



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE
MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EFFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE LA PASTA DE SOYA POR
SEMILLA DE JAMAICA (*Hibiscus sabdariffa*) EN UNA DIETA
PARA OVINOS PELIBUEY EN CRECIMIENTO-FINALIZACIÓN
SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS Y LA
DIGESTIBILIDAD *in vivo*.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
P R E S E N T A :
MARTHA CLAUDIA GARCÍA AQUINO

ASESORES: MC. HUMBERTO TRONCOSO ALTAMIRANO
MC. FRANCISCO A. CASTREJON PINEDA
PhD. SILVIA E. BUNTINX DIOS



MEXICO, D.F.

2004



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

DEDICATORIA

A ti papá, que aunque físicamente ya no estás conmigo, yo sé que ahora caminas a mi lado. Gracias por todas las veces que me bajaste las estrellas y teñiste el cielo de mil colores, con tal de darme todo lo mejor, incluyendo mi carrera. Papito, fuiste un gran ejemplo de perseverancia y honradez. Te extraño mucho.

A ti mamá, por todas las largas noches de desvelo y trabajo que enfrentaste; por guiarme hacia el camino correcto y brindarme las herramientas necesarias para desafiar cualquier reto. Te dedico este trabajo, con todo el amor y agradecimiento que encierra mi corazón. Gracias por la infinita paciencia e incansable amor con los que me has educado.

"Papá y mamá, este trabajo es reflejo de su espíritu... los amo mucho".

A ti Pablo, por ser un gran hermano, que me quiere y cuida mucho, sin importar el día, la hora o la distancia, que sin comprender del todo mi carrera siempre has estado dispuesto a ayudarme. Aunque no te lo diga muy seguido te quiero mucho hermano.

A ti tía Lichito, por ser esa segunda mamá, tan entregada a cuidarnos y apoyarnos todo el tiempo. Eres una gran mujer y me encanta que siempre estés cerca, aunque seas un poquito nerviosa. Te quiero mucho

Paco ¿recuerdas el día que me olvidaste y llegaste a casa sin mí? Aún así te quiero mucho.

A mis tíos María y Carlos por alentarme a seguir adelante y por supuesto a mis primos Bety, Lupita, Karla, Paco y Raúl, con quienes he vivido grandes aventuras los quiero mucho.

A ti Manuel, por estar conmigo en aquellos momentos en que el estudio y el trabajo ocuparon mi tiempo y esfuerzo. Gracias por tu amor, comprensión y apoyo en todo momento ya fuese fácil o no. Si la vida me concediese un deseo, desearía conocerte de nuevo... te amo.

A mis grandes amigos, con quienes he compartido esta maravillosa carrera: Sandra Civit, Pablo Aznavurian, Rodrigo Cascante y Julian Pastrana. Aunque ahora nuestros caminos son diferentes, nos une la magia de la amistad. ¡Qué bueno es haberlos conocido!

A la familia López Ortíz, por recibirme como un miembro más de su hermosa familia; personas como ustedes son difíciles de encontrar, fáciles de querer e imposibles de olvidar. Queta, Jose Luis, Luis Enrique y Manuel gracias por todo lo que hemos compartido juntos, los quiero mucho.

A Dios, por hacerte presente a través de todas las maravillosas personas que he conocido y por la fortaleza que me has brindado toda la vida. Dios, no ha habido ocasión en que no estés conmigo... gracias.

AGRADECIMIENTOS

A todos los miembros del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica, en especial al Dr. Luis Corona Gochi por ofrecerme la oportunidad de integrarme a este departamento.

Al Dr. Humberto Troncoso Altamirano por brindarme su confianza y la oportunidad de titularme por medio de este trabajo.

A mis asesores: Dr. Humberto Troncoso Altamirano, Dr. Francisco Castrejón Pineda y Dra. Silvia E. Buntinx Dios; por su ayuda y valiosos consejos, tanto para realizar este trabajo, como para la vida profesional y personal. Su amistad es invaluable, muchas gracias.

A Fermina Atlixqueño Palma por todas sus enseñanzas, paciencia y sobre todo amistad durante el trabajo en el laboratorio.

A los miembros del jurado: Dra. Hilda A. Ramírez Pérez, Dr. Sergio C. Angeles Campos, Dr. Julio Cervantes Morali y Dr. Javier Molotla Gutiérrez por sus valiosos comentarios y amistad.

A Violeta Peñalver, Clara Aguillón, Laura Espinosa, Lupita Rendón y Juan José Montes con quienes he compartido amistad y aprendizaje en este tiempo. ¡Lo hemos pasado bien chicos!... gracias.

A Joel Trujillo, Alejandro Espínola, Irais Castillo por su gran ayuda, compañía y sobre todo amistad durante los interminables fines de semana en el rancho.

Al Centro de Enseñanza Práctica e Investigación en Producción y Salud Animal (CEPIPSA), donde se realizó la fase de campo del presente trabajo.

Al Dr. Mateo Aguirre, quien proporcionó la semilla de jamaica para que este trabajo pudiera realizarse, por habernos recibido tan amablemente en Chilpancingo y además por darnos la oportunidad de conocer el cultivo de la jamaica.

Al Ing. Agrónomo Ernesto Chávez, por haber sido nuestra guía en Ayutla y llevarnos a los campos donde se cultiva la jamaica.

Y a todos los que han enriquecido de una manera especial mi vida... muchas gracias.

M.C.G.A

CONTENIDO

	<u>Página</u>
ABSTRACT.....	1
RESUMEN.....	2
1.- INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 Ovinocultura nacional.....	3
1.2 Costos de producción.....	4
1.3 Jamaica (<i>Hibiscus sabdariffa</i>).....	6
1.3.1 Morfología.....	6
1.3.2 Usos.....	7
1.3.3 Producción.....	8
1.3.4 Semilla de jamaica.....	12
1.3.4.1 Toxicidad.....	12
1.3.4.2 Composición química.....	13
1.4 Digestibilidad.....	14
1.4.1 Concepto.....	15
1.5 Pruebas de digestibilidad.....	16
1.5.1 Digestibilidad <i>in vivo</i>	16
1.5.1.1 Métodos con indicadores o marcadores.....	17
1.5.2 Digestibilidad <i>in vitro</i>	18
1.5.2.1 Técnica de Tilley y Terry.....	19
1.5.2.2 Producción de gas.....	20
1.5.2.3 Espectroscopía refractaria infrarroja cercana (NIRS).....	21

1.5.2.4 Método enzimático.....	21
1.5.2.5 Análisis electroforético.....	22
1.5.3 Digestibilidad <i>in situ</i> (bolsa de nylon o dacrón).....	23
1.5.4 Factores que afectan la digestibilidad.....	24
2.- JUSTIFICACIÓN.....	27
3.- HIPÓTESIS.....	28
4.- OBJETIVOS.....	29
5.- MATERIAL Y MÉTODOS.....	30
5.1 Prueba de comportamiento productivo.....	30
5.2 Diseño experimental.....	31
5.3 Tratamientos.....	32
5.4 Prueba de digestibilidad <i>in vivo</i>	36
5.5 Análisis de laboratorio.....	40
5.6 Análisis estadístico.....	41
6.- RESULTADOS.....	42
6.1 Prueba de comportamiento.....	42
6.2 Prueba de digestibilidad <i>in vivo</i>	44
7.- DISCUSIÓN.....	47
8.- CONCLUSIONES.....	51
9.- RECOMENDACIONES.....	52
10.- LITERATURA CITADA.....	53
11.- ANEXO.....	57

ÍNDICE DE CUADROS

No.	Título	<u>Página</u>
1	Composición nutricional en base seca (BS) de la semilla de jamaica (<i>Hibiscus sabdariffa</i>).....	13
2	Composición nutricional en base seca (BS) de los ingredientes utilizados en la elaboración de las dietas.....	31
3	Composición de la dieta testigo para la prueba de comportamiento productivo.....	33
4	Composición de la dieta experimental para la prueba de comportamiento productivo.....	34
5	Composición de la dieta testigo para la prueba de digestibilidad <i>in vivo</i>	37
6	Composición de la dieta experimental para la prueba de digestibilidad <i>in vivo</i>	38
7	Resultado de las variables de comportamiento productivo para cada tratamiento.....	42
8	Matrices correspondientes al análisis de varianza multivariado para el consumo promedio de alimento, la ganancia diaria de peso promedio y la conversión alimenticia de ovinos Pelibuey en crecimiento-finalización, consumiendo una dieta testigo con pasta de soya como fuente de proteína o una dieta experimental con semilla de jamaica como fuente de proteína.....	43

9	Matrices correspondientes al análisis de varianza multivariado para la prueba de digestibilidad de ovinos Pelibuey en crecimiento-finalización consumiendo una dieta testigo con pasta de soya como fuente de proteína o una dieta experimental con semilla de jamaica como fuente de proteína.....	45
10	Resultado de cada una de las variables de digestibilidad, con el valor de probabilidad de acuerdo con un análisis de varianza univariado.....	46

ANEXO

A	Análisis de varianza univariado para la digestibilidad de la materia seca.....	57
B	Análisis de varianza univariado para la digestibilidad de la materia orgánica.....	57
C	Análisis de varianza univariado para la digestibilidad de la proteína cruda.....	57
D	Análisis de varianza univariado para la digestibilidad de la Fibra detergente neutro.....	58
E	Análisis de varianza univariado para la digestibilidad de la fibra detergente ácido.....	58
F	Análisis de varianza univariado para la digestibilidad de la energía.....	58
G	Análisis de varianza univariado para la digestibilidad de la energía digestible.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

No.	Título	<u>Página</u>
1	Esquilmo obtenido después de la cosecha del cáliz de la jamaica.....	5
2	Morfología del arbusto de jamaica.....	7
3	Morfología de la semilla de jamaica.....	7
4	Momento óptimo de la cosecha del cáliz.....	10
5	Horqueta utilizada para la cosecha del cáliz	11
6	Frutos desechados, después de la separación del cáliz.....	11
7	Fruto seco, con las semillas liberadas.....	11
8	Jaulas metabólicas usadas durante la prueba de digestibilidad <i>in vivo</i>	39

ABSTRACT

García Aquino Martha Claudia. Effect on performance and *in vivo* digestibility of the substitution of hibiscus seed (*H. sabdariffa*) for soybean meal in a diet for growing-finishing Pelibuey sheep. (Under the supervision of MC Humberto Troncoso Altamirano, MC Francisco Castrejón Pineda and PhD Silvia E. Buntinx Dios).

The objective of this work was to determine the performance (daily dry matter intake, weight gain and feed efficiency) of Pelibuey sheep fed totally mixed rations (TMRs) made with and without hibiscus seed as the protein source and to determine the *in vivo* digestibility of the same diets. For the performance trial, ten rams, housed in individual corrals, were used. Half of them received a TMR without hibiscus seed, (control) with 87.2% dry matter (DM), 13.08% crude protein (CP) and 2.82 Mcal/kg of metabolizable energy (ME) on a dry-matter basis; the other half received a TMR with 20% hibiscus seed (test), containing 85.77% DM, 14.0% CP and 2.8 Mcal/kg ME on a dry-matter basis. The same rams were used for the *in vivo* digestibility trial, and were housed in metabolic crates. The control diet contained 81.15% DM, 13.57% CP and 2.58 Mcal/kg ME on a dry-matter basis. The test diet contained 81.4% DM, 13.13% CP and 2.54 Mcal/kg ME on a dry-matter basis. Results of both trials were evaluated using a multivariate analysis of variance. There was no difference between diets ($P>0.05$) in the performance trial. However, in the digestibility trial, there was a difference ($P<0.05$) between treatments. A univariate analysis of variance indicated that the difference was due to the digestibility of the acid detergent fiber fraction (51.17% vs. 29.23% without and with hibiscus seed, respectively). It was concluded that the inclusion of 20% hibiscus seed on a dry-matter did not affect the rams' performance or DM (66.3%), organic matter (70.4%), CP (66.9%), or neutral detergent fiber (61.76%), digestibilities.

RESUMEN

García Aquino Martha Claudia. Efecto de la sustitución de la pasta de soya por semilla de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) en una dieta para ovinos pelibuey en crecimiento-finalización sobre las características productivas y la digestibilidad *in vivo*. (Bajo la asesoría de MC Humberto Troncoso Altamirano, MC Francisco A. Castrejón Pineda y PhD Silvia E. Buntinx Dios).

El objetivo del presente trabajo fue determinar el comportamiento productivo (consumo de materia seca, ganancia de peso y conversión alimenticia) de ovinos Pelibuey alimentados con dietas integrales elaboradas con y sin semilla de jamaica como fuente proteica y determinar la digestibilidad *in vivo* de las mismas dietas. Para la prueba de comportamiento se utilizaron diez ovinos machos, alojados en corraletas individuales; la mitad recibió una dieta integral sin semilla de jamaica con 87.2% de materia seca (MS), 13.08% de proteína cruda (PC) y 2.82 Mcal/Kg de energía metabolizable (EM) en base seca; la otra mitad recibió una dieta integral con 20% de inclusión de semilla de jamaica que contenía, 85.77% MS, 14.0% PC y 2.80 Mcal/Kg EM en base seca. Para la prueba de digestibilidad *in vivo*, se utilizaron los mismos ovinos, que fueron alojados en jaulas metabólicas, la dieta integral sin semilla de jamaica que consumieron contenía, 81.15% MS, 13.57% PC y 2.58 Mcal/Kg EM en base seca. La dieta integral con 20% de inclusión de semilla de jamaica contenía, 81.49% MS, 13.13 % PC y 2.54 Mcal/Kg EM en base seca. Los resultados de ambas pruebas fueron evaluados estadísticamente por un análisis de varianza multivariado. En la prueba de comportamiento no hubo diferencia ($P > 0.05$) entre las dietas para las tres variables en conjunto. En la prueba de digestibilidad sí hubo diferencia entre tratamientos ($P < 0.05$), por lo que se realizó un análisis de varianza univariado, detectándose que la diferencia fue ocasionada por la digestibilidad de la fibra detergente ácido (FDA) (51.17 vs. 29.23, sin y con semilla de jamaica, respectivamente) y la energía digestible (ED) (3.28 vs. 2.79 sin y con semilla de jamaica, respectivamente). Se concluye que la inclusión de 20% de semilla de jamaica, en base seca, en sustitución de la pasta de soya, no altera las variables de producción; ni la digestibilidad de la MS (66.3%), MO (70.4%), PC (66.9%), FDN (61.76%), que fue similar para ambos tratamientos.

1.- INTRODUCCIÓN

1.1 Ovinocultura nacional

El inventario ovino nacional es en promedio de 6'000,000 cabezas (cifras preliminares, 2000 C.E.A., SAGARPA),¹ a partir de las cuales se producen 36,221 toneladas de carne al año. De este inventario, el 55% se encuentra en la zona centro del país, el 23% en la zona norte, el 16% en la sureste y el 4% restante en otras regiones.² Sin embargo, anualmente se importan alrededor de 400,000 ovinos en pie y 49,000 toneladas de carne fresca, refrigerada o congelada. Estas cifras hablan de un importante déficit en la producción nacional, por lo que es necesario incrementar el inventario ganadero para que, en consecuencia, el rendimiento sea mayor y de este modo el país deje de importar, tanto animales en pie, como carne ya procesada.¹ Una herramienta importante para elevar el inventario ovino es un adecuado programa de alimentación.

En el país existen alrededor de 17 razas ovinas de importancia comercial. Su distribución se encuentra definida en función de la cultura ovina de las regiones y las condiciones ambientales. En el centro norte del país se encuentran rebaños de Rambouillet, fundamentalmente, raza productora de lana; en el centro del país se localizan razas productoras de carne, como Hampshire y Suffolk, así como Dorset, que se ha incorporado de 1996 a la fecha, y, finalmente, en las costas, regiones tropicales y subtropicales se encuentra ganado de pelo productor de carne, sobresaliendo las razas Pelibuey, Black Belly y Katahdin.²

El ganado de pelo ha crecido sustancialmente en población, de modo que ya representa un gran porcentaje del inventario mexicano, además de que este tipo de ganado ha sostenido la oferta nacional, al ser el de mayor presencia en el mercado de carne fresca. Una referencia importante es que el 76% del ganado registrado por la Asociación Mexicana de Criadores de Ovinos (AMCO) corresponde a razas de pelo.²

1.2 Costos de producción

En lo que se refiere a la producción pecuaria, el gasto más importante es el de la alimentación de los animales, ya que representa desde el 70 hasta el 80% de los costos totales. Para contar con programas de alimentación adecuados y redituables es necesario conocer los precios de los ingredientes, así como alimentos alternativos, para que la producción en el rubro de alimentación sea mas eficiente.³

Debido al precio de los ingredientes convencionales, muchos de los cuales se importan (como los granos), es necesario buscar ingredientes no convencionales, con un adecuado balance nutricional, como una alternativa para disminuir los costos de alimentación y, de esta manera, hacer más rentable la producción pecuaria. Esto adquiere una importancia mayor si consideramos que la ovinocultura nacional se ha caracterizado por estar en manos de productores de escasos recursos y con condiciones económicas adversas.⁴ Una alternativa son los esquilmos agrícolas, así como las semillas de varias plantas, entre ellas las de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*).^{5,6}

En nuestro país, la época de estiaje suele estar acompañada de una marcada escasez de forrajes, que son la base de la alimentación de los rumiantes criados en pastoreo. Tanto la búsqueda de alimentos de menor costo como las deficiencias en la época de estiaje podrían compensarse si se aprovechara la semilla de jamaica que se queda en el campo después de la cosecha del cáliz de la flor de jamaica, lo cual coincide con la época de estiaje. (Figura1)^{5,6}



Figura 1. Esquilmo obtenido después de la cosecha del cáliz de jamaica

1.3 Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*)

1.3.1 Morfología

La jamaica es un arbusto anual que pertenece a la familia de las Malváceas, originario de África occidental, la India y Malasia. Actualmente se cultiva en muchos climas tropicales.^{5,6,7}

Este arbusto alcanza una altura de alrededor de dos metros, es subleñoso, de color rojizo y su raíz es pivotante. Sus hojas poseen un color verde por arriba y son amarillentas por abajo, además de estar compuestas de tres lóbulos lanceolados, siendo el central el más largo. Las hojas son dentadas y con las nervaduras principales de color carmín; su sabor es ácido, ligeramente astringente. Las flores de este arbusto son axilares y casi sésiles; los cálices son gruesos, de color rojizo. La corola es de color blanca, rosada o amarilla, compuesta de cinco pétalos. Después de cierto tiempo la corolas se marchitan y caen, quedando solamente los cálices y el fruto, que es de forma oval y encierra aproximadamente de 20 a 30 semillas de forma arriñonada. (Figuras 2 y 3)^{7,8,9}



Figura 2. Morfología del arbusto de jamaica

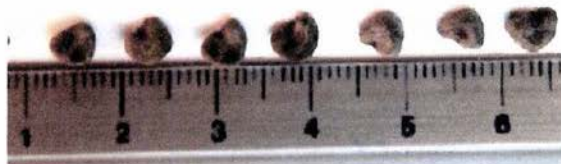


Figura 3. Morfología de la semilla de jamaica

1.3.2 Usos

En México, la parte tradicionalmente utilizada de este arbusto son los cálices, que pueden ser usados frescos o secos para preparar agua fresca, refrescos, té, esencias para gelatinas, mermeladas, jaleas, dulces diversos y productos cosméticos.^{7,8,9}

En otros países se utilizan las hojas y tallos de este arbusto para preparar ensaladas, aderezos o ser combinadas con otros vegetales; además, a partir de los tallos se elaboran fibras. Por otro lado, en algunos casos las semillas son tostadas y molidas para preparar sopas o elaborar una bebida sustituta del café; también de éstas se obtiene aceite comestible. De los cálices se utiliza el extracto para la elaboración de bebidas alcohólicas como licores y vino.^{5,10,11}

Aunado a este uso en la industria alimenticia, en México y en otros países, a la jamaica también se le han encontrado propiedades terapéuticas. La infusión de sus hojas o cálices posee un efecto diurético, antibacteriano, antihelmíntico e hipotensivo, debido a que disminuye la viscosidad de la sangre; también combate la tos y los resfriados. En cuanto a las hojas, éstas se aplican sobre heridas en los pies, quemaduras y úlceras para acelerar su recuperación.¹⁰

1.3.3 Producción

En México, el cultivo de la jamaica se asocia al maíz; la siembra se realiza cuando se ha establecido bien el temporal de lluvias y el maíz es el primero en ser sembrado; la jamaica puede sembrarse al mismo tiempo o después de 15 días.^{9,15}

En el territorio mexicano, los estados productores de jamaica son.^{12,13,14,15}

1. Guerrero, cuyos municipios con la mayor superficie sembrada y cosechada son Ayutla, Tecoaapa, San Marcos, Juan R. Escudero, Las Vigas, Atoyac y Tlapa; la superficie cosechada es de 14, 652 hectáreas

aproximadamente y en estos siete municipios se producen alrededor de 3 mil toneladas de cálices secos, siendo así, el estado de Guerrero (en la costa chica) el principal productor de jamaica.

2. Oaxaca, cuyo municipio productor es la Costa III, conformado por Jamiltepec, Juquila y Pochutla; la superficie cosechada es aproximadamente de 1,750 hectáreas, con un volumen de producción de 612 toneladas de cálices.
3. Colima, con los municipios de Colima, Coquimatlán y Cuauhtémoc; en este estado la superficie cosechada es de 93 hectáreas aproximadamente, obteniéndose casi 23 toneladas de cálices.

La manera en que se cosecha el cáliz de jamaica es la siguiente:

Se considera un momento óptimo cuando la defoliación natural es del 75% y, al mover las plantas, las semillas suenan en el “cacalote” (fruto) (Figura 4). Las plantas se cortan con un machete y se llevan a una zona donde se encuentran los despicaldores (horquetas), los cuales son palos con forma de “Y”. Se toman las plantas por uno de sus extremos y se obligan a pasar por el ángulo interno de la “Y”, separando así los cálices de los frutos, que serán desechados depositándolos en el suelo (Figuras 5 y 6). Conforme el fruto se seca, se abre, permitiendo la salida de las semillas por efecto de la gravedad, quedando tiradas en el campo, sin un interés comercial, salvo por la colección de un pequeño puñado para su posterior resiembra (Figura 7).⁹

Otro método de cosecha es el que se lleva a cabo con un despicator manual, el cual es un dedal que lleva una navaja adaptada. De esta manera, todas las personas recorren los campos, desprendiendo los cálices, sin necesidad de cortar la planta. Realizando este método se obtiene una mayor calidad en los cálices, ya que salen más completos. Sin embargo, el método más utilizado, por lo menos en Guerrero, que es el estado productor más importante, es el descrito primero.⁹



Figura 4. Momento óptimo de la cosecha del cáliz



Figura 5. Horqueta utilizada para la cosecha del cáliz



Figura 6. Frutos desechados, después de la separación del cáliz

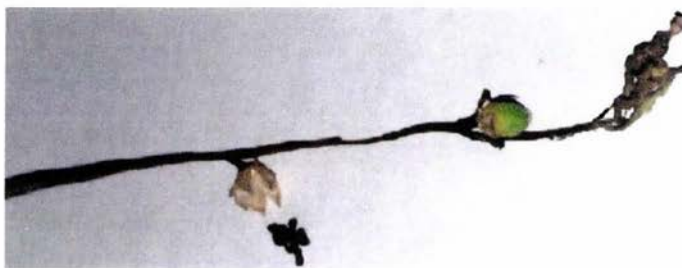


Figura 7. Fruto seco, con las semillas liberadas

1.3.4 Semilla de jamaica

El aceite que contienen las semillas oscila entre 17% y 21% de ácidos grasos insaturados; además, posee ácidos grasos ciclopropanoides, como el malválico y el dihidroestercúlico y ácido 12-13 epoxioleico. Las propiedades de este aceite son similares a las del aceite de semilla de algodón.^{16,17}

De la proteína total contenida en las semillas de jamaica, cerca de la mitad se clasifica como proteínas solubles (globulinas y albúminas), y en cuanto a aminoácidos, se conoce que la valina, la metionina, la treonina y la isoleucina son los más limitantes, mientras que la lisina y la fenilalanina son los más abundantes.^{10,18}

1.3.4.1 Toxicidad

La mayor parte de los estudios con respecto a la toxicidad se han realizado en animales de laboratorio (ratas y ratones) y aves, pero en rumiantes éstos son escasos.

Farjou y Wandawi realizaron un estudio en ratones y ratas, en el cual la semilla de jamaica se incluyó en un 20%; al finalizar esta prueba, los animales fueron sacrificados y la única lesión encontrada a la necropsia fue cierta infiltración linfocitaria perivascular en el hígado de tres ratones alimentados por 6 semanas.^{17,19}

En cuanto al pollo de engorda, se señala que a partir del 60% de inclusión de semilla en la dieta, los pollos mostraron una disminución de peso, lo cual los llevó a

la conclusión de que los ácidos grasos ciclopropanoides y el ácido 12-13 epoxioleico son tóxicos para el pollo en crecimiento.¹⁶ Otros efectos detrimentales son la pigmentación anormal en la clara y yema del huevo de gallina almacenado, el aumento en la mortalidad embrionaria y el retraso en la madurez sexual de gallinas a causa de los ácidos grasos ciclopropanoides.^{10, 20}

En rumiantes se informa de problemas de fertilidad a causa de la regresión del cuerpo lúteo y esteroidogénesis alterada en ovejas.^{10,21,22}

1.3.4.2 Composición química

Como puede observarse en el Cuadro 1, las semillas de jamaica contienen un nivel importante de proteína en base seca (BS). Sin embargo, poseen también una cantidad elevada de fibra que no todas las semillas de oleaginosas presentan.

Cuadro 1. Composición nutricional en base seca (BS) de la semilla de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*).*

Componentes	%BS
Proteína cruda	22.2
Extracto etéreo	15.1
Cenizas	11.6
Fibra cruda	21.8
Extracto libre de nitrógeno	29.3
T.N.D.	80.1
Energía digestible, Kcal/kg	3531.5
Energía metabolizable, Kcal/kg	2895.6

* Análisis realizado en semillas de jamaica recolectadas en Ayutla, Guerrero, en el laboratorio de Bromatología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM.

El análisis químico es el punto de partida para determinar el valor nutritivo de los alimentos; sin embargo, el valor real de los nutrientes ingeridos depende del uso que de ellos pueda hacer el organismo. Una consideración importante es la digestibilidad, puesto que los nutrientes no digeridos no permanecen en el cuerpo.^{23,24}

1.4 Digestibilidad

El factor más importante que influye en la producción animal es la cantidad total de nutrientes absorbidos. El consumo por parte de los animales y la digestibilidad de los nutrientes son los parámetros claves en cualquier sistema de alimentación.²⁵

Un punto de partida importante para poder evaluar tanto ingredientes como raciones completas es conocer y entender cómo se lleva a cabo el aprovechamiento de cada uno de los diferentes nutrientes que componen a estas dietas e ingredientes. Dicho aprovechamiento depende de muchos factores, como la especie animal, la edad, el estado de salud, el estado fisiológico, el tipo de tracto gastrointestinal; además, también influye la presentación del alimento, es decir, si está picado, molido, peletizado, etc.^{26,27}

Un método que se utiliza para conocer cómo se aprovechan los nutrientes es la prueba de digestibilidad *in vivo*, la cual refleja en gran medida el nivel de asimilación que se puede esperar de los alimentos o ingredientes suministrados a los animales y constituye una información de mayor valor que el análisis químico proximal; la

medición de la digestibilidad más la medición del consumo voluntario dan como resultado una herramienta de gran utilidad para la evaluación de los alimentos.^{26,28}

1.4.1 Concepto

Una definición simple y sencilla de digestibilidad es la medición de la cantidad de nutrientes que después de pasar por el tracto digestivo no aparecen en las heces, es decir, que ya fueron absorbidos durante su paso por el tracto gastrointestinal.^{26,27,28,30} Sin embargo, de acuerdo con este concepto hay dos maneras distintas de medir la digestibilidad:

1. Digestibilidad aparente.- Hace referencia a que cuando los alimentos y nutrientes pasan a través del tracto digestivo y no son absorbidos, sus residuos aparecen en las heces, pero se hacen acompañar de otros tipos de materiales endógenos, como lo son, células de descamación del tracto digestivo, residuos de bilis, jugos digestivos, etc.^{23,26,27,28} La fórmula para determinar la digestibilidad aparente (D.A.) es la siguiente:

$$D.A. \% = \left[\frac{\text{nutriente consumido} - \text{nutriente en heces}}{\text{nutriente consumido}} \right] \times 100$$

2. Digestibilidad verdadera.- De manera práctica, este tipo de digestibilidad es difícil de determinar, porque en la mayoría de los casos no es posible diferenciar en las heces las fracciones correspondientes a los alimentos de las fracciones endógenas correspondientes a los animales.³⁰

1.5 Pruebas de digestibilidad

1.5.1 Digestibilidad *in vivo*

Este tipo de prueba se lleva a cabo con animales, los cuales antes de iniciar la prueba deben pasar por un período de adaptación, generalmente de 6 a 14 días, con la finalidad de remover del tracto gastrointestinal los residuos de los alimentos ingeridos antes de la prueba y, en el caso particular de rumiantes, adaptar a la microflora ruminal al alimento que desea probarse, para que de esta manera los datos obtenidos estén directamente relacionados con la dieta o alimento a evaluar. Este periodo de adaptación también sirve para hacer ajustes en el nivel de consumo del alimento, para lograr que éste sea semejante y regular para cada animal y, de esta manera, establecer una tasa de pasaje y excreción uniformes, ya que existe evidencia de que cuando la tasa de pasaje no es uniforme hay problemas para determinar la digestibilidad. Una vez que transcurrió este periodo de adaptación comienza el periodo experimental, durante el cual los animales son alimentados por cinco a siete días con una dieta cuya composición es conocida. Durante el periodo experimental las heces son recolectadas y, posteriormente, se les analiza para el nutriente cuya digestibilidad quiera averiguarse. Finalmente, se hace un cálculo aritmético, aplicando la fórmula de digestibilidad aparente. El éxito de esta prueba depende del control que se tenga sobre el consumo de alimento por parte de los animales y la precisión en la recolección de heces. Comúnmente bastan de 4 a 6 animales por tratamiento para detectar diferencias entre las dietas.^{23,26,27,29}

1.5.1.1 Métodos con indicadores o marcadores

Estas técnicas están indicadas para conocer la digestibilidad cuando no es posible medir el consumo total de alimento o recolectar las heces en su totalidad. Para llevar a cabo este procedimiento se utiliza una sustancia de referencia, que debe ser indigerible, no absorbible, no tóxica, carecer de acción farmacológica en el tracto gastrointestinal, tener una velocidad de tránsito uniforme y ser fácilmente detectable en el alimento y en las heces. Dicha sustancia puede ser algún componente natural del alimento o alguna sustancia química que se mezcle con éste.^{24,26,27}

- ♦ **Marcadores internos:** Son sustancias no digestibles, que se presentan naturalmente en los alimentos. En esta clasificación se encuentran la lignina, el sílice y algunos n-alcanos de cadena larga (C₂₅-C₃₅). La lignina se encuentra presente en los forrajes; sin embargo, muchos reportes han dado evidencia de que la lignina no es completamente indigestible,²⁹ además de que este marcador es de difícil análisis, pero aún así es empleado en animales herbívoros criados en régimen extensivo. En cuanto al sílice, su uso es limitado, debido a que su recuperación es difícil y es frecuente la contaminación del forraje con suelo, lo que provoca datos erróneos. Los n-alcanos de cadena larga (C₂₅-C₃₅) se encuentran en la cera cuticular de los forrajes. La recuperación de este marcador en las heces aumenta cuando se incrementa el largo de la cadena, aunque incluso el C₃₅ tuvo una recuperación de solamente 93%. Algunos autores, consideran que el uso de los n-alcanos no es absolutamente fiable para la estimación de la digestibilidad, mientras

que otros afirman que este método es más preciso que el de la lignina y, además, no presenta un patrón cíclico de excreción, por lo que resulta más conveniente. Aún así, la determinación de los n-alcanos es más precisa que la de la lignina y los n-alcanos son más estables que el cromo.^{26,27,29,30}

- ♦ **Marcadores externos:** Son compuestos químicos, como el óxido crómico (Cr_2O_3) y los elementos de tierras raras; éstos son agregados al alimento o administrados en cápsulas a los animales. Los marcadores de tierras raras son usados para estimar la tasa de pasaje y los comúnmente utilizados son: lantano (La), cerio (Ce), samario (Sm), iterbio (Yb) y disprosio (Dy). También existen varios marcadores solubles en agua, que son usados con el mismo propósito que las tierras raras. Por su parte, el Cr_2O_3 se ha utilizado ampliamente, pero es de difícil manejo, en especial para los animales en pastoreo, ya que debe ser administrado en una cápsula o bien mezclado con el complemento alimenticio. Un problema común de este método es la excreción irregular del Cr_2O_3 , así como su recuperación incompleta.^{26,27,29,30}

1.5.2 Digestibilidad *in vitro*

Este tipo de pruebas son más rápidas que la digestibilidad *in vivo*, además de que son menos costosas. La digestibilidad *in vitro* ayuda a reproducir, bajo condiciones controladas, la fermentación que se lleva a cabo tanto en el rumen como en el intestino.^{26,27} A continuación se mencionan algunas técnicas:

1.5.2.1 Técnica de Tilley y Terry

En resumen, la técnica es la siguiente: se obtiene líquido ruminal de un animal que esté previamente adaptado a la dieta o ingrediente que se quiera evaluar; el líquido se coloca en un tubo con una solución amortiguadora o buffer (para simular la saliva) y la dieta a probar; después se hace fermentar esta mezcla a 39°C, que es la temperatura del rumen, bajo condiciones anaeróbicas por un período de 24 a 48 horas. El tubo se centrifuga y el residuo se somete a una digestión con pepsina ácida. Después de un período de 48 horas de digestión la muestra se centrifuga nuevamente y el residuo se deseca para determinar la digestibilidad.^{26,27,31}

De los métodos *in vitro* para predecir la digestibilidad, esta técnica ha sido la más comúnmente usada. Muchas modificaciones se le han hecho al procedimiento original con la finalidad de mejorar el proceso de digestión, ya que los sistemas *in vitro* que no mejoran la cinética de la digestión, pueden no detectar diferencias en la digestión del sustrato.³²

El éxito de esta técnica depende de muchos factores, incluyendo la dilución del inóculo ruminal, el tipo de buffer usado, el tamaño de la partícula de la muestra y el tipo de dieta que el animal donador consumió.³²

El inóculo ruminal es típicamente filtrado a través de varias capas de filtro y diluido (20:80) en solución salina, saliva artificial o varios buffers. Se ha sugerido que el líquido ruminal filtrado solo no es tan efectivo como el líquido ruminal filtrado al

que se le ha añadido un inóculo de bacterias asociadas para simular la fermentación ruminal de la fibra de distintos alimentos.³²

Los intentos por incrementar la concentración microbiana *in vitro* no han sido exitosos debido a la rápida acumulación de productos finales y un subsiguiente decremento en el pH. Este decremento puede ser de mayor importancia cuando se utiliza la técnica *in vitro* para estudiar la digestión de la fibra porque las bacterias celulolíticas son más sensibles que las amilolíticas a un pH ácido.³²

1.5.2.2 Producción de gas

La digestión anaeróbica de los carbohidratos por microorganismos ruminales produce ácidos grasos volátiles, CO₂, CH₄, y algo de H₂; por lo tanto, la medición de la producción de gas *in vitro* puede ser utilizada para estudiar la tasa y el grado de digestión de los alimentos.³²

Las lecturas de volumen están sujetas a variaciones considerables con relación a la altitud y deben ser tomadas en cuenta cuando se comparen los datos de diferentes laboratorios. El método de la producción de gas requiere del uso de un inóculo o medio con energía poco fermentable para que la acumulación de gas sea baja en la fermentación del testigo. El uso de la producción de gas para estudiar la digestión de los carbohidratos presenta una ventaja sobre los métodos gravimétricos tradicionales, porque considera tanto los sustratos solubles como los insolubles. La mayoría de la investigación en la producción de gas *in vitro* ha sido realizada con

forrajes y por ello se requiere mayor investigación para evaluar la capacidad de esta técnica para producir la digestibilidad de sustratos altamente fermentables.³²

1.5.2.3 Espectroscopía refractaria infrarroja cercana (NIRS)

Esta técnica está basada en el principio de que la luz infrarroja cercana se absorbe distintamente por los diferentes enlaces moleculares (C-H, N-H, y O-H), que se encuentran en constituyentes orgánicos. El NIRS es un método de análisis cuantitativo, que entra en la categoría de la química analítica aplicada.^{34,35} La espectroscopía ha demostrado ser un método rápido, económico y exacto para estimar la composición química de varios alimentos. Esta técnica también tiene potencial para estimar la degradación de la proteína y de la materia seca de los forrajes, lo cual podría ahorrar una cantidad considerable de tiempo y dinero.³²

1.5.2.4 Método enzimático

Esta técnica tiene la ventaja de ser completamente independiente del animal, lo cual resulta en menor variación; por eso es relativamente sencillo estandarizar este método. Contradictoriamente, la validez biológica de los resultados puede ser limitada como resultado de una actividad enzimática incompleta, comparada con el ambiente ruminal.³²

Cuando las técnicas enzimáticas son usadas para predecir la fermentación microbiana en el rumen, es crucial que la concentración enzimática sea suficiente para saturar el sustrato. Cuando la concentración enzimática es restringida, la acumulación de productos finales durante la incubación puede llevar a una inhibición

progresiva de la actividad enzimática.³² Además de la concentración enzimática, el pH también influye en la proteólisis. Los cambios en la conformación proteica dependen del pH al cual la proteína es expuesta; por ejemplo, un pH de 8 puede favorecer la solubilidad de la proteína e incrementar el nivel de péptidos de peso molecular elevado. Esta técnica también ha sido utilizada para determinar la degradación de carbohidratos en el rumen.³²

Los resultados de esta prueba deben tomarse con reserva, pues las enzimas de origen no ruminal no actúan igual que las enzimas que sí lo son y esta diferencia puede generar conclusiones incorrectas o poco precisas.³²

1.5.2.5 Análisis electroforético

La velocidad y grado de degradación de la proteína en el rumen se relaciona con la composición de los aminoácidos y el tipo de proteína, como albúminas, globulinas, prolaminas y gluteínas. La electroforesis en gel es usada para separar diferentes fracciones de la proteína, según la resistencia a la fricción de estas partículas y su carga, cuando éstas son forzadas a pasar a través de un medio viscoso por la acción de un campo eléctrico.³² Rogmalo *et al.*, citados por Stern usaron el análisis electroforético para estimar la degradabilidad ruminal de la proteína del maíz y concluyeron que la zeína es relativamente resistente a la degradación ruminal, mientras que las albúminas, las globulinas y las gluteínas se degradaban más rápidamente. Los resultados obtenidos con esta técnica son consistentes con los valores obtenidos usando procedimientos enzimáticos o cultivos bacterianos.³²

El análisis electroforético es menos laborioso y menos caro que la determinación de la digestibilidad *in vivo* y también permite medir la fracción soluble de la proteína. Sin embargo, se requieren métodos de extracción de proteína más eficientes, para la determinación electroforética de la proteína en ciertos alimentos, como la harina de gluten de maíz y harina de pescado, que son ingredientes comunes en la alimentación animal.³²

1.5.3 Digestibilidad *in situ* (bolsa de nylon o dacrón)

Esta técnica ha sido usada ampliamente para estimar la degradación de nutrientes en el rumen porque es un método relativamente simple y de bajo costo, comparado con métodos que involucran animales canulados intestinalmente. La técnica consiste en introducir en el rumen bolsas de nylon o dacrón, que contienen diferentes alimentos, y medir la desaparición de éstos después de varios intervalos de tiempo; posteriormente, las bolsas se lavan y se secan para determinar cuánto material fue digerido. Este método ofrece la ventaja de que involucra los procesos fermentativos que ocurren en el rumen de un animal vivo, comparado con métodos de laboratorio.^{26,27,30,32,33} Sin embargo, muchos factores afectan la estimación de la digestión de nutrientes y se necesitan estándares para esta técnica. Estos factores incluyen el tamaño de poro del material de la bolsa, la cantidad de muestra, el tamaño de la bolsa y de la partícula de la muestra y la acumulación de gas dentro de la bolsa. También influye el tipo de animales y su dieta y la posición de las bolsas dentro del rumen. Muchos estudios han recomendado la estandarización de los procedimientos *in situ* con la finalidad de disminuir la variación asociada a estos factores.^{32,33}

Aunque la técnica *in situ* es rápida, fácilmente reproducible y requiere un mínimo de equipo, se necesita de animales con una cánula ruminal e instalaciones para el mantenimiento de los mismos, lo cual puede ser inconveniente y costoso.^{32,33}

1.5.4 Factores que afectan la digestibilidad

Los factores que pueden afectar la digestibilidad pueden ser intrínsecos del alimento o de su procesamiento, o pueden estar relacionados con los animales o con características propias del experimento.²⁸

- ♦ **Nivel de alimentación:** Se refiere a la cantidad comparativa de nutrientes que recibe un animal con referencia a los requerimientos establecidos para su mantenimiento. Cuando el nivel de alimentación cubre sólo las necesidades de mantenimiento, se obtienen valores de digestibilidad más elevados que cuando se realizan pruebas con niveles de alimentación para producción. Por el contrario, cuando el nivel de alimentación es muy bajo, se obtienen valores de digestibilidad muy bajos, debido a que las sustancias de origen endógeno son arrastradas junto con la materia fecal.²⁸

- ♦ **Composición del alimento o ración:** Este es uno de los factores que más influye sobre la digestibilidad; mucho tiene que ver la cantidad y calidad de nutrientes específicos y la relación que existe entre cada uno de éstos en un alimento o dieta determinada. La composición química que existe en los granos varía poco de unos a otros, por lo que se presenta una variación muy ligera en la digestibilidad entre éstos; no así en los forrajes, ya sea frescos o sometidos a un

proceso de conservación, pues la composición química entre éstos es muy variable y, por consiguiente, su digestibilidad también es poco constante. En lo que se refiere a forrajes, la fracción fibra es lo que más afecta su digestibilidad, siendo importantes la cantidad y la composición química de ésta. En rumiantes, la deficiencia de nitrógeno amoniacal en el líquido ruminal limita el crecimiento microbiano y, como consecuencia, se reduce la digestibilidad de la fibra.^{28,30}

- ♦ Utilización de antibióticos: El uso de tetraciclinas reduce la digestibilidad de la materia seca como consecuencia de eliminar a cierto grupo de bacterias ruminales. Ionóforos como la monensina incrementan la digestibilidad de la materia seca. Con la adición de ionóforos a dietas a base de forrajes se aumenta la digestibilidad de la fibra, debido a una reducción en la tasa de pasaje ruminal.²⁸

- ♦ Tratamiento o preparación de los alimentos: En el caso de alimentos groseros, el picado afecta poco la digestibilidad, pero cuando se les fracciona hasta obtener una partícula fina, sí se afecta la digestibilidad, pues dichas partículas pasan rápidamente por el rumen, resultando menos fermentadas y disminuyéndose la digestibilidad. En el caso de forrajes, donde la celulosa se encuentra ligada a la lignina, la digestibilidad es baja, pero si se les da un tratamiento químico con álcalis, la digestibilidad mejora considerablemente; esto se debe al rompimiento de ligaduras lignocelulósicas, especialmente en el caso de pajas. Cuando los forrajes son henificados no se observa un efecto positivo en la digestibilidad; la razón es que este proceso no siempre se lleva a cabo de una manera adecuada, cuya consecuencia es el desprendimiento de hojas, las cuales poseen elevada calidad nutritiva,

incrementándose así la proporción de tallos, que presentan mayor cantidad de paredes celulares de pobre digestibilidad.^{28,30}

- ♦ Factores dependientes de los animales: La digestibilidad guarda más relación con los alimentos que con los animales; sin embargo, el mismo alimento proporcionado a distintos animales no es digerido a la misma intensidad. El factor más importante es la especie; por ejemplo, alimentos con bajo contenido de fibra son bien digeridos por animales rumiantes y no rumiantes, pero los alimentos fibrosos, solo son bien digeridos por rumiantes.³⁰

- ♦ Temperatura ambiental: Cuando hay un descenso de la temperatura por debajo de la zona de termoneutralidad, se ocasiona un descenso de la digestibilidad, en comparación con las determinaciones realizadas con temperaturas que son o se aproximan a la termoneutralidad. Este efecto es resultado probablemente de menores tiempos de retención en el rumen en los animales mantenidos a bajas temperaturas.^{26,27}

2.- JUSTIFICACIÓN

Actualmente, en nuestro país se desaprovecha una gran cantidad de semilla de jamaica, misma que se produce en las regiones más necesitadas de recursos alimenticios, durante la época de estiaje (trópico seco). Esta situación, aunada al valor nutritivo de la semilla de jamaica, hace necesaria la investigación sobre la utilización de este recurso forrajero en la alimentación de ovinos en particular, cuya población ha ido en aumento en dichas regiones. Esta investigación se dirigió en dos sentidos: por un lado, determinar el efecto de la semilla de jamaica como fuente de proteína en variables como ganancia diaria de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia en ovinos Pelibuey y, por otro lado, determinar la digestibilidad de la dieta, dada la elevada concentración de lípidos en la semilla de jamaica, que puede interferir con la misma.

3.- HIPÓTESIS

- ❖ El comportamiento productivo de ovinos Pelibuey en crecimiento-finalización será similar entre animales que reciban una dieta integral con pasta de soya como fuente de proteína y animales que reciban una dieta similar en la que la pasta de soya se ha sustituido por semilla de jamaica.
- ❖ La digestibilidad de una ración testigo con pasta de soya como fuente de proteína será igual a la digestibilidad de otra ración con semilla de jamaica en sustitución de la pasta de soya, en ovinos Pelibuey.

4.- OBJETIVOS

- ❖ Comparar las variables de producción (consumo de materia seca, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia) de dos grupos de ovinos Pelibuey en crecimiento-finalización, el primero, alimentado con una ración (testigo) con pasta de soya como fuente de proteína, y el segundo, alimentado con una ración (experimental) similar en su aporte nutricional, elaborada con semilla de jamaica en sustitución de la pasta de soya.
- ❖ Comparar la digestibilidad *in vivo* de las raciones testigo y experimental en ovinos Pelibuey en finalización.

5.- MATERIAL Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo en el Centro de Enseñanza, Práctica e Investigación en Producción y Sanidad Animal (CEPIPSA) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM. Este centro se encuentra ubicado en el kilómetro 28.5 de la carretera federal México-Cuernavaca, en el poblado de San Miguel Topilejo, Delegación Tlalpan, D. F.; esta población refiere una precipitación pluvial de 800 a 1200 mm., se encuentra a una altitud de 2740 msnm, la temperatura media anual es de 13.7°C y el clima de la región es templado semifrío con lluvias en verano.³⁶

Se realizaron dos experimentos; el primero fue una prueba de comportamiento productivo y el segundo, una prueba de digestibilidad *in vivo*.

5.1 Prueba de comportamiento productivo

Se utilizaron 10 ovinos machos de la raza Pelibuey, de 37 kg de peso vivo, en promedio. Estos animales fueron alojados en un corral con piso de cemento, que a la vez poseía corraletas, que contaban con comedero y bebedero individuales. Los ovinos permanecieron aproximadamente 16 horas dentro de las corraletas, con la finalidad de que se adaptaran para la siguiente prueba. El resto del tiempo lo pasaron fuera de las corraletas compartiendo el corral, donde también había un bebedero y un saladero. Antes de iniciar la prueba, los animales fueron desparasitados con mebendazol y se les aplicaron vitaminas A, D y E (Vigantol).

5.2 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado. Los 10 ovinos fueron distribuidos completamente al azar en 10 corraletas, formando dos grupos, uno testigo y otro experimental, con cinco ovinos cada uno. Cada grupo recibió una dieta distinta, que se proporcionó a las 08:00 y a las 16:00 horas, procurando que los animales tuvieran alimento suficiente como para dejar un 10% de rechazo. La formulación de dichas raciones se realizó con el programa MIXIT-2 para satisfacer aproximadamente los requerimientos que señala el National Research Council para ovinos en etapa de finalización, que son: 3.4 Mcal EM/día, 14.69% de PC, 0.5% de Ca y 0.24% de P.³⁷

La composición de los ingredientes utilizados en la elaboración de las dietas testigo y experimental se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Composición nutricional, en base seca (BS), de los ingredientes utilizados en la elaboración de las dietas.

Ingredientes	% MS	%PC	%EE	%FC	%Ca	%P	EM, Mcal/Kg
Rastrojo-alfalfa	87.04	14.08	0.54	27.82	1.02	0.47	2.17
Semilla de jamaica	90.74	22.22	15.08	21.83	0.72	1.15	2.90
Sorgo	91.17	9.84	4.90	2.38	0.04	0.29	3.32
Pasta de soya	92.39	49.53	2.53	1.27	0.70	0.54	2.85
Melaza	73.40	5.06	0.10	0	1.20	0.07	1.95
Aceite	98.0	0	98.0	0	0	0	6.40
CaCO ₃	98.0	0	0	0	34.40	0	0
Tripolifosfato de sodio	94.0	0	0	0	0	25.0	0

MS= Materia seca

EE= Extracto etéreo

Ca= Calcio

EM= Energía metabolizable

PC= Proteína cruda

FC= Fibra cruda

P= Fósforo

5.3 Tratamientos

- La dieta testigo fue elaborada con rastrojo de maíz-alfalfa (el rastrojo adquirido para la elaboración de estas dietas estaba mezclado con alfalfa, posiblemente debido a que la picadora utilizada no fue drenada correctamente), grano de sorgo molido, pasta de soya, melaza, aceite vegetal, tripolifosfato de sodio y carbonato de calcio. Para esta dieta hubo necesidad de incluir aceite porque la semilla de jamaica tiene una elevada concentración de extracto etéreo. Los porcentajes de inclusión de cada ingrediente y la composición química de la ración se muestran en el Cuadro 3.
- La dieta experimental fue elaborada con los mismos ingredientes de la dieta testigo, excepto aceite y pasta de soya, la cual fue sustituida por semilla de jamaica en 20% de inclusión en base seca, de modo que aportó la misma cantidad de proteína cruda y energía (Cuadro 4). Se escogió este porcentaje de inclusión de semilla de jamaica porque en un estudio previo, realizado por Hernández,⁶ fue el que mejor resultados dio. Las dietas se formularon para ser isoenergéticas e isoproteicas, aunque la proteína cruda resultó ser un poco más elevada en la dieta experimental (Cuadros 3 y 4).

Cuadro 3. Composición de la dieta testigo para la prueba de comportamiento productivo.

Ingredientes	% de inclusión Base Húmeda	% de inclusión Base Seca
Rastrojo – alfalfa	45.44	45.00
Sorgo, grano	37.85	38.5
Melaza	4.88	4.00
Pasta de soya	4.88	5.00
Carbonato de calcio (CaCO ₃)	3.30	3.60
Tripolifosfato de sodio	1.91	2.00
Aceite	1.74	1.90
Análisis químico		
Materia seca, %		87.2
Proteína cruda, % *		13.08
Extracto etéreo, %*		5.73
Fibra cruda, %*		12.45
Energía metabolizable, Mcal/Kg ^{1*}		2.82
Calcio, %*		1.44
Fósforo, %*		0.84
Relación Ca : P		1.7 : 1
¹ Calculada	*Base seca	

Cuadro 4. Composición de la dieta experimental para la prueba de comportamiento productivo

Ingredientes	% de inclusión Base Húmeda	% de inclusión Base Seca
Rastrojo – alfalfa	35.30	35.00
Sorgo	31.90	32.47
Semilla de jamaica	19.50	20.00
Melaza	7.30	6.00
Carbonato de calcio (CaCO ₃)	4.50	4.97
Tripolifosfato de sodio	1.49	1.56
Análisis químico		
Materia seca, %		85.77
Proteína cruda, %*		14.00
Extracto etéreo, %*		6.56
Fibra cruda, %*		13.78
Energía metabolizable, Mcal/Kg ¹ *		2.80
Calcio, %*		3.57
Fósforo, %*		0.74
Relación Ca : P		4.83:1

¹ Calculada

*Base seca

La prueba de comportamiento productivo se inició con un período de adaptación a las dietas de 30 días. Posteriormente, durante 31 días se registró diariamente el consumo de alimento, pesando el alimento ofrecido y rechazado en una báscula digital de plataforma (Torrey, capacidad de 10 Kg). En este periodo fue importante

asegurarse que los ovinos tuvieran un consumo *ad libitum* que llenara sus requerimientos de MS, para lo cual la cantidad ofrecida de alimento fue ajustada diariamente, ofreciendo un 10% más con respecto al día anterior y procurando que siempre quedara alimento en el comedero. Los animales tuvieron libre acceso a agua y sales minerales que contenían (según la composición de la etiqueta): 15% de calcio, 7% de fósforo, 12% de sal, 0.25% de manganeso, 0.45% de zinc, 0.05% de cobre, 0.35% de hierro, 0.001% de yodo y 0.014% de cobalto.

El consumo de materia seca se calculó haciendo la siguiente resta: kilogramos ofrecidos (en base seca) menos kilogramos rechazados (en base seca) (MS ofrecida, Kg – MS rechazada, Kg).

La ganancia diaria de peso se determinó realizando el pesaje de los animales dos veces durante este periodo, al inicio y al final de la prueba, y la diferencia de estos pesos se dividió entre los 31 días que duró la prueba (Peso final (Kg) – Peso inicial (kg) / 31 días).

La conversión alimenticia se calculó dividiendo los kilogramos totales de materia seca que consumió cada animal durante los 31 días que duró la prueba entre el peso total que ganó cada animal a lo largo de este periodo (Consumo total de MS (Kg) / Ganancia total de peso (Kg))

5.4 Prueba de digestibilidad *in vivo*

Para esta prueba se utilizaron los mismos 10 ovinos de la prueba anterior y las dietas testigo y experimental, cuyas formulaciones aparecen en los Cuadros 5 y 6.

Cada ovino fue alojado en una jaula metabólica con comedero, bebedero y sales minerales individuales (Figura 8), respetando el orden aleatorio de la prueba de comportamiento. Las jaulas fueron ubicadas en una unidad metabólica, que mantuvo a los ovinos dentro de una zona de termoneutralidad (7 – 24°C, media 12.3°C) mediante el uso de cortinas. Las temperaturas máxima y mínima de cada día se registraron con un termómetro digital, que fue instalado en el interior de la unidad metabólica.

Los ovinos tuvieron libre acceso a agua y sales minerales y antes de iniciar la prueba a los animales se les aplicaron vitaminas A, D, E y se les desparasitó con mebendazol a la dosis correspondiente.

Cuadro 5. Composición de la dieta testigo para la prueba de digestibilidad *in vivo*.

Ingrediente	% de inclusión	
	Base Húmeda	Base Seca
Rastrojo – alfalfa	50.73	50.0
Sorgo, grano	34.86	35.99
Melaza	6.02	5.00
Pasta de soya	4.18	4.37
Carbonato de calcio (CaCO ₃)	1.53	1.70
Tripolifosfato de sodio	0.89	0.93
Aceite	1.80	2.0
Análisis químico		
Materia seca, %		81.15
Proteína cruda, %*		13.57
Extracto etéreo, %*		5.73
Fibra cruda, %*		14.34
Fibra detergente neutro (FDN), %*		48.60
Fibra detergente ácido (FDA), %*		23.20
Energía bruta, Mcal/kg*		4.56
Energía metabolizable, Mcal/kg ^{1*}		2.58
Calcio, %*		1.35
Fósforo, %*		0.31
Relación Ca : P		1.87 : 1
¹ Calculada	*Base seca	

Cuadro 6. Composición de la dieta experimental para la prueba de digestibilidad *in vivo*.

Ingredientes	% de inclusión	
	Base Húmeda	Base Seca
Rastrojo – alfalfa	34.95	34.34
Sorgo	34.01	35.00
Semilla de jamaica	19.53	20.00
Melaza	7.24	6.00
Carbonato de calcio (CaCO ₃)	2.94	3.23
Tripolifosfato de sodio	1.32	1.40
Análisis químico		
Materia seca, %		81.49
Proteína cruda, %*		13.13
Extracto etéreo, %*		6.10
Fibra cruda, %*		15.95
Fibra detergente neutro (FDN), %*		49.20
Fibra detergente ácido (FDA), % *		20.52
Energía bruta, Mcal/kg*		4.27
Energía metabolizable, Mcal/Kg ¹ *		2.54
Calcio, %*		1.53
Fósforo, %*		0.55
Relación Ca : P		2.78:1

¹ Calculada

*Base seca



Figura 8. Jaulas metabólicas usadas durante la prueba de digestibilidad *in vivo*

Una vez en las jaulas, los animales fueron sometidos durante 14 días a un periodo de adaptación a la jaula, al arnés y a la bolsa colectora de heces. Los primeros siete días sólo se les adaptó a estar dentro de la jaula; los siguientes siete días se les adaptó al arnés, a la bolsa colectora de heces y al manejo de recolección de las heces dos veces al día. Al mismo tiempo, durante estos 14 días se evaluó el consumo de alimento de cada borrego. Las dietas (testigo y experimental) se ofrecieron dos veces al día, a las 08:00 y 18:00 horas, pesando la cantidad ofrecida y la rechazada al día siguiente en una báscula digital de plataforma (Torrey, capacidad de 10 Kg). De esta manera se estableció el consumo de alimento para cada animal. Pasados los 14 días de adaptación y conociendo el consumo de cada animal, se les restringió a un 90% la alimentación, para uniformizar la tasa de pasaje. Al día 15 se inició el periodo de recolección de heces, que se realizó antes de cada comida, durante siete días. Las heces se depositaron en una bolsa de

plástico, identificándolas individualmente, y se pesaron inmediatamente después de la recolección, en la misma báscula digital de plataforma. De esta forma se obtuvo la producción de heces por animal por día. Al final del día se homogeneizó en la bolsa el contenido de la producción total de heces de cada animal y se tomó una muestra de 100 g. También durante este periodo se tomó diariamente una muestra de 100 g de cada una de las dietas, tanto testigo como experimental. En los casos en que hubo rechazo de alimento, éste se guardó y se etiquetó individualmente. Todas las muestras de alimento, rechazo y heces se mantuvieron en congelación a -20°C hasta su procesamiento.

5.5 Análisis de laboratorio

Esta fase fue realizada en el laboratorio de Bromatología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM.

Una vez en el laboratorio, las muestras de la dieta ofrecida, rechazo y heces se descongelaron a temperatura ambiente. Las muestras diarias de la dieta ofrecida se mezclaron y posteriormente se tomó una alícuota de 300 g de cada dieta. Una parte de esta alícuota se liofilizó y otra fue desecada en una estufa de aire forzado, hasta peso constante.

En el caso de las heces, las muestras diarias se mezclaron por cada animal, de modo que se obtuvieron 10 muestras. De cada muestra se tomó una alícuota de

300 g y al igual que las muestras de la dieta ofrecida, una parte de la alícuota fue liofilizada y la otra desecada en una estufa de aire forzado, hasta peso constante.

Finalmente, para las muestras de rechazo, primero se escogieron aquellas que pesaron más de 14 g, ya que este peso fue el mínimo para trabajar todas las determinaciones que se iban a hacer durante esta fase. Todas las muestras seleccionadas se trabajaron individualmente, se liofilizaron y desecaron en una estufa de aire forzado.

En total se trabajaron 40 muestras, con su respectivo duplicado. A cada muestra se le realizaron las siguientes determinaciones: materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), según la metodología de la AOAC³⁸ y energía bruta, por medio de la bomba calorimétrica de Parr.³⁹

5.6 Análisis estadístico

Tanto en la prueba de comportamiento como en la prueba de digestibilidad *in vivo* se analizaron varias variables. Por lo tanto, se realizó un análisis de varianza multivariado para ambas pruebas, con el tratamiento como fuente de variación. El paquete estadístico utilizado fue JMP.⁴⁰ En el caso de la prueba de digestibilidad *in vivo* se realizaron, además, análisis de varianza univariados para cada una de las variables. No hubo necesidad de realizar transformaciones porque todas las variables se distribuyeron normalmente.

6.- RESULTADOS

6.1 Prueba de comportamiento

En el Cuadro 7 se presenta el resultado de las variables de comportamiento productivo. Es importante destacar que el número de ovinos (repeticiones) de la dieta experimental se redujo, debido a que uno de ellos presentó un consumo de alimento errático, por lo que se usó solamente la información de cuatro ovinos

Cuadro 7. Resultado de las variables de comportamiento productivo para cada tratamiento (media \pm EEM).

Variable	D i e t a s	
	Testigo (n=5)	Experimental (n=4)
Consumo de MS, kg/d	1.61 \pm 0.07	1.61 \pm 0.07
GDP, Kg/d	0.175 \pm 0.014	0.160 \pm 0.012
CA	9.20 \pm 0.71	10.06 \pm 0.63

MS= Materia seca GDP= Ganancia diaria de peso CA= Conversión alimenticia

En el Cuadro 8 se presenta el análisis de varianza multivariado para la prueba de comportamiento. El análisis señala que no hubo diferencia entre tratamientos ($P > 0.05$), por lo que la hipótesis nula no se rechaza. Es decir que, considerando a las tres variables productivas en conjunto (consumo de materia seca, ganancia de peso y conversión alimenticia), hubo un comportamiento similar entre la dieta testigo a base de pasta de soya y la dieta experimental a base de semilla de jamaica, como puede apreciarse en el Cuadro 7. La diferencia en la ganancia diaria de peso de los animales testigos con respecto a los experimentales (15 g) fue mínima y, por lo tanto, no fue significativa.

Cuadro 8. Matrices correspondientes al análisis de varianza multivariado para el consumo promedio de alimento, la ganancia diaria de peso promedio y la conversión alimenticia de ovinos Pelibuey en crecimiento-finalización, consumiendo una dieta testigo con pasta de soya como fuente de proteína o una dieta experimental con semilla de jamaica como fuente de proteína.

Fuente de variación	Matriz	Lambda de Wilks	F exacta ¹	P>F
Tratamiento	H= $\begin{bmatrix} 0.000024 & 0.000114 & -0.007812 \\ 0.000114 & 0.000533 & -0.036511 \\ -0.007812 & -0.036511 & 2.496888 \end{bmatrix}$	$\frac{ E }{ E + H } = 0.6270$	0.9916	0.4679
Error	E= $\begin{bmatrix} 0.170522 & 0.014718 & 0.251314 \\ 0.014718 & 0.005343 & -0.2129 \\ 0.251314 & -0.2129 & 14.052 \end{bmatrix}$			
Total	E+H= $\begin{bmatrix} 0.170546 & 0.014832 & 0.243501 \\ 0.014832 & 0.005876 & -0.249411 \\ 0.243501 & -0.249411 & 16.548888 \end{bmatrix}$			

43

C= consumo

GDP= ganancia diaria de peso

CA= conversión alimenticia

¹Cálculo de grados de libertad:

Numerador: p= número de variables= 3

Denominador: n-p-1= 9-3-1= 5. Se descartó la información de un animal, por lo tanto, n= 9

F 0.05, 3, 5= 5.41 > 0.99, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula.

6.2 Prueba de digestibilidad *in vivo*

En el Cuadro 9 se presenta el análisis de varianza multivariado para la prueba de digestibilidad *in vivo*. En este cuadro se observan diferencias entre tratamientos ($P < 0.05$), por lo que la hipótesis nula se rechaza. Es decir que, considerando a todas las variables cuya digestibilidad *in vivo* se calculó, hubo diferencias estadísticas entre las dos dietas. Para saber qué variable o variables estaban provocando esta diferencia, se realizó un análisis de varianza univariado para cada variable (Anexo 1, Cuadros A a G), cuyos resultados se resumen en el Cuadro 10. En este cuadro puede observarse que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) entre las dietas para las digestibilidades de la MS, MO, PC, FDN y energía. En promedio, la digestibilidad de la MS fue 66.3%; la de MO, 70.4%; la de PC, 66.9%; la de FDN, 61.8%, y la de energía, 70.3%.

Para las dos variables restantes (FDA y energía digestible (ED)), se encontró diferencia estadística altamente significativa (Cuadro 10). La digestibilidad de la FDA de la dieta experimental representó el 57% de la digestibilidad de la dieta testigo ($P < 0.001$) y la energía digestible de la dieta experimental (2.8 Mcal/kg) representó el 85% de la dieta testigo (3.3 Mcal/kg) ($P < 0.003$).

Cuadro 9. Matrices correspondientes al análisis de varianza multivariado para la prueba de digestibilidad de ovinos Pelibuey en crecimiento-finalización consumiendo una dieta testigo con pasta de soya como fuente de proteína o una dieta experimental con semilla de jamaica como fuente de proteína.

Fuente de variación	Matriz							Lambda de Wilks	F exacta ¹	P>F
Tratamiento	MS	MO	PC	FDN	FDA	E	ED	E E+H = 0.009642	29.3447	0.0333
H=	38.7302	14.878	23.3995	57.6820	215.8502	38.3956	4.8019			
		5.7153	8.9888	22.1583	82.9180	14.7495	1.8446			
			14.1372	34.8495	130.4095	23.1973	2.9011			
Error				85.9076	321.4720	57.1838	7.1516			
					1202.9702	213.9856	26.7619			
						38.0640	4.7604			
							0.5953			
E=	73.3851	98.7362	68.7325	80.7130	71.6236	69.8304	3.4914			
		159.4076	98.9209	136.7186	96.2893	104.5202	5.5624			
			67.9558	90.4568	64.6171	69.6766	3.4030			
				172.9734	75.3261	77.1029	3.4466			
					308.2205	44.5420	3.0943			
Total						89.3900	4.5938			
							0.2606			
	112.115	113.614	92.132	138.395	287.473	108.226	8.2933			
		165.123	107.909	158.876	179.207	119.269	7.4070			
			82.093	125.306	195.026	92.8740	6.3041			
E+H=				258.881	396.798	134.286	10.5982			
					1511.190	258.527	29.8562			
						127.454	9.3542			
							0.8559			

MS= Materia seca
 FDA= Fibra detergente ácido
 MO= Materia orgánica
 E= Energía
 PC= Proteína cruda
 ED= Energía digestible
 FDN= Fibra detergente neutro

¹ Cálculo de los grados de libertad:

Numerador: p= número de variables= 7

Denominador: n-p-1= 10-7-1= 2

F 0.05, 7, 2= 19.35<29.34, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula.

Cuadro 10. Resultado de cada una de las variables de digestibilidad, con el valor de probabilidad de acuerdo con un análisis de varianza univariado. (Ver Anexo 1, cuadros A a G)

D i e t a s				
Variable	Testigo (n=5)	Experimental (n=5)	EE	P>F
Dig. MS (%)	68.27	64.33	1.35	0.07
Dig. MO (%)	71.57	69.19	1.30	0.23
Dig. PC (%)	67.70	66.19	2.00	0.61
Dig. FDN (%)	64.69	58.83	2.08	0.08
Dig. FDA (%)	51.17	29.23	2.78	0.0005
Dig. Energía (%)	72.21	68.31	1.49	0.1022
ED (Mcal/kg)	3.28	2.79	0.08	0.0027
MS= Materia seca	PC= Proteína cruda	FDA= Fibra detergente ácido		
MO= Materia orgánica	FDN= Fibra detergente neutro	ED= Energía digestible		

7.- DISCUSIÓN

Los resultados de la prueba de comportamiento señalan que la semilla de jamaica puede utilizarse en la engorda de ovinos, en sustitución de la pasta de soya, sin detrimento del consumo de materia seca, ni de la ganancia diaria de peso o de la conversión alimenticia. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el número de animales por tratamiento fue bajo y estos resultados deberían corroborarse, usando más animales que estuvieran en la etapa inicial de su crecimiento (la semilla de jamaica podría tener efectos diferentes en animales más jóvenes).

Un estudio realizado en becerros de engorda, en el estado de Guerrero, en el cual se evaluó la semilla de jamaica como fuente proteica en una dieta a base de rastrojo de maíz, melaza y urea, señala que en cuanto a las variables consumo voluntario, ganancia diaria de peso y peso final, la semilla de jamaica puede ser usada en 30% de inclusión, sin problemas, como complemento proteico en dietas de pobre calidad, a pesar de su alto contenido de aceite.⁵ En otro estudio, realizado en ovinos pelibuey, Hernández informó que conforme va aumentando el nivel de inclusión de la semilla de jamaica (0%, 20%, 40%, 80%), el consumo de alimento disminuye y, por lo tanto, también disminuye la ganancia de peso y aumenta la conversión alimenticia. En este mismo estudio también se encontró que el mejor porcentaje de inclusión fue de 20% en lo que respecta a consumo de alimento y ganancia de peso; en lo referente a conversión alimenticia, el mejor porcentaje de inclusión fue 80%.⁶

En pollo de engorda, Hernández, Cortés y Jínez han informado que la semilla de jamaica no deprime el consumo de alimento, ni disminuye la ganancia de peso en esta especie, en una inclusión de hasta 30% de semilla de jamaica como fuente proteica; sin embargo, con este mismo porcentaje de inclusión la conversión alimenticia sí se ve afectada.^{6,11,16}

En la gallina de postura, la semilla de jamaica afectó negativamente el porcentaje de postura, el consumo de alimento y la masa del huevo. Estos efectos detrimentales en las aves se han asociado a la presencia de factores antinutricionales de la semilla de jamaica, como los ácidos grasos ciclopropanoides, ácidos grasos epoxioleicos, gossipol y taninos (en menor proporción).¹⁰

Es posible que estos factores antinutricionales no tengan el mismo efecto en rumiantes (gracias a la capacidad detoxificante del rumen), aunque en ovejas se ha visto que los ácidos grasos ciclopropanoides afectan la fertilidad de la hembra (regresión del cuerpo lúteo y esteroidogénesis alterada).^{21,22} En ningún momento se vio a los borregos que consumían la semilla de jamaica deprimidos o inapetentes. Por el contrario, todos estuvieron en excelentes condiciones de salud y con buen apetito, como puede constatarse por el consumo de materia seca de la dieta experimental, que fue idéntico al de la dieta testigo.

Los resultados de la prueba de comportamiento también se ven apoyados, en parte, por los resultados de la prueba de digestibilidad *in vivo*. La sustitución de la pasta de soya por semilla de jamaica no afectó la digestibilidad de la materia seca,

de la proteína, ni de la energía. La digestibilidad de la materia seca tampoco se vio afectada, pero la probabilidad (0.07) estuvo muy cerca del valor de significancia $\alpha = 0.05$ y puede no haberse encontrado diferencia debido al tamaño de muestra. Algo similar sucedió con la digestibilidad de la FDN. Sin embargo, lo que sí se vio afectado fue la digestibilidad de la FDA, que en la dieta experimental fue casi 50% menor a la de la dieta testigo. La FDA está formada químicamente por celulosa y lignina; la FDN, por celulosa, hemicelulosa y lignina. La diferencia entre FDN y FDA indica la concentración de hemicelulosa. El componente más indigestible entre estos tres, que forman las paredes celulares de semillas y plantas, es, sin duda alguna, la lignina. La lignina es un polímero fenilpropanoide, no carbohidrato, que le da soporte estructural y resistencia a la pared celular de las plantas. La lignina contiene una estructura condensada con enlaces carbono a carbón y ligaduras de éter, que son resistentes a la acción hidrolítica de los ácidos y álcalis.⁴¹ El cálculo de la digestibilidad de la hemicelulosa indicó que en ambas dietas ésta fue de 79%. Sin embargo, el cálculo de la digestibilidad de la lignina (lo cual se reconoce que es una determinación poco ortodoxa) fue de 38% para la dieta testigo y de 24% para la dieta experimental. Aún más, la digestibilidad de la celulosa fue de 48% para la dieta testigo y de 24% para la dieta experimental. Es posible que lo que se está midiendo en la digestibilidad de la FDA es el efecto combinado de las digestibilidades de celulosa y lignina, que fueron bajas en la dieta experimental comparadas con las de la dieta testigo. Mientras que la hemicelulosa en ambas dietas se digirió igualmente bien, las otras dos fracciones sí fueron diferentes. Los ingredientes que aportaron fibra a la dieta testigo fueron el rastrojo-alfalfa, el sorgo y la pasta de soya. Los dos últimos poseen concentraciones muy bajas de fibra (representada como fibra cruda,

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Cuadro 2), por lo que el 97% de la fibra de esta dieta provino del rastrojo-alfalfa. En el caso de la dieta experimental, el rastrojo-alfalfa aportó el 60% de la fibra y la semilla de jamaica, cerca del 30%. De hecho, la dieta testigo tuvo una concentración ligeramente mayor de FDA (23.2%) que la dieta experimental (20.5%) (Cuadros 5 y 6); sin embargo, la digestibilidad de la FDA en la dieta experimental se vio drásticamente afectada por la presencia de la semilla de jamaica. Esto podría indicar que la estructura celulosa-lignina de la semilla de jamaica es menos digestible que la de un forraje.

Las energías digestibles de las dietas testigo y experimental también fueron diferentes. Esto es más sencillo de explicar. La energía digestible es el resultado de restar la energía bruta en heces de la energía bruta de un alimento. La energía bruta de la dieta testigo fue de 4.56 Mcal/kg y la de la dieta experimental fue de 4.27 Mcal/kg, la diferencia fue mínima. Sin embargo, debido a que en la dieta experimental se digirió menos FDA que en la dieta testigo, la energía bruta de las heces fue también mayor (combustión de la celulosa y la lignina no digeridas). De ahí que el valor de energía digestible de la dieta experimental fuera menor al de la dieta testigo.

8.- CONCLUSIONES

- ❖ Se puede concluir que bajo las condiciones en las que se desarrolló el presente trabajo, es posible incluir 20% de la semilla de jamaica, en base seca, en sustitución de la pasta de soya en una dieta integral para ovinos en crecimiento-finalización, sin que se vean alteradas la variables de producción.
- ❖ Asimismo se concluye que bajo las mismas condiciones, la digestibilidad de la materia seca, materia orgánica, proteína cruda y fibra detergente neutro fue similar entre las dietas testigo y experimental. Sin embargo, la digestibilidad *in vivo* de la fibra detergente ácido y el cálculo de la energía digestible resultaron diferentes.
- ❖ Considerando los resultados obtenidos con la inclusión de semilla de jamaica en una dieta integral, se concluye que es posible utilizar este esquilmo forrajero para la alimentación de ovinos Pelibuey; especialmente en las regiones en las que se produce semilla de jamaica, ya que en muchas ocasiones ésta se desperdicia.

9.- RECOMENDACIONES

- ❖ Es importante evaluar el efecto de la semilla de jamaica en ovinos jóvenes en crecimiento, para corroborar los resultados obtenidos en este trabajo, sobre todo en la prueba de comportamiento. Asimismo, es importante usar un número mayor de animales por tratamiento.

- ❖ Es preciso realizar un estudio profundo de los factores antinutricionales de la semilla de jamaica en rumiantes, debido a que son varios los autores que informan alteraciones, aunque, principalmente en aves, debidas esencialmente a los ácidos grasos ciclopropanoides y a los ácidos grasos epoxioleicos; sin embargo, son escasos los trabajos hechos en rumiantes, con respecto a estos factores.

10.- LITERATURA CITADA

1. Centro de Estadística Agropecuaria (CEA). Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/sagar3.htm>. SAGARPA 2001.
2. Arteaga CJD. La industria ovina en México. Primer Simposium Internacional de Ovinos de Carne, "Desafíos y oportunidades para la Ovinocultura en México ante los nuevos esquemas de mercado abierto", Pachuca (Hidalgo) México. Noviembre 2003.
3. Shimada M A. Nutrición animal. México. Trillas. 1era. edición. 2003.
4. Lucas TJ, Zarco QLA, González PE, Tótora PJ. Crecimiento predestete de corderos en sistemas intensivos de pastoreo y manejo reproductivo en el altiplano central de México Vet Mex 2003; 34 : 235-237.
5. Abarca ChB. . Evaluación de la semilla de jamaica como fuente de proteína verdadera. (tesis de licenciatura). Guerrero México: Universidad Autónoma de Guerrero. UAG, 1993.
6. Hernández OX. Valor nutritivo de la semilla de jamaica para la alimentación animal. (tesis de maestría). México (D.F.): Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 1994.
7. Martínez M. Las plantas más útiles que existen en la República Mexicana
8. González CM. Especies vegetales de importancia económica en México. México. Porrúa, 1984.
9. Chávez E. Ingeniero agrónomo, del municipio de Ayutla, Guerrero (comunicación personal).
10. Balderas GA. Efecto de la inclusión de la semilla de jamaica (*Hibiscus Sabdariffa*) en dietas para gallinas de postura sobre parámetros productivos y funcionamiento hepático. (tesis de licenciatura). México (D:F): Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, 2003.
11. Jínez MT. Efecto de niveles elevados de semilla de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) en dietas para pollo de engorda. (Tesis de licenciatura) México (DF) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. 1995.

12. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), Anuario Estadístico del Estado de Guerrero, ed. 2002.
13. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), Anuario Estadístico del Estado de Oaxaca, ed. 2002.
14. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), Anuario Estadístico del Estado de Colima, ed. 2000.
15. Navarro GS, Cruzaley SR, Reyes JM, Noriega CD, Miranda SF. Nueva alternativa tecnológica para producir maíz-jamaica en áreas potenciales de Guerrero. INIFAP. Chilpancingo (Guerrero) México. Noviembre 2002.
16. Soriano TJ, Tejada HI. Estudio preliminar del valor nutritivo de la semilla de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) para el pollo de engorda. Tec Pec Mex 1995; 33 : 48-52.
17. Cortés CA. Utilización de la semilla de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) en dietas para pollo de engorda (tesis de licenciatura). México (D.F.) México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM.1995.
18. El-Adawi TA, Khalil AH. Characteristics of roselle seeds as a new source of protein and lipid. J Am Chem Soc 1994; 42 : 1896-1900.
19. Farjou BJ, Al Wandawi H. Effect or feeding on roselle (*Hibiscus sabdariffa*) seeds in mice and rats. Nutr Rep Int 1983; 28 : 1189-1196.
20. Phelps RA, Shenstone FS, Kemmerer AR, Evans RJ. A review of cyclopropenoid compounds: biological effects of some derivates. Poult Sci 1965; 44 : 358-393.
21. Slayden VO, Stormshak F. *In vivo* and *in vitro* effects of a cyclopropenoid fatty acid on ovine corpus luteum function. Endocrinology 1990; 127 : 3166-3171.
22. Tumbelaka IL, Slayden VO, Stormshak F. Action of a cyclopropenoid fatty acid on the corpus luteum of pregnant and nonpregnant ewes. Biol of reprod 1994; 50 : 253-257.
23. Schneider BH, Flatt WP. The evaluation of feeds through digestibility experiments. The University of Georgia press, Athens 1975.
24. Maynard AL, Loosli KJ, Hintz FH, Waener GR. Nutrición animal. McGraw-Hill, México 7ma. ed., 1981.

25. Theodorou MK, France J. Feeding systems and feed evaluation models. USA; CABI Publishing, 2000.
26. Church DC, Pond WG, Pond KR. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. UTEHA, 2da. ed. 2002.
27. Church DC. El rumiante: fisiología digestiva y nutrición. Acribia, España, 1988.
28. Ruelas A. Manual de técnicas de investigación en ruminología. México: Sistema de educación continua en producción animal en México, 1990.
29. Givens DI, Owen E, Axford RFE, Omed HM. Forage evaluation in ruminant nutrition. CABI Publishing, USA, 2002.
30. McDonald P, Edwards RA, Greenhalgh JF, Morgan CA. Nutrición animal. Acribia, España, 5ta. ed. 1995.
31. Weiss WP. Estimation of digestibility of forages by laboratory methods. In: Fahey GC, Collins M, Mertens DR, Moser LE, editors. Forage quality, evaluation, and utilization. ASA, CSSA, SSSA. Wisconsin, USA. 1994.
32. Stern MD, Bach A, Calsamiglia S. Alternative techniques for measuring nutrient digestion in ruminants. J. Anim. Sci. 1997; 75:2256-2276.
33. Ortega CME, Carranco JEM. Factores que afectan la digestibilidad *in situ* de los alimentos en el rumen. Vet. Méx., 1993; 24.
34. D'Mello JPF. Farm animal metabolism and nutrition. CABI Publishing, USA, 2000.
35. Ensminger ME, Oldfield JE, Heinemann WW. Feed and nutrition. Ensminger Publishing Co. USA. 2da. ed. 1990.
36. Zamudio MRA. Digestibilidad de la materia seca y materia orgánica en dietas integrales elaboradas con ensilados de residuos sólidos de excretas porcinas. (Tesis de licenciatura) México (D.F.) México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. 2001.
37. NRC. Nutrient requirements of sheep. 6th ed. Washington (DC): National Academy Press, 1985.
38. A.O.A.C. Official Methods of Analysis. 15th edition. Association of Official Analytical Chemists: Washington. D.C. (USA), 1990.

39. ASTM. Standards for bomb calorimetry and combustion methods. American Society for Testing and Materials. Philadelphia, PA., USA. 1974.
40. JMP. Versión 3.1.6.2. 1989-1996. SAS Institute, Inc.
41. Van Soest, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd ed., Comstock Publishing Associates, Ithaca, 1984, 373 pp.

11.- ANEXO

Cuadro A. Análisis de varianza univariado para la digestibilidad de la materia seca.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F exacta	P>F
Tratamiento	1	38.7302	4.2221	0.0740
Error	8	9.1731		
Total	9	12.4573		

Cuadro B. Análisis de varianza univariado para la digestibilidad de la materia orgánica.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F exacta	P>F
Tratamiento	1	14.1372	1.6643	0.2331
Error	8	8.4945		
Total	9	9.1215		

Cuadro C. Análisis de varianza univariado para la digestibilidad de la proteína cruda.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F exacta	P>F
Tratamiento	1	5.7154	0.2868	0.6068
Error	8	19.9260		
Total	9	18.3470		

Cuadro D. Análisis de varianza univariado para la digestibilidad de la fibra detergente neutro.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F exacta	P>F
Tratamiento	1	85.9076	3.9732	0.0814
Error	8	172.9734		
Total	9	258.8810		

Cuadro E. Análisis de varianza univariado para la digestibilidad de la fibra detergente ácido.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F exacta	P>F
Tratamiento	1	1202.97	31.2236	0.0005
Error	8	38.53		
Total	9	167.91		

Cuadro F. Análisis de varianza univariado para la digestibilidad de la energía.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F exacta	P>F
Tratamiento	1	38.0640	3.4066	0.1022
Error	8	11.1738		
Total	9	14.1616		

Cuadro G. Análisis de varianza univariado para la digestibilidad de la energía digestible.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	F exacta	P>F
Tratamiento	1	0.5953	18.2766	0.0027
Error	8	0.0325		
Total	9	0.0951		