAMACHA en los grupos experimentales Centli Puma, Tsiri Puma y Tlaoli Puma se mantuvieron por debajo del nivel de puntaje 2 (rojo-rosado) durante la

gestación; en la escala de FAMACHA, los niveles 1 y 2 corresponden a coloraciones más rojas de la mucosa ocular, esto es indicativo de que los animales se encuentran en un estado de salud óptimo, es decir que no presentan anemia debida a diversos factores entre los cuales destacan una carga elevada de parásitos hematófagos y baja nivel nutricional (De León, 2000), otros trabajos han reportado también en animales que presentaban buen estado de carnes (CC) tenían niveles de FAMACHA en entre 1 y 2 (De León, 2000; Mondragón-Ancelmo *et al.*, 2019), dichos resultados son consistentes también con los reportados en este estudio.

4.3. Producción y calidad de leche.

En los grupos experimentales Centli Puma, Tsiri Puma y Tlaoli Puma no se encontró diferencia significativa en la producción de leche, ni en las concentraciones de grasa, proteínas o sólidos no grasos (SNG) de la leche; estos resultados se atribuyen a que el valor nutricional de las raciones de cada grupo fue óptimo y similar en el contenido nutricional. Sin embargo, los resultados de la producción de leche en este trabajo son mayores en comparación con datos de otros trabajos en donde ovejas de cruce Columbia x Rambouillet, obtuvieron valores promedio de 1.7 ± 0.1 L/ oveja / día 57 (Vázquez *et al.*, 1998), lo que denota que la alimentación de las ovejas en este estudio permitió que las hembras obtuvieran valores altos de producción de leche. Por su parte sí se encontró un efecto debido al tiempo en el porcentaje de grasa, proteína y SNG, siendo mayor a los 15 días posparto en comparación a los 30 días, que corresponde con otros estudios en donde se señala que la concentración suele ser mayor antes del pico máximo de producción de leche (Snowder y Glimp, 1991).

4.4. Perfil metabólico de las ovejas.

En los diferentes metabolitos analizados no se encontraron diferencias entre los grupos experimentales ya que las dietas en cuanto al balance nutricional fueron similares. La literatura indica que las concentraciones de estos metabolitos, cuando no están dentro los valores de referencia, son indicativos principalmente de deficiencias nutricionales de acuerdo con las demandas.

4.5. Peso y temperatura en corderos.

En los pesos de los corderos de este estudio no se encontraron diferencias entre los grupos Centli Puma, Tsiri Puma y Tlaoli Puma, ya que la calidad nutricional de la ración en cada grupo experimental fue similar y no afectó las reservas grasas de la madre, por lo cual no se tampoco la acumulación de reservas grasas de los corderos, que posteriormente le servirá como fuente de energía (Cal-Pereyra *et al.*, 2011) adicional a esto los corderos nacidos con bajos pesos pierden mayor cantidad de calor por radiación debido a la mayor área de su superficie corporal y la baja respuesta del sistema regulador (Macías-Cruz *et al.*, 2018b; Vicente-Pérez *et al.*, 2019) . Resultados similares fueron encontrados en ovejas que fueron alimentadas con ensilados de maíz durante la gestación, ya que se encontraron mayores pesos en los corderos pre destete, mientras que el grupo de ovejas alimentadas con heno de trigo mostraron pesos menores (Obeidat *et al.*, 2014), por su parte cuando la proporción de inclusión en la dieta de ensilados de maíz es menor, se ha reportado que los pesos de los corderos son más bajos, en madres alimentadas con esa dieta durante la gestación (Keady y Hanrahan, 2013), lo cual indica que el ensilado es una alternativa para la alimentación de las ovejas en la gestación y la conformación de sus corderos durante la lactancia.

El tipo de parto en este estudio afectó el peso de los corderos al nacimiento y a lo largo del primer mes de lactancia, ya que los corderos de partos sencillos pesaron más que los de partos múltiples, esto se atribuye a que existe una mayor competencia por los nutrientes en la gestación (Obeidat *et al.*, 2014). En un estudio en grupos de hembras de las razas Finnish Landrace alimentadas con ensilados durante la gestación reportó diferencias significativas en los pesos al nacimiento de los corderos mellizos siendo estos más pesados que los trillizos (Sormunen-Cristian y Jauhiainen, 2001) y coinciden con los resultados de nuestro estudio. Por otra parte, otro estudio ha reportado que existe una disminución de aproximadamente 1kg por cada aumento del número de corderos (Obeidat *et al.*, 2014).

Con respecto a la temperatura rectal, los datos reportados entre grupos no hubo diferencia significativa, esto se puede explicar ya que en los grupos experimentales la ración administrada durante la gestación fue igual en cuanto el contenido nutricional, lo cual permitió a la hembra tener reservas energéticas adecuadas para la demanda y reserva de sus fetos; sin embargo por el tipo de parto hubo una tendencia en donde los corderos trillizos tuvieran menor temperatura que los corderos dobles o simples, lo cual concuerda con la competencia de nutrientes durante la gestación y la acumulación de reservas corporales que serán menores en los corderos múltiples y tendrán mayor dificultad para la termorregulación (Dwyer *et al.*, 2005; Quezada *et al.*, 2005).

4.6. Comportamiento y consumo del alimento de las ovejas durante la gestación.

El consumo de alimento de las ovejas fue en aumento en los tres grupos, conforme la gestación fue avanzando y no fue afectado por este factor, sin embargo, nuestros resultados contrastan con lo que reportan algunos trabajos como Keady y Hanrahan (2021), en donde

encontraron una disminución del consumo de materia seca (MS) al final de la gestación y que lo atribuyen al incremento del espacio ocupado por el feto y la reducción de la capacidad ruminal (Keady y Hanrahan, 2021).

Con respecto al comportamiento se encontraron algunas diferencias significativas entre los grupos y en las cuatro conductas registradas. Esta variación, pudo deberse a la cantidad de animales que componían los grupos, más que un efecto del factor dieta. El método de registro utilizado (de barrido o escaneo) en el presente trabajo tiene la limitante de que sólo recaba información temporal, donde un grupo de animales es visto rápidamente, por lo que restringe al observador en registrar sólo unas cuantas categorías de comportamiento y puede estar afectado por la notoriedad de algunos comportamientos o de individuos. Por lo que no se puede obtener más precisa como la latencia o la duración de las conductas. Por su parte los resultados del comportamiento, en el presente trabajo, si permitió detectar que las conductas que con mayor frecuencia realizan las ovejas durante la gestación es la de comer y rumiar que están relacionadas con cubrir sus necesidades nutricionales, asimismo la conducta de descanso es otro de los comportamientos que con mayor frecuencia hicieron las ovejas en el presente trabajo, estos resultados son comparables con los de otros estudios como Jørgensen *et al.*, (2009). Adicionalmente, y en estos mismos resultados sobre los comportamientos del presente trabajo, se encontraron variaciones significativas a lo largo de la gestación y que fueron evidentes en los tres grupos. De esta manera se observó que la frecuencia de ovejas que se encontraban comiendo incrementó a partir del día 84 de gestión y se mantuvo alta hasta muy cercana al parto, este resultado es consistente con la ingesta de alimento descrita previamente en este trabajo. Estos resultados indican que las ovejas para mantener una alta ingesta de alimento al final de la gestación, tuvieron que mantener un incremento en la

frecuencia en la cual se acercaban al comedero. Esto podría indicar también que es un comportamiento que les permite a los animales satisfacer sus necesidades ya que ingieren de manera episódica pequeñas cantidades de alimento, lo cual también puede permitir espacios para la rumia y digestión, y por tanto mejor aprovechamiento de nutrientes. Finalmente es importante recalcar que los resultados encontrados en el consumo de alimento y la cantidad de ovejas que se encontraban comiendo permitió un estado nutricional óptimo, ya que los datos de peso, CC y FAMACHA indican que las ovejas estaban bien alimentadas. Por su parte los resultados encontrados en la conducta de descanso en las ovejas del presente trabajo son indicativo de que los animales se encontraron con espacios adecuados para echarse, lo que a su vez podría favorecer el descanso y la rumia, tal y como se señala en un trabajo en donde en grupos con un mayor número de ovejas se encontraron compitiendo por lugares para descansar y por lo que era menos frecuente encontrar ovejas en descanso (Jørgensen *et al.*, 2009; Averós *et al.*, 2014).

5. CONCLUSIONES

Alimentar a las ovejas con ensilados de híbridos de maíz Tsiri Puma y Tlaoli Puma durante la gestación y el parto, permite que incrementen su peso, aumenten sus reservas corporales y tengan un estado metabólico óptimo. Asimismo, el consumo de estos ensilados durante la gestación muestra que se puede mantener una buena producción de leche para los corderos con un buen contenido nutricional, que les permita adecuada ganancia de peso durante la lactancia. El peso de los corderos al nacimiento y durante el primer mes de vida fue reflejo de una buena alimentación materna en la gestación, lo cual a su vez les permitió mantener una temperatura corporal adecuada y evitar los decesos por hipotermia. El incremento del consumo del alimento y la frecuencia con la que las ovejas se acercaban al

comedero para tener episodio de alimentación permitieron a las ovejas cubrir sus requerimientos nutricionales para llevar a cabo su gestación, lactancia y tener corderos vigorosos.

Capítulo II. Evaluación productiva, nutricional y cinética de fermentación ruminal *in vitro* de híbridos de maíz puma y su relación con parámetros productivos en ovejas.

1. INTRODUCCIÓN

El maíz es de los cultivos más utilizados como forraje en la dieta de los rumiantes debido a su aporte nutricional, productividad, además que favorece el desarrollo acelerado del rumen (Radchikov *et al.*, 2022; Indriani *et al.*, 2021). En México se reportó que la producción de maíz forrajero en verde fue de 17 millones de toneladas lo cual representó un valor de 14.7 mil millones de pesos (SIAP, 2022). A pesar de que el maíz se ha adaptado a diversos ambientes, es necesario que tenga las mejores condiciones para que su desarrollo sea el adecuado y esto dependerá de diversos factores como el tipo de suelo, precipitación pluvial, radiación solar, temperatura y altitud (Ruíz *et al.*, 2013). Por lo tanto, el uso de variedades híbridas de maíz que posean genotipos que pueden mantener respuestas estables ante diversos ambientes, permitirá a este cultivo enfrentarse a variaciones en los factores mencionados (Martínez-Gutiérrez *et al.*, 2018; Indriani *et al.*, 2021). En México se han generado diversos híbridos de maíz con características agronómicas deseables, como la androesterilidad génica citoplasmática que facilita la producción de semillas (Tadeo-Robledo *et al.*, 2021) y por ende la disminución de los costos. En general los híbridos de maíz se han desarrollado para la producción de grano, como las variedades Tlaoli Puma o Tsiri Puma para Valles Altos de México (Tadeo-Robledo *et al.*, 2016), sin embargo, se ha explorado poco en su potencial para la alimentación de los animales. Es importante recalcar que en la actualidad debido al incremento en la población humana hay un aumento en la demanda de productos de origen animal, por otro lado, la poca disponibilidad de áreas cultivables o para uso ganadero están ocasionando que los métodos tradicionales de producción ganadera vayan quedando obsoletos

e insostenibles (Du *et al.*, 2023). Lo cual hace necesario eficientizar la producción de recursos forrajeros, diversificando el origen para la alimentación animal y aprovechando al máximo cultivos que cotidianamente se usan para la alimentación humana. Por su parte una de las limitantes en la producción animal es la baja disponibilidad de forrajes en la época de sequía y en algunos casos también con un valor nutritivo muy bajo, por lo que se han empleado diversas estrategias para incrementar tanto disponibilidad como la calidad, y una de ellas es la conservación de forrajes mediante el ensilaje (Meneses *et al.*, 2023). Los híbridos de maíz Puma que fueron desarrollados para valles altos de México, han evidenciado potencial para ser usados como ensilados debido a que han presentado buenos valores de digestibilidad (67% para para Tsiri Puma y Tlaoli Puma 67%) y un contenido de proteína cruda (9.6 % y 9.7%, respectivamente) (Velasco *et al.*, 2022).

Los híbridos Puma poseen características sobresalientes, en cuanto a producción y contenido de nutrientes, se ha reportado que su uso como ensilado ayuda a mejorar el peso, la condición corporal y el balance energético en ovejas durante la segunda mitad de la gestación y la lactancia temprana (Castillo-Hernández *et al.*, 2024). Ahora bien, dependiendo de los componentes de las plantas se podrían encontrar variaciones en dichas características (Camarasa y Barletta, 2019), diversos estudios que refieren al rendimiento y calidad nutricional están estrechamente relacionados con la cantidad de los componentes de la planta, es decir, el desarrollo de los tallos hojas y mazorcas (Camarasa y Barletta 2019; Sah *et al.*, 2020; Zeynep *et al.*, 2021). Por ello, el objetivo de este estudio fue determinar el rendimiento y la calidad nutricional del forraje, así como y la cinética de fermentación ruminal in vitro de híbrido Puma y su impacto en la productividad de ovejas gestantes.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Lugar de estudio

El estudio se realizó en las parcelas pertenecientes al Centro de Enseñanza Agropecuaria de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, U.N.A.M. la cuales están localizadas en el Altiplano Central de México en las coordenadas 19°31'35'' L.N. y 99°11'42'' L.O. a una altitud de 2256. Con clima que se caracteriza por ser de tipo C(w0)(w)b(i')g que corresponde a clima templado con invierno seco y lluvias en verano, el más seco de los subhúmedos con poca oscilación de temperatura siendo la estación más caliente en verano, con una precipitación pluvial promedio es 600 mm anuales, además esta zona se caracteriza por ser cálida-templada con temperaturas mínimas promedio de 8.7 ° C, máximas de 34°C y media anual de 15.7 ° C. (SMN, 2023).

2.2. Siembra de los híbridos de maíz, manejo agronómico y cosecha

Los cultivos fueron establecidos en primavera - verano del 2020, y se manejaron en condiciones de temporal. Se usaron tres híbridos de maíz, Centli Puma, Tlaoli Puma y Tsiri Puma que están adaptados a condiciones de los Valles Altos de México.

Se establecieron dos experimentos, en el primero la siembra se realizó el 5 de junio, a tapa pie depositando tres semillas por mata a una distancia de aproximadamente 15 cm, a los 30 días posteriores a la siembra se aclareo y se dejaron 32 plantas por cada surco de 5 m (correspondiente a cada unidad experimental), para establecer una densidad de 80 000 plantas ha-1. Simultáneamente se hizo el segundo experimento que consistió en la siembra de cada uno de los híbridos, en una superficie de 2000 m², siendo el tamaño total de la parcela de 6000 m², se utilizó una sembradora marca John Deere, modelo MP – 25, previamente calibrada, se estableció una población aproximada de 80 000 plantas ha-1. La fertilización se

realizó al momento de la siembra con una dosis 80 – 60 – 00 de N P K, el 8 de junio fueron regados los dos experimentos. El control de malezas se realizó a los 10 días posteriores al riego, para lo cual se aplicó el herbicida Lumax Gold C, el cual contiene tres ingredientes activos: s-metolaclor, atrazina y mesotrione. La cosecha de los híbridos se realizó a los 120 días posteriores a la siembra.

2.3. Rendimiento en materia verde, de materia seca y porcentaje de materia seca

La materia verde se determinó por hectárea a partir de la cosecha de todas las plantas del surco perteneciente a cada unidad experimental. La materia seca se calculó a partir del rendimiento de materia verde y del porcentaje de materia seca. El porcentaje de materia seca a partir del peso seco entre peso fresco por cien (Zaragoza-Esparza *et al.*, 2019). Estas determinaciones se hicieron para cada componente de la planta: mazorca, hoja y tallo.

2.4. Porcentaje de proteína, de Fibra Detergente Neutro y de Fibra Detergente Ácido de cada componente de la planta.

El contenido de proteína se determinó a partir del procedimiento Micro Kjeldahl, (AOAC, 2012; Zaragoza-Esparza *et al.*, 2019). Mientras que la determinación de fibra detergente neutro y fibra detergente ácido de se utilizó la metodología Van Soest (1991).

2.5. Cinética de fermentación ruminal (PGIV) y digestibilidad (DIV) de cada componente de la planta.

Se determinó la cinética de fermentación ruminal del forraje mediante la técnica de producción de gas in vitro (PGIV) (Theodorou *et al.*, 1994), se recolectó líquido ruminal de ovinos mediante la técnica de sondeo faríngeo, a los cuales se les ofreció una dieta compuesta de 80% forraje y 20% de concentrado comercial dos veces al día. Se pesaron muestras de

aproximadamente 990 mg de los forrajes dentro de botellas con tapa de crimpado de 160 ml, se les adicionó una mezcla de 90 ml de solución amortiguadora y 10 ml de líquido ruminal en una proporción de 9:1 (vol. /vol.) e incubadas a 39°C. Cada muestra fue analizada por cuadruplicado donde las incubaciones (96 h) fueron repetidas en tres tiempos en diferentes días. Las mediciones de producción de gas se tomaron con un transductor de presión (marca Luthron) cada hora desde 1 a 8 h, cada 4 horas desde las 12 hasta las 44 horas, y a 52, 60, 72, 84 y 96 h post incubación. Después de las 96 h, los residuos de incubación fueron analizados para evaluar la digestibilidad de la materia seca (MS), materia orgánica (MO) y fibra detergente neutro (FDN). Para el cálculo de la digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) se utilizó la microtécnica propuesta por Pell y Schofield (1993).

Los parámetros de fermentación ruminal in vitro se estimaron mediante el ajuste del volumen de gas acumulado de cada botella, mediante la fórmula $PGIV = B (1 - \exp -r (t-lag))$ (Krishnamoorthy *et al.*, 1991), donde: PGIV = producción total de gas in vitro (0.5 g/g MS); B = producción asíntota de gas; r = porcentaje de producción de gas en un tiempo t; y lag = tiempo transcurrido antes del inicio de la fermentación de los carbohidratos estructurales. Para la realización de los ajustes se utilizó el programa Grafit v3. Estos parámetros solo se evaluaron en los componentes de la planta hoja y tallo.

2.6. Preparación del ensilado

El forraje se cosechó durante la primera semana de octubre del 2020 fue picado a 2 cm y pesado en una báscula para vehículos ubicada dentro de la facultad. Todo el material fue llevado al silo tipo bunker y colocado en tres espacios distintos uno para cada híbrido de maíz. La materia verde fue compactada cada vez que se alcanzaba una capa de 40 a 60 cm

de grosor, al finalizar de este proceso el material fue tapado con plástico negro asegurado con objetos pesados para evitar la entrada de aire. Se dejó fermentar por 30 días (Johnson *et al.*, 2002).

2.8. Animales y mantenimiento

El protocolo fue aprobado por el Sub-Comité Institucional para el Cuidado y Uso de los Animales Experimentales del posgrado en Ciencias de la Producción y Salud Animal, UNAM con el número de proyecto: SICUAE.DC-2021/2-4. Se usaron 34 ovejas gestantes multíparas de la raza Columbia y cruzamientos con Dorper distribuidas de manera aleatoria en tres grupos experimentales de acuerdo con su peso condición corporal y paridad, Centli Puma (10 N) 65 kg en promedio y 3 de c.c.; Tsiri Puma (14 N) 66.3 kg y 3.4 c.c. y Tlaoli Puma (10 N) 66.3 kg y 3.3 c.c. Aproximadamente a partir del día 67 de gestación se les proporcionó una dieta que estuvo compuesta por 50% de los ensilados de los híbridos de maíz (Centli Puma, Tsiri Puma o Tlaoli Puma para cada grupo), 10 % de heno de avena, 18% de heno de alfalfa y 22% de concentrado comercial (la dieta dio un aporte de 12% de proteína cruda y 2.6 Mcal/kg de EM).

2.9. Cambios de peso y de condición corporal y metabolitos en sangre

A las ovejas se les determinó el cambio de peso (ganancia o pérdida de peso que hubo entre una y otra medición) y el cambio de condición corporal los cuales fueron registrados en los siguientes periodos en la gestación: Periodo 1 = de 64 a 85 días, periodo 2 = de 85 a 106 días, periodo 3 = de 106 a 131, periodo 4 = de 131 al parto. Así como después del parto: periodo 5 = del parto a día 15 y periodo 6 = del día 15 al día 30 de lactancia. La condición corporal

se determinó en la escala de 1-5, en donde 1 se considera emaciada y 5 obesa (Russel *et al.*, 1969).

Los niveles séricos de glucosa y β hidroxibutirato fueron determinados mediante muestras de sangre en los días 64, 85, 106, 131 de la gestación y al parto. Los muestreos se hicieron con los animales en ayunas aproximadamente a las 09:00 am. Se tomó una muestra de 3ml mediante punción en la vena yugular con agujas Vacutainer® de 21G x 25 mm, la cual fue depositada en tubos con EDTA con capacidad de 3 ml respectivamente, las muestras sanguíneas fueron mantenidas en refrigeración hasta ser centrifugadas en el laboratorio dentro de las instalaciones de la Facultad el mismo día de la toma. En el laboratorio las muestras sanguíneas fueron procesadas en una centrífuga Hettich Universal® 16 R a 4 °C, a 3000 g durante 20 min; una vez centrifugadas las muestras, el suero fue separado y colocado en tubos Eppendorf con capacidad de 2 ml por medio de pipetas Pasteur y posteriormente fueron congelados a -20°C para su conservación hasta el momento del análisis. Las muestras congeladas de suero fueron llevadas a un laboratorio particular para hacer determinaciones de los metabolitos mediante la técnica de Colorimetría descrita en el trabajo (Cal-Pereyra *et al.*, 2011). El β hidroxibutirato fue determinado con un reactivo RANBUT (D-3-Hidroxibutirato)

2.10 Análisis estadístico

Para el experimento 1, correspondiente a la evaluación agronómica de los híbridos se utilizó un diseño en bloques completos al azar, de tres genotipos, con 6 repeticiones para constituir 18 unidades experimentales, cada unidad experimental estuvo constituida por un surco de 5 m de longitud y 0.8 m de ancho. Las variables del experimento se analizaron con los

procedimientos Mixed y GLM (SAS, 2023). La prueba de comparación de medias se realizó por medio de la prueba de Tukey con 0.05 de significancia para cada variable.

Para el experimento 2, debido a que las variables de cambio de peso y condición corporal no mostraron una distribución normal (Prueba de una muestra de Kolmogorov-Smirnov utilizando distribución normal (0.00, 1.00), con una probabilidad de Lilliefors ($P < 0.05$), los datos fueron analizados con estadística no paramétrica. Se usó la prueba de Kruskal Wallis para comparaciones entre los tres híbridos, y la de Wilcoxon para comparaciones dentro de grupos con el programa SYSTAT 13.2. Las concentraciones en los niveles séricos de glucosa y β hidroxibutiratos se realizó un ANOVA. Los resultados se consideraron significativamente diferentes cuando $P \leq 0.05$, y con una tendencia cuando $0.05 < P \leq 0.1$, (SAS, 2023).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Rendimiento de materia verde, rendimiento y porcentaje de materia seca (MS)

No se encontraron diferencias significativas entre los cuadrados medios de los híbridos de maíz Tlaoli Puma, Tsiri Puma o Centli Puma en cuanto al rendimiento en toneladas de materia verde ($P > 0.05$, Cuadro 1); sin embargo, los rendimientos de estos híbridos estuvieron por encima (82.3 ± 1.1 a 84.3 ± 3.3 ton MV) de lo reportado por otros híbridos comerciales y experimentales. En este sentido, trabajos previos realizados en valles altos de México como el de Zaragoza-Esparza *et al.* (2019) reportaron rendimientos de entre 50 y 75 ton MV para 12 variedades comerciales y experimentales de maíz forrajero. Por su parte Velasco *et al.* (2022) encontraron en diez variedades híbridas rendimientos de 32.5 a 70.2 ton MV, mientras que Mendoza *et al.* (2024), reportaron rendimientos de entre 55.2 y 68.2 ton MV para 6 variedades híbridas, dos sintéticas y una criolla. Estos datos reafirman el hecho de que los híbridos Puma probados en el presente trabajo tienen mayor potencial para ser

usados como forrajes, ya que para un buen rendimiento en la producción de ensilado es necesario que el forraje produzca una mayor cantidad de MV (Elizondo y Boschini, 2001; Sah *et al.*, 2020; Karnatam *et al.*, 2023). El hecho de que los híbridos Puma mostraran mayores rendimientos de MV que los trabajos antes mencionados, se debe probablemente a las variaciones en la precipitación pluvial, lo que se puede corroborar con los registros de la estación meteorológica “Almaraz” que reportó en promedio, para los meses de mayo a octubre una precipitación pluvial de 2.9 mm diarios para el año 2019 y 3.7 mm para el año 2020. El rendimiento y porcentaje de MS no tuvieron variaciones entre los distintos híbridos Puma ($P > 0.05$, Cuadro 1) estos resultados concuerdan con los reportados por Zaragoza-Esparza *et al.* (2019), donde el híbrido H-51 (23.4 T) fue similar a Centli Puma (23.5 T), mientras que Puma 1181 fue igual a lo obtenido en Tlaoli Puma (20.9 T); mientras que el híbrido Tsiri Puma (22.5 T), obtuvo un resultado cercano al híbrido 501 x 554 (22.1 T), por otra parte, en el trabajo de Velasco *et al.* (2022) se reportó que el rendimiento de MS fue muy parecido a Tlaoli Puma (19.6 T) y valores por debajo para Tisi Puma (17.5 T). En contraste, el porcentaje de MS fue menor en los híbridos de este estudio que los reportados por Zaragoza-Esparza *et al.* (2019), estos contrastes pudieron deberse en primer lugar a que su experimento se desarrolló en otro ambiente con condiciones de calidad de suelo y lluvia distintas a las del lugar en donde se llevó a cabo el presente estudio. Pero también pudieron deberse al tiempo de siembra y por lo tanto de cosecha, ya que ellos reportan una fecha de siembra tardía. En nuestro experimento hubo una situación particular que pudo haber afectado porcentaje de MS ya que un mes después de la siembra se presentó una granizada importante, y como consecuencia afectó el crecimiento de la planta.

Los porcentajes de MS del presente estudio están dentro de los límites para la cosecha de ensilados ya que incluso el trabajo de Zaragoza-Esparza *et al.*, (2019), reportó altos porcentajes de MS asociados a una cosecha tardía y por lo tanto una fase avanzada de madurez de la planta. Los valores reportados en este trabajo están por arriba del valor mínimo de 25%, ya que por debajo de este porcentaje podría significar mayores pérdidas por efluentes y por respiración, tal como lo reporta McDonald (1991), lo cual coincide con otros autores que indican que el porcentaje de MS no debe de ser por debajo de 25% (Argamentería *et al.*, 1997; Yahaya *et al.*, 2002). En una revisión realizada por Sánchez-Ledezma (2018), en donde se discutió el potencial de forrajes para ensilar, considera que un potencial alto es por arriba del 25%, medio del 20-25% y bajo menos de 20%, por lo que se puede concluir que los ensilados realizados con híbridos Puma están dentro de los rangos medios, lo que permitió un ensilado de buena calidad.

3.2. Constitución de los componentes de las plantas de los híbridos de maíz Puma

Cuando se evaluaron los componentes de la planta se observó que solamente el porcentaje de la hoja varió significativamente entre los híbridos ($P < 0.05$, Cuadro 1), el menor porcentaje lo tuvo el grupo Tsiri Puma. Se considera que la hoja es un constituyente importante de la planta, ya que tiene características de estructura y composición bioquímica que los ovinos podrían preferir, más que el tallo o la mazorca sin grano (Villalva y Provenza, 1992; García-Favre *et al.*, 2023), además se presenta un mayor digestibilidad que otras partes como el tallo (Karnatam *et al.*, 2023); esto podría indicar que el ensilado Tsiri Puma tendría poca ventaja respecto a Tlaoli Puma o Centli Puma, porque el contenido de la hoja fue menor y podría sugerir que este grupo ingerirían menor cantidad de ensilado; sin embargo,

Castillo-Hernández *et al.* (2024), observaron que en el consumo diario no hubo diferencias entre los grupo Tsiri Puma y Tlaoli Puma pero sí para el grupo Centli Puma en el cual se observaron mayores consumos, en esos resultados se reportó los promedios diarios de consumo por animal para los tres grupos fueron de 4.3 a 4.6 kg / día/ oveja en el día 84 de gestación y entre 4.6 a 5.0 kg/oveja/día en el día 147 de gestación (Castillo-Hernández *et al.*, 2024). Lo que sugiere que la menor cantidad de hoja encontrada en el híbrido Tsiri no afectó el aprovechamiento como ensilado que tuvieron los animales. También es importante considerar que el contenido de materia seca en toda la planta de maíz, incluidos las hojas y el tallo, incrementa significativamente a medida que avanza la edad de la planta. El mayor contenido de materia seca se ha reportado encontrarse en la fracción de la hoja (Firdous y Gilani, 1999), por lo que esto pudiera interferir en el aprovechamiento del forraje y que podría ser contra productivo en los híbridos Tlaoli Puma y Centli Puma los cuales tuvieron mayor porcentaje de hoja. Sin embargo, esto no limita la posibilidad de que se puedan hacer estudios para evaluar de manera particular el efecto del contenido de los componentes sobre la preferencia de consumo en ovejas. Con respecto a los porcentajes de tallo y mazorca no difirieron entre los híbridos ($P > 0.05$, Cuadro 1). Los híbridos Puma estudiados en el presente trabajo sólo habían sido evaluados en su porcentaje de mazorca, por lo que es la primera vez que se reportan datos de porcentaje de tallo y hoja.

Los resultados obtenidos en los tres componentes de la planta de los híbridos Puma no concuerdan con los reportados por Sánchez-Hernández *et al.*, (2019), quienes evaluaron cinco híbridos y una variedad sintética de maíz (VS536, DK357, H520, NH5, HE1A17, H564C) en la región de Oaxaca y encontraron las siguientes producciones en promedio de los componentes con una densidad de siembra de 83 mil plantas por hectárea: hoja 27.9%,

tallo 18.8% y 53.2% mazorca. Se puede observar que ellos obtuvieron mayores porcentajes en hoja y mazorca, y menores porcentaje de tallo en contraste con los híbridos Puma.

Cuadro 1. Comparación de medias y error estándar de híbridos de maíz Tlaoli Puma, Tsiri Puma y Centli Puma.

Híbridos	RMV (Ton)	RMS (Ton)	MS (%)	Hoja (%)	Tallo (%)	Mazorca (%)
Tlaoli Puma	82.3±1.1	20.9±6.0	27±1.5	17.1±0.7ab	52.55±1.4	30.7±1.2
Tsiri Puma	84.3±3.3	22.5±7.9	26.9±0.6	15.6±0.4b	49.8±1.7	34.6±1.7
Centli Puma	82. ±1.9	23.5±7.3	28.8±1	17.8±0.7a	51.5±1.9	30.7±1.6

RMV: Rendimiento de materia verde; RMS: Rendimiento de materia seca; MS: materia seca. Letras diferentes en cada columna indica diferencia significativa ($P < 0.05$).

3.4. Contenido de proteína de cada componente de la planta

La proteína cruda de cada componente de la planta fue similar en los híbridos Puma ($P > 0.05$, Cuadro 2), a pesar de que hubo una variación en el porcentaje de hojas entre ellos. En el presente estudio los porcentajes de proteína cruda de los componentes (hoja 7.17%, tallo 4.2% y mazorca 6.2%) fueron similares a los resultados observados por Cetinkaya *et al.*, (2020) en los componentes mazorca (4%) y tallos centrales (6.3%), sin embargo, en las hojas (12.41%) el resultado difirió, esta diferencia podría deberse a las condiciones climáticas del lugar en donde se realizó el estudio ya que el autor indicó que la siembra recibió una precipitación pluvial de temporal de 155.6 mm más riego por goteo durante el desarrollo de la planta, mientras que en este estudio la precipitación pluvial recibida fue de 524.9 mm; por otra parte otro factor ambiental tal como lo indica Walne y Reddy (2022), la temperatura tiene un impacto importante en el desarrollo fenológico de la planta, en su estudio observan

que al alcanzar temperaturas alrededor de los 30 °C puede ocurrir un desarrollo adecuado, en este estudio la temperatura máxima promedio por mes alcanzada fue de 26.7 °C. La densidad de siembra se ve relacionada también con el desarrollo óptimo de las plantas, tal como lo indica Djaman *et al.*, (2022); estos factores podrían estar involucrados en la calidad nutricional de los componentes de las plantas, como se observó en este estudio.

3.5. Fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD) de cada componente de la planta

En el componente hoja la FND fue mayor para el híbrido Tsiri Puma con respecto a Tlaoli Puma y Centli Puma, por el contrario, en el componente tallo la FND fue mayor para el híbrido Centli ($P < 0.05$, Cuadro 2). Para el contenido de FND en la mazorca no hubo diferencia entre los híbridos Puma ($P > 0.05$, Cuadro 2).

Estos resultados difieren con los reportados por Masoero *et al.*, (2006), ya que observó para tallo, cuando el maíz se encontró en la etapa de “masa” 61%, por otro lado, Horst *et al.*, (2021), reportó en la etapa lechoso-masoso 65.98%, 66.97% y 69.76% en tres híbridos comerciales, mientras que en este trabajo se obtuvieron hasta diez puntos porcentuales por debajo de los reportado por dichos autores. El hecho de haber obtenido menores porcentajes de FND nos permite afirmar que la calidad de forrajes era mejor, ya que como lo Estrada-Flores *et al.*, (2006), este componente está relacionado con la edad de la planta y que implica que entre más viejas sea al momento de la cosecha, mayor será el porcentaje de FND lo que podría limitar el consumo de la materia seca por parte del animal y también disminuir la digestibilidad del forraje. Mientras que proporciones menores de FDN, como las encontradas en el presente trabajo implican una mayor concentración de carbohidratos solubles (azúcares)

de fácil degradación en los tallos y que, en el caso de la elaboración de ensilados, generan compuestos como los ácidos butanoico, propanoico, y 3-metil butanoico entre otros, que mejoran la acidez y aroma de los ensilados y el proceso de fermentación (Karnatam *et al.*, 2023).

En lo que respecta a FAD para el componente hoja, los mayores valores los presentaron Tsiri Puma y Centli Puma mientras que Tlaoli Puma tuvo el menor valor ($P < 0.05$, Cuadro 2). Para el componente tallo el contenido de FAD no difirió entre los híbridos Puma ($P > 0.05$, Cuadro 2). Por su parte el contenido de FAD de la mazorca fue menor solo para el híbrido Tlaoli Puma ($P < 0.05$, Tabla 2). En este sentido, Horst *et al.* (2021), reportaron contenido de FAD de 67.94%, 63.05% y 64.59% en las hojas de los híbridos que evaluaron, mientras que Masoero *et al.* (2006), reporta un contenido de 32.94% de FAD para este mismo componente, siendo este último valor cercano a lo reportado en este estudio.

En promedio para los valores de FAD de las mazorcas de los híbridos que reporta Masoero *et al.*, (2006) es de 32.67% similar a lo reportado en los híbridos Puma, por el contrario en los valores (70.09%, 69.17% y 70.77%) observados por Horst *et al.*, (2021). Los bajos porcentajes FAD obtenidos en los tallos de los forrajes de los híbridos Puma indican que presentan mejor contenido de fibras, ya que los valores de FND y FAD están relacionados con la edad de la planta al momento de la cosecha, entre más edad tenga la planta habrá un aumento de esos componentes y por lo tanto una reducción en la ingestión de alimentos, digestibilidad del forraje y menor optimización del contenido energético (Ramírez *et al.*, 2002). En conclusión, a pesar de las diferencias entre los tres híbridos en los valores de FAD en hoja y mazorca se obtuvieron resultados adecuados que denotaron buen aprovechamiento del forraje.

Cuadro 2. Características nutricionales (media±e.e.) de los híbridos de maíz Puma de acuerdo con sus componentes hoja, tallo y mazorca.

Nutriente	Componente	Tlaoli Puma	Tsiri Puma	Centli Puma
Proteína %	Hoja	7.36±0.81	7.61±0.50	6.60±0.51
	Tallo	3.74±0.27	4.71±0.61	4.20±0.83
	Mazorca	6.42±0.50	6.08±0.31	6.20±0.41
FND %	Hoja	54.23±0.29b	58.88±0.34a	55.19±0.35b
	Tallo	55.65±0.04b	55.68±0.39b	59.67±0.30a
	Mazorca	55.31±0.43	55.89±0.63	56.21±1.16
FAD %	Hoja	28.10±0.38b	37.33±0.91a	36.75±0.77a
	Tallo	31.71±0.043	31.85±0.37	32.76±1.6
	Mazorca	28.1±0.88c	31.66±0.78b	35.1±0.35a

Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas ($P < 0.05$). FND= fibra neutro detergente, FAD= fibra ácido detergente

3.6. Producción de gas *in vitro* (PGIV) y digestibilidad *in vitro* (DIV) de cada componente de la planta

No se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en la fracción insoluble (B) en los tres componentes de los tres híbridos Puma, las diversas fracciones de los tres híbridos en sus componentes hoja y tallo, indicaría que son similares en cuanto al valor de fermentación de la fracción insoluble. La tasa de fermentación en la fracción c-b no difirió entre los grupos, pero al comparar entre los componentes tallo y hoja de los tres híbridos Puma se observó menores concentraciones en las hojas del grupo Tsiri Puma y Tlaoli Puma que en las contenidas en el tallo ($P > 0.05$, Cuadro 3) sin embargo, estos resultados se encuentran dentro de los rangos reportados para maíz forrajero lo cual no implicaría una diferencia entre la degradación de los carbohidratos estructurales (Krishnamoorthy, 1996); los resultados observados en este trabajo difieren a lo reportado por otros autores en maíz y sus diferentes componentes: tallo, hoja, y mazorca (Estrada-Flores *et al.*, 2006; Tolera y Sundstøl, 1999),

probablemente esta diferencia se deba al contenido total de paredes celulares fermentables (Van Soest, 1994). En el tiempo lag (tiempo que pasa antes de iniciar la fermentación de la fibra neutro detergente) de los componentes de los tres híbridos se observó para el grupo Centli Puma el mayor valor en sus hojas, y en los tallos del grupo Tlaoli Puma ($P < 0.05$). Al comparar entre componentes, las hojas obtuvieron mayores valores que los tallos ($P < 0.05$), esto podría indicar un mayor contenido en componentes menos degradables como la lignina, por lo que sería adecuado en futuros estudios determinar otros componentes nutricionales.

Cuadro 3. Parámetros de fermentación (media \pm e.e.) por la ecuación Krishnamoorthy (1996) de los híbridos de maíz Puma de acuerdo con su componente hoja y tallo.

Parámetro	Componente	Tlaoli Puma	Tsiri Puma	Centli Puma
B	Hoja	255.97 \pm 11.19	235.29 \pm 6.52	255.40 \pm 12.06
	Tallo	227.84 \pm 13.70	229.44 \pm 12.06	236.57 \pm 10.82
c-b	Hoja	0.026 \pm 0.003a	0.026 \pm 0.003a	0.028 \pm 0.001
	Tallo	0.037 \pm 0.004b	0.038 \pm 0.003b	0.034 \pm 0.002
Lag	Hoja	12.87 \pm 1.44a	13.98 \pm 0.58	14.24 \pm 1.29a
	Tallo	10.23 \pm 1.44b	11.96 \pm 0.70	10.64 \pm 1.73b

Letras diferentes dentro de columna en cada parámetro indican diferencias significativas ($P < 0.05$). Asteriscos en cada fila para cada componente indica diferencia significativa ($P < 0.05$). B: asíntota de producción de gas (fracción insoluble); c-b: tasa de fermentación de la fracción insoluble; Lag= fase antes de iniciar la fermentación (h) de la FDN.

3.7. Digestibilidad *in vitro* de materia seca (MS), materia orgánica (MO) y FDN de tallo, hoja y mazorca

En los valores de digestibilidad *in vitro* para todas las variables (dMS, dMO y dFDN) no mostraron diferencias significativas entre los grupos ($P > 0.05$, Cuadro 4), en ninguno de los componentes: hoja, tallo y mazorca; esto podría indicar en la MS que la fermentación por parte de los microorganismos en cada componente será muy similar, además de encontrarse dentro de los rangos para maíz, como lo indica Masoero *et al.*, (2006), cuyos valores reportados para la dMS en los tallos de maduración en “leche” es 79.54%, para la etapa de

“masa” 62.02% y 52.25% en la maduración fenológica, en la hojas reportó 77.76% en la etapa de formación de estigmas y 69.19% en la etapa madura; en la mazorca de 65.95% en la etapa de “masa” En la dFND Masoero *et al.*, (2006) indica un 38% en los tallos siendo su digestibilidad menor que la mostrada en este estudio, por otra parte, reporta 50% en las hojas y mazorcas; estos resultados están por debajo de lo reportado en este estudio de híbridos Puma, por lo que esto podría indicar un mejor aprovechamiento de los tallos, hojas y mazorcas.

Cuadro 4. Digestibilidad *in vitro* (media \pm e.e.) de los híbridos de maíz Puma de acuerdo con su componente hoja, tallo y mazorca.

Digestibilidad <i>in vitro</i>	Componente	Tlaoli Puma	Tsiri Puma	Centli Puma
MS	Hoja	67.54 \pm 1.65	58.38 \pm 3.41	65.99 \pm 2.38
	Tallo	68.6 \pm 1.87	68.98 \pm 1.64	70.74 \pm 1.29
	Mazorca	77.81 \pm 1.95	75.66 \pm 3.87	79.31 \pm 2.37
MO	Hoja	60.31 \pm 4.48	64.25 \pm 2.42	65.65 \pm 0.79
	Tallo	70.46 \pm 1.9	69.7 \pm 1.39	66.49 \pm 1.01
	Mazorca	77.53 \pm 2.01	75.38 \pm 3.94	79.04 \pm 2.44
FDN	Hoja	58.96 \pm 3.32	63.9 \pm 1.55	62.86 \pm 2.13
	Tallo	54.5 \pm 3.87	54.02 \pm 3.25	53.79 \pm 6.13
	Mazorca	66.04 \pm 3.1	64.1 \pm 4.87	67.26 \pm 4.02

Valores de digestibilidad *in vitro* entre los grupos ($P > 0.05$). MS: digestibilidad *in vitro* de la materia seca; MO digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica; FDN: digestibilidad *in vitro* de la fibra detergente neutro.

3.8. Cambio de peso corporal de las ovejas

Esta variable (Figura 1) no difirió entre grupos experimentales, en ninguno de los intervalos de tiempo registrados en durante las mediciones ($P > 0.05$). La similitud de los resultados entre los grupos experimentales se atribuye a que las cualidades nutricionales de las dietas de las ovejas estuvieron balanceadas para estas etapas reproductivas. Por otro lado, se encontró que el cambio de peso de las ovejas fue afectado por la etapa en la que se midió ($P < 0.05$). En la

figura 1 se observa que las ovejas de los tres grupos mantuvieron incrementos de peso constante a medida que avanzaba la gestación. manteniendo una ganancia de aproximadamente 5 kilos en periodos de 21 días, lo cual indica que el aporte nutricional debido al suministro de las dietas con los tres ensilados de maíz Puma fue el adecuado. Por su parte, en el intervalo que comprendió entre el día 131 de gestación y hasta el parto, se observó pérdidas de peso significativas en los tres grupos, con una pérdida de casi 7 kilos inmediatamente después del parto. Estos datos se asemejan a los reportados por Keady y Hanrahan (2021), en donde las ovejas alimentadas con ensilados de maíz incrementaron peso durante la gestación hasta el momento del parto, en donde se reportó una pérdida de peso y su posterior recuperación durante la lactancia.

El crecimiento fetal en los ovinos ocurre de manera exponencial a medida que avanza la gestación, el mayor porcentaje de crecimiento ocurre en el último tercio de la gestación (Robinson, 1990; Dwyer *et al.*, 2005;) y la nutrición materna es determinante para ese crecimiento (Robinson, 1977; Mellor, 1983) incrementa las necesidades metabólicas de las ovejas al final de la gestación (Mohamaadi Barimanloo *et al.*, 2022), durante la gestación tardía el metabolismo materno está enfocado principalmente en proveer energía para el desarrollo y crecimiento fetal (Mohammadi *et al.*, 2016). En este trabajo esto coincide con el mayor incremento de peso que tuvieron las ovejas entre el día 106 al 131 de gestación, así como las elevadas concentraciones de glucosa y bajos niveles de β hidroxibutiratos en esas mismas etapas, con lo cual se puede afirmar que las hembras recibieron un adecuado aporte nutricional con las dietas de ensilado de los híbridos de maíz Puma. En un estudio realizado en ovinos en donde se midió la relación entre las medidas biométricas fetales mediante

ultrasonografía y el peso y crecimiento del cordero, se encontró que el diámetro biparietal tuvo un incremento progresivo entre el día 91 a 105 de la gestación, por su parte el diámetro torácico y abdominal tuvieron incrementos importantes entre los días 106 a 135 de la gestación (Vannuchi *et al.*, 2019), lo cual coincide con los mayores incrementos de peso obtenidos en las ovejas de este estudio.

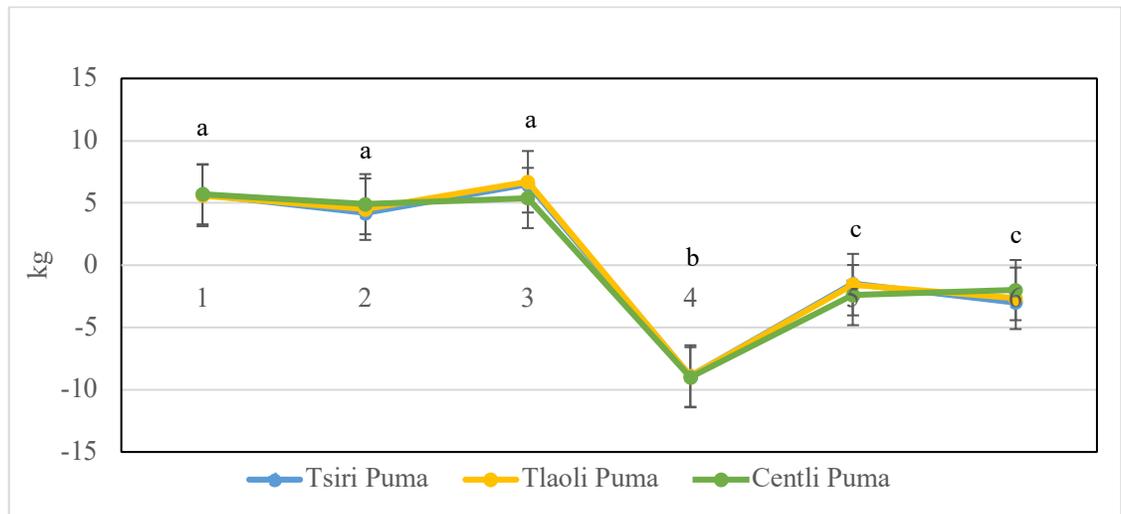


Figura 1. Cambio de peso (media \pm e.e.) de ovejas alimentadas, con una dieta que contenía 50% de ensilado de los híbridos de maíz (Centli Puma, Tsiri Puma y Tlaoli Puma). Letras diferentes indican diferencias debido al tiempo ($P < 0.05$). En el eje de las x los números indican las mediciones en el tiempo por intervalos: 1 (día 64 a 85 de gestación); 2: (día 85 a 106 de gestación); 3: (día 106 a 131 de gestación); 4: (día 131 de gestación al parto); 5: (parto a día 10 de lactancia) y 6: (día 10 a 30 de lactancia).

3.9. Cambio de condición corporal de las ovejas

El cambio de condición corporal (CC) de las ovejas (Figura 2) no difirió entre grupos experimentales a lo largo de las mediciones ($P > 0.05$). Sin embargo, sí fue afectado debido al tiempo ($P < 0.05$), en la figura 2 se observa que las ovejas de los tres grupos mantuvieron incrementos de CC constante a medida que avanzaba la gestación; sin embargo, en el intervalo que comprendió del día 131 de gestación al parto se observa que las hembras perdieron significativamente CC ($P < 0.05$). La CC en las ovejas se mantiene elevada durante

la gestación y disminuye una vez que ocurre el parto, lo cual coincide con los trabajos realizados por Keady y Hanrahan (2021) y González-García *et al.*, (2014) en ambos reportaron el incremento de la CC de las ovejas durante la gestación tardía, y una vez que ocurrió el parto se observó una pérdida de condición corporal. Los resultados obtenidos en los cambios en la CC de las ovejas van en concordancia con las variaciones del peso corporal y en las concentraciones de glucosa y β hidroxibutiratos obtenidas en el presente trabajo, ya que se observan incrementos de peso y de CC en la gestación tardía entre los días 106 y 131, así como altas concentraciones de glucosa y bajas de β hidroxibutiratos, en ese mismo periodo, lo que refleja un estado nutricional adecuado como consecuencia de una alimentación con dietas que contenía ensilados de los híbridos Puma. La CC de las ovejas en las últimas 6 semanas de gestación se mantiene elevada mientras exista un buen plano nutricional y disminuye cuando ocurre el parto, llegando a presentar descensos de hasta 0.3 como lo reportan Tygesen *et al.*, (2008) y que coincide con nuestro trabajo. La CC es un método estandarizado para estimar la cantidad de grasa corporal de una oveja. La puntuación de la condición corporal mide el equilibrio entre la ingesta y el gasto de energía (BCSG, 2016). Por su parte existe una relación estrecha entre el peso vivo y la CC, se ha observado que en ovejas que las ganancias de peso vivo y CC del 1º al 4º mes de gestación fueron mayores en las ovejas con CC < 3 y 3 que en los animales > 3. Por el contrario, en el último mes de gestación hubo una disminución de la CC en todos los grupos, aunque el peso vivo continuó aumentando, lo cual está relacionado con el metabolismo del tejido adiposo (Álvarez-Rodríguez *et al.*, 2012).

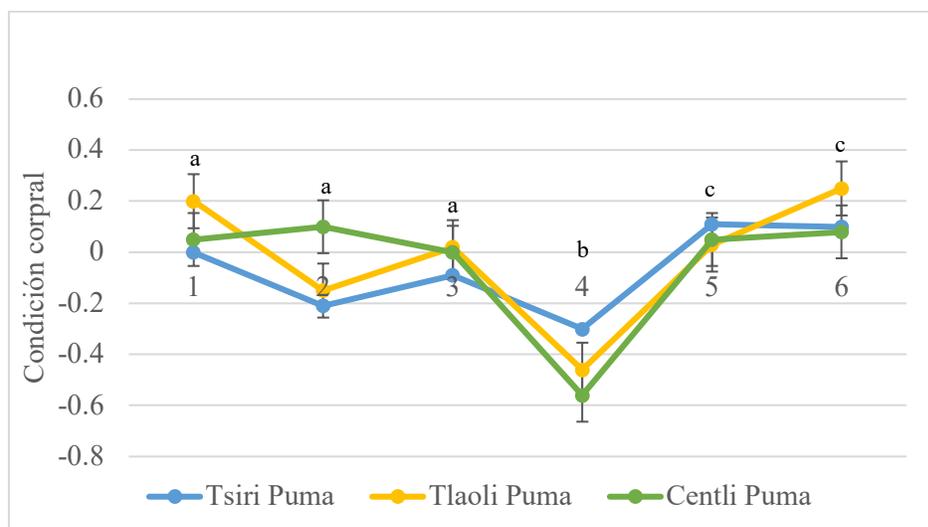


Figura 2. Cambio de condición corporal (media \pm e.e.) de ovejas alimentadas, durante la segunda mitad de gestación y hasta la primera semana postparto, con una dieta que contenía el 50% de ensilado elaborado a base de tres híbridos de maíz (Centli Puma, Tsiri Puma y Tlaoli Puma). Letras diferentes indican diferencias debido al tiempo ($P < 0.05$). En el eje de las x los números indican las mediciones en el tiempo por intervalos: 1 (día 64 a 85 de gestación); 2: (día 85 a 106 de gestación); 3: (día 106 a 131 de gestación); 4: (día 131 de gestación al parto); 5: (parto a día 10 de lactancia) y 6: (día 10 a 30 de lactancia).

3.10 Glucosa y β hidroxibutiratos

Respecto a la glucosa en este estudio se encontró que no hubo efecto debido al grupo ($P > 0.05$), los valores fueron similares a lo largo de las mediciones durante la gestación y al parto, los resultados obtenidos en el presente estudio se encuentran dentro de los rangos que se han reportado en ovejas durante ese periodo (Firat y Ozpinar, 2001; El-Sherift *et al.*, 2001; Khames Mustafa *et al.*, 2023). En contraste respecto a los días de gestación evaluados se encontró un efecto ($P < 0.05$), en la Figura 3-A se observa que la mayor concentración de glucosa fue en el día 131 de gestación, se ha reportado que este metabolito se encuentra elevado al final de la gestación, particularmente en el último trimestre de la gestación ya que las necesidades de energía se duplican (Ji *et al.*, 2023), por lo que es importante que la hembra dispongan de sustratos energéticos para cubrir sus necesidades nutricionales, por lo que los que podemos asumir que los tres híbridos Puma probados en este trabajo permitieron una

buena disposición de energía en las ovejas, como se observa en los niveles de glucosa en sangre a partir del día 64 de gestación (cuando inició su suministro en el ensilaje) y hasta el parto. En un estudio realizado con ovejas de la raza Columbia con similares condiciones a las del presente experimento se encontró que en el día 138 de gestación las ovejas que fueron alimentadas con una dieta que cubrió el 100% de sus requerimientos tuvieron mayores valores de insulina que las ovejas con una dieta que cubrió el 70% de sus requerimientos teóricos de energía y proteína (Olazabal *et al.*, 2013), lo que indica que las últimas semanas de gestación son determinantes para que la oveja no caigan en estrés metabólico (Caldeira *et al.*, 2007) que degenera en una toxemia de la preñez (Wastney *et al.*, 1982; Khames Mustafa *et al.*, 2023; Ji *et al.*, 2023). Por su parte se ha reportado que en la gestación tardía existe una correlación negativa con las concentraciones de glucosa y con la condición corporal de las ovejas como fue probado en hembras de la raza Rembi, las cuales cuando tuvieron una condición corporal de 4 al final de la gestación, fueron también aquellas que tuvieron menores concentraciones de glucosa (Aiche *et al.*, 2023). En este trabajo se midieron los cambios de la condición corporal y se observó el menor cambio ocurrió en el periodo del día 131 de gestación al parto, lo cual también coincidió con mayores concentraciones de glucosa. En cuanto a la concentración de β hidroxibutiratos en el suero sanguíneo no se encontró diferencia entre los tres híbridos Puma evaluados ($P>0.05$), de hecho se observa que los valores fueron similares entre ellos (Figura 3-B), sin embargo, al igual que la glucosa, se encontró un efecto significativo del tiempo ($P<0.05$) ya que las concentraciones de β hidroxibutiratos disminuyeron a partir de que se suministró la dieta con el ensilados de maíz de los híbridos Puma, como se observa en la figura 3-B, y tuvieron sus valores más bajos en los días 106 y 131 de gestación y volvieron a incrementar en el parto. Estos resultados nos

permiten afirmar que el suministro de dietas en ovejas gestantes que contengan ensilado de los maíces Puma permitieron tener bajas concentraciones de este metabólico, lo cual es un reflejo de las buenas condiciones nutricionales en las que estaba los animales. Los valores de β hidroxibutiratos en nuestro trabajo son similares con los reportados en otros estudios realizados en ovejas (Damián *et al.*, 2020; Rahayej Torfi *et al.*, 2022). Por su parte también nuestros resultados en este metabolito muestran similitud en el trabajo realizado por Tygenes *et al.*, (2008) en ovejas evaluadas durante las últimas 6 semanas de la gestación, a las que se les suministró una dieta con el 100% de sus requerimientos, aunque cabe señalar que en nuestro estudio tuvimos valores ligeramente menores (por debajo de 0.4 mmol/L) que los reportados en dicho estudio (alrededor de 5.0 mmol/L). El β hidroxibutirato en los rumiantes es considerado un indicador clave para detectar problemas metabólicos (Khames Mustafa *et al.*, 2023), por lo que también se considera como un factor, en el suero, de estar relacionado con el estado metabólico de energía, por lo tanto, cuando existe un balance negativo de energía en rumiantes se puede identificar que por un incremento en las concentraciones de β hidroxibutiratos (Castillo *et al.*, 1999; Rahayej Torfi *et al.*, 2022). Lo cual coincide con los resultados obtenidos para ambos metabolitos de este trabajo, ya que cuando se suministraron los ensilados de los híbridos Puma (a partir del día 64 de gestación), y hasta el parto se observó el incremento de las concentraciones séricas de glucosa, mientras que las de β hidroxibutirato disminuyeron, lo cual indica que las dietas que recibieron las ovejas de los diferentes grupos fueron las adecuadas en cuanto a la calidad y cantidad de los nutrientes, lo que a su vez ya que se vio reflejado en la ganancia de peso de las ovejas y en el mantenimiento de la condición corporal durante la gestación.

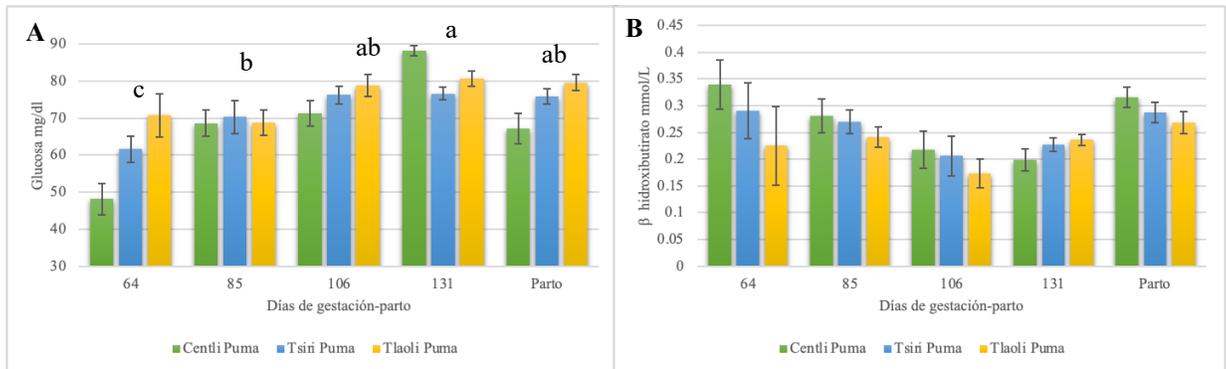


Figura 3. Concentración plasmática (media±e.e) de glucosa mg/dl (A) y de β hidroxibutiratos mmol/L (B) de las ovejas de los grupos experimentales Centli Puma, Tsiri Puma y Tlaoli Puma. Letras diferentes indican diferencias debido al tiempo ($P < 0.05$).

4. CONCLUSIONES

Los híbridos de maíz Puma evaluados muestran similares rendimientos, calidad nutricional, producción de gas y digestibilidad in vitro, independientemente de los componentes de la planta (hoja, tallo y mazorca). La alimentación de ovejas durante la segunda mitad de la gestación con dietas que contenían el 50% de ensilado a base de los tres híbridos, favorece la ganancia de peso y cambios en la CC, así también, eleva la concentración sérica de glucosa y disminuye las concentraciones de β hidroxibutiratos, por lo que son una buena alternativa para la producción de ensilados en la alimentación de ovejas gestantes y lactantes.

Capítulo III. Evaluación productiva y potencial alimenticio de maíces Tsiri Puma y Tlaoli Puma incluidos en dietas sobre el rendimiento de cabras gestantes y sus cabritos.

1. INTRODUCCIÓN

Los caprinos son rumiantes que están adaptados principalmente a condiciones climáticas desfavorables, por lo que su producción se encuentra difundidas principalmente en las zonas áridas y semiáridas, el 97% de la población mundial se localiza en Asia, África y América latina, en países en vías de desarrollo (FAOSTAT, 2020; Skapetas y Bampidis, 2016). La producción de esta especie se da predominantemente en sistemas extensivos, por lo que la mayoría de la alimentación proviene de pastos y hierbas nativas o restos de cosechas, que en algunas ocasiones no proveen de los nutrientes suficientes para cubrir las necesidades nutricionales de los animales, y etapas como la gestación y lactancia pueden ser afectados (Robinson *et al.*, 1999; Galina y Pineda, 2010). Para el caso de México estas etapas reproductivas suelen coincidir con la época de otoño e invierno que se caracteriza por la poca disponibilidad de forraje y aporte de nutrientes (Hernández *et al.*, 2001).

Esta restricción de nutrientes en las cabras al final de la gestación trae como consecuencia deficiente desarrollo del feto ocasionando bajo peso al nacimiento de los cabritos lo cual disminuye la tasa de sobrevivencia; la producción de leche y calostro, así como el deterioro de la relación madre-cría (Terrazas *et al.*, 2009; Laporte-Broux *et al.*, 2012; Ramírez-Vera *et al.*, 2012 a b; Castagnino *et al.*, 2015; Goestch, 2019; Rahmani *et al.*, 2019). Castagnino *et al.* (2015), mostraron que las cabras restringidas en el último tercio de gestación y horas después del parto hay una pérdida del peso vivo y condición corporal.

Así mismo en caprinos se han encontrado otros efectos de la mala nutrición durante la gestación como las complicaciones al parto (Baxter *et al.*, 2016; Ramírez-Vera *et al.*, 2012 a y b); afección en la movilización de reserva grasa para sostener una lactancia (Li *et al.*, 2020); y efectos en bajos pesos en las cabras y sus cabritos (Terrazas *et al.*, 2009). La desnutrición de las madres también influirá en la sobrevivencia de los cabritos (porcentaje de mortalidad) (Ramachandran *et al.*, 2019; Sahlú *et al.*, 1999). Se considera de suma importancia el proporcionar una buena nutrición en las hembras gestantes, sobre todo en el último tercio de gestación. Es importante desarrollar estrategias de alimentación como la conservación de forrajes que permitan disponer de alimentos para los animales en épocas de estiaje (Kumar *et al.*, 2024).

Las investigaciones en los países en desarrollo, donde las condiciones nutricionales de los rebaños caprinos no son las óptimas, se han enfocado a generar estrategias nutricionales con periodos cortos y precisos de suplementación alimenticia, explorando principalmente a las hembras en estados de gestación y lactancia (Terrazas *et al.*, 2012; Idamokor *et al.*, 2017, Ramírez-Vera *et al.*, 2012 a y b). El método de conservación con ensilado es utilizado como una alternativa de alimentación en pequeños rumiantes particularmente cuando hay escasez de forraje (Castillo-Hernández *et al.*, 2024). En cabras gestantes y lactantes se ha demostrado que cuando son alimentadas con ensilados de maíz se permite un mejor aprovechamiento de los nutrientes por su buena digestibilidad (Tarverdi *et al.*, 2021).

En Valles Altos de México se han desarrollado híbridos de maíz para la producción de grano como Tlaoli Puma y Tsiri Puma y que han mostrado tener en pruebas *in vitro* adecuadas digestibilidades, además de altos rendimientos forrajeros lo cual indicaría su potencial para ser utilizado como forraje (Tadeo-Robledo *et al.*, 2021; Tadeo-Robledo *et al.*, 2016). De

hecho, cuando estos híbridos fueron probados como ensilados en la dieta de ovejas gestantes, se mostraron buenas respuestas en parámetros productivos y metabólicos de las ovejas, así como en los corderos (Castillo-Hernández *et al.*, 2024); sin embargo, el uso de estos híbridos de maíz como ensilados aún no se ha probado en dietas de cabras gestantes.

Es por ello que, se plantea la hipótesis de que los híbridos de maíz Tlaoli Puma y Tsiri Puma presentarán adecuados rendimientos en forraje para poder ser usados ensilados, y que, al administrarse en la dieta de cabras a partir de la segunda mitad de la gestación, por lo que los pesos y condición corporal de las cabras mejorarán, así como los pesos y temperaturas de sus crías al momento del parto.

El presente estudio tuvo por objetivo determinar el rendimiento forrajero del híbrido Tsiri Puma y Tlaoli Puma en materia verde y materia seca, el porcentaje de materia seca; y evaluar sus efectos en el peso y condición corporal de cabras gestantes, y sus efectos en los pesos y temperaturas al nacimiento de los cabritos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Lugar de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en el módulo de caprinos perteneciente al Centro de Enseñanza Agropecuario de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, U.N.A.M. El cual está localizado en el Altiplano Central de México con coordenadas 19°31'35'' Latitud Norte y 99°11'42'' Longitud Oeste a una altitud de 2256 msnm. El clima es C(w0) (w)b(i')g que corresponde a templado con lluvias en verano, el más seco de los subhúmedos con poca oscilación de temperatura siendo el mes más caliente en verano, con una precipitación pluvial promedio 600 mm anuales, además esta zona se caracteriza por ser cálida-templada con

temperaturas mínimas promedio de 8.7 ° C, máximas de 34°C (SMN, 2017) y media anual de 15.7 ° C.

2.2 Establecimiento del experimento y cultivo para el ensilado

Diseño experimental

La evaluación de los híbridos se realizó usando un diseño experimental de bloques completos al azar que consideró los tres híbridos con seis repeticiones. En total se manejaron 18 unidades experimentales. Cada parcela experimental correspondió a un surco de cinco metros de largo con una distancia entre surco de 0.8 metros, obteniendo una parcela útil de 4 m².

Los cultivos de los híbridos de maíz fueron establecidos en el ciclo primavera - verano del 2021. Se utilizaron dos híbridos androestériles de maíz, Tsiri Puma y Tlaoli Puma y el híbrido comercial H-50.

El suelo fue preparado con una labor de aradura, posteriormente se realizaron dos pasos de rastra, así como surcado y fertilización.

La siembra se realizó a tapa pie depositando tres semillas por mata a una distancia de aproximadamente 15 cm, al día siguiente se realizó un riego por rodado para asegurar la germinación de la semilla y posteriormente fue mantenido por temporal; 30 días posteriores a la germinación se aclareo dejando 32 plantas por cada surco de 5 m (correspondiente a cada unidad experimental), para establecer una densidad de 80 000 plantas por hectárea. Se realizó el control de malezas 10 días después del riego con un herbicida selectivo (Lumax Gold ZC ® - s-metolaclor, Atrazina y mesotrione).

Simultáneamente se realizó la siembra del cultivo para el ensilado de cada uno de los híbridos, en una superficie de 2000 m², utilizando una sembradora marca John Deere, modelo

MP – 25, previamente calibrada, estableciendo una población aproximada de 80 000 plantas hectárea.

2.3. Medición del material vegetativo

2.3.1. Rendimiento en materia verde

El rendimiento de materia verde se determinó por hectárea a partir de la cosecha de todas las plantas del surco perteneciente a cada unidad experimental. El corte se realizó a una altura de 10 cm con respecto al suelo, acto seguido se determinó el peso fresco por planta (Zaragoza-Esparza *et al.*, 2019).

2.3.2. Rendimiento de materia seca

El rendimiento de materia seca se calculó a partir del rendimiento de materia verde (Zaragoza-Esparza *et al.*, 2019) y del porcentaje de materia seca por unidad de superficie.

2.3.3. Porcentaje de materia seca

Para la determinación del rendimiento de materia verde, del total de plantas cosechadas por unidad experimental se tomaron 10 plantas al azar, que fueron picadas en trozos de 3 a 5 cm y mezcladas manualmente para construir una muestra homogénea. De esta muestra se tomó 1 kg y fue colocado en una bolsa de papel identificada con el número de experimento y su peso inicial, formando así una submuestra representativa.

Las submuestras fueron sometida a una temperatura de 55 °C en una estufa de aire forzado por 48 horas hasta que alcanzó un peso constante, posteriormente fue pesadas por segunda vez obteniendo el porcentaje de materia seca

2.4. Cosecha y preparación del ensilado

El material vegetal cosechado durante la primera semana de octubre del 2021 fue picado a 2 cm y pesado en una báscula para vehículos ubicada dentro de la facultad. Todo el material fue llevado al silo tipo bunker y colocado en tres espacios para cada híbrido de maíz. La materia verde fue compactada cada vez que se alcanzaba una capa de aproximadamente con 60 cm de grosor, al finalizar este proceso el material fue tapado con plástico negro asegurado con objetos pesados para evitar la entrada de aire. Este proceso tuvo una duración de aproximadamente 30 días.

2.5. Animales y condiciones de mantenimiento

Nota ética

El protocolo fue aprobado por el Sub-Comité Institucional para el Cuidado y Uso de los Animales Experimentales del posgrado en Ciencias de la Producción y Salud Animal, UNAM con el número de proyecto: SICUAE.DC-2021/2-4.

Se utilizó un rebaño de 38 cabras multíparas bajo un sistema estabulado. El rebaño estaba compuesto principalmente por hembras de las razas de aptitud lechera como Sannen, Alpina y Toggenburg. Para la sincronización de estros las cabras fueron lotificadas en 3 grupos al azar y fueron sometidas a un protocolo de sincronización mediante el uso de SINCRO-GEST[®] esponjas intravaginales de poliuretano impregnadas con 60 mg. de Medroxyprogesterona acetato (MAP) durante 11 días, al día 10 posterior a la colocación de la esponja, se inyectó vía muscular una dosis de Lutalyse[®] el cual contenía 5 mg de Sinosprost Trometamina 1ml, 24 horas posteriores a la aplicación de la prostaglandina se retiraron las esponjas. Se

colocaron a los machos con petos marcadores inmediatamente al retiro de las esponjas, y se mantuvieron durante 7 días en empadre.

Durante toda la fase experimental el rebaño fue mantenido en estabulación en tres corrales de 15 x 15 metros cada uno. Cada corral estaba provisto de techo que proporcionaba espacio con sombra durante los periodos más calurosos del día, pisos de cemento, área de asoleadero, y contenía un comedero de cemento de 15 metros lineales y bebederos automáticos.

A los 69 días posteriores al empadre se realizó el diagnóstico de gestación con un equipo portátil Modelo 9618, B Mode Ultrasonic Diagnostic Equipment, marca Welld con una sonda convexa con frecuencia de 3-5 MHz. Se registraron 38 cabras gestantes que fueron distribuidas de acuerdo a su peso, medido con una báscula de plataforma digital Marca Rhino con capacidad para 3T y precisión de 500g; su condición corporal, registrada por medio de la palpación de la zona lumbar, basada en la escala de 1-5, en donde 1 se considera emaciada y 5 obesa (Russel *et al.*, 1969) y su paridad, en tres grupos descritos en el Cuadro 1.

2.6.- *Proceso experimental*

2.6.1.- *Grupos experimentales.*

Los animales fueron distribuidos de acuerdo a su peso de plataforma digital Marca Rhino con capacidad para 3T y precisión de 500g, a su condición corporal por medio de la escala 1-5 (Russel, *et al.*, 1969) y paridad en tres grupos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Distribución de las cabras en los tratamientos, tamaño de la muestra, peso promedio, condición corporal (CC) y animales por paridad.

Tratamientos	N	Peso (kg)	CC
Tsiri Puma	14	45.50	2.5
Tlaoli Puma	09	45.24	2.5
H 50	15	45.81	2.6

2.6.2. Alimentación

Durante el empadre y hasta antes del diagnóstico de gestación la dieta de las cabras estaba balanceada con 9.3% PC y 2 Mcal EM con los siguientes ingredientes: 73% avena, 24 % de maíz quebrado y 3 % de concentrado y agua a libre acceso.

La alimentación experimental a las cabras se inició aproximadamente en el día 64 de gestación. Los ingredientes y porcentaje de inclusión que conformaron la dieta fueron: heno de avena 25.48%, concentrado comercial 24.52% y de ensilado 50%. El contenido nutricional de la dieta, así como el contenido nutricional de cada ensilado proporcionado a las cabras de cada grupo se determinó por medio del análisis químico proximal NIRS (Cuadros 2 y 3).

Cuadro 2. Composición nutricional de materia seca (MS) de la dieta.

Componentes	Dieta Tlaoli Puma	Dieta Tsiri Puma	Dieta H 50
Proteína cruda (%MS)	16.6	16.0	17.5
Fibra neutro detergente (%MS)	32.5	38.1	34.4
fibra ácido detergente (%MS)	23.0	27.5	25.7
Total nutrientes digestibles (%MS)	70.8	66.7	67.5
Energía neta (Kcal/kg)	1.78	1.67	1.65

Cuadro 3. Composición nutricional del ensilado de maíz usado en la dieta de cada grupo.

Componentes	Ensilado Tlaoli puma	Ensilado Tsiri puma	Ensilado H 50
Proteína cruda (%MS)	8.1	9.0	7.1
Fibra neutro detergente (%MS)	47.0	46.2	43.2
Fibra ácido detergente (%MS)	29.5	29.9	27.0
Total nutrientes digestibles (%MS)	65.1.8	63.1	67.5
Energía neta (kcal/kg)	1.56	1.48	1.65

2.6.3. Medición del peso y condición corporal

A las cabras se les registró su peso y condición corporal en los días 67, 128 y 134 de gestación; además en el momento del parto y 15 días post parto.

El manejo de las cabras para la toma de estas mediciones se realizó en el corral de alojamiento de cada grupo, con la ayuda de 3 paneles portátiles de 2 m, se armó una corraleta para retener a los animales. El pesaje se realizó con una báscula de plataforma digital Marca Rhino con capacidad para 3T y precisión de 500g.

Se tomó la condición corporal mediante la palpación del triángulo esternal mediante la escala de 1-5, en donde 1 se considera una cabra emaciada y 5 una cabra obesa (Russel, *et al.*, 1969).

2.6.4. Medición del consumo de alimento

Diariamente, a partir de la administración de la dieta experimental, se realizó el pesaje de la alfalfa y concentrado con ayuda de una báscula digital portátil marca Trip2 con una capacidad de 40 kg y una precisión de 10 gramos. Para el pesaje del ensilado se utilizó una báscula digital portable de gancho de la marca Crane Scane SF-915 con una capacidad de 300 kg y una precisión de 50 gramos.

Los componentes de la dieta fueron suministrados de forma escalonada primero el ensilado de maíz, 30 minutos después el concentrado y 15 minutos posteriores la alfalfa. Al día siguiente el remanente de alimento que no fue consumido por los animales, de cada grupo, se colectó y pesó con una báscula digital. Estos datos fueron anotados en una bitácora.

2.6.5. Medición de glucosa en sangre

Se realizaron muestreos sanguíneos, a cada cabra, en los días 67, 128 y 134 de gestación; así como a las dos horas post parto. Con excepción de este último muestreo, los anteriores se realizaron con los animales en ayunas a aproximadamente las 8:30 am. Se realizó la toma de muestra sanguínea de 3 ml por punción en la vena yugular con agujas Vacutainer® de 21G x 25 mm, en tubos con capacidad para 3 ml, las muestras sanguíneas fueron mantenidas en refrigeración hasta que fueron centrifugadas en el laboratorio dentro de las instalaciones de la Facultad el mismo día de la toma. En el laboratorio las muestras fueron procesadas en una centrífuga Hettich Universal 16 R a 4°C, a 3000 g durante 20 min; una vez centrifugadas las muestras fueron colectadas y depositadas en tubos Eppendorf con capacidad de 2 ml por medio de pipetas Pasteur. El suero obtenido, para su conservación, fue congelado a -20°C hasta el momento del análisis.

Las muestras congeladas de plasma fueron llevadas a un laboratorio para hacer la determinación de glucosa mediante la técnica de espectrofotometría (Cal-Pereyra *et al.*, 2011).

2.6.5. Mediciones realizadas post parto en cabritos

Cabrito

Una vez que ocurría el parto, la cabra y el (los) cabrito (s), fueron colocados en corraletas individuales durante las primeras 2 horas postparto, con el objetivo de asegurar que se estableciera el vínculo filial madre-cría, así como verificar que la cría ingiriera calostro. Aproximadamente a las 2 horas postparto, al cabrito se le tomaron las siguientes medidas:

Temperatura rectal: se realizó primero sujetando al cabrito y sosteniéndolo con un brazo y con el otro se midió la temperatura por medio de un termómetro digital, introduciendo solamente hasta la gota de mercurio en el recto del cabrito y permaneció ahí hasta sonar la alarma, se anotó la temperatura y se limpió el termómetro para la siguiente lectura.

Temperatura externa: Aún sujeto el cabrito se tomó la temperatura escapular la cual se realizó con la ayuda de un termómetro con infrarrojo digital de la marca Steren con un rango de temperatura de -20°C a $50^{\circ}\text{C} \pm 2.5^{\circ}\text{C}$ entre las dos escapulas del cabrito.

Peso corporal: Al nacimiento y 15 días, se realizó el pesaje de cada cabrito posterior a la toma de temperaturas, se utilizó una cuerda a forma de arnés para sujetar al cabrito y colocarlo en el gancho metálico de la báscula digital portátil marca Trip2 trip® con una capacidad de 40 kg y una precisión de 10 gramos.

Sexo y tipo de parto: Se registró de cada cabrito el sexo y el tamaño de la camada.

2.7. Análisis estadístico

Para analizar los datos obtenidos del material vegetativo se utilizó un diseño en bloques completos al azar, correspondiente a tres genotipos, con 6 repeticiones para constituir 18 unidades experimentales. Las variables del experimento se analizaron con los procedimientos Mixed y GLM de la plataforma Statistical Analysis Software (SAS) On Demand for Academics 2023. La prueba de comparación de medias se realizó por medio de la prueba de Tukey con 0.05 de significancia para cada variable y una tendencia cuando $0.05 < P \leq 0.1$.

Los parámetros productivos como el peso, la condición corporal, y la concentración de glucosa en sangre de las cabras; así como el peso y las temperaturas de los cabritos; fueron

analizados con una prueba estadística GLM, teniendo como efecto fijo el grupo alimenticio, tamaño de la camada y tiempo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Material vegetativo

Los valores del rendimiento de materia verde, materia seca y porcentaje de materia seca no fueron afectados por el grupo ($p > 0.05$). En el cuadro 4 se observó que los promedios de estas tres variables fueron similares de los tres grupos. Estos resultados pueden atribuirse a que estos híbridos fueron sembrados en el mismo ambiente, en el cual no hubo variación de temperatura, humedad, mm de precipitación pluvial. Zaragoza-Esparza *et al.*, (2021) reportó un rendimiento mayor de materia verde y materia seca para el híbrido Tlaoli Puma de 78.9 t, que difirieron a lo obtenido en este estudio, por el contrario de lo reportado para el híbrido Tsiri Puma, en donde Zaragoza-Esparza *et al.*, (2021) reportó 64.7 t, un rendimiento de materia verde menor en comparación de lo observado en este estudio y un rendimiento de materia seca mayor en comparación de este estudio.

La composición de materia seca del forraje puede afectar el consumo por los animales, se sabe que los caprinos son una especie con comportamiento trófico más selectivo en comparación a los bovinos y ovinos (Hoffman, 1989; Berthel *et al.* 2022), de la misma manera esta especie es considerada en un intermedio de los herbívoros, en comparación con los bovinos y ovinos. Las cabras tienen una capacidad considerable para seleccionar diferentes plantas y partes de plantas en comparación con el ganado vacuno y las ovejas, y la composición botánica de la dieta refleja mejor la variedad de especies disponibles (Animut y Goetsch, 2008; Ackermans *et al.* 2019; Días-Silva y Abdalla, 2021). Asimismo, la etapa del ciclo reproductivo afecta el consumo de materia seca, como lo reporta un estudio en

cabras criollas con mayores consumos de materia seca durante la lactancia temprana en comparación con cabras vacías (Egea *et al.* 2019).

Cuadro 4. Rendimiento (media \pm e.e) de materia verde, materia seca (RMV, RMS) y porcentaje de materia seca (MS) de los híbridos Tlaoli Puma, Tsiri Puma y H 50.

Híbrido de maíz	RMV (Ton)	RMS (Ton)	MS (%)
Tlaoli Puma	70.0 \pm 3.3	17.9 \pm 0.95	25.6 \pm 0.6
Tsiri Puma	65.9 \pm 2.2	17.9 \pm 0.83	27.0 \pm 0.7
H 50	66.8 \pm 2.9	16.9 \pm 0.69	25.0 \pm 0.4

3.2. Consumo de alimento

Se encontró en esta variable un efecto significativo del grupo experimental ($p < 0.0001$), las cabras del grupo Tlaoli Puma tuvieron mayores consumos que las de los grupos Tsiri Puma y H 50 ($p < 0.0001$, Figura 1) mientras que el consumo de las cabras del grupo Tsiri Puma fueron mayores que las del grupo H 50 ($p < 0.0001$). Por otro lado, se encontró un efecto significativo del tiempo en donde se observa que los tres grupos el consumo de alimento fue incrementando conforme avanzaba la gestación ($p < 0.0001$). Finalmente se encontró una interacción significativa entre el grupo con el tiempo ($p = 0.045$). Estos resultados difieren con lo que observó Tarverdi *et al.*, (2021) en su estudio con cabras Mahabadi en donde el consumo de las cabras gestantes y en lactación de dietas que incluyeron diferentes porcentajes de ensilados de maíz no difirió en estos dos momentos.

Sin embargo, Fedele *et al.* (2002) reportaron que cabras estabuladas y alimentadas a libre elección o con heno y concentrado, aumentaron su consumo de materia seca un 12% y un 62% al último tercio de gestación con relación al periodo seco.

Esto es consistente con esta investigación, ya que el consumo en los tres híbridos incrementó a medida que avanza la gestación, lo cual responde también con el incremento en las necesidades nutricionales en esta etapa. Por lo que proveerles una dieta con mayor valor energético potencializará el consumo de los animales.

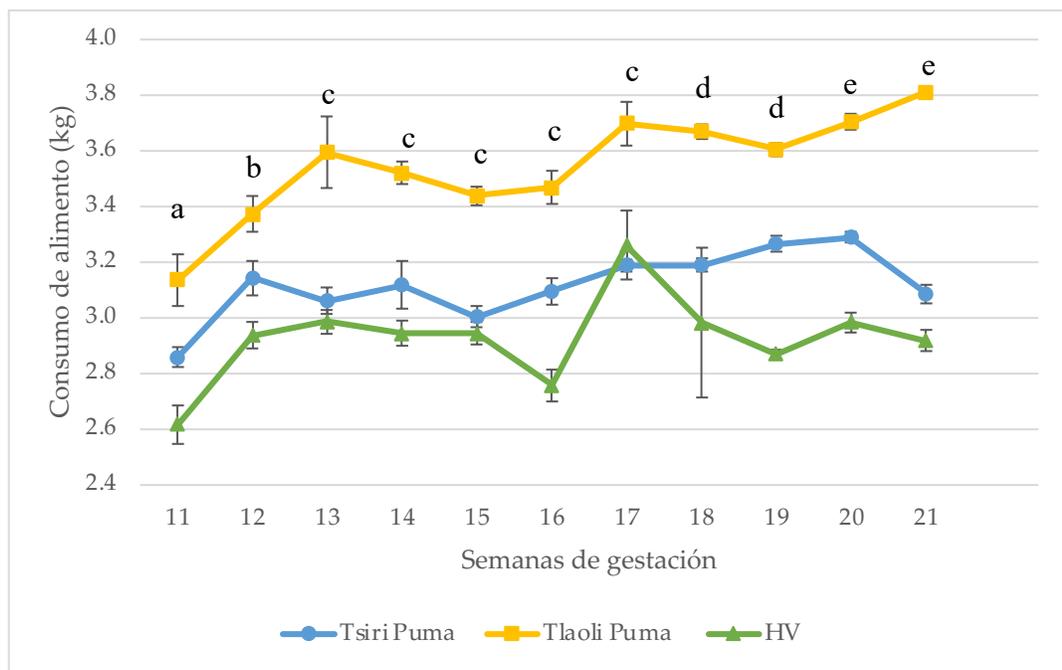


Figura 1. Comparación de medias (\pm e. e) del consumo individual promedio de las dietas de los grupos a lo largo de la gestación. Letras diferentes indican diferencias significativas a lo largo del tiempo ($p < 0.05$). Hubo un efecto significativo debida al grupo ($p < 0.0001$).

3.3. Peso corporal de las cabras

Se encontró un efecto significativo debido al grupo experimental en esta variable ($p=0.0001$), en donde las cabras de los grupos Tsiri Puma y Tlaoli Puma tuvieron mayores pesos en comparación a las cabras del grupo H50 (Figura 2). Por su parte, se encontró un efecto significativo de tiempo ($p<0.0001$) en donde se observa que las cabras de los tres grupos aumentaron su peso a partir del día 67 hasta el día 134 y se observa un descenso hasta después del parto (Figura 2). Estos resultados son consistentes con los datos observados de mayor consumo de las dietas de los híbridos Tlaoli Puma y Tsiri Puma con los mayores pesos de estos grupos, a diferencia del menor consumo y cabras con el menor peso del grupo H 50. Estos resultados podrían estar relacionados a las características nutricionales de estos híbridos, tal como lo observó Tarverdi *et al.*, (2021) en su estudio, en donde si bien, no hubo diferencia en cuanto al consumo de las dietas con diferentes porcentajes de ensilado de maíz, si observó diferencia en cuanto a la mejora de la digestibilidad al aportar ensilados de maíz.

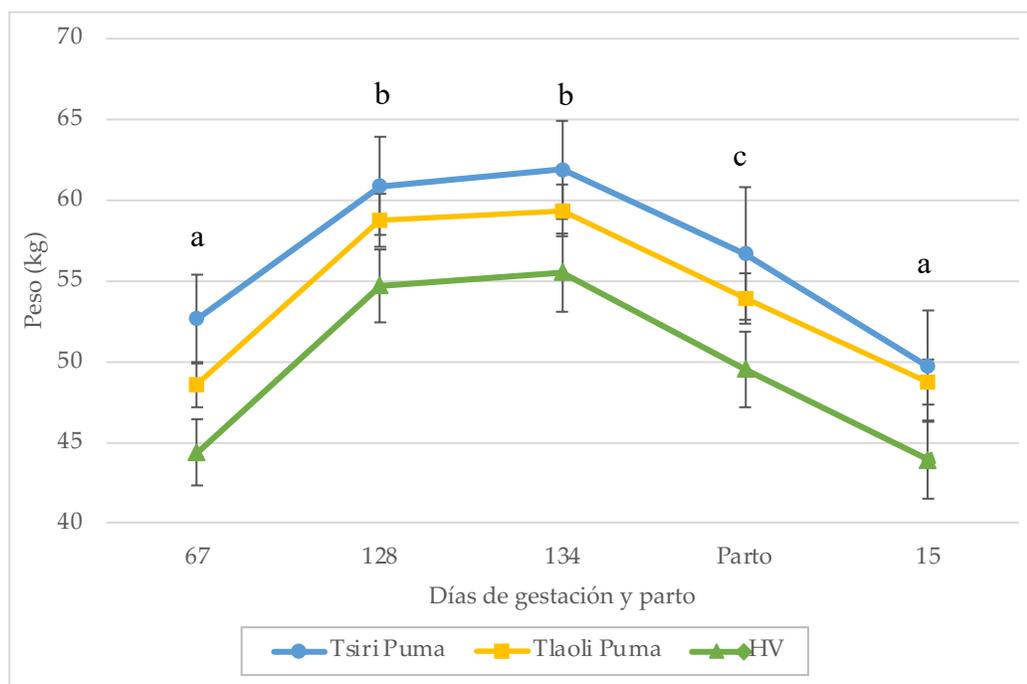


Figura 2. Comparación de medias (\pm e.e) del peso corporal de cabras entre grupos a lo largo del tiempo. Literales diferentes indican diferencias significativas a lo largo del tiempo ($p < 0.05$). Hubo un efecto significativo debida al grupo ($p < 0.0001$).

3.4. Condición corporal de las cabras

En la condición corporal no se encontraron diferencias significativas entre los grupos, ni en la interacción entre grupo y tiempo ($p > 0.05$, Figura 3); sin embargo, a lo largo del tiempo si se observó diferencia significativa ($p < 0.0001$). La condición corporal fue mayor en las cabras a partir del día 128 al 134 y hubo un descenso a partir del parto. La condición corporal observada en los tres grupos a lo largo del tiempo logró ser adecuada de acuerdo con el rango ideal del estado fisiológico en cabras (Gosh *et al.*, 2019).

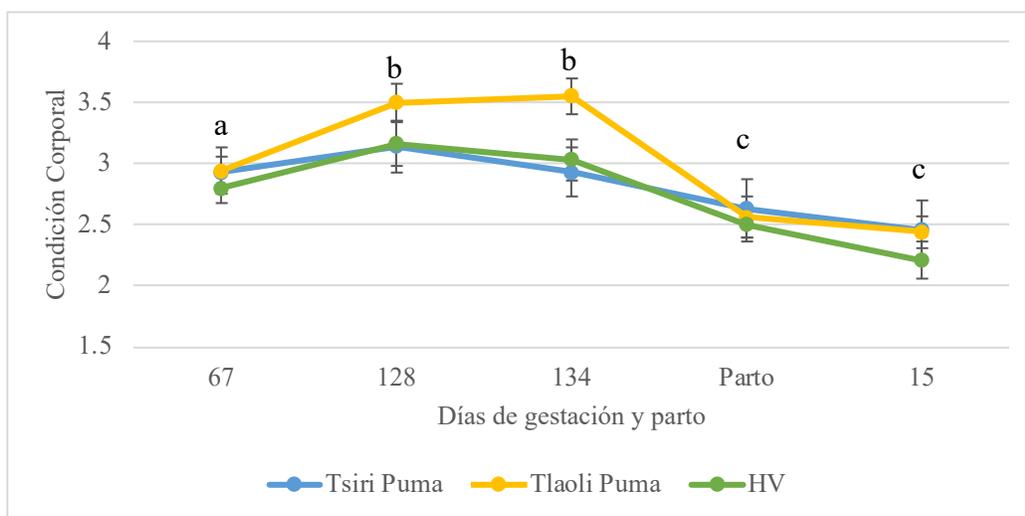


Figura 3. Comparación de medias (\pm e.e) de la condición corporal de cabras entre grupos a lo largo del tiempo. Literales diferentes indican diferencias significativas a lo largo del tiempo ($p < 0.05$). En la comparación de los días 67 y 134 se encontró una tendencia ($p = 0.073$).

3.5. Glucosa

No se encontraron diferencias significativas en las concentraciones plasmáticas de glucosa entre los grupos, ni en la interacción entre grupo por tiempo ($p > 0.05$, Figura 4); sin embargo, a lo largo del tiempo si se observó diferencia significativa ($p < 0.0001$). En la figura 3 se observa que las mayores concentraciones de glucosa fueron al momento del parto. Los resultados de las concertaciones de glucosa son similares a las que reportó Faisal *et al.*, (2022), en cabras gestantes y en lactancia. Los resultados de este estudio podrían estar relacionados a que la dieta administrada a las cabras fue balanceada de acuerdo con los requerimientos nutricionales para estas etapas (NRC,2007).

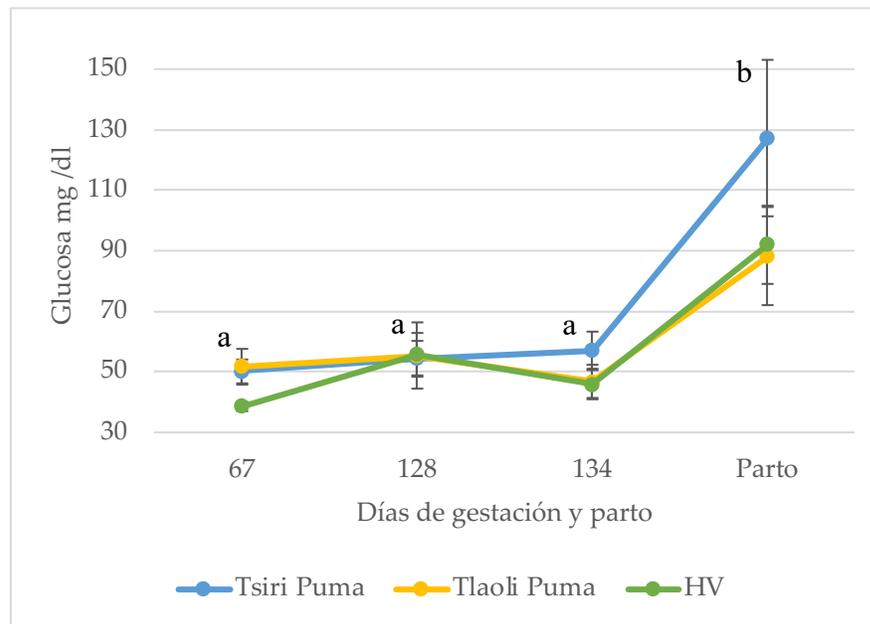


Figura 4. Comparación de medias ($\pm e.e$) de la concentración de glucosa en plasma sanguíneo de cabras entre grupos a lo largo del tiempo. Literales diferentes indican diferencias significativas a lo largo del tiempo ($p < 0.05$).

3.6. Peso de los cabritos

Los cabritos nacidos del grupo Tlaoli Puma tuvieron mayores pesos en comparación a los otros dos grupos ($p = 0.0050$, Figura 5). En la comparación de medias a lo largo del tiempo se observó diferencia significativa ($p < 0.0001$). Mientras que en la interacción grupo por tiempo hubo una tendencia ($p = 0.0680$). Los pesos de los cabritos del grupo Tlaoli Puma fueron mayores, lo cual concuerda al peso ganado de las madres de este grupo durante la gestación y al mayor consumo de alimento de este grupo. Lo cual podría indicar una diferencia en cuanto al contenido nutricional de este híbrido.

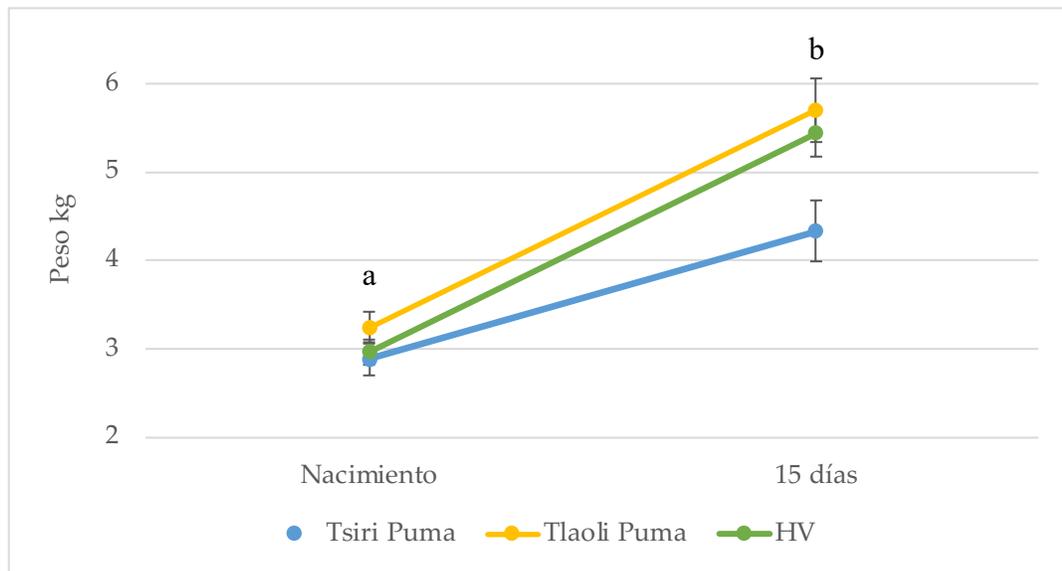


Figura 5. Comparación de medias (\pm e.e) de los pesos de cabritos entre grupos y a lo largo del tiempo. Literales diferentes indican diferencias significativas a lo largo del tiempo ($p < 0.05$). Hubo un efecto significativo debido al grupo ($p < 0.0001$).

Cuando se analizó el efecto de la camada, se encontró que el peso de los cabritos únicos fue mayor que los cabritos mellizos y cabritos triples, a su vez los cabritos mellizos tuvieron mayores pesos que los cabritos triples ($p < 0.0001$). Los resultados observados en este estudio contrastan con lo observado con Vázquez-García *et al.*, (2021) ya que no se observaron diferencias significativas por el tipo de parto.

Para el efecto del sexo del cabrito no observó diferencias significativas entre las hembras (3.9 kg) y machos (4.0 kg) ($p = 0.555$). Estos resultados difieren con lo encontrado con Vázquez-García *et al.*, (2021), en donde se reportó mayor peso en los machos (3.8 kg) que en las hembras (3.4 kg).

3.7. Temperatura de los cabritos

La temperatura rectal de los cabritos fue similar en los tres grupos ($p > 0.05$ Figura 6); sin embargo, en la temperatura externa se observó que los cabritos del grupo Tsiri Puma y Tlaoli

Puma mostraron valores más elevados en comparación con los cabritos del grupo H 50 ($p < 0.05$, Figura 6). La temperatura rectal fue similar a lo que encontró Vázquez-García *et al.*, (2021) en sus cabritos de los diferentes grupos experimentales en los cuales la temperatura rectal no mostró diferencias significativas.

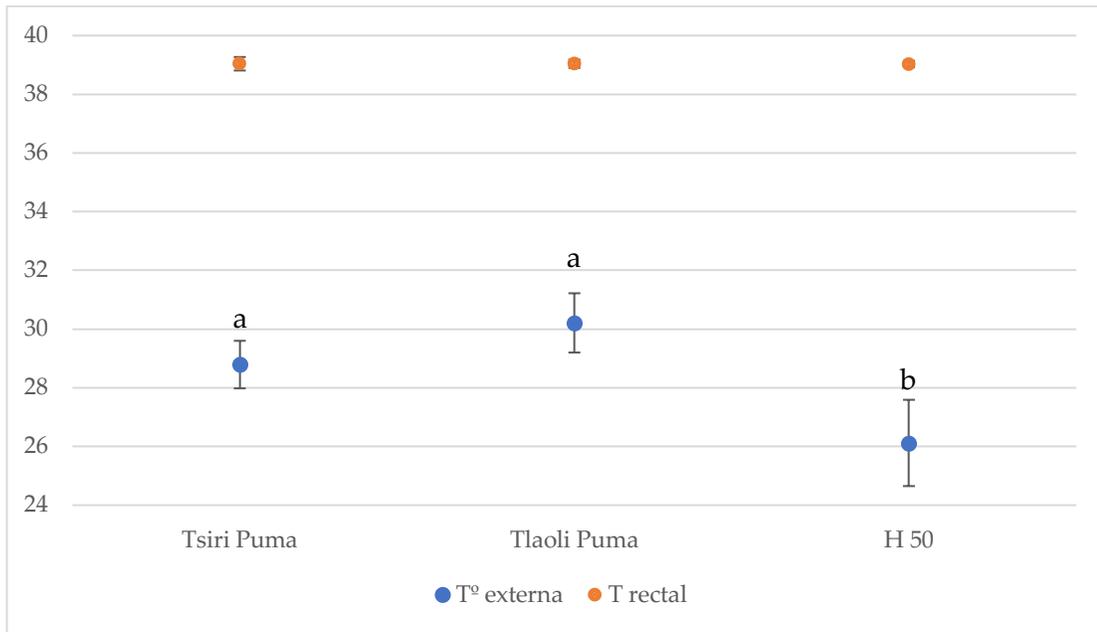


Figura 6. Comparación de medias ($\pm e.e$) de las temperaturas externa y rectal de cabritos nacidos de los tres grupos experimentales. Literales diferentes indican diferencias significativas entre los grupos solo para la temperatura externa ($p < 0.05$).

4.- CONCLUSIONES

Los rendimientos forrajeros de los híbridos Tlaoli Puma y Tsiri Puma fueron adecuados para usarse como ensilados en la dietas de cabras gestantes.

La alimentación de las cabras con la inclusión de ensilados de maíz las cabras con ensilados de híbridos de maíz Tsiri Puma y Tlaoli Puma durante la gestación y el periparto, favorecieron al adecuado consumo, e incremento en el peso y reservas corporales y

metabólicas en comparación del híbrido H 50, por lo cual sería necesario realizar estudios para evaluar el contenido nutricional des estos ensilados.

En las crías se observaron adecuadas ganancias de peso y temperatura corporal. Por lo que el uso de estos híbridos de maíz Puma son una alternativa para su uso como ensilados en la dieta de cabras.

DISCUSIÓN GENERAL

En el capítulo I se observaron las implicaciones del suministro de los ensilados de híbridos de maíz Centli Puma, Tsiri Puma y Tlaoli Puma en la segunda mitad de la gestación a ovejas en un 50% de su ración diaria, en donde si bien los híbridos no difieren entre sí, la dieta de cada grupo cubrió los requerimientos necesarios, permitiendo el incremento de peso y de reservas corporales de las ovejas a medida que avanzaba la gestación, hasta el momento del parto, de otra manera tal como lo refiere Borrelli (2001) si las demandas energéticas fuesen superiores a la energía ingerida, las ovejas movilizarían sus reservas, lo que llevaría a una pérdida del peso corporal, y a un incremento de las concentraciones de β hidroxibutiratos, el cual es un indicador de la deficiente nutrición en las ovejas (Silva, 2019; Russell *et al.*, 1969). Por otro lado, estos incrementos coinciden con lo observado por otros autores, que han usado dietas con diferentes ingredientes que cubren los requerimientos en esta etapa (Keady y Hanrahan, 2021; Galván-Doria *et al.*, 2014, Cal-Pereyra *et al.*, 2011) y que también concuerdan con los resultados observados en el perfil metabólico en cual se mantuvo durante la gestación dentro de los rangos de referencia, como lo señalan Galván-Doria *et al.*, (2014) y Silva, (2019).

Por otra parte, el peso al nacimiento de los corderos, puede ser atribuido a la dieta administrada a las madres en última etapa de la gestación ya que se sabe que es un factor importante sobre el peso del cordero al nacimiento (Mellor, 1983), siendo este adecuado ya que concuerda con lo reportado por otros autores en donde corderos nacidos con pesos superiores a 4 kg, la mortalidad de los corderos era inferior en comparación con la mortalidad de corderos con pesos menores (García-Pérez *et al.*, 2021; Vargas-Jurado *et al.*, 2024)

adicional a esto, los corderos nacidos con bajos pesos pierden mayor cantidad de calor por radiación debido a la mayor área de su superficie corporal y la baja respuesta del sistema regulador (Macías-Cruz *et al.*, 2018; Vicente-Pérez *et al.*, 2019), sin embargo, en este estudio se observó que las temperaturas de los corderos estuvieron dentro de los rangos normales.

A pesar de que en el mercado nacional se cuenta con distintos híbridos comerciales, con los cuales se podría realizar la conservación de estos forrajes en ensilados para su posterior uso en dieta de hembras gestantes, el uso de los híbridos Puma tienen la ventaja de estar a disposición del productor ya que son más económicos que los híbridos comerciales, por lo que estos ensilados son alternativas para ser usados dentro de las estrategias nutricionales, las cuales impactan directamente en la productividad de las ovejas.

En este sentido, el comportamiento productivo de los híbridos Puma observados en el capítulo II en cuanto al rendimiento en toneladas de materia verde fueron superiores a lo reportado de otro híbrido comercial, como el H-51 AE (Zaragoza-Esparza *et al.*, 2019), lo cual reafirma que híbridos Puma tienen potencial para ser usados como forrajes, ya que para un buen rendimiento en la producción de ensilado es necesario que el forraje brinde una mayor cantidad de MV (Sah *et al.*, 2020, Elizondo y Boschini, 2001).

Un factor importante a considerar es la composición de la planta de los híbridos ya que se considera que la hoja es un constituyente importante de la planta, y que tiene características de estructura y composición bioquímica que los ovinos podrían preferir, más que el tallo o la mazorca sin grano (Villalva y Provenza, 1992), por lo que, esto implicaría que ensilado del híbrido Tsiri Puma estaría en desventaja con respecto a los otros híbridos Tlaoli Puma y Centli Puma ya que presentaron mayores porcentajes en el componente hoja sin embargo,

esta hipótesis no concuerda con los resultados obtenidos en el consumo del forraje ya que el grupo Tsiri Puma y Tlaoli Puma fueron similares y a pesar de que hubo diferencia con el grupo Centli Puma en cuanto al peso y condición corporal de las ovejas no fueron diferentes, por lo cual no se podría afirmar en este estudio que a mayor consumo habría mayor ganancia de peso. Por otro lado, otro factor a considerar es el contenido nutricional de cada componente de la planta como lo es el contenido de FND ya que tal como lo afirma Estrada-Flores *et al.*, (2006), este componente está relacionado con la edad de la planta lo que implica que a mayor madurez de la planta, mayor será el porcentaje de FND y por ende podría limitar el consumo de la materia seca por parte del animal y también disminuir la digestibilidad del forraje. Para los híbridos Puma el hecho de haber obtenido menores porcentajes de FND permite afirmar que la calidad de forrajes fue adecuado.

En cuanto la fracción insoluble (B) en los componentes hoja y tallo de los tres híbridos Puma, se observaron similares valores de fermentación de la fracción insoluble. La tasa de fermentación en la fracción c-b fue igual entre los grupos, estos resultados se encuentran dentro de los rangos reportados para maíz forrajero lo cual no implicaría una diferencia entre la degradación de los carbohidratos estructurales (Krishnamoorthy, 1996). Lo cual implica que puede existir un balance adecuado entre componentes solubles e insolubles y por lo tanto mejor el aprovechamiento en la digestibilidad.

Para los valores de digestibilidad in vitro en todas las variables (dMS, dMO y dFDN) no mostraron diferencias significativas entre los grupos ($P > 0.05$), en ninguno de los componentes: hoja, tallo y mazorca; esto podría indicar en la MS que la fermentación por parte de los microorganismos en cada componente será muy similar además de encontrarse dentro de los rangos para maíz, como lo indica Masoero *et al.*, (2006).

Finalmente en el capítulo III se observaron las implicaciones de la administración de los ensilados de híbridos de maíz Tsiri Puma y Tlaoli Puma en la segunda mitad de la gestación de cabras en un 50% de su ración diaria, en donde su peso corporal en contraste con las ovejas, sí se observó diferencia entre los grupos, en donde las cabras de los híbridos Puma tuvieron mayores pesos en comparación con las cabras alimentadas con un híbrido comercial H-50. Estos resultados podrían estar relacionados a las características nutricionales de estos híbridos, como se ha observado en el capítulo II. Las dietas al estar balanceadas para el último tercio de la gestación pudieron asegurar el incremento del peso y que también se observó en el nivel de concentración de la glucosa, al encontrarse en los rangos normales de referencia, sin embargo, si bien no se observó diferencia entre el híbrido comercial en cuanto a la concentración de glucosa, se puede señalar que al encontrarse esta dieta balanceada estaría cubriendo las demandas nutricionales para esta etapa (NRC,2007).

Los pesos de los cabritos del grupo Tlaoli Puma fueron mayores, lo cual concuerda al peso ganado de las madres de este grupo durante la gestación, en cuanto a la temperatura externa se observó que los cabritos del grupo Tsiri Puma y Tlaoli Puma mostraron temperaturas más elevadas en comparación con la temperatura de los cabritos del grupo H-50.

CONCLUSIONES GENERALES

Los híbridos de maíz Tsiri Puma, Tlaoli Puma y Centli Puma, han mostrado potencial para su uso como forraje ya que al alimentar a las ovejas con ensilados de híbridos de maíz Tsiri Puma y Tlaoli Puma durante la gestación y el parto, han permitido el incremento del peso y de sus reservas corporales y tengan un perfil metabólico dentro de los valores de referencia adecuados. Por otra parte, el consumo de estos ensilados durante la gestación permitió buena producción de leche y una adecuada composición de nutrientes en la leche necesarios para las ganancias de peso de los corderos antes del destete. Se obtuvieron adecuados pesos de los corderos al nacimiento y durante el primer mes de vida, reflejo de una buena alimentación materna en la gestación, lo cual a su vez les permitió mantener una temperatura corporal adecuada y evitar los decesos por hipotermia.

En las cabras la inclusión de ensilados de maíz de híbridos de maíz Tsiri Puma y Tlaoli Puma durante la gestación y el parto, favorecieron al adecuado consumo, e incremento en el peso y reservas corporales y metabólicas en comparación del híbrido H 50, y en sus crías se observaron adecuadas ganancias de peso y temperatura corporal.

Por lo que el uso de ensilados de híbridos de maíz Puma son una alternativa en la dieta de ovejas y cabras gestantes.

Los híbridos Puma obtuvieron rendimientos forrajeros y composición nutricional, aceptables para ser usados como ensilados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abedo A. A., Hafez Y. H., Khalifa E. I., Mohamed B., and El-Zolaky, O. A. (2013). Milk yield and composition of dairy Zaraibi goats fed microbial inoculated corn silage. *Egyptian Journal of Sheep and Goats Sciences*, 8(1), 112. [10.21608/EJSGS.2013.26780](https://doi.org/10.21608/EJSGS.2013.26780)
2. Ackermans N. L., Martin L. F., Hummel J., Müller D. W. H., Clauss M. and Hatt J.M. (2019). Feeding selectivity for diet abrasiveness in sheep and goats. *Small Ruminant Research* 175: 160-164
3. Ahmed A., Balarabe A. T., Jibril A., Sidi S., Jimoh A. A. and Gobe R. M. (2017). Incidence and causes of dystocia in small ruminants in Sokoto Metropolis, Northwestern, Nigeria. *Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences*, 4(3), 114-118. DOI: 10.36347/sjavs.2017.v04i03.005
4. Aiche S., Smail F., Chikhaoui M., Hariche Z. and Abdelhadi S. A. (2023). Influence of body condition score during late pregnancy on the variations of biochemical parameters and lamb stillbirths in Rembi ewes. *Tropical Animal Health and Production*, 55(2), 128. <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03551-1>
5. Animut G. and Goetsch A. L. (2008). Co-grazing of sheep and goats: Benefits and constraints. *Small Ruminant Research*, 77:127-45. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2008.03.012>
6. Álvarez-Rodríguez J., Estopañan G., Sanz A., Dervishi E., Govoni N., Tamanini C. and Joy M. (2012). Carry-over effects of body condition in the early pregnant ewe on peri-partum adipose tissue metabolism. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 96(6), 985-992. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2011.01210.x>
7. AOAC. 2012. Official methods of analysis of AOAC International. 19 ed. Washington, D.C. USA, 1, pp. 672.
8. Argamenteira A., De la Roza B., Martínez A., Sánchez L. and Martínez A., (1997). El ensilado en Asturias. *Editorial Servicio de Publicaciones del Principado de Asturias*, pp. 127. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5121008>
9. Arnold G. W. (1975). Herbage intake and grazing behaviour in ewes of four breeds at different physiological states. *Australian Journal of Agricultural Research*, 26(6), 1017-1024. <https://doi.org/10.1071/AR9751017>
10. Averós X., Lorea A., de Heredia I. B., Ruiz R., Marchewka J., Arranz J. and Estevez I. (2014). The behaviour of gestating dairy ewes under different space allowances. *Applied Animal Behaviour Science*, 150, 17-26. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2013.11.002>
11. Banchemo G.E., Quintans G., Martin G.B., Lindsay D.R. and Milton J.T. Nutrition and colostrum production in sheep. 1. (2004a). Metabolic and hormonal responses to a high-energy supplement in the final stages of pregnancy. *Reproduction, Fertility and Development*, 16(6), 633–643. doi: [10.1071/rd03091](https://doi.org/10.1071/rd03091)
12. Banchemo G.E., Quintans G., Martin G.B., Milton J.T. and Lindsay D.R. (2004b). Nutrition and colostrum production in sheep. 2. Metabolic and hormonal responses to different energy

- sources in the final stages of pregnancy. *Reproduction, Fertility and Development.*, 16(6), 645-653. [10.1071/rd03092](https://doi.org/10.1071/rd03092)
13. Banchemo G., Quintans G., Milton J. and Lindsay D. (2005). Comportamiento maternal y vigor de los corderos al parto: efecto de la carga fetal y la condición corporal. *Organización De: Inia Treinta Y Tres Inia Tacuarembó Programa Nacional De Ovinos Y Caprinos*, 61. http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/tt/ad/2005/ad_401.pdf
 14. Banchemo G. E., Clariget R. P., Bencini R., Lindsay D. R., Milton J. T. and Martin G. B. (2006). Endocrine and metabolic factors involved in the effect of nutrition on the production of colostrum in female sheep. *Reproduction nutrition development*, 46(4), 447-460. <https://doi.org/10.1051/rnd:2006024>
 15. Banchemo G. E., Quintans G., Vazquez A., Gigena F., La Manna A., Lindsay D. R., and Milton J. T. B. (2007). Effect of supplementation of ewes with barley or maize during the last week of pregnancy on colostrum production. *Animal*, 1(4), 625-630. doi: 10.1017/S1751731107691885
 16. Banchemo G. E., Quintans G., Lindsay D. R. and Milton J. T. B. (2009). A pre-partum lift in ewe nutrition from a high-energy lick or maize or by grazing *Lotus uliginosus* pasture, increases colostrum production and lamb survival. *Animal*, 3(8), 1183-1188. <https://doi.org/10.1017/S1751731109004571>
 17. Baron V. S., Doce R. R., Basarab J. and Dick C. (2014). Swath grazing triticale and corn compared to barley and a traditional winter-feeding method in central Alberta. *Canadian journal of plant science*, 94(7), 1125-1137. <https://doi.org/10.4141/cjps2013-412>
 18. Baxter E. M., Mulligan J., Hall S. A., Donbavand J. E., Palme R., Aldujaili E., Zanella A. J. and Dwyer C. M. (2016). Positive and negative gestational handling influences placental traits and mother-offspring behavior in dairy goats. *Physiology and Behavior*, 157: 129-138. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2016.02.00>
 19. Berthel R., Simmler M., Dohme-Meier F. and Keil N. (2022). Dairy sheep and goats prefer the single components over the mixed ration. *Frontiers in Veterinary Science*, 9: 1017669. Doi: 10.3389/fvets.2022.1017669
 20. BCSG (Body Condition Score Guidance) 2016. <https://textileexchange.org/app/uploads/2021/02/RAF-211a-V2.1-RWS-Body-Condition-Scoring-Guidance.pdf>
 21. Burgos-González C., Huerta-Aparicio M., Aguirre V., Vázquez R., Orihuela A. and Pedernera M. (2018). Milk production and lamb development in Saint Croix and Katahdin hair sheep breeds (*Ovis aries*). *Tropical animal health and production*, 50(3), 683-687. <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1448-8>
 22. Borrelli P. (2001). Esquila parto. *Ganadería Ovina Sustentable en la Patagonia Austral. Ediciones INTA EEA Santa Cruz, Argentina*, 205-210.
 23. Caldeira R. M., Belo A. T., Santos C. C., Vazques M. I. and Portugal A. V. (2007). The effect of long-term feed restriction and over-nutrition on body condition score, blood metabolites and hormonal profiles in ewes. *Small ruminant research*, 68(3), 242-255. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.08.026>

24. Cal-Pereyra L., Benech A., Da Silva S., Martín A., and González-Montaña J. R. (2011). Metabolismo energético en ovejas gestantes esquiladas y no esquiladas sometidas a dos planos nutricionales: Efecto sobre las reservas energéticas de sus corderos. *Archivos de medicina veterinaria*, 43(3), 277-285. <http://doi.org/10.4067/S0301-732X2011000300010>
25. Camarasa J. and Barletta P. (2019). Densidad y momento de cosecha sobre la producción y la calidad nutricional del ensilaje de maíz. *Revista Argentina de Producción Animal*, 39(1), pp. 99-167. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/6780>
26. Castagnino D. D. S., Härter C. J., Rivera A. R., Lima L. D. D., Silva H. G. D. O., Biagioli B., Resende K. T. and Teixeira I. A. M. D. A. (2015). Changes in maternal body composition and metabolism of dairy goats during pregnancy. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 44:92-102. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902015000300003>
27. Castillo C., Hernandez J., Lopez-Alonso M., Miranda M. and Benedito J. L. (1999). Effect of physiological stage and nutritional management on some serum metabolite concentrations in Assaf ovine breed. *Archives Animal Breeding*, 42(4), 377-386. <https://doi.org/10.5194/aab-42-377-1999>
28. Castillo-Hernández L., Zaragoza-Esparza J., Tadeo-Robledo M., Espinosa-Calderón A., Ramírez-Espinosa J., Macedo-González J. and Terrazas-García A., (2024). Potencial alimenticio de ensilados híbridos de maíz Puma incluidos en la dieta de ovejas gestantes. *Revista MVZ Córdoba*, 29(1), pp. e3262-e3262. <https://doi.org/10.21897/rmvz.3262>
29. Cetinkaya N., Aykanat S., Ayaşan T. and Celik, C. (2020). Nutrient contents and in vitro digestibility of different parts of corn plant. *South African Journal of Animal Science*, 50(2), 302-309. <http://doi.org/10.4314/sajas.v50i2.13>
30. Charismiadou M. A., Bizelis J. A. and Rogdakis E. (2000). Metabolic changes during the perinatal period in dairy sheep in relation to level of nutrition and breed. I. Late pregnancy. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 84(3-4-4), 61-72. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0396.2000.00282.x>
31. Damián J. P., Terrazas A., Cabrera E., Simonetti S., Aragunde R. and Fila D. (2020). Growth of foetal bones and metabolic profile during gestation in primiparous ewes and multiparous ewes. *Reproduction in Domestic Animals*, 55(9), 1180-1189. <https://doi.org/10.1111/rda.13760>
32. De León E., and Choque-López, J. A. (2000) El Método FAMACHA© El Método FAMACHA©. http://aacid.org.do/images/Publicaciones_y_Documentos/Desarrollo_Agropecuario/2.Metodo_famacha.pdf.
33. Días-Silva T. P., and Abdalla A. L. F. (2021). Sheep and goat behaviour profile in grazing systems. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 43: e51265
34. Djaman K., Allen S., Djaman D. S., Koudahe K., Irmak S., Puppala N., Darapuneni M. K. and Angadi S. V. (2022). Planting date and plant density effects on maize growth, yield and water use efficiency. *Environmental Challenges*, 6, 100417. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100417>

35. Du Z., Yang F., Fang J., Yamasaki S., Oya T., Nguluve D., Kumagai H. and Cai Y. (2023). Silage preparation and sustainable livestock production of natural woody plant. *Frontiers in Plant Science*, 14, pp. 1253178. doi: 10.3389/fpls.2023.125317
36. Dwyer C. M., Lawrence A. B., Bishop S. C. and Lewis M. (2003). Ewe–lamb bonding behaviours at birth are affected by maternal undernutrition in pregnancy. *British Journal of Nutrition*, 89(1), 123-136. <https://doi.org/10.1079/BJN2002743>
37. Dwyer C. M., Calvert S. K., Farish M., Donbavand J. and Pickup H. E. (2005). Breed, litter and parity effects on placental weight and placentome number, and consequences for the neonatal behaviour of the lamb. *Theriogenology*, 63(4), 1092-1110. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2004.06.003>
38. Dwyer C. M., Conington J., Corbiere F., Holmøy I. H., Muri K., Nowak R., Rooke J. Vipond, J. and Gautier J. M. (2016). Invited review: Improving neonatal survival in small ruminants: Science into practice. *animal*, 10(3), 449-459. <https://doi.org/10.1017/S1751731115001974>
39. Dwyer C. (2017). Reproductive management (including impacts of prenatal stress on offspring development). In *Advances in Sheep Welfare* Woodhead Publishing, pp. 131-152. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100718-1.00007-8>
40. Egea, Á. V., Bakker, M. L., Allegretti, L. I., Paez, S. A., Grilli, D. J., Guevara, J. C., & Villalba, J. J. (2019). Seasonal changes in feed intake, diet digestibility and diet composition by lactating and non-lactating goats browsing in a semi-arid rangeland of Argentina. *Grass and Forage Science*, 74(1), 115-128.
41. El-Sherif, M. M. A., and Assad, F. (2001). Changes in some blood constituents of Barki ewes during pregnancy and lactation under semi arid conditions. *Small Ruminant Research*, 40(3), 269-277. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(01\)00174-2](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(01)00174-2)
42. Elizondo, J. and Boschini, C., (2001). Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del forraje de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 12(2), pp. 181-187. <https://doi.org/10.15517/am.v12i2.17231>
43. Esperance, M., y Ojeda, F. (1997). Conservación de forrajes. *Pastos y Forrajes*, 20(1) 20-47. <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=1315>
44. Espinosa-Calderón, A., Tadeo-Robledo, M., Zamudio-González, B., Virgen-Vargas, J., Turrent-Fernández, A., Rojas-Martínez, I., Gómez-Montiel, N., Sierra-Macías, M., López-López, C., Palafox-Caballero, A., Vázquez-Carrillo G., Rodríguez-Montalvo, F., Canales-Islas, E. I., Zaragoza-Esparza, J. A., Martínez-Yañez, B., Valdivia-Bernal, R., Cárdenas-Marcelo, A. L., Mora-García, K. Y. y Martínez-Nuñez, B. (2018). H-47 AE, híbrido de maíz para Valles Altos de México. *Revista fitotecnia mexicana*, 41(1), 87-89. <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.1.87-89>
45. Espinosa-Calderón, A., Tadeo-Robledo, M., Virgen, V. J., Zamudio-González, B., Turrent-Fernández, A., y López-López, C. (2019). H 47AE, H 49AE y H 53AE híbridos de maíz con androesterilidad para Valles Altos. In *Primer simposio para la autosuficiencia y soberanía alimentaria de México. V reunión estatal de investigación. Publicación especial* (No. 1, pp. 8-12).

46. Estrada-Flores, J. G., González-Ronquillo, M., Mould, F. L., Arriaga-Jordán, C. M. and Castelán-Ortega, O. A., (2006). Chemical composition and fermentation characteristics of grain and different parts of the stover from maize land races harvested at different growing periods in two zones of central Mexico. *Animal Science*, 82(6), pp. 845-852. <https://doi.org/10.1017/ASC2006094>
47. Fahmy, S. T. M., and Klopfenstein, T. J. (1992). Treatment with different chemicals and their effects on the digestibility of maize stalks. 1. In vitro studies. *Animal feed science and technology*, 38(4), 351-357. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(92\)90024-Z](https://doi.org/10.1016/0377-8401(92)90024-Z)
48. Faisal HT, Abid MK, Abed A. (2022). Study Of Some Biochemical Parameters in Dose During Pregnancy in Goats. *Journal Of Advanced Zoology*, 43(1):01-06. <https://doi.org/10.17762/jaz.v43i1.109>
49. FAOSTAT (Food and Agriculture organization statistical Database). 2020. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>
50. FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2021. Statistics database. Accessed Apr 2021.
51. FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2022. Statistics database. Accessed Mar 2022.
52. FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations), abril de 2019. [on line] <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>
53. Fedele, V., Claps, S., Rubino, R., Calandrelli, M., & Pilla, A. M. (2002). Effect of free-choice and traditional feeding systems on goat feeding behaviour and intake. *Livestock Production Science*, 74(1), 19-31.
54. Firdous, R., and Gilani, A. H. (1999). Effect of stage of growth and cultivar on chemical composition of whole maize plant and its morphological fractions. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 12(3), 366-370. <https://doi.org/10.5713/ajas.1999.366>
55. Firat, A., and Ozpinar, A. (2002). Metabolic profile of pre-pregnancy, pregnancy and early lactation in multiple lambing Sakiz ewes. *Annals of nutrition & metabolism*, 46(2), 57. <https://doi.org/10.1159/000057641>
56. Fluharty, F. L., Zerby, H. N., Lowe, G. D., Clevenger, D. D., and Relling, A. E. (2017). Effects of feeding corn silage, pelleted, ensiled, or pelleted and ensiled alfalfa on growth and carcass characteristics of lamb. *South African Journal of Animal Science*, 47(5), 704-711. [10.4314/sajas.v47i5.14](https://doi.org/10.4314/sajas.v47i5.14)
57. Forbes, J. M. (1970). Voluntary food intake of pregnant ewes. *Journal of animal science*, 31(6), 1222-1227. <https://doi.org/10.2527/jas1970.3161222x>
58. Freitas-de-Melo, A., Ungerfeld, R., Hötzel, M. J., Abud, M. J., Alvarez-Oxiley, A., Orihuela, A., Damián, J.P. and Pérez-Clariget, R. (2015). Mother–young behaviours at lambing in grazing ewes: Effects of lamb sex and food restriction in pregnancy. *Applied Animal Behaviour Science*, 168, 31-36. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2015.04.009>
59. Freitas-de-Melo, A., Terrazas, A., Ungerfeld, R., Hötzel, M. J., Orihuela, A., and Pérez-Clariget, R. (2018). Influence of low pasture allowance during pregnancy on the attachment between ewes and their lambs at birth and during lactation. *Applied animal behaviour science*, 199, 9-16. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2017.10.016>

60. Galina M. A., Pineda L. J. 2010. Zootecnia de Ovinos y Caprinos. Agrosystems Editing, México, pp. 217.
61. Galván-Doria, C., Rugeles-Pinto, C., y Vergara-Garay, Ó. (2014). Variación de las concentraciones séricas de glucosa y proteínas durante el día en ovinos de diferente sexo. *Revista de Medicina Veterinaria*, (28), 57-66. DOI: 10.19052/mv.3181
62. García-Favre, J., Cranston, L.M., López, I.F., Poli, C.H.E.C., Donaghy, D.J., Caram, N., Kemp, P.D., (2023). Pasture brome and perennial ryegrass characteristics that influence ewe lamb dietary preference during different seasons and periods of the day. *Animal*, 17(7), 100865. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100865>
63. García-Pérez, M., Macedo-Barragán, R., García-Márquez, L., Valencia-Posadas, M., Arredondo-Ruiz, V., & García-Casillas, C. (2021). Causas y factores de riesgo asociados con la mortalidad predestete de corderos en Colima-México. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(4).
64. Goetsch AL. (2019). Recent research of feeding practices and the nutrition of lactating dairy goats. *Journal of Applied Animal Research*, 47(1):103-114. <https://doi.org/10.1080/09712119.2019.1580585>
65. González-García, E., De Figuereido, V. G., Foulquie, D., Jousserand, E., Autran, P., Camous, S., Tesniere, A., Bocquier, F., and Jouven, M. (2014). Circannual body reserve dynamics and metabolic profile changes in Romane ewes grazing on rangelands. *Domestic Animal Endocrinology*, 46, 37-48. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2013.10.002>
66. Ghosh CP, Datta S, Mandal D, Das AK, Roy DC, Roy A, Tudu NK. (2019). Body condition scoring in goat: Impact and significance. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 7(2):554-560. <https://www.entomoljournal.com/archives/2019/vol7issue2/PartJ/7-2-62-202.pdf>
67. Grant, R. J., and Adesogan, A. T. (2018). Journal of dairy science silage special issue: introduction. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 3935-3936. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14630>
68. Gronqvist, G. V., Corner-Thomas, R. A., Kenyon, P. R., Stafford, K. J., Morris, S. T., and Hickson, R. E. (2018). The effect of nutrition and body condition of triplet-bearing ewes during late pregnancy on the behaviour of ewes and lambs. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 31(12), 1991. [10.5713/ajas.17.0890](https://doi.org/10.5713/ajas.17.0890)
69. Hernández, J. S., Rodero, E., Herrera, M. A., Delgado, J. V., Barba, C., Sierra, A. C., and para los Recursos Genéticos, S. E. (2001). La caprinocultura en la Mixteca Poblana (México): Descripción e identificación de factores limitantes.
70. Herring, C. M., Bazer, F. W., Johnson, G. A., y Wu, G. (2018). Impacts of maternal dietary protein intake on fetal survival, growth, and development. *Experimental Biology and Medicine*, 243(6), 525-533. <https://doi.org/10.1177/15353702187582>
71. Hinojosa-Cuéllar, J. A., Oliva-Hernández, J., Segura-Correa, J. C., y Torres-Hernández, G. (2019). Importancia del peso de la oveja al parto en el comportamiento predestete de corderos Pelibuey. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(4), 1569-1578. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i4.17267>

72. Hoffman RR. (1989). Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia*, 78: 443-457.
73. Horst, E. H., Bumbieris Junior, V. H., Neumann, M. and López, S. (2021). Effects of the harvest stage of maize hybrids on the chemical composition of plant fractions: An analysis of the different types of silage. *Agriculture*, 11(8), 786. <https://doi.org/10.3390/agriculture11080786>
74. Idamokoro, E. M., Muchenje, V., & Masika, P. J. (2017). Peri-and post-parturient consequences of maternal undernutrition of free ranging does: A review. *Livestock Research for Rural Development*, 29(10), 202. <http://www.lrrd.org/public-lrrd/proofs/lrrd2910/mond29202.html>
75. Indriani, N. P., Yuwariah, Y. and Ruswandi, D., (2021). The genotype and crop age effect on nutritive value of corn forage. *Indian Journal of Agricultural Research*, 55(3), pp. 374-378. <http://doi.org/10.18805/ijare.a-604>
76. IWTO (International Wool Textile Organisation), (2021) <https://iwto.org/wp-content/uploads/2022/04/IWTO-Market-Information-Sample-Edition-17.pdf>
77. Jaborek, J. R., Zerby, H. N., Moeller, S. J., and Fluharty, F. L. (2017). Effect of energy source and level, and sex on growth, performance, and carcass characteristics of lambs. *Small Ruminant Research*, 151, 117-123. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.04.009>
78. Ji, X., Liu, N., Wang, Y., Ding, K., Huang, S., and Zhang, C. (2023). Pregnancy Toxemia in ewes: a review of Molecular Metabolic mechanisms and Management Strategies. *Metabolites*, 13(2), 149. <https://doi.org/10.3390/metabo13020149>
79. Johnson, L. M., Harrison, J. H., Davidson, D., Mahanna, W. C., Shinnors, K. and Linder, D., (2002). Corn silage management: effects of maturity, inoculation, and mechanical processing on pack density and aerobic stability. *Journal of dairy science*, 85(2), pp. 434-444. [http://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(02\)74092-7](http://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(02)74092-7)
80. Jørgensen, G. H. M., Andersen, I. L., Berg, S., and Bøe, K. E. (2009). Feeding, resting and social behaviour in ewes housed in two different group sizes. *Applied Animal Behaviour Science*, 116(2-4), 198-203. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2008.08.014>
81. Joy, A., Dunshea, F. R., Leury, B. J., Clarke, I. J., DiGiacomo, K., and Chauhan, S. S. (2020). Resilience of small ruminants to climate change and increased environmental temperature: A review. *Animals*, 10(5), 867. <https://doi.org/10.3390/ani10050867>
82. Karnatam, K.S., Mythri, B., Nisa, W.u., Sharma, H., Meena, T.K., Rana, P., Vikal, Y., Gowda, M., Dhillon B.S., Sandhu, S., (2023). Silage maize as a potent candidate for sustainable animal husbandry development-perspectives and strategies for genetic enhancement. *Frontiers in Genetics*, 14 <https://doi.org/10.3389/fgene.2023.1150132>
83. Keady, T. W. J., and Hanrahan, J. P. (2013). Effects of silage from maize crops differing in maturity at harvest, grass silage feed value and concentrate feed level on performance of finishing lambs. *Animal*, 7(7), 1088-1098. <https://doi.org/10.1017/S1751731113000104>
84. Keady, T. W. J., and Hanrahan, J. P. (2018). Plane of nutrition during the rearing phase for replacement ewes of four genotypes: II-effects on performance during first pregnancy and to weaning, and of their progeny. *animal*, 12(4), 722-732. <https://doi.org/10.1017/S175173111700204X>

85. Keady, T. W. J., and Hanrahan, J. P. (2021). Effects of grass and maize silage feed value, offering soybean meal with maize silage, and concentrate feed level in late pregnancy, on ewe and lamb performance. *Animal*, 15(1), 100068. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100068>
86. Kenyon, P.R., and Webby, R.W. (2007) Pastures and supplements in sheep production systems. In Pasture and supplements for grazing animals. *New Zealand Society of Animal Production*, 14, pp. 255-273. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20073229188>
87. Khames Mustafa, M., Shareef Saed, O., and Abdulealah Ismaeel, M. (2023). Clinical and Biochemical Study of Pregnancy Toxemia in Iraqi Ewes. *Archives of Razi Institute*, 78(3), 1131-1139. <http://doir.org/10.22092/ARI.2022.359922.2515>
88. Kremer, R., and Rosés, L. (2016). Production and composition of milk of Milchschaaf (East Friesian) sheep, milked 1 vs 2 times a day. *Veterinaria (Montevideo)*, 52(204), 22-28. <http://www.revistasmvu.com.uy/revistas/revista204/RevistaVET-Oct-Dic-Completa.pdf>
89. Krishnamoorthy, U., Soller, H., Stengass, H. and Menke, H., (1991). A comparative study on rumen fermentation of energy supplements in vitro. *Journal Animal Physiology and Animal Nutrition*, 65(1-5), pp. 28-35. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.1991.tb00237.x>
90. Kumar R, Arif M, Kumar A. (2024). Silage based feeding system for goats. *Indian Farming*, 74(1):28-30. <https://epubs.icar.org.in/index.php/IndFarm/article/view/111257/53900>
91. Laporte-Broux B, Roussel S, Ponter AA, Giger-Reverdin S, Camous S, Chavatte-Palmer P, Duvaux-Ponter C. (2012). Long-term consequences of feed restriction during late pregnancy in goats on feeding behavior and emotional reactivity of female offspring. *Physiology and behavior*, 106(2):178-184. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2012.02.001>
92. Li X, Li H, He Z, Tan Z, Yan Q. (2020). Effects of maternal intake restriction during early pregnancy on fetal growth and bone metabolism in goats. *Small ruminant research*, 183:106027. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.106027>
93. Macías-Cruz, U., Correa-Calderón, A., Mellado, M., Meza-Herrera, C. A., Aréchiga, C. F., & Avendaño-Reyes, L. (2018b). Thermoregulatory response to outdoor heat stress 43 of hair sheep females at different physiological state. *Journal Biometeorology*, 62 (12):2151 – 2160
94. Martínez-Gutiérrez, A., Zamudio-González, B., Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Cardoso-Galvão, J. C., Vázquez-Carrillo, G. and Turrent-Fernández, A. (2018). Rendimiento de híbridos de maíz grano blanco en cinco localidades de Valles Altos de México. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 9(7), pp.1447–1458. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i7.1357>
95. Masoero, F., Rossi, F. and Pulimeno, A. M. (2006). Chemical composition and in vitro digestibility of stalks, leaves and cobs of four corn hybrids at different phenological stages. *Italian Journal of Animal Science*, 5(3), 215-227. <https://doi.org/10.4081/ijas.2006.215>
96. McDonald, P., Henderson, A. R. and Heron, S. J., (1991). The biochemistry of silage. Ciudad Madison. *Editorial Chalcombe Publications*, pp. 340. <https://doi.org/10.1017/s0014479700023115>

97. Medina Fernández, M.F. and Zaragoza Esparza, J.A. (2018) *Rendimiento y valor nutricional de forraje en híbridos de maíz*. Available at: <https://search-ebscohost-com.pbidi.unam.mx:2443/login.aspx?direct=true&db=cat02029a&AN=tes.TES01000774059&lang=es&site=eds-live>
98. Mellor, D. J. (1983). Nutritional and placental determinants of foetal growth rate in sheep and consequences for the newborn lamb. *British Veterinary Journal*, 139(4), 307-324. [https://doi.org/10.1016/S0007-1935\(17\)30436-0](https://doi.org/10.1016/S0007-1935(17)30436-0)
99. Mellor, D. J., and Murray, L. (1985). Effects of maternal nutrition on udder development during late pregnancy and on colostrum production in Scottish Blackface ewes with twin lambs. *Research in veterinary science*, 39(2), 230-234. [https://doi.org/10.1016/S0034-5288\(18\)31750-8](https://doi.org/10.1016/S0034-5288(18)31750-8)
100. Mellor, D. J., and Stafford, K. J. (2004). Animal welfare implications of neonatal mortality and morbidity in farm animals. *The veterinary journal*, 168(2), 118-133. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2003.08.004>Get rights and content
101. Mendoza, C. P., Gómez, M. D. R. T., de los Santos, G. G., and Galván, M. M. C. (2024). Influencia del tamaño de semilla en la productividad y el valor nutricional del maíz para ensilado. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 41(4), 1016-1031.
102. Meneses, P. A. H., Anchundia, M. A. M., Hidrovo, C. A. M. and Taipe, M. V. T., (2023). Genotipos de maíz para la producción y conservación de forraje en forma de ensilaje. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria. Pentaciencias*, 5(7), pp. 358-371. <https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v5i7.946>
103. Mohammadi, V., Anassori, E., and Jafari, S. (2016). Measure of energy related biochemical metabolites changes during peri-partum period in Makouei breed sheep. In *Veterinary research forum* (Vol. 7, No. 1, p. 35). Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Urmia, Iran. PMID: [PMC4867035](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34867035/)
104. Mohammadi Barimanloo, A., Chalmeh, A., Pourjafar, M., and Mirzaei, A. (2022). Effects of intravenous butaphosphan and cyanocobalamin to late pregnant ewes on the metabolic indices around parturition and weight gain of their lambs after birth. *Veterinary Medicine and Science*, 8(2), 781-791. <https://doi.org/10.1002/vms3.687>
105. Mondragón-Ancelmo, J., García-Hernández, P., Gómez-Tenorio, G., Del Campo-Gigena, M., y Napolitano, F. (2019). Indicadores de bienestar animal: Acercamiento desde pequeñas unidades de producción de ovinos bajo un sistema semiintensivo. *Investigación y Ciencia*, 27(78), 5-13. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67461252001>
106. National Research Council (US). Committee on Nutrient Requirements of Small Ruminants. (2007). *Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids*. The National Academies Press., Washington, DC.
107. Obeidat, B. S., Awawdeh, M. S., Kridli, R. T., Al-Tamimi, H. J., Ballou, M. A., Obeidat, M. D., Abu Ishmais, M. A., Al-Lataifeh, F. A., and Subih, H. S. (2014). Feeding corn silage improves nursing performance of Awassi ewes when used as a source of forage compared to wheat hay. *Animal Feed Science and Technology*, 192, 24-28. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.03.002>

108. Olazábal Fenochio, A., Vera Ávila, H. R., Serafin López, N., Medrano Hernández, J. A., Sánchez Saucedo, H., y Terrazas García, A. M. (2013). Reconocimiento mutuo madre-cría en ovinos Columbia con restricción nutricional durante la gestación. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 4(2), 127-147. <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/2833>
109. Orona-Castillo, I., López-Martínez, J. D., Vázquez-Vázquez, C., y Salazar-Sosa, E. (2014). Análisis microeconómico de una unidad representativa de producción de carne de ovino en el Estado de México bajo un sistema de producción semi intensivo. *Revista mexicana de agronegocios*, 34, 720-728. [10.22004/ag.econ.163826](https://doi.org/10.22004/ag.econ.163826)
110. Pell, A. N. and Schofield, P., (1993b). Computerised monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. *Journal Dairy Science*, 76, pp. 1063-1073. [http://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(93\)77435-4](http://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(93)77435-4)
111. Quezada, E., Meza, H., Macías, C., Giron, G., Veliz, V., y Alvarez, R. (2015). Estrés térmico, nutrición divergente y tercer tercio de gestación en ovejas: niveles séricos de triglicéridos y los pesos de la camada al nacimiento. *Universidad Autónoma Chapingo*, 199-213. <https://www.researchgate.net/profile/B-S-Giron-Gomez/publication/286905120>
112. Quispe Ticona, C. A. (2021). *Comparativo físico, químico y rentabilidad de dos formas de conservación de forraje de avena variedad Tayko en el CE Illpa*. Puno, Peru: Tesis Licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Facultad de ciencias agrarias. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/15613>
113. Radchikov, V.F., Sapsaleva, T.L. and Bogdanovich, I.V. (2022). Effect of using whole grain on productivity and physiological state of calves. *Zootechnical Science of Belarus*, 57(2), pp. 36-44. <http://doi.org/10.47612/0134-9732-2022-57-2-36-44>
114. Rahayej Torfi, H., Jalali, S. M., Makki, M., Boostani, A., and Haji Hajikolaei, M. R. (2022). Evaluation of metabolic profile at mating, gestation, and early lactation in Gray Shirazi ewes. *Iranian Veterinary Journal*, 18(3), 114-125. [10.22055/IVJ.2022.340124.2462](https://doi.org/10.22055/IVJ.2022.340124.2462)
115. Rahmani Firozi R, Teimouri Yansari A, Dirandeh E. (2019). Effect of different of levels energy and protein on performance, microbial protein, Some of metabolites and ruminal parameters in late pregnancy of Sistani goat. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 11(1):27-43. DOI:[10.22067/IJASR.V139711.66307](https://doi.org/10.22067/IJASR.V139711.66307)
116. Ramachandran N, Singh D, Jindal SK, Singh MK. (2019). Effect of quantitative feed restriction and realimentation on growth, carcass traits and economics in stallfed Barbari kids. *Indian Journal Animal Sciences*, 89(3):292-297. <https://doi.org/10.56093/ijans.v89i3.88083>
117. Ramírez, O.R., Ramírez, L. R.G. and López G. F., 2002. Factores estructurales de la pared celular del forraje que afectan su digestibilidad. *Ciencia UANL*, 2, pp. 180-189. <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/1175>
118. Ramírez-Vera, S., Terrazas, A., Delgadillo, J. A., Serafin, N., Flores, J. A., Elizundia, J. M., and Hernández, H. (2012a). Feeding corn during the last 12 days of gestation improved colostrum production and neonatal activity in goats grazing subtropical semi-arid rangeland. *Journal of Animal Science*, 90(7), 2362-2370. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4306>

119. Ramírez-Vera, S., Terrazas, A., Delgadillo, J. A., Flores, J. A., Serafin, N., Vielma, J., Duarte, G., Fernández, I.G., Fitz-Rodríguez, G. and Hernández, H. (2012b). Inclusion of maize in the grazing diet of goats during the last 12 days of gestation reinforces the expression of maternal behaviour and selectivity during the sensitive period. *Livestock science*, 148(1-2), 52-59. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.05.006>
120. Ramos, A. C. (2017). Conservación de forrajes (I): Interés práctico. *Frisona española*. 37(219), 102-108. <https://oa.upm.es/47003/>
121. Rattray, P. V., Thompson, K. F., Hawker, H., and Sumner, R. M. W. (1987). Pastures for sheep production. *Livestock feeding on pasture. Hamilton: New Zealand Society of Animal Production*, 89-104.
122. Refshauge, G., Brien, F. D., Hinch, G. N., and Van De Ven, R. (2015). Neonatal lamb mortality: factors associated with the death of Australian lambs. *Animal Production Science*, 56(4), 726-735. <https://doi.org/10.1071/AN15121>
123. Ricordeau, G., Boccard, R., et Denamur, R. (1960). Mesure de la production laitière des brebis pendant la période d'allaitement. . In *Annales de zootechnie* , 9(2), 97-120. <https://hal.science/hal-00886717>
124. Robinson, J. J. (1977). The influence of maternal nutrition on ovine foetal growth. *Proceedings of the Nutrition Society*, 36(1), 9-16.
125. Robinson, J. J. (1990). Nutrition in the reproduction of farm animals. *Nutrition Research Reviews*, 3(1), 253-276. <https://doi.org/10.1079/NRR19900015>
126. Robinson, J.J., McEvoy, T.G. and Sinclair, K.D., (1999). Nutritional effects on foetal growth. *Animal Science*, 68, 315-331.
127. Rodríguez, M. G., y Herrera, V. H. (2021). Análisis comparativo de métodos de conservación de forraje y su impacto en la producción de leche bovina en el Trópico Alto. *Ciencias Agropecuarias*, 7(1), 27-49. <https://doi.org/10.36436/24223484.401>
128. Ruíz C, J., G. Medina, G., I. González A. and H. Flores L. (2013). Requerimientos agroecológicos de los cultivos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias INIFAP, 2 edición. 489 p. [Google Scholar]
129. Russel, A. J. F., Doney, J. M., and Gunn, R. G. (1969). Subjective assessment of body fat in live sheep. *The Journal of Agricultural Science*, 72(3), 451-454. <https://doi.org/10.1017/S0021859600024874>
130. SADER (Secretaría de Desarrollo Rural), marzo de (2022). [on line]: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/la-ovinocultura-una-actividad-muy-arropadora>.
131. SADER (Secretaría de Desarrollo Rural), marzo de (2023). [on line]: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/la-ovinocultura-una-actividad-muy-arropadora>.
132. Sah, R.P., Chakraborty, M., Prasad, K., Pandit, M., Tudu V. K., Chakravarty M. K., Narayan S. C., Rana M. and Moharana D. (2020). Impact of water deficit stress in maize: Phenology and yield components. *Scientific Reports*, 10(1), pp. 2944. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59689-7>

133. Sahlu T, Hart SP, Goetsch AL. (1999). Effects of level of feed intake on body weight, body components, and mohair growth in Angora goats during realimentation. *Small Ruminant Research*, 32(3):251-259. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(98\)00196-5](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(98)00196-5)
134. Salles, J., Castells, D., Rizzo, E., Morixe, F., Nari, A., van Wyk, J., y Hansen, J. (2001). Evaluación del método FAMACHA©, para el diagnóstico clínico de haemonchosis en ovinos y su correlación con datos de laboratorio, dosificaciones y parámetros productivos. In *Congreso nacional de Veterinaria. Montevideo Uruguay*.
135. Sánchez-Ledezma W. (2018). Potencial de los forrajes para producir ensilaje de calidad. *Alcances Tecnológicos*. 12(1):49-58.
136. Sánchez-Hernández, M. Á., Cruz-Vázquez, M., Sánchez-Hernández, C., Morales-Terán, G., Rivas-Jacobo, M. A. and Villanueva-Verduzco, C. (2019). Rendimiento forrajero de maíces adaptados al trópico húmedo de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(3), pp. 699-712. <http://doi.org/10.29312/remexca.v10i3.1546>
137. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP (2023). [online] Available at: https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/
138. SIAP-Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, (2024). [online] Available at: https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/
139. Silva, D. A. D. P. (2019). *Valores de referência de metabólitos sanguíneos para ovinos no Brasil*. <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/28283>
140. Skapetas B, Bampidis V. (2016). Goat production in the world: present situation and trends. *Livestock research for Rural development*, 28(11):200. <http://www.lrrd.org/lrrd28/11/skap28200.html>
141. SMN, *Sistema Meteorológico Nacional, CONAGUA*, (2017). Obtenido de <https://www.gob.mx/conagua>
142. SMN-Servicio Meteorológico Nacional. (2023). [online] Available at: <https://smn.conagua.gob.mx/es/> [Accessed 4 June 2023].
143. SNICS. (2017). Catalogo Nacional de Variedades Vegetales. *Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas*, 15-16. México: SAGARPA.
144. Snowden, G. D., and Glimp, H. A. (1991). Influence of breed, number of suckling lambs, and stage of lactation on ewe milk production and lamb growth under range conditions. *Journal of animal science*, 69(3), 923-930. <https://doi.org/10.2527/1991.693923x>
145. Sormunen-Cristian, R., and Jauhiainen, L. (2001). Comparison of hay and silage for pregnant and lactating Finnish Landrace ewes. *Small Ruminant Research*, 39(1), 47-57. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(00\)00167-X](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(00)00167-X)
146. Tadeo-Robledo, Espinosa-Calderón, García-Zavala, Lobato-Ortiz, Gómez-Montiel, Sierra-Macías, Valdivia-Bernal, Zamudio-González, Martínez-Yañez, López-López, Mora-García, Canales-Islas, Cárdenas-Marcelo, (2016). Tsiri puma, híbrido de maíz para valles altos con esquema de androesterilidad para producción de semillas. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 39(3), pp. 331-3. <https://doi.org/10.35196/rfm.2016.3.331-333>
147. Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Zaragoza-Esparza, J., López-López, C., Canales-Islas, E. I., Zamudio-González, B., Turrent-Fernández, A., Virgen-Vargas, J., Sierra-

- Macías, M., Gómez- Montiel N. o., Mora-García, K. Y., Andrés-Meza, P., y Cárdenas-Marcelo, A. L. (2021). Tlaoli Puma, híbrido de maíz para grano y forraje con androesterilidad y restauración de la fertilidad masculina. *Revista fitotecnia mexicana*, 44(2), 265-267. <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.2.265>
148. Tarverdi Sarabi S, Fattah A, Papi N, Ebrahimimahmoudabad S. (2021). The Effects of Dietary Substitution of Dry Forage with Corn Silage on Dry Matter Intake, Production and Reproductive Performance, and Nutrient Digestibility of Mahabadi Lactating Goats. *Animal Sciences Journal*, 34(131):187-198. DOI: [10.22092/ASJ.2020.343140.2071](https://doi.org/10.22092/ASJ.2020.343140.2071)
149. Terrazas, A., Robledo, V., Serafin, N., Soto, R., Hernandez, H., and Poindron, P. (2009). Differential effects of undernutrition during pregnancy on the behaviour of does and their kids at parturition and on the establishment of mutual recognition. *Animal*, 3(2), 294-306. <https://doi.org/10.1017/S1751731108003558>
150. Terrazas, A., Hernandez, H., Delgado, J. A., Flores, J. A., Ramírez-Vera, S., Fierros, Rojas, S., and Serafin, N. (2012). Undernutrition during pregnancy in goats and sheep, their repercussion on mother-young relationship and behavioural development of the young. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 15(1), S161-S174. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93924484012>
151. Theodorou, M.K., Williams, B.A., Dhanoa, M.S., McAllan, A.B. and France, J.A. (1994). Simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant's feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 48(3-4), pp. 185-197. [http://doi.org/10.1016/0377-8401\(94\)90171-6](http://doi.org/10.1016/0377-8401(94)90171-6)
152. Treacher, T. T. (1970). Effects of nutrition in late pregnancy on subsequent milk production in ewes. *Animal Science*, 12(1), 23-36. <https://doi.org/10.1017/S0003356100028695>
153. Tolera, A. and Sundstøl, F. (1999). Morphological fractions of maize stover harvested at different stages of grain maturity and nutritive value of different fractions of the stover. *Animal Feed Science and Technology*, 81(1-2), pp. 1-16. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(99\)00072-3](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(99)00072-3)
154. Tygesen, M. P., Nielsen, M. O., Nørgaard, P., Ranvig, H., Harrison, A. P., and Tauson, A. H. (2008). Late gestational nutrient restriction: Effects on ewes' metabolic and homeorhetic adaptation, consequences for lamb birth weight and lactation performance. *Archives of animal nutrition*, 62(1), 44-59. <https://doi.org/10.1080/17450390701780276>
155. United State Department of Agriculture (USDA). World Agricultural Production. Circular Series WAP10-19 October 2019. [En línea] Disponible en: apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf. Fecha de consulta: 08/ctubre/2019.
156. Vannucchi, C. I., Veiga, G. A. L., Silva, L. C. G., and Lúcio, C. F. (2019). Relationship between fetal biometric assessment by ultrasonography and neonatal lamb vitality, birth weight and growth. *Animal Reproduction*, 16, 923-929. <http://dx.doi.org/10.21451/1984-3143-AR2019-0006>
157. Van-Soest, P.V., Robertson, J.B. and Lewis, B.A., (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, pp. 3583-3597. [http://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(91\)78551-2](http://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(91)78551-2)

158. Van Wyk, J. A. (2002). The FAMACHA system for managing haemonchosis in sheep and goats by clinically identifying individual animals for treatment. *Veterinary research*, 33(5), 509-529. Van Wyk, J. A., y Bath, G. F. (2002). The FAMACHA system for managing haemonchosis in sheep and goats by clinically identifying individual animals for treatment. *Veterinary research*, 33(5), 509-529. <https://doi.org/10.1051/vetres:2002036>
159. Vargas Jurado, N., Notter, D. R., Taylor, J. B., Brown, D. J., Mousel, M. R., & Lewis, R. M. (2024). Combined purebred and crossbred genetic evaluation of Columbia, Suffolk, and crossbred lamb birth and weaning weights: systematic effects and heterogeneous variances. *Journal of Animal Science*, 102, skad410.
160. Vázquez-García JM, Álvarez-Fuentes G, Orozco-Gregorio HO, García-López JC, González-Hernández M, Rosales-Nieto CA. (2021). Energy supplementation during the last third of gestation improves mother–young bonding in goats. *Animals*, 11(2):287. <https://doi.org/10.3390/ani11020287>
161. Vázquez, M., Hernandez Hernandez, H., Poindron, M., Terrazas, G., Rodriguez, R., Serafín, L., and Frias, C. (1998). Anosmia in parturient ewes, has no effect on milk production and growth rates of the lambs. In *34 Reunion Nacional de Investigacion Pecuaria, Queretaro, Qro. (México)*, 29-31.
162. Velasco Macias, S., Tadeo Robledo, M., Espinosa Calderón, A., Zaragoza Esparza, J., Canales Islas, E., and Coutiño Estrada, B. (2022). Rendimiento de grano, forraje y calidad forrajera de nuevos híbridos de maíz de Valles Altos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(1), 77-87. 10.29312/remexca.v13i1.2398
163. Vergara, V. I., De Lucas, T. J., y Pérez, R. M. A. (2006). Evaluación productiva de ovinos Katahdin, Dorper y Romanov en una explotación intensiva de México. In *XXXI Jornadas Científicas y X Internacionales de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia (SEOC): Zamora, 20-22 de septiembre de 2006* (pp. 243-246). Consejería de Agricultura y Ganadería. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8691531>
164. Vicente-Pérez, R., Macías-Cruz, U., Avendaño-Reyes, L., Correa-Calderón, A., Luna-Palomera, C., and Chay-Canul, A. J. (2019). Relación de temperatura rectal y frecuencia respiratoria con temperaturas de pelo obtenidas por termografía en ovejas gestantes estresadas por calor. *Informacion Tecnica Economica Agraria*, 20, 1–12. <https://doi.org/10.12706/itea.2018.035>
165. Villalba, J. J., and Provenza, F. D. (1999). Effects of food structure and nutritional quality and animal nutritional state on intake behaviour and food preferences of sheep. *Applied Animal Behaviour Science*, 63(2), pp. 145-163. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(98\)00238-X](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(98)00238-X)
166. Walne, C. H. and Reddy, K. R. (2022). Temperature effects on the shoot and root growth, development, and biomass accumulation of corn (*Zea mays* L.). *Agriculture*, 12(4), 443. <https://doi.org/10.3390/>
167. Wastney, M. E., Arcus, A. C., Bickerstaffe, C. R., and Wolff, J. E. (1982). Glucose tolerance in ewes and susceptibility to pregnancy toxemia. *Australian journal of biological sciences*, 35(4), 381-392. <https://doi.org/10.1071/BI9820381>

168. Wolrdostats, (2023). <https://www.worldostats.com/post/goat-population-by-country-2023#:~:text=The%20global%20goat%20population%20stands,India%20%2D%20148%2C747%2C429>
169. Yahaya, M. S., Kawai, M., Takahashi, J. and Matsuoja, S., (2002). The effect of different moisture contents at ensiling on silo degradation and digestibility of structural carbohydrates of orchard grass. *Animal Feed Science and Technology*, 101(1), pp. 127-133. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(02\)00080-9](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(02)00080-9)
170. Zaragoza-Esparza, J., Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., López-López, C., García-Espinosa, J. C., Zamudio-González, B., Turrente- Fernández, A. y Rosado-Núñez, F., (2019). Rendimiento y calidad de forraje de híbridos de maíz en Valles Altos de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 10(1), pp. 101-111. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i1.1403>
171. Zaragoza-Esparza, J., Medina-Fernández, M. F., Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., López-López, C., Canales-Islas, E., Chavez-Gordillo, A., Alonso-Sánchez, H. (2021). Productividad y calidad de forraje de híbridos trilineales de maíz para Valles Altos de México. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol.44 (4): 537-544. <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.4.537>
172. Zeynep, D., Mehmet, K. and Arzu, E. T., (2021). Effects of nitrogen fertigation on yield, quality components, water use efficiency and nitrogen use efficiency of silage maize (*Zea Mays L.*) as the second crop. *Journal of Plant Nutrition*, 44(3), pp. 373-394. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1822396>