



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE QUÍMICA

**CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE VAINAS CON
SEMILLAS Y PANOJAS NATIVAS DEL ESTADO DE
GUERRERO PARA USO EN ALIMENTACIÓN
ANIMAL**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUÍMICA DE ALIMENTOS

PRESENTA

TERESITA DE JESÚS MARTÍNEZ ITURBE



MÉXICO, D. F.

2008



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.

Jurado asignado:

Presidente	Prof. Olga del Carmen Velázquez Madrazo
Vocal	Prof. María del Rocío Santillana Hinojosa
Secretario	Prof. María Elena Carranco Jáuregui
1er. Suplente	Prof. Karla Mercedes Díaz Gutiérrez
2º. Suplente	Prof. Armando Conca Torres

Desarrollado en:

Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición "Salvador Zubirán",
Departamento de Nutrición Animal

ASESOR



M. en C. Ma. Elena Carranco Jáuregui

SUPERVISOR TÉCNICO



M. en C. Ma. Concepción Calvo Carrillo

SUSTENTANTE



Teresita de Jesús Martínez Iturbe

A MIS PADRES:

Armando y María Teresa, gracias por darme la vida y servir de ejemplo con honestidad, moral y amor. Los extraño.

A MI HERMANO:

Jesús Armando, que me ha escuchado y ayudado en todo momento. Eres el mejor hermano, ¡gracias!

A MI ENANO:

Gracias por tu compañía en todo momento.

A MIS ASESORAS:

Q.F.B. MA. ELENA CARRANCO JAUREGUI

Q.F.B. MA. CONCEPCION CALVO CARRILLO

Que colaboraron con gran espíritu profesional para la realización de ésta tesis.

Con recuerdo inolvidable a la Facultad de Química, de la Universidad Nacional Autónoma de México, como centro de formación educativa, así como a sus profesores por las enseñanzas y apoyo brindado.

A MIS FAMILIARES Y AMIGOS

INDICE

	Página
Resumen	2
Introducción	3
Objetivos	5
Antecedentes	6
1. Alimentos no convencionales	7
2. Nutrición animal y tipos de aparato digestivo de los animales	9
3. Los Rumiantes	10
Metodología	14
Resultados y discusión	27
Conclusiones	47
Bibliografía	48
Anexos	52
I. Fracciones de Fibra	53
II. Aminoácidos	57
III. Minerales	58

RESUMEN

Las gramíneas *Bothriochloa* sp, *Sorghum halepense* (L.) Pers, y las leguminosas *Desmanthus virgatus* (L.) Willd, *Gliricidia sepium* (Jacq.) Stend, *Acacia farnesiana* (L.) Willd, son consideradas alimentos no convencionales por ser productos naturales, no utilizados actualmente para la alimentación animal, teniendo disponibilidad en periodos determinados. El objetivo de este estudio fue evaluar químicamente estos alimentos no convencionales como posibles recursos para la alimentación animal, principalmente para, la alimentación de rumiantes, teniendo muestras de vainas con semillas y panojas recolectadas en el Municipio de Iguala, en la zona norte del Estado de Guerrero.

En los resultados obtenidos se encontraron valores de proteína cruda que van de 0.58% - 20.21%, siendo el más alto para *Desmanthus virgatus* (L.) Willd; el contenido de fibra cruda estuvo en un rango de 13.25% - 35.48%, teniendo menor cantidad *Acacia farnesiana* (L.) Willd. El extracto etéreo que va de 1.7% - 3.24%, con el porcentaje más alto en *Gliricidia sepium* (Jacq.) Stend, al igual que el de lignina con 12.45%. No se detectaron factores tóxicos indicando que ni las leguminosas ni las gramíneas presentan problemas para el consumo animal.

Los resultados de minerales y vitaminas, indican que éstos son un buen complemento; y los aminoácidos contenidos en las proteínas son suficientes para llenar las necesidades nutricionales en la alimentación animal.

Por lo tanto, se concluye que todas las vainas con semilla y las panojas estudiadas son buenos recursos no convencionales para la alimentación de los rumiantes, considerando a *Desmanthus virgatus* (L.) Willd y *Acacia farnesiana* (L.) Willd como las mejores por su contenido de proteína cruda, fibra cruda y bajo contenido de lignina.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de buscar fuentes alternativas de alimento de buena calidad que resulten accesibles y de bajo costo para el consumo animal, genera realizar investigaciones en el área de los productos naturales que se encuentran disponibles en las diferentes regiones del país. Esta es un área de investigación y desarrollo de importancia a nivel mundial, debido a la conocida crisis de alimentos, a las restricciones por la baja producción agrícola y a la limitación de la agricultura para satisfacer la alta demanda de productos básicos por el incremento constante de la población. Esto eleva los costos de producción, ya que los granos, principales alimentos utilizados en la alimentación de los animales son necesarios para la alimentación humana y se obtienen mayores ganancias al generar alimentos para consumo de la población.

La República Mexicana, tiene una gran diversidad de recursos alimenticios muy valiosos; su estudio brinda información para darles un mejor aprovechamiento y un beneficio para las comunidades más necesitadas de la región estudiada.

En este trabajo se propuso evaluar cinco productos naturales con posibilidad de sustituir los ingredientes clásicamente utilizados en la alimentación animal, que se encuentran disponibles, en la zona norte del Estado de Guerrero, en el municipio de Iguala. A los productos naturales se les denominan alimentos no convencionales, definiéndose éstos como todo producto natural no utilizado actualmente para la alimentación de los animales, con un mínimo de disponibilidad en periodos determinados, aportando uno o más de los distintos nutrimentos requeridos por el organismo animal.

Dentro de la producción animal actual, los alimentos no convencionales representan una alternativa potencial para solventar, de cierta forma, el problema de la alimentación. Estos productos se pueden encontrar disponibles en el campo en ciertas épocas del año; por lo que para este estudio se recolectaron algunas vainas con semillas y panojas que se encuentran presentes en el Municipio de Iguala, en el Estado de Guerrero.

Justificación

Debido a la poca cantidad de agua con que cuenta el municipio de Iguala, Guerrero, en el subsuelo y la corta temporada de lluvias, no es posible sembrar dos veces al año como sucede en las regiones centrales del país, así que los productores ganaderos no tienen alimento suficiente y de calidad (maíz, sorgo, etc.) durante el año y es necesaria la compra de alimentos preparados comercialmente para alimentar a los animales. Esto lleva a un alto costo en la producción, que en ocasiones es imposible de sostener.

La finalidad de este trabajo consiste en dar alternativas para la alimentación animal, usando los alimentos no convencionales con los recursos disponibles en este lugar.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar químicamente las vainas con semillas y panojas recolectadas en el municipio de Iguala, en la zona norte del Estado de Guerrero, como posibles recursos para la alimentación animal.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Reunir la información disponible en el área de alimentos no convencionales utilizados para ganado bovino.
- Clasificar taxonómicamente el material a estudiar.
- Evaluar la composición química aproximada de las muestras.
- Cuantificar fracciones de fibra presentes en las muestras
- Determinar la presencia de factores tóxicos, aminoácidos, vitaminas y minerales de las muestras.

ANTECEDENTES

1. Alimentos no convencionales

1.1 Generalidades

Los alimentos no convencionales son todo producto natural u obtenido mediante un cultivo o resultante de la obtención de un producto primario, no utilizado actualmente o utilizado de manera escasa para la alimentación de los animales, con un mínimo de disponibilidad en periodos determinados, el cual aporta uno o más de los nutrimentos requeridos por el organismo animal para su desarrollo normal, y es inocuo en las formas y cantidades suministradas (Audiffred, 1988).

Se pueden clasificar de diferentes formas, pero comúnmente se hace con base al origen de los productos alimenticios:

- Recursos naturales: Plantas o vegetales originarios de una región específica, con potencial alimenticio en donde no se ha utilizado tecnología alguna para su obtención (selección, cultivo, etc.).
- Productos de actividades primarias: Productos en los cuales se aplica el esfuerzo humano o una tecnología para su obtención, éstos pueden ser de procedencia agrícola o forestal.
- Proteína celular: Incluyen algas, bacterias, hongos y levaduras o algunos productos elaborados con este tipo de recursos.
- Subproductos de actividades primarias: Son recursos originarios de una actividad primaria como subproductos de actividades agrícolas, subproductos pecuarios, subproductos forestales y subproductos pesqueros.
- Subproductos agroindustriales: Son los provenientes de las actividades agroindustriales como rastros, industria alcohólica, industria lechera, industria cárnica, entre otras.
- Productos derivados del saneamiento: Incluye sedimentos de alcantarillas, lodos activados, cenizas, etc.

- Desperdicios de consumo humano y animal: Incluye desperdicios o sobrantes de restaurantes, de cocina, de supermercados y desperdicios o desechos del consumo animal como pollinaza, gallinaza, cerdaza, etc. utilizados de manera directa o procesados, (Audiffred, 1988; Villanueva, 1989).

1.2 Alimentos no convencionales en nutrición de rumiantes

La alimentación de los rumiantes se basa principalmente en forrajes (henos, pastos, pajas, cáscaras) y en menor cantidad en ensilados (maíz y sorgo) y concentrados (melazas, raíces, frutos) (Church y Pond, 1977).

Los requerimientos de nutrimentos varían dependiendo del tipo de animal y de las funciones que éstos desempeñan, sin embargo existen estimaciones que recomiendan un porcentaje de proteína bruta de 9 a 12 % y un nivel de grasa mínimo de 2 % (Church, 1987).

En diferentes partes del mundo se ha seguido la alternativa del uso de los alimentos no convencionales para la alimentación de rumiantes, desde el uso de hojas de pino (*Pinus radiata*) picadas o cocidas y mezcladas con desperdicios de avena para la alimentación de ovinos, el uso de semillas como las de Lantana (*Lantana camara*) en la India, en E.U.A el uso de heno de *Lathyrus sylvestris* para las dietas de finalización, o el amaranto en ensilado para preparación de raciones completas con el uso de recursos naturales. Como recursos de actividades primarias el uso de diferentes variedades de chicharos, como Frisson ó Frima en Francia para la alimentación de corderos y otras semillas como ajonjolí, hasta el uso de amaranto mezclado con maíz; y de subproductos primarios como la paja de trigo y rastrojos de maíz con diferentes tipos de tratamientos para alimentar borregos en México (Huicochea, 1992) y la paja de arroz mezclada con diferentes nutrimentos inorgánicos en Australia. A la vez en Australia utilizan la levadura de cerveza en la dieta y en India, se usa la harina de algas como proteína unicelular

mezcladas en harina de soya. También son mezcladas la heces de pollo (pollinaza) o de gallina (gallinaza) con harina de soya utilizando, los recursos de actividades pecuarias (Villanueva, 1989).

2. Nutrición y Tipos de Aparato Digestivo de los Animales

Una buena nutrición consiste en suministrar todos los nutrimentos necesarios para llevar a cabo los procesos metabólicos, dependiendo del destino zootécnico de cada especie animal, de una manera completa e incluirlos en la dieta cumpliendo las necesidades de mantenimiento y producción. Estos nutrientes son: proteínas, fibra, vitaminas, minerales; necesarios para obtener buenos rendimientos en ganancia de peso, conversión alimenticia y respuesta en el crecimiento en la etapa óptima.

En este caso el aparato digestivo es muy importante debido a su relación entre éste y la utilización de alimento y los nutrimentos. Todos los órganos, glándulas y estructuras que lo componen tienen la función de desintegrar (masticar y deglutir, etc) el alimento para llevar a cabo la digestión y absorción de los nutrimentos, efectuando algunas funciones secretoras y excretoras.

La digestión prepara los alimentos para la absorción, donde se incluyen fuerzas mecánicas como masticar, la actividad química como la bilis en el intestino delgado o la hidrólisis por microorganismos o enzimas del alimento ingerido. La función global de los diversos procesos es reducir los alimentos a un tamaño molecular o a un estado de solubilidad que permita la absorción y el empleo, por las células, de los nutrimentos liberados en el proceso. La absorción incluye los procesos involucrados en el paso de las moléculas, desde la luz del tubo digestivo (a través de las células) hasta los vasos sanguíneos o linfáticos (Church y Pond, 2003).

El aparato digestivo de los mamíferos incluye: la boca con sus estructuras y glándulas asociadas, el esófago, el estómago, el intestino delgado y el grueso. El hígado

y el páncreas son órganos que están relacionados con la digestión y la absorción; el primero secreta bilis que desemboca en el intestino delgado y el segundo secreta enzimas digestivas que (también) van al intestino delgado. El conducto digestivo es una estructura tubular modificada que se emplea para ingerir y digerir alimento, así como para eliminar algunos desechos de la actividad metabólica realizada por el cuerpo del animal. Se encarga, además, de la asimilación eficiente de los nutrimentos y rechazar los componentes de la dieta que no necesitan o son dañinos para el animal (Church y Pond, 2003).

Entre las especies de mamíferos existen grandes diferencias en la estructura y función de los órganos del aparato digestivo. A los mamíferos que tienen un estómago sencillo se les denomina monogástricos o no rumiantes, mientras que a los que tienen un estómago complejo o con varias cavidades se les denomina rumiantes o poligástricos.

3. Los Rumiantes

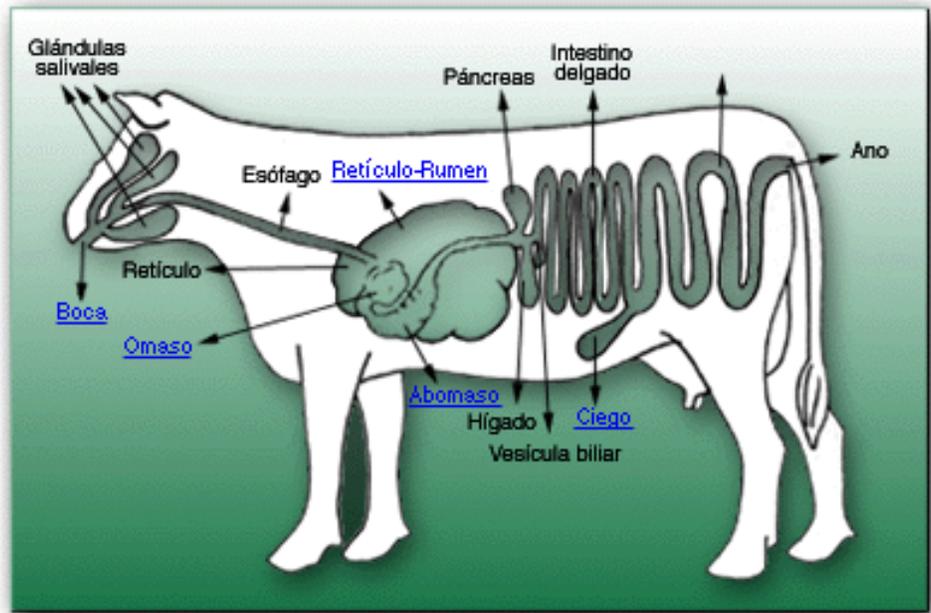
3.1 Generalidades

La palabra rumiante procede de la palabra latina *ruminare* que significa volver a masticar (Church, 1988). Los rumiantes son mamíferos que se caracterizan por poseer pezuñas, dedos pares y molares cuya corona presenta crestas en forma de media luna, no presenta dientes incisivos superiores y sólo algunas especies tienen dientes caninos; los molares están separados para que el animal pueda masticar de un solo lado de la mandíbula a la vez.

En la figura 1 se observa el aparato digestivo de los rumiantes en este caso de una vaca, que está compuesto por boca, glándulas salivales, esófago, estómago complejo y grande, intestino delgado sencillo, ciego relativamente grande, intestino grueso muy corto y ano.

En las glándulas salivales, la producción de saliva es muy abundante, es relativamente continua, siendo mayor cuando come y rumia que durante el reposo; posee una gran capacidad amortiguadora y esto ayuda a mantener un pH apropiado en el rumen (Church y Pond, 1976; Church, 1987).

Figura 1. Aparato digestivo de rumiantes



Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Fundamentos de Producción Animal,
Aparato Digestivo, Mamíferos, Rumiantes, 2006

Una característica de los rumiantes, es la rumia que es una forma controlada de vomito que hace que los materiales semilíquidos sean regurgitados del rumen al esófago, para su remasticación y los líquidos son deglutidos. Los rumiantes pueden pasar rumiando hasta ocho horas o más, dependiendo de la naturaleza del alimento (Church, 1987).

Su estómago está compuesto de cuatro compartimentos: retículo, rumen, omaso y abomaso. El retículo y el rumen no están separados, pero tienen diferentes funciones. El retículo en movimiento manda el alimento ingerido hacia el rumen o hacia el omaso y

también hace posible la regurgitación. El rumen contiene del 70 % al 75 % del volumen total del aparato digestivo y actúa como una cámara de fermentación donde los microorganismos atacan a los nutrientes para que sean degradados los carbohidratos complejos como la celulosa y la hemicelulosa, produciendo ácidos grasos volátiles principalmente, además de otros compuestos. El omaso permite reducir el tamaño de partículas del alimento ingerido y absorber algunos elementos. El abomaso efectúa la secreción de pepsina y ácido clorhídrico para el desdoblamiento de las proteínas (Lewis, 1962). El resto del proceso digestivo en el intestino delgado y grueso es similar al de un animal monogástrico.

3.2 Importancia de los nutrientes para los rumiantes

La mayoría de los animales tienden a comer para satisfacer sus necesidades energéticas; considerando las etapas de vida, los alimentos deben variar y contener diferentes cantidades de nutrientes para su desarrollo o mantenimiento (Church, et al. 2003).

La proteína en el organismo es el nutriente de mayor importancia después del agua, este es necesario en mayor cantidad en animales jóvenes y productores. Las proteínas tienen funciones estructurales y metabólicas, componen músculos, órganos internos (corazón, hígado, riñones), entre otras. En el caso de los rumiantes las necesidades de aminoácidos, formadores de proteína, no son tan importantes como en los monogástricos a excepción de las vacas lecheras, esto se debe a que los aminoácidos pueden ser sintetizados por los microorganismos presentes en el rumen (Church, et al. 2003).

Los rumiantes al ser consumidores de forrajes, pueden utilizar celulosa y hemicelulosa, pues los microorganismos presentes en el rumen, las desdoblan a ácidos

grasos volátiles. En cambio, la lignina que es un componente que aumenta con la madurez de las plantas, dificulta la digestión de los animales (Van Soest, 1982).

Las vitaminas son necesarias en pequeñas cantidades para el funcionamiento normal del organismo animal y deben ser proporcionadas en la dieta; se clasifican con base en sus solubilidad: vitaminas liposolubles e hidrosolubles; las liposolubles son almacenadas en los tejidos, por lo que su presencia en la alimentación de los rumiantes debe ser constante, y aunque los tejidos tengan poca cantidad de vitaminas hidrosolubles la síntesis microbiana de estas es suficiente para satisfacer los requerimientos de animal (Mc Dowell, 1989).

A los elementos minerales se les reconocen funciones esenciales en el organismo, por esto, deben estar presentes en la alimentación. Se clasifican en:

Macro minerales:

- Calcio y Potasio son componentes de los huesos, tiene función muscular y coagulante en la sangre.
- Magnesio es necesario para el desarrollo del tejido óseo, contracción muscular, síntesis de proteínas.
- Sodio, se encuentra en los huesos, donde funciona como reserva para ser liberado en condiciones de acidosis fisiológica.

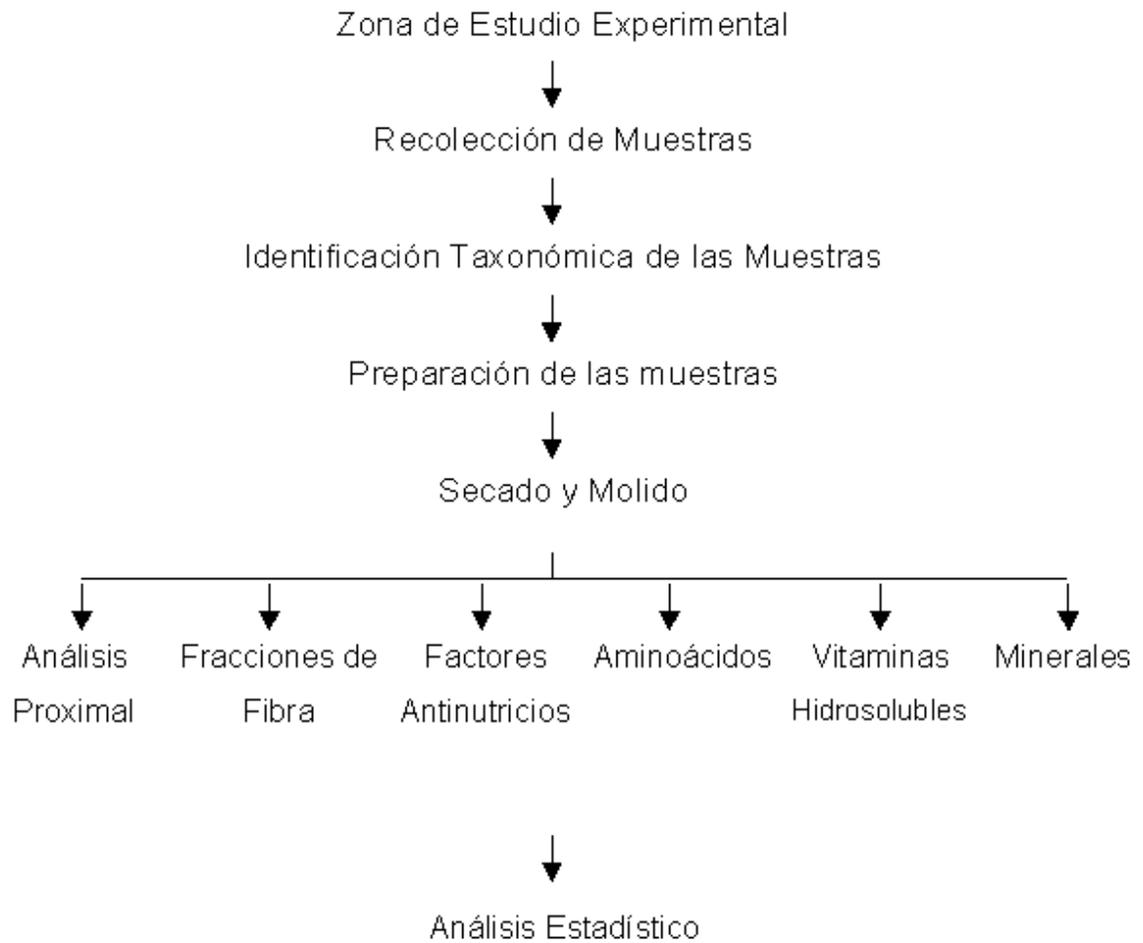
Minerales traza:

- Cobre, es necesario para la formación de glóbulos rojos y favorece la absorción de hierro en el intestino delgado.
- Zinc, es un componente esencial de numerosas enzimas, es necesario para mantener la concentración normal de vitamina A en el plasma.
- Hierro, es necesario particularmente para los procesos de respiración celular.

Estos elementos no son sintetizados en el organismo y deben ser incluidos en la dieta. (Shimada, 1984)

METODOLOGIA

Diagrama de Flujo del Método Experimental



- **Zona de estudio experimental**

El valle de Iguala, está localizado en la parte norte del Estado de Guerrero, México. El clima es cálido sub húmedo, con escasas lluvias en verano. El promedio anual de temperatura es de 26.7 ° C (Almazan, 1993).

- **Diseño del estudio**

El estudio realizado se clasifica como:

- ✓ Retrospectivo: las muestras se encuentran presentes en el campo, no hay necesidad de sembrar.
- ✓ Transversal: se recolectaron las muestras en una sola época del año.
- ✓ Descriptivo: se describe únicamente lo realizado.
- ✓ Observacional: no se maneja ningún tipo de variable (ej. cambio del tipo de tierra o de época de recolección) durante la prueba.

- **Recolección e Identificación taxonómica de las muestras**

Para la recolección de las muestras, se hizo un estudio preliminar, que consistió en observar al ganado bovino que se encuentran a libre pastoreo en el campo durante una semana por cuatro o cinco horas al día. Para la identificación taxonómica se recolectaron los productos naturales, de arbusto o planta, donde el animal había comido para alimentarse. Se colectaron la raíz, el tallo con hojas, flores y vainas con semillas, para el caso de las gramíneas y la raíz, tallo con hojas y panoja para las leguminosas; todas se conservaron en hojas de papel para ser entregados en el Herbario Nacional del Instituto de Biología, UNAM, a la M. en C. Verónica Juárez quien realizó la identificación. Esta identificación permitió conocer el nombre y el tipo de plantas de estudio, así como la descripción de cada una. Posteriormente las vainas con semillas y las panojas se siguieron colectando durante los meses de febrero y marzo de 2006.

- **Preparación de las muestras**

Se limpiaron las muestras a estudiar eliminando manualmente flores, raíces, hojas, tallos y otros elementos no pertinentes, quedando sólo las vainas con semillas en las leguminosas y las panojas en las gramíneas.

- **Secado y Molido**

Las muestras se secaron en una estufa de convección a 60° C de 24 a 48 horas, dependiendo de la cantidad de humedad de las muestras; posteriormente se molieron utilizando un molino de martillos Thomas Scientific, a 650 rpm con una malla 100 para tamaño de partícula de 0.1 mm. Las harinas obtenidas se guardaron en frascos debidamente etiquetados.

1. Análisis Proximal

Análisis Químico Aproximado por las técnicas descritas de A.O.A.C. (2002).

La finalidad de los análisis de plantas, es la determinación cualitativa y cuantitativa de los seis componentes principales: humedad, cenizas, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno (carbohidratos solubles).

Determinación de Humedad (H)

Método por secado (Método AOAC 934.01-2002)

Fundamento

Es un método gravimétrico que determina la pérdida de peso debida a la evaporación de agua en el punto de ebullición o a temperaturas cercanas a él. La pérdida de agua es directamente proporcional a la temperatura, y sólo son comparables los resultados obtenidos bajo las mismas condiciones de secado. Está técnica se realiza a

una temperatura de 110-120° C, hasta peso constante. Se considera que la pérdida de peso es agua y quedan exclusivamente sólidos totales.

Determinación de Cenizas

Método de Cenizas Totales (Método AOAC 942.05-2002)

Fundamento

Se considera que las cenizas son el residuo inorgánico que se obtiene después de la destrucción de materia orgánica contenida en un alimento al incinerarlo en una mufla. Las muestras se calientan a temperaturas superiores a 500° C, donde se quema por completo la materia orgánica.

El residuo mineral depende de la composición de la muestra y de las condiciones de calcinación y generalmente está formado por: óxidos, sulfatos, silicatos y cloruros de potasio, sodio, calcio y magnesio; en menor cantidad de hierro, cobre, magnesio y zinc.

Determinación de Proteína Cruda

Método de Kjeldahl (Método AOAC 976.05-2002)

Fundamento

Este método se basa en la combustión en húmedo de la muestra por calentamiento con ácido sulfúrico concentrado en presencia de catalizadores metálicos, para reducir el nitrógeno orgánico de la muestra hasta nitrógeno inorgánico en forma de amoníaco, el cual queda en solución como sulfato de amonio. Esta sal se hace reaccionar con una base fuerte, desprendiendo amoníaco que se destila y se recibe en un volumen conocido de ácido bórico en exceso. Por titulación del ácido residual, se calcula la cantidad de amoníaco desprendido; la cantidad de nitrógeno contenido en la muestra, multiplicada por un factor (generalmente 6.25) nos da la cantidad de proteína cruda.

Determinación de Extracto Etéreo

Método de extracción continua Soxhlet (Método AOAC 920.39 b - 2002)

Fundamento

La determinación se basa en la extracción de grasa utilizando éter de petróleo o éter etílico en la muestra seca y molida, en un aparato de extracción continua.

Las grasas son solubles en compuestos no polares y se alcanza la máxima solubilidad cuando el disolvente alcanza la temperatura en la que se volatiliza. En el aparato de extracción continua al entrar el disolvente en contacto con la superficie fría del refrigerante, se condensa y regresa al cartucho poroso que contiene la muestra a temperatura adecuada para la extracción.

Determinación de Fibra Cruda

Método de Weende (Método AOAC 962.09 2002)

Fundamento

La fibra cruda es el residuo orgánico insoluble y comestible que queda después de tratar la muestra desengrasada en condiciones de hidrólisis ácida-alcalina, sucesivamente; el residuo está compuesto principalmente de celulosa, hemicelulosa, y lignina presentes en la muestra original.

Determinación de Hidratos de Carbono

Fundamento

La cantidad de extracto libre de nitrógeno se considera la cantidad de carbohidratos asimilables contenidos en la muestra. Los valores se determinaron por diferencia de 100 con el contenido, en porcentaje, de los otros componentes.

2. Fracciones de Fibra¹

Análisis Fracciones de Fibra por el método de Van Soest (1985).

Van Soest desarrolló métodos químicos utilizando detergentes, los cuales separan de manera más precisa las diferentes fracciones de las plantas, de acuerdo a su digestibilidad. Este método permite extraer los constituyentes de la pared celular en base a su solubilidad en soluciones de detergentes de sales cuaternarias de amonio (Gutiérrez, 1991).

Las determinaciones se realizaron por triplicado, para cada una de las muestras.

Fibra Neutro Detergente (FND)

Fundamento.

La FND representa la matriz insoluble de la pared celular de la planta, son sustancias covalentemente unidas, o íntimamente asociadas mediante puentes de hidrógeno, u otros enlaces intramoleculares que son resistentes a las soluciones con rango de concentraciones fisiológicas. Se remueven aproximadamente el 90 % de la pectina, una parte de la proteína de la matriz de la pared celular, el almidón y la sílice biológica presente; los minerales son generalmente insolubles (Van Soest, 1985).

Fibra Ácida Detergente (FAD)

Fundamento.

La extracción de residuos de plantas con detergente ácido, tiene el propósito de aislar la fracción lignocelulósica. Además determina la hemicelulosa por solubilización (Van Soest, 1985).

Lignina

Fundamento.

¹ Se describe el procedimiento en Anexo

El método se basa en separar la materia orgánica insoluble en el ácido; es una metodología que utiliza ácido sulfúrico al 72 % (p/p). Para remover la celulosa sin alteración de la lignina. La exposición del residuo lignocelulósico al ácido, causa una ligera degradación de la lignina y de los carbohidratos a temperatura ambiente (Van Soest, 1985).

Celulosa

Fundamento.

El residuo remanente después de la delignificación, se somete a calcinación para obtener el valor de celulosa. El residuo de cenizas es idéntico con las cenizas insolubles en ácido detergente y pueden ser empleadas para determinar sílice total (Van Soest, 1985).

Hemicelulosa

Los valores fueron calculados por diferencia del contenido, en porcentajes, de Fibra Neutro Detergente y Fibra Ácida Detergente (Van Soest, 1985).

Sílice

Para obtener los resultados de sílice, a los residuos del análisis de celulosa se les agregaron gotas de ácido bromhídrico y fueron calcinados, obteniendo cenizas, que por diferencia de peso nos da la cantidad de sílice total (Van Soest, 1985).

3. Factores tóxicos

Además de las sustancias nutritivas que presentan las plantas, se encuentran ciertos compuestos naturales, que pueden ser factores anti fisiológicos (inhibidor de tripsina y hemaglutininas); y que pueden alterar la digestión (saponinas). Es de suma importancia determinarlos por los efectos o trastornos que producen en el organismo, donde cada factor es específico, y se debe conocer su contenido para establecer si el alimento puede ser destinado al consumo humano y/o animal, o bien, si puede consumirse crudo o requiere un tratamiento especial.

Inhibidor de Tripsina.- La tripsina es una enzima proteolítica (endopeptidasa) encargada de romper los enlaces peptídicos existentes entre aminoácidos, en especial en los formados por arginina o lisina, por lo que su presencia produce una deficiente absorción de proteínas a nivel intestinal.

Hemaglutininas.- Son glicoproteínas capaces de aglutinar los glóbulos rojos de la sangre. Esto da como resultado una probable trombosis.

Saponinas.- Pueden hemolizar las células rojas de la sangre, y pueden interferir con la acción de enzimas digestivas, afectando la utilización de nutrimentos y el crecimiento.

En este estudio solo se evaluaron los factores anti fisiológicos y que alteran la digestión.

Inhibidores de Tripsina

Fundamento.

En esta técnica, una cantidad conocida de tripsina se pone en contacto con un extracto de la muestra durante un periodo corto, después del cual, se hace reaccionar la tripsina que aún queda libre con benzoil-d L-arginina-p-nitro- anilina (BAPNA); para obtener un compuesto colorido que es proporcional a la cantidad de tripsina no inhibida (Kakade, 1974).

Hemaglutininas

Fundamento.

También conocidas como lectinas, son un grupo de proteínas presentes comúnmente en las leguminosas comestibles. Su detección se basa en la observación de la aglutinación de los glóbulos rojos provocada por un extracto de la muestra. La técnica incluye diluciones seriadas del extracto, en el cual se observa la dilución más alta en donde se presenta la aglutinación, determinando la cantidad de lectinas presentes en las semillas (Gómez, 1992).

Saponinas (Prueba cualitativa)

Fundamento.

Las saponinas tienen la particularidad de disminuir la tensión superficial. La formación de espuma en solución acuosa se utiliza para detectar su presencia (Water, 1989).

4. Aminoácidos

Método del Manual Waters Acc-QTAG, 1993

Debido a la polaridad de los aminoácidos y a la ausencia de un cromóforo en la mayoría de ellos, es necesaria la formación de un derivado antes del análisis por HPLC. La cuantificación de aminoácidos en alimentos requiere una etapa de hidrólisis a 115 ° C y una hidrólisis ácida (HCl). Se utilizó un equipo de cromatografía de líquidos de alta presión, con las siguientes condiciones²:

- Columna: AccQ-TAG de alta eficiencia NOVA-PAK C18 de 4 µm.
- Fase Móvil: Eluyente A: Buffer WATERS AccQ-TAG

Eluyente B: Acetonitrilo

Eluyente C: Agua MILLI-Q Grado HPLC

²Se presenta el procedimiento en Anexo

- Tiempo de corrida: 60 min.
- Detector: Fluorescencia WATERS 470.
- Longitud de emisión: 395 nm.
- Longitud de excitación: 250 nm.
- Filtro: 0.5.
- Ganancia: 100.
- Temperatura de la columna: 37°C.
- Volumen de inyección: 5 - 15 μ L

5. Vitaminas

Considerando la poca cantidad de extracto etéreo que presentan las muestras, se decide buscar solamente vitaminas hidrosolubles para lo cual se utilizaron las técnicas descritas por AOAC (2002).

Tiamina método 953.17

Riboflavina método 970.65

Niacina método 975.41

6. Minerales

La técnica para determinación de minerales es Espectrofotometría de Absorción Atómica³, donde se cuantifican macro minerales (Calcio, Magnesio, Potasio y Sodio) y minerales traza (Cobre, Zinc y Hierro) (Torres, I., Villarreal, E. 2007).

Fundamento

Con el nombre de absorción atómica se comprende la absorción de radiación por átomos que se encuentran en estado de vapor. La vaporización de átomos tiene lugar en

³ Se describe el procedimiento en Anexo.

llamas. Por eso, la espectrofotometría de absorción atómica va más allá de la fotometría de llama, y así, se habla de una “fotometría de llama de absorción atómica”. Ambos métodos se fundamentan en el principio Kirchhoff de absorción por resonancia, según el cual los átomos absorben radiaciones de la misma longitud de onda que pueden emitir. A tal efecto, deben hallarse en el estado fundamental antes de la absorción y en un estado excitado antes de la emisión. A las temperaturas que existen en las llamas, sólo una pequeña parte de los átomos pasan al estado excitado (una fracción de 10^4 hasta 10^{16} , en el caso de los átomos alcalinos, son los más fáciles de promover a un estado excitado). Esto es particularmente válido con los metales pesados, difícilmente excitables. Por consiguiente el reconocimiento es más sensible si los átomos objeto de determinación se encuentran en el estado fundamental.

- **Análisis Estadístico**

Se reportan la media y la desviación estándar de tres repeticiones para análisis químico proximal, fracciones de fibra y minerales; se reportan la media con dos repeticiones para los factores tóxicos; se reportan la media y la desviación estándar de dos repeticiones para vitaminas y aminoácidos.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

- **Descripción de las muestras**

Al realizar la identificación taxonómica de las muestras, éstas fueron separadas en Gramíneas y Leguminosas; a continuación se da una descripción de cada una de las plantas, cuyas vainas y panojas fueron analizadas:

Familia: **Poaceae (Gramíneas)**



<http://www.fotonatura.org/galerias/foto.php>

***Bothriochloa* sp.**

También llamado pasto barbados, es una especie perenne, muy similar en forma, rizomas y estolones. Es en su mayoría de 30 a 50 cm de alto u ocasionalmente hasta de más de 1 m de largo en plantas rastreras en la base; teniendo nudos barbados con pelos cortos. Crece en zonas áridas. Tiene cierto valor como forrajera, pero otros la consideran una mala hierba. Resiste el pastoreo intensivo y sequías breves, pero su rendimiento es escaso. Se utiliza para forraje, henificación y cobertera muerta (FAO, Animal Feed Resources information system, *Bothriochloa*, 2006). La especie no tiene un valor comercial y no tiene un manejo específico para su propagación (Ackerman, 1987; Casas, 1994; Bogdan, 1997).



<http://www.fotonatura.org/galerias/foto.php>

***Sorghum halepense* (L.) Pers (Sorg hal)**

También llamado zacate o pasto Johnson, es una gramínea perenne con rizomas vigorosos, de porte desparramado. Los tallos son erectos, en forma de caña, con una altura variable de 50 a 200 cm, a veces hasta 240 cm. Su grosor puede alcanzar de los 1.5 cm a los 2.0 cm. Invade pronto todo el terreno y es difícil de erradicar. Su aspecto general es similar al del pasto Sudán (*Sorghum sudanense*), pero difiere de esta especie en que tiene rizomas subterráneos persistentes que producen brotes a partir de sus nódulos. Con frecuencia, en una campaña se cosechan dos o tres cortes de heno; es un pasto valioso, pero las plantas jóvenes pueden contener cantidades notables de HCN, y por lo tanto debe pastarse con prudencia o ser ensilada para darse como alimento, y éste es usualmente aceptado por los animales (FAO, Animal Feed Resources information system, Sorghum, 2006; Bogdan, 1997).

Familia: **Leguminosae (Leguminosas)**



<http://www.fotonatura.org/galerias/foto.php>

***Desmanthus virgatus* (L.) Willd**

Planta arbustiva, con tallos erectos que miden más de 2 m. de alto. Tiene hojas pequeñas, con 10 a 20 folíolos por pínula. Tiene de 3 a 5 vainas lineales de 4 a 6 cm de largo y 3 a 4 mm de ancho en cada corona; flores blancas pequeñas agrupadas en coronas. Crece en suelos arenosos de textura frágil, y puede encontrarse también en suelos arcillosos. Está distribuida de forma silvestre en América Central y del Sur. Se emplea tanto para forraje como para ramoneo, ya que es apetecible para el ganado, tiene un excelente crecimiento y resiste el corte y el pastoreo. En la India se probó experimentalmente como una planta forrajera y los contenidos de proteína cruda son semejantes a los de alfalfa (FAO, Animal Feed Resources Information System, Desmanthus, 2006; Bogdan, 1997).



<http://www.fotonatura.org/galerias/foto.php>

***Gliricidia sepium* (Jacq.) Stend**

También llamada mataratón y madre del cacao. Es un arbusto de tamaño intermedio, de crecimiento rápido, crece de 10 a 15 metros de altura con un diámetro que va de 25 a 60 cm. Originaria de América del Sur. Su copa es irregular y extendida. Las vainas son lineares, son aplanadas y miden de 10 a 20 cm de largo por aproximadamente 3 de ancho, con nervadura fina de color verde limón o pardo claras cuando aun son jóvenes y oscuras al madurar; cada vaina posee de 3 a 10 semillas. Las semillas son pardo amarillentas, casi redondas, aplanadas, de superficie lisa; miden de 7.9 a 18 mm de largo por 12 a 15 mm de ancho. Es un arbusto que resiste al ramoneo y puede plantarse como poste de cerca a lo largo de las praderas para forraje, puede podarse a una altura de 1-1,5 m para que quede al alcance de los animales (Gómez, 1955; FAO, Animal Feed Resources Information System, Gliricidia, 2006).



<http://www.fotonatura.org/galerias/foto.php>

***Acacia farnesiana* (L.) Willd**

También llamada mimosa, es un pequeño arbusto muy espinoso de la familia de las mimosáceas. En México crece espontáneamente en el norte y sur del país, y de aquí se ha propagado a otras partes del mundo, por hacer almácigos a la intemperie. Sus hojas tienen de 15 a 29 folíolos y el pecíolo tiene en la base 2 espinas de color blanco, sus flores son amarillas, la vaina es cilíndrica arqueada y de color morado negruzco. Se considera una planta rica en taninos. Las hojas y las legumbres ofrecen una excelente fuente de ramoneo (FAO, Animal Feed Resources Information System, Acacia, 2006; Flores 1989).

Los resultados y las discusiones obtenidos de los análisis químicos se presentan a continuación:

1. Análisis Químico Proximal
2. Fracciones de Fibra
3. Factores Tóxicos
4. Aminoácidos
5. Vitaminas Hidrosolubles
6. Minerales

Cuadro 1

Resultados del Análisis Químico Proximal de las vainas y panojas recolectadas en el Estado de Guerrero, México.

(g / 100 g de muestra)

	Humedad	Cenizas	Proteína Cruda	Extracto Etéreo	Fibra Cruda	Hidratos de Carbono
Gramíneas						
<i>Bothriochloa</i> sp.	1.83 ± 0.23	8.83 ± 0.12	0.58 ± 0.23	2.26 ± 0.03	27.69 ± 0.31	58.79
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers	2.83 ± 0.04	8.17 ± 0.27	8.20 ± 0.16	2.37 ± 0.20	19.15 ± 1.01	59.27
Leguminosas						
<i>Desmanthus virgatus</i> (L.) Willd	3.37 ± 0.06	6.15 ± 0.2	20.21 ± 0.19	1.87 ± 0.10	21.15 ± 0.44	47.24
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Stend	4.77 ± 0.02	4.40 ± 0.07	13.16 ± 0.62	3.24 ± 0.08	35.48 ± 0.24	38.92
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd	4.66 ± 0.02	4.48 ± 0.08	16.87 ± 0.51	1.70 ± 0.10	13.25 ± 0.18	59.03

(n = 3) Se reportan la media y la desviación estándar.

Análisis Químico Proximal:

En las gramíneas, *Bothriochloa* sp. y *Sorghum halepense* (L.) Pers, el contenido de cenizas es muy semejante, teniendo valores entre 8.83 y 8.17 % respectivamente, siendo estos los más altos con respecto a las vainas con semillas de este estudio. En proteína cruda, *Bothriochloa* sp. tiene bajo contenido (0.58%) a diferencia de *Sorghum halepense* (L.) Pers (8.20 %). Con respecto a extracto etéreo no hay diferencias entre las gramíneas analizadas (2.26 % y 2.37 %). En cuanto a fibra cruda, *Bothriochloa* sp. tiene una gran cantidad (27.69 %). Considerando los valores que reporta FAO, se tienen valores similares a los encontrados en este estudio (FAO, Animal Feed Resources Information System, *Bothriochloa*, 2006; FAO, Animal Feed Resources Information System, *Sorghum*, 2006).

Para las muestras que son leguminosas, *Desmanthus virgatus* (L.) Willd, *Gliricidia sepium* (Jacq.) Stend y *Acacia farnesiana* (L.) Willd, los valores de cenizas son 6.15%, 4.4% y 4.48% respectivamente. En otros estudios realizados, utilizando muestras del noreste del país, se encontró mayor cantidad de cenizas en *Gliricidia sepium* (Jacq.) Stend (9.1 % y 12.1 %) (Ramírez *et al.*, 2000). El contenido de proteína cruda para *Desmanthus virgatus* (L.) Willd, *Gliricidia sepium* (Jacq.) Stend y *Acacia farnesiana* (L.) Willd fue de 20.21%, 13.16% y 16.87% respectivamente. El contenido de extracto etéreo es semejante en todas las muestras analizadas *Desmanthus virgatus* (L.) Willd, *Gliricidia sepium* (Jacq.) Stend y *Acacia farnesiana* (L.) Willd teniendo valores de 1.87%, 3.24% y 1.7% respectivamente; datos que concuerdan con lo reportado por FAO (2.4%, 3.7% y 1.6 %) (FAO, Animal Feed Resources Information System, *Desmanthus*, 2006; FAO, Animal Feed Resources Information System, *Gliricidia*, 2006; FAO, Animal Feed Resources Information System, *Acacia*, 2006).

El contenido de fibra cruda es variable, teniendo valores de 35.48 % en *Gliricidia sepium* (Jacq.) Stend, 21.15% en *Desmanthus virgatus* (L.) Willd y 13.25 % en *Acacia farnesiana* (L.) Willd.

Se encuentra que las diferencias o igualdades entre los valores obtenidos en este estudio y los reportados por otros autores, se deben al lugar donde se recolectan las muestras, al tipo de suelo en el que crecen, la parte estudiada de las plantas y al grado de maduración en el que fueron recolectadas.

En general, las muestras presentan alto contenido de proteína y extracto etéreo, a excepción de *Bothriochloa sp.* la cual tiene muy poca cantidad de proteína, de acuerdo a los requerimientos mínimos estimados para los rumiantes (9 % de proteína y 2 % de grasa) (Church, *et al.* 1976). El contenido de cenizas nos indica que las muestras pueden contener varios minerales necesarios para la alimentación animal como calcio, fósforo, potasio, entre otros. Los resultados de fibra cruda están relacionados con el grado de madurez de la planta, donde las plantas presentaban una madurez aún en desarrollo. Finalmente el contenido de extracto libre de nitrógeno resulta importante como fuente de energía, aunque puede interferir en la digestión de otros nutrientes presentes en el resto del alimento (Gutiérrez, 1991; McDonald, *et al.* 1993).

Cuadro 2

Resultados de Fracciones de Fibra de vainas y panojas recolectadas en el Estado de Guerrero, México.

(g / 100 g de muestra)

	FND	FAD	Lignina	Celulosa	Hemicelulosa	Sílice
Gramíneas						
<i>Bothriochloa sp.</i>	67.65 ± 0.26	33.50 ± 0.52	5.16 ± 0.54	27.60 ± 0.15	34.15 ± 0.32	0.55 ± 0.07
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers	59.70 ± 0.32	28.46 ± 0.56	5.85 ± 0.24	18.96 ± 0.65	31.24 ± 0.23	1.92 ± 0.05
Leguminosas						
<i>Desmanthus virgatus</i> (L.) Willd	44.46 ± 0.66	24.58 ± 0.28	5.05 ± 0.15	17.09 ± 0.22	19.88 ± 0.46	0.32 ± 0.06
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Stend	56.03 ± 0.74	39.84 ± 0.43	12.45 ± 0.44	26.95 ± 0.49	16.18 ± 0.32	0.45 ± 0.08
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd	22.70 ± 0.44	15.45 ± 0.20	4.70 ± 0.82	9.51 ± 0.93	7.24 ± 0.25	0.39 ± 0.1

(n = 3) Se reportan la media y la desviación estándar.

Fracciones de Fibra:

En gramíneas, se encuentra que los valores de fibra neutra detergente o paredes celulares para *Bothriochloa sp.* y *Sorghum halepense* (L.) Pers fueron de 67.65% y 59.70%, siendo estos los más altos con respecto a las otras muestras. El contenido de fibra ácida¹ detergente (33.50 % y 28.46 %), de lignina (5.16 % y 5.85 %), de celulosa (27.60 % y 18.96 %) y de hemicelulosa (14.15 % y 31.24 %) indican que las muestras no se encontraban completamente maduras (grado medio), pues Van Soest (1982) relaciona que a mayor contenido de lignina y fibra ácida detergente, hay menor cantidad de celulosa y hemicelulosa indicando una maduración completa de la planta.

En los valores de sílice, *Sorghum halepense* (L.) Pers (1.92 %) tiene una mayor cantidad con respecto a *Bothriochloa sp.* (0.55 %); estos valores son mínimos y no afectan la digestibilidad y el consumo voluntario en los rumiantes, por lo que las gramíneas, pueden ser consumidas libremente. Respecto a los valores de lignina, considerado como un material no asimilable por los animales, no presentan inconvenientes pues éstos se encuentran en bajas cantidades (Gutiérrez, 1991).

Para las leguminosas *Desmanthus virgatus* (L.) Willd, *Gliricidia sepium* (Jacq.) Stend y *Acacia farnesiana* (L.) Willd, los valores obtenidos de fibra ácida detergente son de 24.58 %, 39.84 % y 15.45 % y comparando con los valores de lignina (5.05 %, 12.45 %, 4.70 %), celulosa (17.09 %, 26.95 %, 9.51 %), hemicelulosa (19.88 %, 16.18 %, 7.24 %) y sílice (0.32 %, 0.45 %, 0.39 %), se tiene que la vaina con semilla más madura es *Gliricidia sepium* (Jacq.) Stend, la cual no presenta problemas al ser consumida por rumiantes (Gutiérrez, 1991).

¹ FDA: representa básicamente la suma de la celulosa y la lignina.

Cuadro 3

Resultados de los Factores Tóxicos de vainas y panojas recolectadas en el Estado de Guerrero, México.

	Inhibidor de Tripsina (UTI/ mg)	Hemaglutininas	Saponinas
Gramíneas			
<i>Bothriochloa sp.</i>	3.80	1:16 dilución máxima en sangre de conejo Negativa en sangre humana	N.D.
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers	1.00	Negativa en sangre de conejo Negativa en sangre humana	N.D.
Leguminosas			
<i>Desmanthus virgatus</i> (L.) Willd	1.96	1:16 dilución máxima en sangre de conejo Negativa en sangre humana	N.D.
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Stend	1.97	Negativa en sangre de conejo Negativa en sangre humana	N.D.
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd	4.97	Negativa en sangre de conejo Negativa en sangre humana	N.D.

(n = 2) Se reportan la media N.D.= No detectado

UTI/ mg: Unidades de Inhibición de Tripsina por mg de muestra

Factores Tóxicos:

Los valores para Inhibidor de tripsina, en las muestras de este estudio, son bajos, tomando como referencia al frijol de soya (73.5 UTI/mg), por lo tanto no se tienen riesgos por su consumo (Rackis y McGhee, 1975).

Para los resultados de hemaglutininas, se considera que de 0.5 a 1.2 % presentes en la dieta resultan tóxicas, por lo que la dilución 1:16 encontrada en *Bothriochloa sp.* y en *Desmanthus virgatus* (L.) Willd en sangre de conejo es muy baja, lo cual nos indica que los animales tienen anticuerpos, que no se considera tóxica y que no existe ningún riesgo al ser consumidas por los rumiantes (Rackis y McGhee, 1975). En el resto de las muestras no hay presencia y se reporta como negativa, por lo que, no hay riesgos en su consumo.

En cuanto a saponinas, no se detectaron en las muestras estudiadas y no se considera un riesgo en el consumo.

En general, ninguna de las muestras presenta riesgos para ser consumida por rumiantes, ya que los datos obtenidos pueden ser considerados trazas.

Cuadro 4
Resultados de Aminoácidos de las vainas y panojas recolectadas en el Estado de Guerrero, México.
(g aa's / 100 g de proteína)

	ILE	LEU	LYS	MET	CYS	PHA	TYR	THR	VAL	ARG	HIS	ALA	ASP	GLU	GLY	PRO	SER
Gramíneas																	
<i>Bothriochloa</i> sp.	2.565 ± 0.02	7.57 ± 0.03	1.97 ± 0.01	2.32 ± 0.01	2.94 ± 0.01	3.165 ± 0.04	3.24 ± 0.03	3.045 ± 0.04	4.32 ± 0.01	3.345 ± 0.02	1.535 ± 0.02	6.51 ± 0.03	5.545 ± 0.02	12.41 ± 0.04	3.13 ± 0.01	8.84 ± 0.01	4.085 ± 0.01
<i>Sorghum</i> <i>halepense</i> (L.) Pers	2.53 ± 0.03	7.43 ± 0.01	1.95 ± 0	2.27 ± 0.01	2.825 ± 0.02	3.125 ± 0.02	2.285 ± 0.04	3.04 ± 0.03	4.32 ± 0.01	3.265 ± 0.02	1.55 ± 0.01	6.535 ± 0.02	5.56 ± 0.03	12.415 ± 0.01	3.12 ± 0	8.825 ± 0.02	4.13 ± 0.01
Leguminosas																	
<i>Desmanthus</i> <i>virgatus</i> (L.) Willd	3.46 ± 0.01	12.495 ± 0.02	2.28 ± 0.01	2.405 ± 0.04	3.5 ± 0.01	5.02 ± 0.01	3.795 ± 0.02	3.44 ± 0.01	5.185 ± 0.04	3.885 ± 0.01	2.18 ± 0.01	6.86 ± 0.01	6.965 ± 0.02	14.6 ± 0.03	3.135 ± 0.04	10.25 ± 0.04	4.165 ± 0.02
<i>Gliricidia</i> <i>sepium</i> (Jacq.) Stend	2.62 ± 0.01	8.14 ± 0.01	2.125 ± 0.02	2.33 ± 0.03	3.03 ± 0.01	4.555 ± 0.01	3.535 ± 0.02	3.2 ± 0.01	4.57 ± 0.03	3.435 ± 0.02	1.57 ± 0.03	6.53 ± 0.03	5.87 ± 0.03	13.5 ± 0.04	3.13 ± 0.01	8.845 ± 0.05	4.13 ± 0.01
<i>Acacia</i> <i>farnesiana</i> (L.) Willd	3.42 ± 0.01	12.42 ± 0.03	2.195 ± 0.02	2.265 ± 0.02	3.36 ± 0.03	4.895 ± 0.02	3.705 ± 0.02	3.37 ± 0.03	4.935 ± 0.02	3.73 ± 0.03	2.025 ± 0.02	6.535 ± 0.02	6.745 ± 0.01	13.5 ± 0.03	3.15 ± 0.01	10.13 ± 0.02	4.1 ± 0.01

(n = 2) Se reportan la media y la desviación estándar.

Aminoácidos:

Los resultados obtenidos en las gramíneas *Bothriochloa* sp. y *Sorghum halepense* (L.) Pers son muy similares entre sí y considerando a *Sorghum bicolor* (Sorgo) y *Zea mays* (Maíz amarillo) que son las gramíneas comúnmente usadas en la alimentación de rumiantes; los valores encontrados son semejantes, con excepción de la leucina, donde las muestras presentan menor cantidad (7% vs. 13%) y metionina donde presentan mayor cantidad (2% vs. 0.5%)

De los resultados para las leguminosas *Desmanthus virgatus* (L.) Willd, *Gliricidia sepium* (Jacq.) Stend, *Acacia farnesiana* (L.) Willd, también son muy similares, teniendo como referencia a los valores de alfalfa (*Medicago sativa* L. Lucerne) y frijol de soya (*Glycine max* (L.) Merrill), leguminosas usadas en alimentación de rumiantes; se encuentra diferencia solamente en la alta cantidad de leucina que presentan *Desmanthus virgatus* (L.) Willd y *Acacia farnesiana* (L.) Willd.

Cuadro 5

Resultados de Vitaminas en vainas y panojas recolectadas en el Estado de Guerrero, México.

(mg / 100 g de muestra)

	Tiamina	Riboflavina	Niacina
Gramíneas			
<i>Bothriochloa sp.</i>	0.65 ± 0.014	1.165 ± 0.021	1.96 ± 0.014
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers	0.79 ± 0.014	1.21 ± 0.014	1.97 ± 0.014
Leguminosas			
<i>Desmanthus virgatus</i> (L.) Willd	0.815 ± 0.007	1.142 ± 0.010	2.005 ± 0.007
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Stend	0.893 ± 0.004	1.235 ± 0.021	1.86 ± 0.014
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd	0.905 ± 0.007	1.34 ± 0.014	1.85 ± 0.028

(n = 2) Se reportan la media y la desviación estándar.

Vitaminas hidrosolubles:

Los resultados obtenidos para las gramíneas *Bothriochloa sp.* y *Sorghum halepense* (L.) Pers fueron: tiamina 0.6 mg/ 100 g y 0.7 mg/ 100 g, riboflavina 1.1 mg/ 100 g y 1.2 mg/ 100 g, niacina 1.9 mg/ 100 g en ambos, respectivamente; siendo estas semejantes entre sí.

Para las leguminosas las cantidades de tiamina fue de 0.8 mg/ 100 g para *Desmanthus virgatus* (L.) Willd y *Gliricidia sepium* (Jacq.) Stend, mientras que en *Acacia farnesiana* (L.) Willd fue de 0.9 mg/ 100 g, siendo semejantes. Las cantidades de riboflavina fueron de 1.1 mg/ 100 g, 1.2 mg/ 100 g y 1.3 mg/ 100 g respectivamente y las cantidades de niacina fueron de 2.0 mg/ 100 g en *Desmanthus virgatus* (L.) Willd y 1.8 mg/ 100 g en *Gliricidia sepium* (Jacq.) Stend y *Acacia farnesiana* (L.) Willd.

Cuadro 6

Resultados de Minerales de las vainas y panojas recolectadas en el Estado de Guerrero, México.

(mg / 100 g de muestra)

	Macro minerales				Minerales Traza		
	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Cobre	Zinc	Hierro
Gramíneas							
<i>Bothriochloa</i> sp.	360.49 ± 2.63	61.75 ± 0.25	623.63 ± 22.22	6.29 ± 1.95	0.41 ± 0.001	5.09 ± 0.52	18.47 ± 1.06
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers	321.91 ± 5.37	88.99 ± 4.0	565.36 ± 15.06	118.00 ± 6.71	0.41 ± 0.001	4.68 0.12	21.18 ± 1.97
Leguminosas							
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Stend	336.29 ± 10.93	61.26 ± 2.97	1286.79 ± 72.26	90.60 ± 7.41	0.41 ± 0.001	1.14 ± 0.21	8.80 ± 1.79
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd	652.00 ± 6.74	71.18 ± 3.92	898.92 ± 8.92	6.42 ± 1.19	0.41 ± 0.001	2.24 ± 0.36	8.34 ± 0.39

(n = 3) Se reportan la media y la desviación estándar.

Minerales:

Con excepción de *Desmanthus virgatus* (L.) Willd, en el cuadro 6 se presenta los resultados obtenidos. En los macro minerales, se encontró que el contenido de calcio es diferente entre las muestras, presentando la mayor cantidad *Acacia farnesiana* (L.) Willd que tiene 652 mg/ 100 g y la menor cantidad *Sorghum halepense* (L.) Pers con 322 mg/ 100 g. Todas las muestras tienen cantidades similares de Magnesio, que van de 88.99 mg/ 100 g a 61.26 mg/ 100 g, donde *Sorghum halepense* (L.) Pers tiene la mayor cantidad. En cantidad de Potasio, todas las muestras presentan diferentes cantidades, siendo *Gliricidia sepium* (Jacq.) Stend la de mayor cantidad y *Sorghum halepense* (L.) Pers la menor. *Bothriochloa sp.* presenta la menor cantidad de sodio (6.29 mg/ 100g), al igual que *Acacia farnesiana* (L.) Willd (6.42 mg/ 100 g), teniendo una gran diferencia, entre *Sorghum halepense* (L.) Pers que tiene 118 mg/ 100g.

En cuanto a los minerales traza, se encontró la misma cantidad de cobre en todas las muestras; en zinc, *Bothriochloa sp.* es la que tiene mayor cantidad (5.09 mg/ 100g) y *Sorghum halepense* (L.) Pers es el que tiene mayor cantidad de hierro, comparado con el resto de las muestras.

Las cantidades de minerales en las muestras, varían de acuerdo a la época del año y los cambios climáticos sufridos por la planta; por lo que, los resultados obtenidos sólo son representativos de la época de año en la cual fueron tomadas las muestras.

CONCLUSIONES

- Las leguminosas *Desmanthus virgatus* (L.) Willd y *Acacia farnesiana* (L.) Willd se consideran las mejores opciones para la alimentación animal, por la cantidad que contienen de proteína cruda, fibra cruda y por la escasa presencia de factores tóxicos.
- Todas las muestras, por su contenido de fibra, son fácilmente asimilables considerando a la vez, la baja cantidad de lignina que contienen.
- Ninguna de las muestras tendrían efectos anti nutricios o nocivos al ser consumidas por rumiantes, pues no se detectaron saponinas y las cantidades de inhibidor de tripsina y hemaglutininas son muy bajas.
- El contenido de aminoácidos presentes en las muestras ayudarán a obtener los niveles de proteína necesarios para cualquier fin zootécnico.
- Las vitaminas hidrosolubles encontradas en las muestras son suficientes para cubrir las necesidades del animal.
- El contenido de macro minerales es alto, mientras que el de minerales traza es bajo, por lo que éstos deben ser complementados en la dieta, para obtener un mejor aprovechamiento.

RECOMENDACIONES

- Realizar evaluaciones químicas durante las diferentes etapas evolutivas de las plantas.

BIBLIOGRAFIA

- Ackerman, B., A. & Smith, S. 1987. Las Gramíneas de México Tomo II. COTECOCA-SARH. pp. 344.
- Almazan, J. M. 1993. Contribución al conocimiento de la flora arvense del estado de Guerrero (México). Botánica Complutense. 18: 137-149.
- Association of Analytical Chemists (A.O.A.C.) 2002. Oficial Methods of Analysis International. 17 th Edition. Publisher by AOAC Internacional. Arlington, Virginia 22201, U. S. A.
- Audiffred, P.M. 1988. Fuentes no tradicionales de alimentos y su empleo en la alimentación de las aves de 1980 a 1986. Estudio Recapitulativo. Tesis Licenciatura, UNAM. México, D. F.
- Bogdan, A. V. 1997. Pastos tropicales y plantas de forraje. AGT Editor S.A. México, pp. 6-10, 14-18, 51, 256, 259-251, 281-286, 297, 322, 336-338, 368.
- Casas, A., J. L. Viveros & J. Caballero. 1994. Etnobotánica mixteca. Sociedad, cultura y recursos naturales en la montaña de Guerrero. INI-CONACULTA, pp. 366.
- Church, D.C, Pond W.G, Pond. K.R. 2003. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. Ed. Limusa Wiley, México, pp. 35, 36.
- Church, L. D. 1988. El rumiante. Fisiología digestiva y nutrición. Ed. Acribia. España.
- Church, D. and Pond, W. 1976. Basic animal nutrition and feeding. O & B Books, Portland, pp. 14-26, 84-97, 346-355.
- Church, D. y Pond, W. 1977. Bases científicas para la nutrición y alimentación de animales domésticos. Ed. Acribia. España, pp. 24-28, 57.
- Church, D. 1987. Basic animal nutrition and feeding. John Wiley and Sons, Inc. Vol. 1, 2th Edition. Portland. pp. 15, 31-47.

- Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Fundamentos de Producción Animal, Aparato Digestivo, Mamíferos, Rumiantes. Disponible en línea: http://www.puc.cl/sw_educ/prodanim/digestiv/fii3a.htm, consultada el 23 de febrero de 2006.
- FAO, Animal Feed Resources Information System, Bothriochloa. Disponible en línea: <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/afris/es/Data/39.HTM>, consultada el 23 de febrero de 2006.
- FAO, Animal Feed Resources Information System, Sorghum. Disponible en línea: (<http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/afris/es/Data/155.HTM>, consultada el 23 de febrero de 2006.
- FAO, Animal Feed Resources Information System, Desmanthus. Disponible en línea: <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/afris/es/Data/227.HTM>, consultada el 23 de febrero de 2006.
- FAO, Animal Feed Resources Information System, Gliricidia. Disponible en línea: <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/afris/es/Data/543.HTM>, consultada el 23 de febrero de 2006.
- FAO, Animal Feed Resources Information System, Acacia. Disponible en línea: (<http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/afris/es/Data/179.HTM>, consultada el 23 de febrero de 2006.
- Flores, M.G.A. 1989. Bromatología animal, 3ª Edición. Editorial Limusa. México, D. F.
- Gómez, F.E. 1992. Efecto de las lectinas de dos variedades de frijol sobre la respuesta inmune intestinal en ratas.
- Gómez, M.E. 1955. Arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. CIPAV, pp. 13-20, Colombia.

- Gutiérrez, J.L. 1991. Nutrición de rumiantes en pastoreo. Colección textos universitarios. Universidad autónoma de Chihuahua, pp. 33-44, 47-50, 54-58.
- Huicochea, P.R. 1992. Consumo y digestibilidad de la vaina de cubata (*Acacia cochliacantha* A. S. B.) en ovinos pelibuey en trópico seco. Tesis Licenciatura. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Cocula, Gro.
- Kakade, M.L. Rackis, J.J. McGhee, J.E. Puski, G. 1974. Determination of trypsin inhibitors activity of soy products. A collaborative analysis of an improve procedure. *Cereal Chem.* 51, 3. 376-382.
- Lewis, D. 1962. Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes. Ed. Acribia. España. pp. 25-27.
- Manual Waters Acc-QTAG. 1993, Abril. Manual No. WAT052874,
- McDonald, P., Edwards, R., Greenhalgh, JFD. 1991. Nutrición animal. Ed. Acribia, pp. 26, 108-109, 163, 401, Zaragoza.
- Rackis, J.J. y McGhee, J.E. 1975. Biological Threshold Levels of soybean trypsin inhibitors by rat bioassay. *American Association of Cereal Chemist.* Minnesota, U.S.A. pp. 85-92.
- Ramírez, R. G. Neira-Morales, R. R. 2000. Ruminant digestion characteristics and effective degradability of cell wall of browse species from northeastern Mexico. *Small Ruminant Research.* 36. 49-55.
- Shimada, S. A. 1984. Fundamentos de nutrición animal comparativa. 2ª impresión. E. Consultores de producción animal, S. C. México, D.F.
- Torres, I. Villarreal, E. 2007. Método de Determinación de Minerales por Medio de Espectroscopia de Absorción Atómica. Departamento de Nutrición Animal. Instituto Nacional de Ciencias Médicas "Salvador Zubiran".

- Van Soest, P. J. 1982. Nutritional Ecology of the ruminant. Ed. O & B Books, Inc. U.S. A.
- Van Soest, P.J. 1985. Analysis of forages and fibrous foods. Laboratory Manual of animal science. Cornell University.
- Villanueva, S.M. 1989. Fuentes no tradicionales de alimentos y su empleo en la alimentación de los ovinos de 1980 a 1987. Estudio Recapitulativo. Tesis Licenciatura, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. México, D. F.

ANEXOS

I. FRACCIONES DE FIBRA

FIBRA DETERGENTE NEUTRA

Material y Equipo.

Aparato de Digestión Ankom
Sellador de calor para bolsas filtrantes Ankom
Bolsas Filtrantes
Desecador
Marcador resistente a acetona
Balanza analítica Ohaus
Espátula
Vaso de precipitados de 250 mL

Reactivos.

Solución de Lauril sulfato de sodio en agua destilada (2 L)
Agua destilada a 90 – 100 ° C (6 L)
Acetona grado reactivo (200 mL)

Procedimiento.

Se pesaron las bolsas filtrantes previamente puestas a peso constante, dentro de éstas se pesaron 0.5 g de muestra seca y se sellaron con un sellador de calor, al mismo tiempo se registra un blanco (bolsa sin muestra). Éstas se colocaron en una canastilla, que se introduce al contenedor del equipo Ankom. Se agregó la solución detergente neutro y se dejó reaccionar por 60 minutos. Pasado el tiempo, se purgó la solución y se agregó agua caliente para enjuagar las bolsas, esto se llevó a cabo 3 veces. Se removieron las bolsas filtrantes de la canastilla eliminando el exceso de agua, se colocaron dentro de un vaso de precipitados y se agregó acetona hasta cubrir las bolsas, se mantuvieron por 3 minutos dentro y después se removieron y se eliminó el exceso de acetona; se dejaron secar extendiendo. Se colocaron en una estufa a 51° C por 17 horas para secar por completo. Se registró el peso de la bolsa con la muestra después de la digestión. Para conocer el contenido de fibra neutra detergente se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ FND} = \frac{(\text{Peso desp. Digest}) - (\text{peso bolsa} * \text{corrección del blanco})}{\text{Peso de muestra}} * 100$$

FIBRA ÁCIDA DETERGENTE

Material y Equipo.

Aparato de Digestión Ankom
Sellador de calor para bolsas filtrantes Ankom
Bolsas Filtrantes
Desecador
Marcador resistente a acetona
Balanza analítica Ohaus

Reactivos.

Solución de Bromuro de cetilmetil amonio en ácido sulfúrico 1 N (2L)
Agua destilada a 90 – 100 ° C (6L)
Acetona grado reactivo (200 mL)

Procedimiento.

Las bolsas obtenidas de la determinación de FND, se colocaron en el contenedor del equipo Ankom. Se agregó la solución detergente ácido y se dejó reaccionar por 60 minutos. Pasado el tiempo se apagaron la agitación y el calor. Se cerró la válvula de purgar y se agregó agua caliente. Se repitieron los enjuagues dos veces más. Se removieron las bolsas filtrantes de la canastilla eliminando el exceso de agua, se colocaron dentro de un vaso de precipitados y se agregó acetona hasta cubrir las bolsas, se mantuvieron por 3 minutos dentro y después se removieron, se eliminó el exceso de acetona y se dejaron secar bajo campana. Se colocaron en una estufa a 51° C por 17 horas para secar por completo. Se registró el peso de la bolsa con la muestra después de la digestión. Para conocer el contenido de fibra ácida detergente se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ FAD} = \frac{(\text{Peso desp. Digest}) - (\text{peso bolsa} * \text{corrección del blanco})}{\text{peso de muestra}} * 100$$

LIGNINA

Material y Equipo

Vaso de precipitados de 50 y 250 mL
Contenedor con hielo
Balanza analítica Ohaus

Reactivos.

Ácido sulfúrico al 72 % (150 mL)

Agua destilada a 90 – 100 ° C (450 mL)

Acetona grado reactivo (200 mL)

Procedimiento.

Después de realizar las determinaciones de FAD, se colocaron las bolsas secas dentro de un vaso de precipitados de 250 mL y se agregó el ácido sulfúrico al 72 % para cubrir las bolsas. Se colocó el vaso de precipitado de 50 mL dentro del vaso de 250 mL para mantener las bolsas sumergidas. Se agitó las bolsas al principio y después cada 30 minutos durante 3 horas, moviendo el vaso pequeño hacia arriba y hacia abajo aproximadamente 30 veces. Transcurridas las 3 horas se enjuagaron con agua caliente 3 veces y después con acetona para eliminar el agua. Se dejaron secar las bolsas bajo campana. Se colocaron en una estufa a 51° C por 17 horas para secarse por completo. Se registró el peso de la bolsa con la muestra después de la digestión. Para conocer el contenido de Lignina se utilizo la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Lignina} = \frac{(\text{Peso desp. Digest}) - (\text{peso bolsa} * \text{corrección del blanco})}{\text{peso de muestra}} * 100$$

CELULOSA

Material y Equipo.

Crisoles a peso constante

Pinzas para crisol

Estufa de secado a 51° C

Mufla

Balanza analítica Ohaus

Procedimiento

Se colocaron las bolsas filtrantes dobladas dentro de los crisoles a peso constante. Se colocaron los crisoles dentro de la mufla para calcinación a 550° C durante 3 horas. Se dejaron enfriar hasta tener un peso constante y se registró el peso. Para conocer el contenido de celulosa se utilizaron las siguientes fórmulas:

- Blanco: A: Peso del crisol
- B: Peso crisol + cenizas
- D: Peso inicial de la bolsa
- $B - A = C / D * 100 = E$
- E: Corrección del blanco

- Muestra: a: peso muestra
- b: peso inicial de la bolsa
- c: gramos de ceniza de la bolsa = $a * E / 100$
- d: peso constante del crisol
- e: peso de crisol + ceniza

$$e - d = f / b * 100 = g$$

$$f - c = F: \text{gramos de ceniza}$$

Peso después de la digestión FAD – Peso de la bolsa = g FAD: h

Peso después de la digestión Lignina – Peso de la bolsa = g Lignina: i

$$\% \text{ Celulosa} = h - i - F = j * 100 / b$$

HEMICELULOSA

$$\% \text{ Hemicelulosa} = \text{FND} - \text{FAD}$$

SÍLICE

Material y Equipo.

Crisoles a peso constante

Pinzas para crisol

Estufa de secado a 51° C

Mufla

Balanza analítica Ohaus

Reactivos.

Ácido Bromhídrico

Procedimiento

Se utilizaron las cenizas obtenidas en la determinación de celulosa, a las cuales se les agregaron 2 - 3 gotas de ácido bromhídrico, en cada crisol. Se colocaron los crisoles dentro de la mufla para calcinación a 550° C durante 3 horas. Se dejaron enfriar hasta tener un peso constante. Para conocer el contenido de sílice se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Sílice} = \frac{\text{Peso calcinación sílice} - \text{peso de crisol}}{\text{Peso de muestra}} * 100$$

II. ANIMOÁCIDOS

Método del Manual Waters Acc-QTAG, 1993

Preparación de la muestra:

Se desengrasó la muestra usando 50 mL de una mezcla de cloroformo: metanol (2:1) sobre papel filtro # 42 dentro de un embudo de vidrio. Se dejó secar a temperatura ambiente.

Hidrólisis de la muestra:

En un vial de reacción se colocó la muestra ya pesada, se adicionó fenol y 500 μ L de HCl 6N de punto de ebullición constante, se adicionó ambiente de nitrógeno y se selló el vial.

Se calentó en un bloque de calentamiento durante 25 horas a una temperatura de 115 ° C, en campana de extracción.

Transcurrido ese tiempo, se dejó enfriar el vial, se destapó y se reconstituyó la muestra con HCl 20 mM, colocando entre 5 y 15 mL en un matraz aforado.

Se filtró la muestra con un disco de 0.22 μ m en un vial Eppendorf hasta su derivatización.

Derivatización e inyección de la muestra:

En un tubo de reacción se colocó 20 μ L de la muestra ya hidrolizada y filtrada + 60 μ L de buffer de fosfatos + 20 μ L de reactivo derivatizante AccQ-fluor.

Se agitó por 10 segundos en el Vórtex, esperando 1 min.

Se calentó durante 10 minutos a 55 ° C.

Se dejó enfriar a temperatura ambiente.

Se inyectaron entre 5 y 15 μ L de la muestra.

Derivatización de los estándares:

Los estándares se derivatizaron de igual forma que las muestras y se inyectaron diferentes concentraciones para así obtener las curvas.

Condiciones Cromatográficas:

Columna: AccQ-TAG de alta eficiencia NOVA-PAK C18 de 4 μ m.

Fase Móvil: Eluyente A: Buffer WATERS AccQ-TAG

Eluyente B: Acetonitrilo

Eluyente C: Agua MILLI-Q Grado HPLC

Tiempo de corrida: 60 min.

Detector: Fluorescencia WATERS 470.

Longitud de emisión: 395 nm.
Longitud de excitación: 250 nm.
Filtro: 0.5.
Ganancia: 100.
Temperatura de la columna: 37°C.
Volumen de inyección: 5 - 15 μ L

III. MINERALES¹

Material:

Matraces microkjeldhal de 100 mL
Matraces volumétricos de 25 mL
Vasos de precipitados de 100, 250 mL
Pipetas serológicas de 1, 5 y 10 mL de vidrio
Tubos de ensayo de vidrio, de varios tamaños
Perlas de vidrio para ebullición
Envases de 50 mL de plástico con tapa

Reactivos:

Para digerir:

Ácido nítrico conc.
Ácido perclórico conc.
Ácido clorhídrico conc.

Para eliminar interferencias:

Cloruro de lantano heptahidratado al 1%
Cloruro de potasio al 1%
Ácido fosfórico al 5%
Ácido clorhídrico al 1%

Agua desionizada

Estándares para cada mineral

¹ (Torres, I. Villarreal, E. 2007.)

Equipo:

Balanza analítica

Parrilla de digestión para minerales con condensador de vapores

Pipetas automáticas de 10, 20, 200, 1000 y 5000 μL con sus respectivas puntas.

Vortex

Equipo de absorción atómica

Espátula de acero inoxidable

Papel Parafilm

Tanque de acetileno

Gradillas

Notas:

Todo el material de cristalería y el que esté en contacto con la muestra debe llevar un tratamiento previo de purgado

Todos los reactivos y muestras se pesan en balanza analítica.

Purgado del Material

Cuando el material se ha utilizado para realizar determinaciones diferentes a minerales, se recomienda hacer la purga con solución crómica.

Si por el contrario, se sabe que el material es nuevo o ha sido utilizado para determinar solamente minerales, la purga se realiza sumergiendo el material en una solución de ácido nítrico-agua 1:4. Esta solución deberá cambiarse dependiendo del grado de contaminación, para esto último se siguen los siguientes pasos:

1. tomar 1 mL de solución de purga y aforar a 5 mL
2. leer en el espectro con lámpara para zinc. Se desechará si tiene de 1-2% de contaminantes.

El tiempo de purgado dependerá del grado de contaminación o tiempo de haber sido preparada la solución para purgar, es decir, para una solución nueva basta de 1 a 2 horas, en cambio, una solución vieja se deberá dejar con el material sumergido durante toda la noche.

Las muestras ya digeridas, así como las soluciones para las determinaciones deben guardarse en frascos de plástico, ya que el vidrio puede afectar en las determinaciones, especialmente de zinc.

El enjuagado de material una vez purgado se hará con agua desionizada grado I, se debe tener cuidado de que no quede ácido nítrico en el material. Una manera de comprobarlo es medir el pH al agua que ha sido utilizado para enjuagar, y este debe ser igual o cercano al 7.

El material se debe mantener perfectamente cubierto del polvo con papel parafilm, y no debe permanecer mucho tiempo sin usar, de lo contrario se tiene que volver a purgar.

Preparación de soluciones estándar

Para Cu, Zn, Na, Fe, Ca, K y Mg:

Si se parte de un estándar de concentración 1000 ppm (indicado en el recipiente original del estándar).

Para preparar 100 mL de una solución de 10 mg/L del estándar en cuestión:

1. Tomar 1 mL de estándar de 1000 ppm y aforar en un matraz de 100 mL con agua desionizada.

Preparación de soluciones para eliminar interferencias

- a. Cloruro de lantano heptahidratado al 1% (para leer Ca, K y Mg):

Pesar 1 g de cloruro de lantano heptahidratado y aforar a 100 mL con agua desionizada.

- b. Cloruro de potasio al 1% (para leer Na):

Pesar 1 g de cloruro de potasio y aforar a 100 mL con agua desionizada.

- c. Ácido fosfórico al 1% (para leer Fe):

Medir 5 mL ácido fosfórico y aforar a 100 mL con agua desionizada.

Tabla 1. Soluciones de interferencia para cada mineral

Mineral	Solución de interferencia
Ca	LaCl ₃
Na	KCl
K	LaCl ₃
Mg	LaCl ₃
Fe	H ₃ PO ₄
Zn	H ₂ O
Cu	H ₂ O

Procedimiento

1. Pesar aproximadamente 0.1 g de la muestra.
2. Colocar la muestra en un matraz microkjeldhal previamente purgado, junto con 10 perlas de ebullición.
3. Preparar un blanco (con 5 mL de ácido nítrico y perlas de ebullición).
4. Adicionar al matraz que contiene la muestra 5 mL de ácido nítrico concentrado cuidando de que si se llegara a formar espuma, el contenido no se derrame. Tapar.
5. Dejar reposar durante 24 horas.
6. Colocar el matraz en la parrilla de digestión y digerir hasta que se evapore casi todo el ácido nítrico.
7. Esperar a que se enfríe el matraz.
8. Adicionar 3 mL de ácido nítrico.
9. Repetir los pasos 6 y 7.
10. Adicionar 3 mL de ácido perclórico.
11. Repetir los pasos 6 y 7.
12. Adicionar 3 mL de ácido clorhídrico.
13. Repetir los pasos 6 y 7.
14. Enjuagar el matraz donde quedaron los minerales junto con las perlas de ebullición con agua desionizada grado I, e ir pasando a un matraz aforado de 25 mL.
15. Leer en el equipo de absorción atómica, o transvasar las muestras y guardar hasta la lectura.

Interpretación de los Resultados

Una vez realizada la lectura de absorbancia de la muestra, se utiliza la pendiente y ordenada al origen de la curva correspondiente y se calcula la concentración.

$$\text{Concentración del mineral} = \frac{\text{Absorbancia de la muestra} - \text{ordenada al origen}}{\text{Pendiente}}$$

Para determinar mg de mineral en 100 g de muestra se sigue la siguiente fórmula:

$$\text{mg de mineral en 100 g de Muestra} = \frac{[\text{Concentración del mineral} * 1\text{er. aforo} * 2\text{do. Aforo} * 100]}{[\text{Peso muestra} * \text{alícuota para 2do. Aforo} * 1000]}$$

Los análisis se hicieron por triplicado y de cada muestra se saca el coeficiente de variación (C.V.) mediante la siguiente fórmula:

$$\text{C.V.} = (\text{desviación estándar} * 100) / (\text{promedio de la muestra})$$