

20/99



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

UNA PERSPECTIVA EN LA ALIMENTACION ANIMAL:
ANALISIS BROMATOLOGICO Y DE CONSTITUYENTES
TOXICOS DE LAS COMPUESTAS Polymnia maculata y
Trigonospermum annuum.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I O L O G O

P R E S E N T A :

Elizabeth Hernández Pérez

FALLA DE ORIGEN



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 está 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.

RESUMEN:

UNA PERSPECTIVA EN LA ALIMENTACION ANIMAL: ANALISIS BROMATOLOGICO Y DE CONSTITUYENTES TOXICOS DE LAS COMPUESTAS Polymnia maculata y Trigonospermum annuum.

Dentro de los múltiples problemas que enfrenta la ganadería nacional, destaca el abasto deficitario de granos y forrajes para la alimentación animal, de aquí que revistan importancia aquellas investigaciones tendientes a incorporar especies en estado silvestre.

Por tal motivo el objetivo de la presente investigación fue determinar el valor nutritivo, de las especies de la familia Compositae: Polymnia maculata y Trigonospermum annuum; así como la existencia de constituyentes tóxicos y digestibilidad in vitro, para considerar su uso como recurso forrajero en México.

Los resultados obtenidos de las harinas de hojas y tallos de Polymnia maculata y Trigonospermum annuum, fueron respectivamente (B.S. %) cenizas 11.7, 12.9; proteína cruda 25.1, 25.9; extracto libre de nitrógeno 48.5, 48.2; hemicelulosa: 3.9, 6.1; lignina 10.6, 13.3; celulosa 12.5, 10.5. En cuanto a minerales (mg/100g): Zn 6.5, 3.5; Fe 17.9, 12.9; Ca 1146, 905.5; Mg 408.3, 533.1; P 420.8, 479.8,

Con respecto a los constituyentes tóxicos analizados se detectaron: inhibidor de tripsina 931.6 y 4412 UTI/g, taninos (extracción con H₂O) 3.2, 2.8 (extracción con NaOH 0.005M) 7.57 y 6.74 (%), para Polymnia maculata y Trigonospermum annuum respectivamente. Pruebas cualitativas para alcaloides y para hemaglutininas resultaron positivas, no así los glucósidos cianogénicos ni saponinas. En digestibilidad in vitro se obtuvo 82.4 y 76.2 (%). Con base en los resultados obtenidos se concluye que estas dos especies brindan una buena alternativa en la alimentación de rumiantes, debido a que los valores mencionados de proteína cruda y digestibilidad superan a varios de los forrajes usados en esta actividad. Como posible limitante resulta el porcentaje elevado de taninos.

RESUMEN

1.- INTRODUCCION	
1.1.- PROBLEMATICA ALIMENTARIA DE MEXICO-----	1
1.2.- ALIMENTOS NO CONVENCIONALES-----	3
1.3.- JUSTIFICACION-----	5
1.4.- UBICACION TAXONOMICA-----	7
1.5.- CARACTERISTICAS -----	10
2.- OBJETIVOS-----	13
3.- GENERALIDADES	
3.1.- ANALISIS QUIMICO PROXIMAL-----	14
3.2.- MINERALES-----	14
3.3.- PAREDES CELULARES-----	15
3.4.- DIGESTION DE RUMIANTES-----	17
3.5.- CONSTITUYENTES TOXICOS DE ORIGEN VEGETAL--	20
3.5.1.- ALCALOIDES-----	21
3.5.2.- GLUCOSIDOS CIANOGENICOS-----	23
3.5.3.- HEMAGLUTININAS-----	25
3.5.4.- INHIBIDOR DE PROTEASAS-----	28
3.5.5.- SAPONINAS-----	31
3.5.6.- TANINOS-----	33
4.- METODOLOGIA -----	37
5.- RESULTADOS Y DISCUSION-----	48
6.- CONCLUSIONES-----	60
7.- BIBLIOGRAFIA-----	62

principalmente los habitantes de zonas rurales y periferia de los centros urbanos, consumen una dieta deficiente en vitamina A, riboflavina y proteínas, principalmente de origen animal (12).

Esta situación reclama el concurso de la totalidad de los sectores de la sociedad, para el estudio y soluciones de los diversos puntos expuestos, de tal modo que pueda garantizarse el futuro alimentario de la sociedad mexicana (10).

Hoy en día el 90% de la población agrícola provee sólo 26 especies de plantas y varias de ellas incluyen forrajes. Esto resulta sorprendente si se toma en cuenta que se calcula que existen unas 30 000 especies de plantas comestibles en todo el mundo. Biwas (citado por Caballero, 1984) supone que pueden ser incluso hasta 80 000 especies útiles para la alimentación humana (9).

Dentro de los múltiples problemas que enfrenta la ganadería nacional, destaca el abasto deficitario de granos y forrajes para la alimentación animal (22). Al provenir de especies heterótrofas, los alimentos de origen animal son menos abundantes y mucho más caros que los de origen vegetal (5). Sin embargo, las proteínas animales son las que precisamente encabezan las listas tanto en valor químico como biológico, ya que en su mayoría contienen los aminoácidos esenciales para la nutrición, a diferencia de las proteínas de origen vegetal, que son deficientes en uno o más de estos aminoácidos (39).

La adquisición de proteína animal tiene como limitante el alto costo para personas cuyo poder adquisitivo es bajo y en

las que se presenta una economía de subsistencia como la tienen un gran número de habitantes en México (56).

Un factor determinante en el costo de estos productos es precisamente la alimentación de animales. Se ha calculado que para la producción de leche, carne y huevos, se está utilizando más de una tercera parte de los granos disponibles; esto es más de cinco millones de toneladas de soya, cantidades no determinadas, pero seguramente grandes de alfalfa, pastos que ocupan gran parte de las mejores tierras de cultivo y mas de 200 000 toneladas de harina de pasta de oleaginosas de pescado y carnes (12).

1.2 ALIMENTOS NO CONVENCIONALES

Un alimento no convencional se ha definido como todo producto o subproducto natural obtenido mediante cultivo en estado silvestre o no; utilizado actualmente o empleado de manera escasa para la alimentación de animales, con un mínimo de disponibilidad en periodos determinados y el cual aporta uno a más de los distintos nutrimentos requeridos por el organismo animal para su desarrollo y además es inocuo en las formas y cantidades suministradas (24).

En México, donde la diversidad de plantas cultivadas alcanza niveles sorprendentes, el espectro genético de los cultígenos se va estrechando cada vez mas con la introducción de complicados híbridos que están sustituyendo a numerosas variedades nativas, que han sido seleccionadas y adaptadas empíricamente por el hombre a lo largo de miles de años, a una amplitud de condiciones ambientales en las que se realiza

la agricultura del país (9).

Debido precisamente a tal riqueza de condiciones ambientales, dichas variedades nativas son las que deberían de constituir la fuente de variación genética para el futuro fitomejoramiento.(9)

En el caso de exploración de nuevos recursos, se observa un creciente interés en diversas partes del mundo. Los resultados logrados hasta la fecha no son espectaculares; pero el futuro es promisorio. En el caso de México, esta área permanece muy poco explorada, a pesar de que el país es depositario de una de las mayores fuentes de recursos potenciales en el mundo (9).

La producción de alimentos no convencionales es una área de investigación y desarrollo de importancia, no sólo para México sino también a nivel mundial; debido a la ya conocida crisis de alimentos y a la limitación de la agricultura para satisfacer la alta demanda de productos básicos (51). En 1980 Chávez (citado por Olguin 1989) afirma que el 25 % de la población padece desnutrición severa; por ende la producción de granos debe destinarse fundamentalmente al consumo humano y buscar nuevos alimentos para animales.

Dentro de este contexto los alimentos no convencionales y los nuevos enfoques de producción mediante sistemas integrales, ofrecen una alternativa con gran potencial para solventar esta problemática en México (51).

Aunque el tema de este tipo de alimentos ha recibido atención desde hace ya varios años, recientemente hay un marcado interés y un trabajo más sistemático, lo cual se

refleja en la existencia de diferentes grupos de trabajo involucrados en él; y algunos de los informes así lo confirman (Flores, Landerreche, Tejada Rojas; citado por Grande 1989) (24).

En el Departamento de Nutrición Animal del Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán", se ha trabajado en el campo de los alimentos no convencionales desde hace varios años, y el interés fundamental se ha centrado en su empleo en la nutrición animal y eventualmente en la nutrición humana.

Las investigaciones realizadas, han incluido el estudio de leguminosas no tradicionales con potencial alimentario, en donde los resultados obtenidos fueron muy alentadores como lo mencionan Pérez Gil y colaboradores (citado por Grande 1989) Así mismo se ha incluido la investigación de algunas pajas tratadas Aguilera (citado por Grande 1989) de igual manera el empleo de algas marinas en la alimentación de pollos de engorda Carrillo et al (citados por Grande 1989) (24).

1.3 JUSTIFICACION

A pesar de que la cubierta vegetal de México es una de las más variadas de la tierra, ya que en su territorio están representados prácticamente todos los grandes biomas que se han descrito para la superficie de nuestro planeta (58), México es un país con problemas alimentarios importantes en cuanto a la producción, la distribución y la comercialización de alimentos (6).

Indudablemente se están desaprovechando gran parte de estos recursos naturales, los cuales requieren ser estudiados en sus aspectos fitoquímicos, nutricionales, de disponibilidad, distribución, cultivo y posible producción para su utilización en la alimentación animal; disminuyendo el costo de ésta y consecuentemente abaratando el de la proteína de origen animal, para beneficio de la alimentación humana.

Se debe reconocer que la agricultura convencional, basada principalmente en la explotación de un número reducido de especies que crecen bien en las regiones templadas y cálidas húmedas, no es capaz de proporcionar todos los alimentos que la creciente población actual requiere y la insuficiente producción de algunos de éstos tiende a volverse crónica. De aquí que revistan importancia aquellas investigaciones tendientes a incorporar otras especies actualmente en estado silvestre o semisilvestre como cultivos agrícolas (23).

Con el fin de introducir la mayor parte de especies vegetales al desarrollo del país, la presente investigación, propone a dos especies silvestres: Polymnia maculata y Trigonospermum Annuum; que según informes proporcionados por el Departamento de Estudios Experimentales Rurales de la División de Nutrición de la Comunidad, del Instituto Nacional de Nutrición "Salvador Zubirán, son consumidas por rumiantes y cerdos, en el Área de Totontepec Oaxaca.

1.4 UBICACION TAXONOMICA:

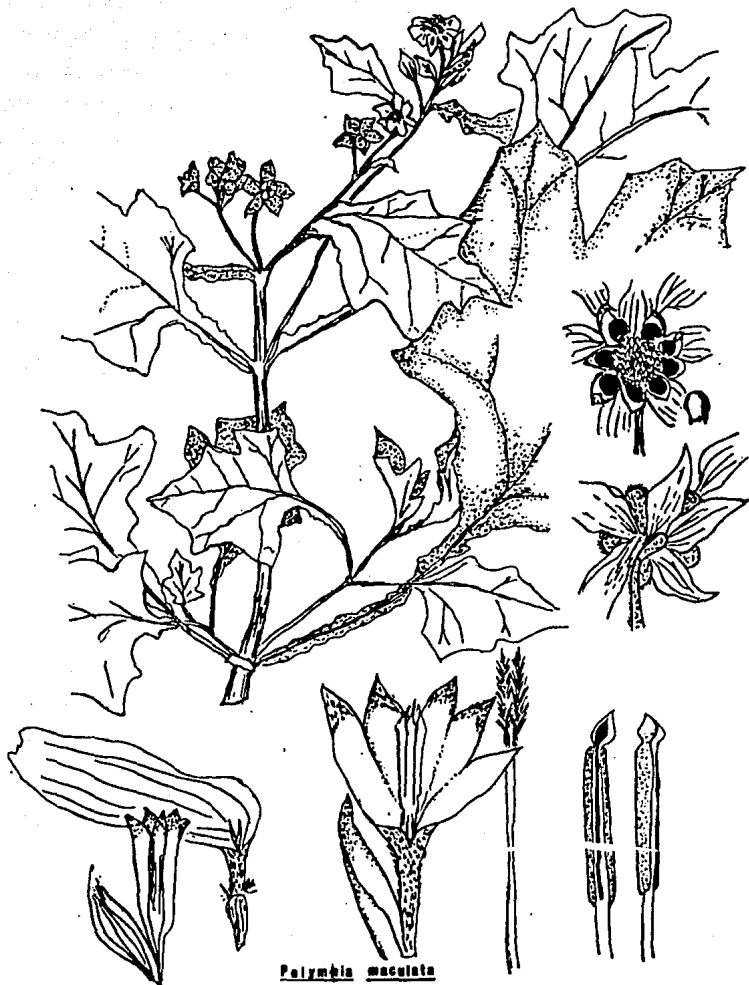
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Subclase: Asteridae
Orden: Asterales
Familia: Asteraceae (Compositae)
Tribu: Heliantheae
Subtribu: Melanopodiine
Género: Polymnia L.
Especie: Polymnia maculata Cav.

DISTRIBUCION Y HABITAT

Se encuentra como maleza, algunas veces entre bosques de pinos o encinos a una altitud que oscila entre los 200-3000 msnm (59) . De acuerdo con datos obtenidos en el Herbario Nacional de México (MEXU) y los datos de Rzdowski (59) estas plantas se encuentran en los estados de Nuevo León, Nayarit, Hidalgo, Jalisco, Michoacan, San Luis Potosi, Puebla, Guerrero, Oaxaca. Veracruz y Chiapas.

1.5 DESCRIPCION

Planta herbácea perenne de 2 (5) m de alto, tallos a menudo con manchas de color morado, vilosos a glabros, a veces ásperos, a menudo también con pelos glandulosos, hojas sésiles o bien provistos de peciolo más o menos alados hasta de 15 cm de largo, con frecuencia connatas y ensanchadas en la base, lámina de contorno triangular a anchamente ovado, hasta de 45 cm de largo y 30 cm de ancho, las superiores



Polymnia maculata

Tomado de Wells, J.R. (1965) A taxonomy study of Polymnia (Compositae).

subenteras a irregularmente dentadas, las inferiores mas o menos palmati-lobadas, triplinervadas, hispiduladas o escábridas en el haz, viloso-canescetes a casi glabras en el envés; cabezuelas a veces solitarias, mas frecuentemente agrupadas por varias o en paniculas, sobre pedúnculos hasta de 12 cm de largo; brácteas involucrales exteriores 5 o 6 unidas en la base, lanceoladas a anchamente ovadas, de 5 a 16 cm de largo, obtusas a agudas en el Apice, las interiores de 8 a 20, mas cortas y angostas; receptáculo plano; páleas oblongo-lineares; flores liguladas de 8 a 20, sus corolas amarillas, de 4 a 8 mm de largo; aquenios obovoides, de 3 a 8 mm de largo, negruzcos (59).

1.4 UBICACION TAXONOMICA

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Asterales

Familia: Asteraceae (Compositae)

Tribu: Heliantheae

Subtribu: Melanpodiine

Género: Trigonospermum Less

Especie: Trigonospermum annuum McVaugh y Laskowski

DISTRIBUCION HABITAT:

Se localiza a una altitud de 1650-2100 msnm (59). En México se encuentra principalmente en la plataforma central, desde el Distrito Federal a Michoacán y de San Luis Potosí a Sonora. Aunque Rzdowski no la reporta para Oaxaca, el

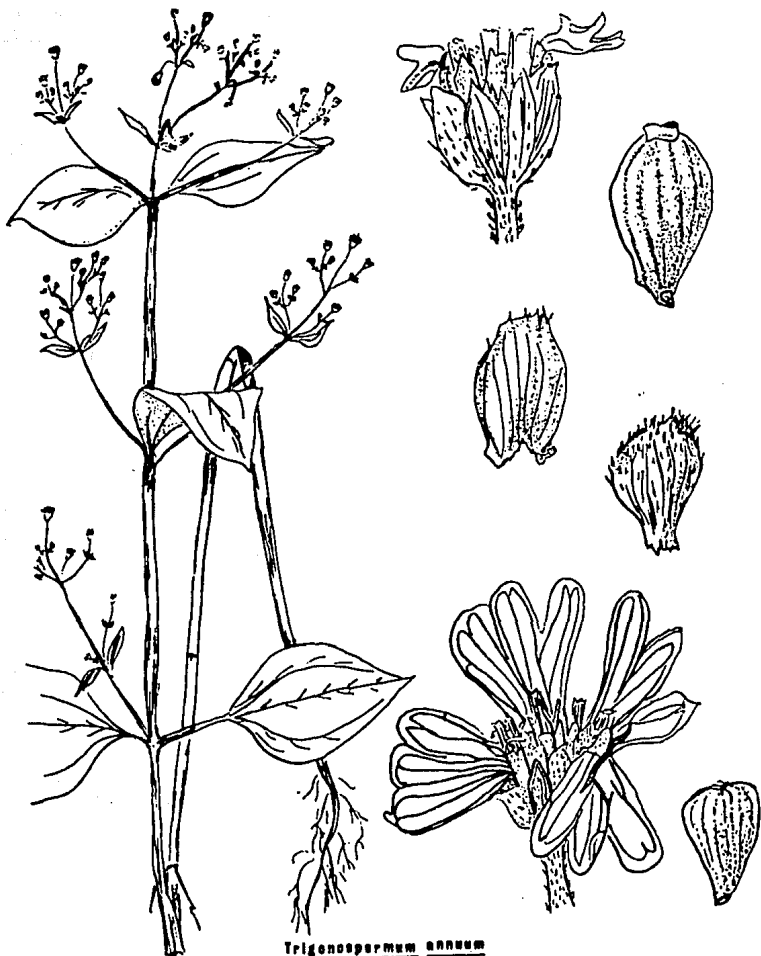
material utilizado para este trabajo proviene de Totontepec, Oaxaca y en el Herbario Nacional (MEXU) hay colectas del norte de Guatemala.

1.5 DESCRIPCION

Planta anual, erecta hasta de 1 m de alto; tallo estriado, ramificado en la parte superior, puberulento, glanduloso-pubescente en la parte superior; hojas elípticas a ovadas hasta de 15 cm de largo y 9 cm de ancho, acuminadas en el ápice, finamente aserradas en el margen, la base largamente decurrente sobre el peciolo, hispido-pubescentes y rasposas en el haz, estrigosas en el envés; cabezuelas en paniculas bracteadas, sobre pedúnculos hasta de 2 cm de largo, densamente glanduloso-pubescentes; involucreo de 2,5 a 5 mm de largo aumentando de tamaño con la edad, mas o menos 10 brácteas, las exteriores de 0.5 a 1 mm de ancho, las interiores de 3 a 4 mm de ancho en fruto, apiculadas, todas por lo común glandulosos-pubescentes; páleas exteriores de 2.5 a 3.5 mm de largo, las interiores mas angostas y cortas; flores liguladas generalmente 3 amarillas, sus láminas de 1.5 a 4 mm de largo, flabeladas; flores del disco de 1 a 13, sus corolas amarillas, sus láminas de 1.5 a 2mm de largo, algo pubescentes y provistas de gotitas de resina; aquenios anchamente elipsoides a abovoides, de 3 a 4 mm de largo, negruzcos y brillantes, estriados, glabros (59).

CARACTERISTICAS DEL LUGAR DE COLECTA:

Las plantas Polymnia maculata y Trigonospermum annuum utilizadas en este trabajo fueron recolectadas en Totontepec



Trigonospermum annuum

Tomado de McVauth, R.Y. L.W. Laskowski (1972) The genus *Trigonospermum*
(Compositae-Heliantheae).

que se localiza la Sierra de Juárez que está ubicada en la parte noroeste del distrito mixe (estado de Oaxaca). Sus coordenadas con respecto al meridiano de Greenwich son de 17° 51' latitud norte y 96°02' latitud oeste.

Debido a su ubicación en la alta montaña, Totontepec tiene clima templado húmedo con marcadas diferencias de temperatura entre el día y la noche. La máxima temperatura es de 25.8°C y la mínima de 0°C. Las precipitaciones pluviales son muy abundantes con una prolongada estación de lluvias que se inicia en mayo y dura hasta enero o febrero, siendo los meses de junio a octubre los de lluvias más intensas. La humedad casi constante y un número muy elevado de días nublados al año caracterizan esta zona. En enero son frecuentes las heladas y las granizadas son más bien raras. Debido a la humedad y al clima templado predomina el bosque mixto, de pino-encino todavía bastante bien conservado en esta parte de la sierra a pesar del sistema de cultivo de roza y quema que sistemáticamente está destruyendo la vegetación (55).

2.- OBJETIVOS

Enfocar las especies silvestres: Polymnia maculata y Trigonospermum annuum, como recurso potencial en la alimentación animal (rumiantes).

- Determinar la composición química de estas dos especies.
- Analizar algunos de los constituyentes tóxicos de las plantas .
- Realizar pruebas de digestibilidad in vitro.

3.- GENERALIDADES

3.1.- ANALISIS QUIMICO PROXIMAL:

Los análisis proximales, son una combinación de los procedimientos analíticos desarrollados en Alemania desde hace un siglo. Tienen como fin la descripción rutinaria de los alimentos y las diferentes fracciones que resultan del análisis; incluyen la determinación de humedad, cenizas, extracto etéreo, proteína cruda, extracto libre de nitrógeno y fibra cruda (14).

3.2.- MINERALES

Los minerales son elementos sólidos cristalinos; químicamente no pueden ser descompuestos o sintetizados por reacciones químicas ordinarias. Son esenciales en la dieta animal y desde el punto de vista metabólico se clasifican en macrominerales (calcio, cloro, magnesio, fósforo, potasio, sodio y azufre) y microminerales (cobalto, cobre, hierro, iodo, manganeso, selenio y zinc). La distribución de estos minerales en el tejido corporal no es uniforme. Los huesos son el primer sitio de almacenaje de elementos que incluyen Ca, P, Mg, K, Na, Mn, Mo, Zn. Algunos órganos principalmente hígado, riñón y bazo sirven como el sitio de almacenaje para Mg, P, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Se y Zn. La glándula tiroides es el sitio específico para almacenar iodo, esta contiene del 70-80% de este elemento (13).

Una de las funciones de los minerales es la de proveer soporte estructural (esqueleto) al cuerpo. El hueso está

formado por Ca, P y cantidades menores de microminerales como Zn; Mo y Mn. También tienen funciones bioquímicas y enzimáticas; otros forman parte vital de la estructura de ciertas enzimas. Intervienen también en funciones fisiológicas y neurológicas (13).

3.3.- PAREDES CELULARES

Puesto que las células vegetales deben ser capaces de soportar grandes diferencias de presión osmótica, entre los compartimentos fluidos extra e intracelulares, necesitan paredes rígidas que impidan su hinchamiento. En las plantas, las paredes celulares no sólo deben soportar la fuerza física de los tejidos, también deben dar estructura y ser capaces de soportar grandes pesos.

Algunos de los componentes de la pared celular son: celulosa, hemicelulosa, lignina y sílice (52)

CELULOSA

La celulosa, (FIG. 1) es el polisacárido estructural más abundante en el mundo de las plantas. Es un polímero lineal de la D-glucosa que posee enlaces β (1----4) glucosídicos (39, 52).

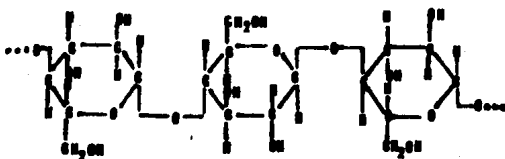


FIG.1 ESTRUCTURA DE LA CELULOSA (18).

Se ha calculado que el número de unidades de glucosa en una molécula de celulosa, varía de 3000 a 10 000, siendo bastante rígidas y extendiéndose en estructuras semejantes a cintas. Se cree que esta rigidez es el resultado de la disposición espacial de las unidades de glucosa producidas por las uniones β ---1,4 y posiblemente por los puentes de hidrógeno, entre los átomos de oxígeno de los C₆ y C₂ (18). Los enlaces β ---1,4 de ésta no pueden ser hidrolizados por las glicosidasas que existen en el tracto digestivo del humano o de animales superiores; por lo tanto la celulosa no resulta utilizable como elemento nutricional; sin embargo los rumiantes constituyen una excepción y pueden utilizarla como alimento, ya que las bacterias presentes en el rumen la hidrolizan a D-glucosa (16).

Se ha calculado que el peso molecular mínimo de la celulosa de diversas procedencias, varía de 50 000 a 250 000. El análisis por difracción con rayos X indica que sus moléculas están organizadas en haces de cadenas paralelas que forman fibrillas; y aunque posee una elevada afinidad por el agua, es completamente insoluble en ella.

En las paredes celulares de las plantas, las fibrillas de celulosa se encuentran muy densamente empaquetadas y dispuestas en haces paralelos que rodean a la célula, frecuentemente formando capas cruzadas; estas fibrillas se hallan aglutinadas por una matriz de otros tres polímeros: la hemicelulosa, la pectina y la extensina. La extensina es una glucoproteína compleja, se halla unida covalentemente a las fibrillas de celulosa. La pectina es un polímero del metil-

D-galacturonato (39).

HEMICELULOSA

Es un polímero de pentosas, principalmente D-xilanos, los cuales son polímeros de la D-xilosa con enlaces β (1 --- 4) y poseen cadenas laterales de arabinosa, que se hallan en los puntos de ramificación. La hemicelulosa es menos cristalina que la celulosa y por consiguiente más soluble y parcialmente digerible por los rumiantes (39).

LIGNINA

La lignina es un polímero aromático de residuos de fenil propano, asociada con la maduración de las plantas, y comúnmente se encuentra en grupos de células con funciones especializadas, como soporte mecánico, y resistencia a la degradación microbiana (20). Análisis químicos de las paredes celulares de forrajes indican que la lignina está ligada a la hemicelulosa por enlaces covalentes (36).

3.4.- DIGESTION EN RUMIANTES

Digestión es el proceso por el cual los alimentos son reducidos mecánica y químicamente en compuestos más sencillos para que puedan ser utilizados en el metabolismo (44).

El trabajo mecánico es desarrollado por el proceso de la masticación, pero también contribuyen a éste la maceración y los movimientos de contracción del aparato digestivo. El proceso químico de la digestión es primordialmente de hidrólisis. Consiste en el rompimiento de moléculas grandes mediante la introducción de agua en una de las uniones entre

átomos; de este modo cada una de éstas es reducida gradualmente a moléculas más pequeñas. Cada reacción de hidrólisis es catalizada o puesta en marcha por una enzima.

Las enzimas son específicas para cada compuesto, son extracelulares, secretadas por glándulas digestivas, que las entregan al contacto con el alimento macerado y en suspensión en agua en el interior del aparato digestivo (1).

El estómago de los rumiantes se divide en retículo, rumen, omaso y abomaso. Las condiciones en el rumen son anaerobias y por lo tanto sólo ciertos organismos pueden vivir en este medio, se conocen más de 30 especies que viven en cantidades hasta de cuatro millones por cm^3 en el rumen. El sistema ruminal constituye un medio de cultivo para la gran población de microorganismos que se multiplican mediante la utilización de los alimentos que come el rumiante; es una verdadera cámara de fermentación, con una temperatura constante (39°C) y acidez variable pero sin llegar nunca a los extremos (1)

La digestión en el rumen tiene como objetivo principal la obtención de energía metabolizable de la célula. En el rumen diversas especies bacterianas cooperan para degradar los diferentes componentes de la planta, principalmente la celulosa que no es hidrolizada por ninguna de las enzimas digestivas normales segregadas por los animales. Las bacterias del rumen hidrolizan a la celulosa hasta D-glucosa libre. Pero las bacterias no se detienen aquí; fermentan casi toda la glucosa hasta lactatos y otros productos, particularmente acetato, propionato y butirato. (1, 45). Estos ácidos grasos volátiles son metabolizados

posteriormente en el hígado y otros tejidos; también se absorben en omaso, abomaso e intestino, sin embargo la mayor absorción ocurre en el rumen (44).

A medida que las bacterias ruminales se multiplican, sintetizan proteínas para construir sus propias células, obteniendo las materias primas a partir del alimento que se ingiere. Para este propósito utilizan amidas, sales de amonio y nitratos, más la proteína alimentaria. La proteína bacteriana formada en el rumen se digiere posteriormente en el abomaso e intestino (44).

La clave del metabolismo en los ruminantes es la capacidad de la microbiota para la síntesis de su propia proteína. En el intestino delgado se liberan aminoácidos por degradación enzimática a partir de secreciones endógenas; éstos son absorbidos y por circulación portal llevados al hígado.

El ciego y el intestino grueso reciben lo que no fue digerido y absorbido en el intestino delgado, además de urea y como resultado de la acción microbiana mantienen una activa fermentación. En este sistema el flujo de amoníaco y urea es único en el ruminante. Si en el rumen se produce una mayor cantidad de lo que las bacterias son capaces de utilizar, éste se absorbe y por vía portal es transportado al hígado convirtiéndolo en urea, la cual es excretada por el riñón en la orina, o reciclada hacia el rumen por medio de la saliva.

Los triglicéridos presentes en los forrajes son atacados por esterasas unidas a las membranas microbianas y por lipasas bacterianas presentes en el líquido ruminal. El ataque se efectúa en tres uniones esteáricas por lo que no

existen diglicéridos en el quimo, y la hidrólisis libera entonces ácidos grasos y glicerol (44).

Los ácidos grasos libres de cadena corta (entre dos y seis carbonos) se absorben directamente a través de la pared del rumen-retículo; los de cadena media y larga (de ocho a más carbonos) son utilizados por la microbiota para la síntesis de sus lípidos estructurales o bien, abandonan el rumen junto con el quimo; aquéllos que son insaturados se hidrogenan y la totalidad del glicerol es metabolizado *in situ* por medio de una glicerol-cinasa de origen microbiano, hasta la formación de ácido propiónico, el cual es utilizado en el metabolismo (44).

3.5.- CONSTITUYENTES TOXICOS DE ORIGEN VEGETAL

Las plantas son una importante fuente de vitaminas, minerales y proteínas entre otros componentes. Sin embargo gran cantidad de plantas tienen la capacidad de sintetizar una amplia variedad de sustancias químicas que pueden provocar un efecto deletéreo cuando son ingeridas por el hombre o por animales (40).

Durante su evolución, el hombre ha tenido que buscar diferentes compuestos alimenticios para su subsistencia; por prueba y por error descubrió que algunas plantas eran agradables mientras que otras eran desagradables e incluso podrían llegar a causar la muerte.

Podría resultar extraño y hasta contradictorio, pensar que existen compuestos tóxicos en los alimentos que se ingieren normal y comúnmente en todas las culturas (64). Los tóxicos

naturales pueden causar ocasionalmente problemas, debido a que pueden encontrarse inesperadamente en alimentos en una concentración mayor a la tolerada.

Entre los tóxicos naturales que pueden presentar las plantas se mencionan los siguientes: glucósidos cianogénicos, inhibidores de proteasas, taninos saponinas, alcaloides y hemaglutininas, entre otros (64).

3.5.1 ALCALOIDES

Los alcaloides son compuestos de bases nitrogenadas, con uno o más átomos de nitrógeno generalmente en un anillo heterocíclico; derivados de plantas y con actividad fisiológica reconocida (30). Se sabe con certeza que los aminoácidos fenilalanina, triptofano, ornitina, lisina e histidina, están envueltos en la biogénesis de los alcaloides (28).

En 1803 Derosne (citado por Moreau, 1985) extrajo por primera vez un alcaloide, la morfina del opio; desde entonces son numerosos los alcaloides que se han obtenido hasta la fecha (48).

Aún cuando se han aislado de algunas bacterias; la mayoría de éstos provienen de plantas, en su mayoría dicotiledóneas, gimnospermas y pteridofitas. Se encuentran en diferentes partes de la planta, en las semillas, raíces, rizomas, frutos, hojas, tallo y corteza.

Cuando la planta produce demasiados alcaloides en más de un órgano, se garantiza la producción para comercializar, por ejemplo la belladona que se extrae de hojas y raíces de

Atropa belladonna (48).

En la familia Compositae se han identificado 60 diferentes alcaloides (28). En general están en las vacuolas disueltos en el líquido vacuolar. Muchas veces están combinados con diversos ácidos formando sales: tartratos, citratos, oxalatos, fosfatos, etc. En ocasiones entran en la constitución de glucósidos complejos llamados glucoalcaloides (48).

Su contenido en una planta depende de diversos factores. Generalmente es un carácter propio de la variedad, siendo distinto según las diversas razas y variedades de una misma especie; esto se tiene en cuenta en la mejora de plantas alcaloides. Dicho contenido puede fluctuar según las condiciones de crecimiento y también es influenciado por la exposición al sol o a la sombra; en las plantas cultivadas varía según la técnica de cultivo, la influencia de los abonos y la edad de la planta. Los alcaloides pueden acumularse en los órganos vegetales, pero también pueden desaparecer parcial o completamente en el curso de su desarrollo (48).

Los alcaloides poseen notables propiedades fisiológicas que le confieren un carácter especial. Muchos tienen efectos farmacológicos, un gran número de ellos poseen acción sobre el sistema nervioso central (morfina, atropina), varios son alucinógenos; algunos ejercen su actividad sobre los músculos (cafeína); otros actúan sobre los vasos sanguíneos. Debido a estas propiedades, intervienen en un gran número de intoxicaciones y se les asigna también un lugar importante entre los agentes terapéuticos de más interés (48).

Respecto a su función en las plantas, se ha especulado en cuanto a que son un mecanismo de estas para defenderse de ataques de animales herbívoros. También se han aportado datos de que algunos intervienen en el crecimiento vegetal, ya sea por su capacidad para formar quelatos o intervenir en reacciones de óxido reducción. Diversas investigaciones sugieren que los alcaloides son participantes activos y no productos finales en el metabolismo de la planta. Aún teniendo en cuenta que se trata de metabolitos secundarios (48).

3.5.2 GLUCOSIDOS CIANOGENÉTICOS

En el reino vegetal se encuentran trazas de cianuro, presentándose principalmente en forma de glucósidos cianogénéticos; estos son compuestos que producen ácido cianhídrico con una apropiada hidrólisis enzimática (15).

Concentraciones relativamente altas están presentes en legumbres y pastos. Se han reportado más de 1000 especies con HCN y generalmente se encuentran en raíces, tubérculos, hojas, flores y semillas.

Pueden contener un monosacárido, como la glucosa, o un disacárido. Hay varios aminoácidos que son precursores de compuestos cianogénéticos: como la tirosina de la durrina; y la fenilalanina de la prunasina (64). Este último es el glucósido que se encuentra en la cereza y en eucalipto; por hidrólisis se obtiene D-glucosa, HCN y benzaldehído; la durrina es el glucósido que se encuentra en el sorgo (Sorghum sp) por hidrólisis se obtiene D-glucosa, HCN y p-

hidroxibenzaldehído (15).

La literatura se refiere frecuentemente a un contenido de HCN en la planta, pero hay que enfatizar que en las plantas que contienen estos glicósidos cianogenéticos, la enzima que libera el HCN, (beta glicosidasa) es extracelular, y sólo por destrucción física o química de la pared celular puede llegar a ponerse en contacto con el compuesto (15,43).

Son relevantes los aspectos de envenenamiento animal (15). En animales de experimentación, las principales manifestaciones de toxicidad, son estupor y convulsiones.

La dosis letal mínima de HCN para humanos por vía oral se estima en 0.5mg /kg de peso corporal (47). La ingestión del glucósido no es nociva, ya que no existe ninguna beta-glucosidasa en el tracto digestivo humano pero algunas bacterias intestinales, pueden descomponer el glucósido dejando en libertad el HCN (43). Además la glicosidasa puede inactivarse por la saliva y los jugos gástricos. A menudo es difícil predecir la dimensión del envenenamiento ya que la sensibilidad al HCN en distintos individuos es muy variable (43).

El ácido cianhídrico ejerce su acción tóxica bloqueando a la citocromo-oxidasa impidiendo con ello la respiración celular, y la muerte se produce por anoxia. Los órganos especialmente sensibles a la interrupción de la respiración interna son el cerebro y el músculo cardíaco (43).

El ganado tiene un considerable grado de tolerancia a la ingesta de cianuro contenido en pastos, que se extiende hasta 50 mg/kg de peso corporal de HCN por día, sin embargo

se pueden apreciar envenenamientos y muertes presumiblemente por un envenenamiento crónico (47).

Al igual que otros metabolitos secundarios el rol de los glucósidos cianogénéticos en las plantas es el de brindar protección contra depredadores (60).

3.5.3. HEMAGLUTININAS

Son proteínas que ligan moléculas de azúcar, formando uniones muy similares a las de las enzimas con sus sustratos o de un anticuerpo con su antígeno, en donde la hemaglutinina es el anticuerpo y el polisacárido el antígeno.

Cada hemaglutinina se une en forma más o menos específica a una molécula de azúcar. A esta característica de selectividad deben su nombre, llamadas también lectinas que deriva del latín legere que significa escoger (50).

Se conocieron por primera vez hace 90 años por su capacidad para aglutinar glóbulos rojos. Se les conoce también como fitohemaglutininas porque se aíslan de plantas; hasta el momento se ha identificado la estructura química de 50; la mayoría de origen vegetal (50).

Cada molécula de hemaglutinina posee al menos dos hendiduras o sitios de unión con las que puede acoplarse a una molécula complementaria de azúcar o a varias unidades de azúcar de un oligosacárido. La hemaglutinina se une a las superficies celulares por medio de estos sitios de unión. Dichas proteínas son muy heterogéneas, la hemaglutinina de la soya con un peso molecular (P.M.) de 120 000 y presenta cuatro subunidades y dos sitios de unión, la del trigo tiene

un P.M. de 36 000, dos subunidades y cuatro sitios de unión con los azúcares (50). La concanavalina A es una proteína globular, la hemaglutinina de la soya es una mucoproteína de más de dos cadenas (40).

La única característica en común de las hemaglutininas en las plantas es que todas son proteínas. Por sus múltiples enlaces con azúcares, se clasifican como glucoproteínas. A pesar de su diversidad, presentan desde el punto de vista químico muchas similitudes: son proteínas muy semejantes a seroglobulinas, su contenido de cisteína es muy escaso, presentan glúcidos y algunos lípidos (43).

Estas hemaglutininas se han aislado de invertebrados como el caracol y algunos vertebrados como la anguila eléctrica, sin embargo es en las plantas donde se hallan ampliamente distribuidas, siendo las leguminosas las que presentan el mayor porcentaje de éstas (50). La mayoría de las hemaglutininas se encuentran en las semillas, pero se les puede encontrar en tubérculos, tallos hojas y corteza de las plantas (40).

Debido a la propiedad que tienen de unirse a azúcares ponen en contacto un gran número de células de eritrocitos provocando su aglutinación; no sólo aglutinan glóbulos rojos, sino también células como linfocitos y fibroblastos. Esta aglutinación es muy selectiva entre especies animales y aún entre distintos grupos sanguíneos (50).

Entre los efectos tóxicos de algunas hemaglutininas se presenta un retraso de crecimiento en ratas e incluso pueden provocar la muerte (64). Jaffé (1973) indica que este efecto

tóxico se debe a que las hemaglutininas se combinan con las células de la pared intestinal, y de esta manera interfieren con el proceso de absorción impidiendo así que los nutrimentos sean absorbidos (32,33,35).

Todas ellas producen trastornos muy parecidos en mayor o menor grado. En estudios realizados con ratas se resalta en primer lugar la intensa inflamación de la mucosa intestinal, con la posterior destrucción de los epitelios y el edema y la hemorragia del tejido linfático, en el hígado se observa degeneración grasa y necrosis. En apariencia, los restos de azúcar de la hemaglutinina reaccionan con los eritrocitos y las células epiteliales intestinales, bloqueando su función (43).

Muchas especies de frijoles tienen efectos tóxicos si se comen crudos, entre ellos, Phaseolus vulgaris, que puede producir hemorragias gastrointestinales graves (43). Los signos de envenenamiento causado por hemaglutininas en humanos, se manifiestan con náuseas, vómito y diarrea después de dos horas de haber consumido semillas mal cocidas o crudas de dicha leguminosa (3).

Debido a la selectividad de respuesta de aglutinación, las hemaglutininas sirven como sustancias de prueba para la identificación, localización y distribución de azúcares en la superficie celular, y gracias a la facilidad con la que aglutinan células malignas suelen ser capaces de diferenciarlas entre las células normales, poniendo de manifiesto cambios celulares cuando la célula se vuelve maligna (50).

Es obvio que las hemaglutininas no son elaboradas por la planta con el fin de aglutinar células rojas de animales, este fenómeno puede ser una manifestación de algunas funciones propias de la planta (42). Se ha especulado mucho sobre las funciones de estos compuestos en ellas. Algunas hipótesis al respecto son las siguientes:

- 1) Actúan como anticuerpos para contrarrestar bacterias del suelo.
- 2) Protección de algunas plantas contra ataques de hongos. La hemaglutinina del germen de trigo inhibe el crecimiento de algunos hongos.
- 3) Ligan enzimas glucoproteicas en un sistema organizado multienzimático.
- 4) Sirven como fijadores de carbohidratos y así facilitan a la planta el almacenaje de carbohidratos, en el cotiledón de la semilla.
- 5) También se ha sugerido que sirven para transportar carbohidratos en el crecimiento de la planta (40).

Hamblin y Kent (1973 citado por Liener), afirman que en la relación simbiótica que se establece entre las raíces de la planta y entre la bacteria Rhizobium para la fijación del nitrógeno, las hemaglutininas son las bases moleculares de esta selectividad de simbiosis (33).

3.5.4 INHIBIDOR DE PROTEASAS

Existen sustancias que tienen la habilidad de inhibir la actividad de ciertas enzimas (41), estas sustancias son sobre

todo inhibidores de tripsina. Es importante analizarlos por su amplia distribución en las plantas.

Los mas estudiados son los inhibidores de proteasas de la soya; éstos se agrupan en dos grandes categorías: los de un PM de 20 000 a 25 000 con pocos enlaces disulfuro y con especificidad a la tripsina (inhibidor de Kunitz) y aquellos que poseen un PM de 6000-10 000 con una alta proporción de enlaces disulfuro y con capacidad de inhibir a la tripsina y a la quimotripsina en un sitio de unión independiente (inhibidor Bowman-Birk). En la soya se ha caracterizado al inhibidor de Kunitz; la secuencia completa de aminoácidos de este inhibidor consta de 181 y posee dos enlaces disulfuro, que son esenciales para su actividad, ya que cuando se les reduce, la sustancia se vuelve completamente inerte (43).

La relación de este inhibidor y la tripsina, es estequiométrica, ya que una mol de éste inactiva una mol de tripsina, tratándose de una inhibición de tipo competitiva. El primer paso de la interacción entre el inhibidor y la tripsina consiste en la ruptura del enlace arginina-isoleucina, que se encuentra entre los dos puentes disulfuro del inhibidor (41).

El inhibidor de Bowman-Birk, presente en la soya tiene una gran actividad antitripsina, y puede inhibir también la quimiotripsina; es especialmente rico en residuos de cisteína y enlaces disulfuro, es muy resistente al calor, ácidos, álcalis y a la pepsina.

Ambos inhibidores se encuentran ampliamente distribuidos

en cereales, leguminosas y verduras, se pueden presentar tanto en el endospermo de la semilla, como en hojas y tubérculos (31,37).

Se ha atribuido hipertrofia pancreática en ratas, pollos y cerdos causada por el inhibidor de tripsina cuando fueron alimentados con pienso de soya (41). Esta hipertrofia se explica como un intento de la glándula para compensar la pérdida de actividad de sus principales proteasas. Se ha demostrado que la liberación de metionina de la soya cruda es muy retardada, por lo que se absorbe después de los aminoácidos esenciales; debido a ello este aminoácido no se encuentra en el lugar requerido en el momento de la síntesis proteica. El inhibidor de tripsina no sólo entorpece la liberación enzimática de la metionina, sino la de todos los demás aminoácidos esenciales.

La cistina se obtiene sobre todo a partir de la metionina, y a ello se debe la relativa carencia de este aminoácido para la síntesis de proteína corporal. Las exigencias de metionina para el crecimiento se hacen comprensibles, por lo tanto el inhibidor de tripsina puede afectar la pérdida de nitrógeno en dos formas distintas: por un lado induce la síntesis excesiva de proteasas en el páncreas, por lo que el organismo pierde cantidades considerables de cistina debida a la destrucción bacteriana en el intestino. Por otro lado el aumento de síntesis pancreática no es siempre suficiente y puede perderse el nitrógeno porque la hidrólisis de las proteínas en el intestino es incompleta (43).

Existen estudios que indican que el inhibidor de tripsina en la alfalfa aumenta su actividad en el curso de la maduración de la semilla. Otros reportes afirman el concepto de que los inhibidores de proteasas pueden estar envueltos en el mecanismo de defensa de las plantas, en el caso de ataques de microbios y de insectos; se ha visto que en las hojas de las plantas después de haber sufrido una trituración mecánica o un ataque por insectos presenta una acumulación de dicho inhibidor, no sólo en el sitio donde fueron dañadas sino también en zonas adjuntas (42).

3.5.5 SAPONINAS

Las saponinas son glucósidos formados por sapogenina y otros azúcares diversos. La sapogenina es un derivado de esteroide o un triterpeno, los azúcares son pentosas, especialmente D-xilosa, L-ramnosa y quinovosa. También hexosas como D-glucosa y D-galactosa (fig. 2). Presentan propiedades espumantes y hemolíticas, aunque no existe ninguna relación entre la cantidad de espuma y la acción hemolítica (42).

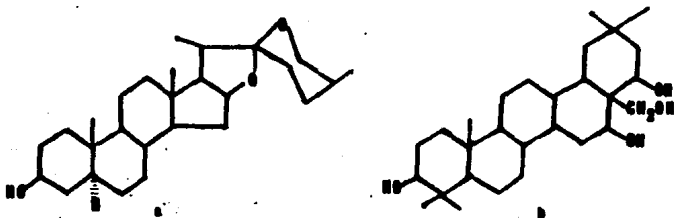


Fig. 2 Ejemplo de sapogeninas a) esmilagenina (tipo esteroidal) y b) chichipegénina (triterpeno) (19).

Las saponinas se pueden presentar raramente en el veneno de serpientes y en estrellas de mar, pero son uno de los factores tóxicos más comunes que se presentan en las hojas de plantas (21), como en la alfalfa, espinaca y betabel, espárrago, soya, té, etc. la espinaca por ejemplo puede alcanzar valores de hasta 2.5 % de saponina (25,68).

Disminuyen la tensión superficial y forman complejos con las proteínas y con lipoides, como el colesterol; debido a su acción sobre los lipoides, la membrana de los eritrocitos, se hace permeable permitiendo la salida del pigmento sanguíneo (43).

Las saponinas pueden interferir con enzimas digestivas y ello afecta la utilización de nutrimentos y por tanto el crecimiento (4). Normalmente una pequeña porción de estas sustancias se absorbe en el intestino, absorción que puede aumentar en casos de inflamación intestinal o por irritación con laxantes fuertes o purgantes. El contenido de saponina en la soya es del 0.5 % y su efecto es igualmente espumante y fuertemente hemolítico, así como el de inhibir inespecíficamente la colinesterasa y la quimotripsina (43).

Por otra parte se ha visto que las saponinas de la alfalfa forman un complejo con el colesterol y ayudan a disminuir el nivel de éste en el plasma sanguíneo (68).

Se ha reportado la toxicidad de éstas sobre los hongos, ello hace suponer que estas constituyen un mecanismo de las plantas como defensa fungicida y de igual manera contra el ataque de insectos (4).

3.5.6 TANINOS

Los taninos son un grupo heterogéneo de compuestos hidroxifenólicos cuyos pesos moleculares oscilan entre 600-2000.

Se distinguen dos grupos principales:

- a) Hidrolizables, producen carbohidratos, generalmente glucosa y ácidos fenólicos al hidrolizarse.
- b) No hidrolizables o condensados que, contienen pocos carbohidratos y se convierten en insolubles por la acción de ácidos minerales. (figura 3) Los taninos condensados son polímeros de leucoantocianinas de flavonoides mezclados (18).

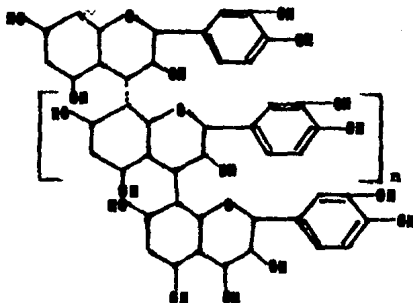


Figura 3 Estructura química de taninos condensados (40).

Los taninos se caracterizan por su sabor astringente, se pueden encontrar tanto en frutos, como en hojas, raíces y semillas (7). Han recibido especial atención por su influencia en implicaciones toxicológicas (57). La cantidad presente en la planta o en la semilla de frijol puede afectarse por diversos factores, éstos incluyen la

edad, las condiciones de crecimiento, el color de la testa, presentándose más taninos en aquella semilla más oscura (57).

Se ha reportado que algunos de estos compuestos son tóxicos para algunos animales y en otros son totalmente inocuos. Price y Butter (citado por Reddy) en 1980 revisaron el efecto deletéreo de taninos, agrupándolos en las siguientes categorías:

1.- Depresión de crecimiento:

Maquard, en 1975 (citado por Reddy) reportó que la dieta para pollos con ácido tánico al 3.9 % reduce el crecimiento y la asimilación de aminoácidos (57). Bressani (1982) reporta también una reducción de la digestibilidad en humanos causada por taninos (8).

2.- La formación de un complejo tanino proteína.

Los taninos forman complejos con las proteínas, carbohidratos y otros polímeros. El complejo tanino-proteína es el responsable de la depresión del crecimiento, una menor digestibilidad en la proteína y un decremento en la asimilación de aminoácidos, y un incremento en el nitrógeno fecal. Estos compuestos no pueden disociarse a pH fisiológico y así son excretados en las heces.

En una dieta adicionada con ácido tánico en ratas se provocó un decremento en la hemoglobina de la sangre y este fenómeno se debe a la formación de un complejo hierro-tanino, que reduce la asimilación del hierro (57). Se ha sugerido que hay tres tipos de enlaces importantes

en la formación de complejos polifenol-proteínas: un hidrógeno se une entre el grupo fenólico en el polifenol. En el sitio de la proteína se forman enlaces iónicos entre el anión fenolato y el sitio catiónico de la molécula de proteína; y un enlace covalente formado por la oxidación del polifenol a quinosa y la subsiguiente reacción con grupos nucleofílicos (-NH, SH, -OH) (27).

Los taninos también pueden formar un complejo con la vitamina B12, causando un decremento en la absorción de ésta (40).

3.- Inhibición de enzimas digestivas

Estudios in vitro e in vivo indican que los taninos inhiben las enzimas alfa amilasa, tripsina tratándose de una inhibición del tipo no competitiva.

La inhibición de enzimas digestivas producidas por taninos puede relacionarse por su afinidad a formar complejos proteínicos (57).

4.- Incremento en la excreción de proteínas endógenas:

Los taninos tienen afinidad para formar complejos con proteínas bajo condiciones propicias de concentración y pH; estos complejos son insolubles a un pH fisiológico y no se pueden disociar, ya que son resistentes a la hidrólisis y consecuentemente son excretados (57).

En cuanto a rumiantes, se cree que los taninos inhiben la

formación de la microbiota en el rumen (13).

En 1925, el ácido tánico fue usado en Canada y Estados Unidos, como terapia en quemaduras, pero hacia 1942, Coll demostró (citado por Boyd), que esta terapia causaba necrosis (7).

Se ha reportado que la dosis letal media en forma oral para ratas y conejos es del orden de 3.5g/kg de peso corporal y de 6g/ kg de peso corporal respectivamente.

Los taninos son un importante grupo de metabolitos secundarios, envueltos en la defensa de la planta, contra el ataque de herbívoros y principalmente contra insectos. Según Swain, (60) constituyen el grupo de metabolitos secundarios mas importante involucrados en la defensa de la planta, ya que las proteínas vegetales son finalmente fuente de todos los aminoácidos para los herbívoros y carnívoros; así, cualquier factor que reduzca su valor nutritivo debe tener un efecto dramático en todo el ecosistema (60).

4.- METODOLOGIA

Las dos especies estudiadas : Polymnia maculata y Trigonospermum annuum, provenientes de la Sierra de Juárez, Totontepec, del estado de Oaxaca fueron proporcionadas por el Departamento de Estudios Experimentales Rurales de la División de Nutrición de la Comunidad . El estudio se llevó a cabo en el Departamento de Nutrición Animal de la División de Nutrición Experimental y Ciencia de los Alimentos, del Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubiran".

Las plantas se determinaron en el Herbario del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (MEXU).

Se separaron las hojas y los tallos terminales de las plantas que se molieron para fines prácticos de los análisis finamente empleando el molino de cuchillas "Thomas Wiley modelo 4" (malla 1mm). Estas harinas se guardaron en bolsas de polietileno para los análisis.

ANALISIS QUIMICO PROXIMAL Metodos de la A.O.A.C.(2)

- HUMEDAD Método 7.007

Esta técnica se basa en la evaporación total de agua; se considera que la pérdida de peso es agua y que el residuo esta constituido por sólidos totales.

- CENIZAS Método 7.009

La ceniza es el residuo inorgánico que queda al incinerar una muestra a 550°C eliminándose los materiales orgánicos.

- FIBRA CRUDA Método 7.066

Este método consiste en someter a la muestra seca y desengrasada a una primera digestión ácida y posteriormente a una segunda digestión alcalina, para separar todo el material soluble en estos. Y la materia orgánica del residuo obtenido se considera como el contenido de fibra cruda.

- DETERMINACION DEL CONTENIDO DE NITROGENO Método 2.057

La proteína y demás materia orgánica, son oxidadas por el ácido sulfúrico fijándose el nitrógeno en forma de sulfato de amonio, esta sal se hace reaccionar con una base fuerte (NaOH), desprendiéndose amoniaco, que se destila y se recibe en un volumen conocido de ácido bórico formándose borato de amonio, y el ácido no neutralizado se titula con ácido sulfúrico valorado y se calcula la cantidad de amoniaco desprendido, y así la cantidad de nitrógeno de la muestra que multiplicado por el factor de 6.25 nos da la cantidad de proteína cruda.

- EXTRACTO ESTEREO Método 7.060

Se basa en la extracción mediante eter etílico de todos los lípidos solubles de la muestra seca.

- EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO

El valor del extracto libre de nitrógeno o carbohidratos asimilables se obtiene al restar de 100, la suma de los porcentajes del contenido de humedad, cenizas, proteína, fibra cruda y extracto etéreo. Cada una de estas determinaciones se analizaron por sextuplicado obteniendo media y desviación estandar.

CONSTITUYENTES TOXICOS DE ORIGEN VEGETAL

ALCALOIDES: Dominguez (19)

La propiedad química más característica de los alcaloides es su basicidad, por lo que los métodos para aislarlos, purificarlos e identificarlos, aprovechan dicha característica. Muchos pueden extraerse con disolventes como alcoholes, cloroformo; es frecuente extraerlos con soluciones de ácidos grasos en agua, con lo cual se separan los alcaloides y sus sales. Posteriormente se les puede precipitar de las soluciones ácidas con reactivos específicos.

Las soluciones de algunos ácidos de metales pesados como el fosfomolibdico, forman precipitados con la mayoría de los alcaloides.

Procedimiento:

Extracción de la muestra:

Se pesaron 5 g de la muestra seca y desengrasada y se colocaron en matraces de 50 ml, añadiéndoles 20 ml de HCl al 1%. Se colocaron en un baño de agua a 80°C durante 4 horas, y se filtró en papel whatman No.1; y se tomó una alícuota de 0.1 ml para hacerla reaccionar con los reactivos. La presencia de un precipitado característico con cada uno de los reactivos, sugiere la presencia de alcaloides: Reactivo de Mayer: (yoduro de potasio) que en presencia de alcaloides se obtienen precipitados blancos.

Reactivo Drangerdorff: (yoduro de bismuto): precipitado color marrón.

Reactivo de Wagner: (yodo yoduro de potasio): precipitado
color marrón.

Reactivo de Sonnenchein (ácido fosfomolibdico):
precipitado color azul.

Estas determinaciones se llevaron a cabo por triplicado.

GLUCOSIDOS CIANOGENICOS Prueba cualitativa método 26.149
AOAC (2).

Fundamento: Una muestra que contenga glucósidos cianogénicos, al hidrolizarse se libera ácido cianhídrico (HCN), el cual cambia el pH de un papel tratado con ácido picrico y carbonato de sodio que funciona como papel tornasol y cambia el color amarillo del papel a rojo.

PROCEDIMIENTO:

En un tubo de ensaye se colocó 1.0 g de muestra se le añadió 5 ml de agua destilada para favorecer la hidrólisis; inmediatamente después se le introdujo una tira de papel tratado con una solución de ácido picrico y carbonato de sodio, evitando el contacto del papel con la muestra. Se le agregó 0.5 ml de cloroformo y se cerró herméticamente para incubar a una temperatura de 37° C. durante una hora. Un tubo testigo de cianuro de potasio fué preparado bajo las mismas condiciones.

El papel de picrato de sodio se torna gradualmente naranja a rojo en presencia de glucósidos cianogénicos. Esta prueba es delicada la rapidez del cambio de color en el papel depende de la cantidad de HCN liberado. Estas determinaciones se hicieron por triplicado

HEMAGLUTININAS Método semicuantitativo; Jaffe (17).

El método se basa en la propiedad que tienen las hemaglutininas de aglutinar glóbulos rojos de diferente especie al unirse a los azúcares de los eritrocitos en una forma selectiva. Procedimiento:

a) Extracción de la muestra:

A un gramo de muestra se le añadieron 10 ml de una solución isotónica de NaCl. Se dejó bajo agitación lenta durante dos horas y posteriormente se centrifugó a 5000 r.p.m. se decantó y se dejó reposar a 4°C durante 12 horas.

b) Tratamiento de la sangre.

Se trabajó con sangre de bovino, conejo y humano, 5 ml de cada una de las sangres fueron lavadas varias veces agregándoles una solución salina homogenizando y centrifugando y decantando el sobrenadante. Finalmente el paquete de eritrocitos obtenido se llevó a una concentración final de 6 % en cloruro de sodio; 9 ml de esta suspensión se trataron con 1 ml de solución de tripsina al 0.1 % en cloruro de sodio. Se incubó una hora a 37°C, y después se lavaron tres veces con la solución salina para nuevamente llevar a los eritrocitos a una concentración de 6%.

c) Determinación:

En una placa para Elisa (equipo Micro-Titer Coohé Divatech) que contenía 0.025 ml de solución salina en cada uno de los orificios se agregaron 0.025 ml del extracto de la muestra, en el primer orificio se homogenizó y de aquí se pasó una alícuota de 0.025 ml al siguiente orificio, y así sucesivamente hasta ir diluyendo diluyendo cada vez más la

muestra. Posteriormente se agregó a cada uno de los orificios 0.025 de la suspensión de eritrocitos. Se homogenizó y se dejó reposar 1 hr al cabo de este tiempo se leyó hasta que dilución la aglutinación de los eritrocitos era visible. Esta determinación se llevó a cabo con cada una de las sangres.

INHIBIDOR DE TRIPSINA Kakade (26, 38).

Una cantidad conocida de tripsina se pone en contacto con un extracto de la muestra, que supuestamente contiene el inhibidor. Después de lo cual se hace reaccionar la tripsina que aún queda libre con BAPA (Benzoil-DL-arginin-p-nitroanilida) para obtener un compuesto colorido que es proporcional a la cantidad de tripsina no inhibida que presenta una absorbancia máxima a los 410 nm.

Extracción de la muestra:

Se extrajo 1 g de muestra con 50 ml de NaOH 0.01 N entre un pH de 8.4-10 durante tres horas con agitación lenta .

Para obtener un resultado confiable, el rango de inhibición de tripsina por 1.0 ml de extracto de la muestra debe de estar entre el 40 y el 60 %, por lo tanto fué necesario realizar una dilución 1:4 para Trigonospermum annuum, y para Polymnia maculata se trabajó con el extracto sin diluir.

PROCEDIMIENTO:

Se prepararon blancos de reactivos, de muestra, de un

estandar y de las muestras en el siguiente orden:

En tubos por triplicado se colocaron los siguientes reactivos en el orden descrito:

BCO.(ml) de reactivos	ESTANDAR(ml) de tripsina (20mg/ml)	BCO.DE MUESTRA(ml)	MUESTRA (ml)
2 agua	2 agua	1 muestra	1 muestra
2 tripsina	2 tripsina	1 agua	1 agua
1 a. acetico	5 BAPA	2 tripsina	2 tripsina
5 BAPA	1 a. acetico	1 a. acetico	5 BAPA
		5 BAPA	1 a.acetico

En todos los casos y antes de añadir la solución de BAPA, los tubos se introdujeron en una baño de agua a 37 C durante 5 minutos, al momento de añadir el BAPA se agitaron rapidamente y se dejaron incubar durante 10 minutos a esta temperatura. La reacción se paró mediante la adición de ácido acético al 30 %. Se filtraron y se leyeron a 410 nm. Esta determinación se llevó a cabo por triplicado reportando la media de los resultados.

SAPONINAS Método seguido por O'Dell (46).

Este método se basa en la propiedad que tienen las saponinas de formar espuma al agitarlas en soluciones acuosas.

Procedimiento;

Se colocó 0.1 g de muestra desengrasada en tubos de ensaye, (serie por triplicado) se adicionaron 5 ml de agua y se agitó a la máxima velocidad durante un minuto en un agitador Vortex. se dejaron reposar y pasados 15 minutos se

observó la altura y características de la espuma y se comparó con un patrón de saponina pura.

TANINOS Método 9.110 AOAC (2)

El fundamento de este método se basa en la formación de un complejo colorido (azul), producido por la reacción de los taninos con el reactivo de Folin-Denis que tiene un pico de absorción a los 760nm.

Procedimiento:

Se preparó una curva estándar con una solución de ácido tánico a concentración de 0.1 mg/ml. Se pipetearon alícuotas de 0.5-5 ml de esta solución en matraces volumétricos de 100 ml se añadieron 5 ml del reactivo Folin-Denis, y 10 ml de la solución de carbonato de sodio, se aforaron y pasados 30 minutos se leyó su absorbancia en un espectrofotómetro "Gilford-250" a 760 nm.

Se llevaron a cabo dos tipos de extracciones (11,49) para las muestras:

- 1) A 0.25 g de muestra se le añadieron 20 ml de NaOH 0.005 M agitando durante 20 minutos a una temperatura de 80 ° C.
- 2) A 0.25 g de muestra se agregaron 20 ml de agua destilada durante 10 minutos en agitación lenta y temperatura ambiente.

Las muestras se trataron de la misma forma que la curva estándar tomando una alícuota de 1 ml con una dilución 1:10 de la extracción con NaOH, de la extracción con agua una dilución 1:7. Esta determinación se llevó a cabo por triplicado reportando la media de los resultados

DIGESTIBILIDAD IN VITRO Método Tilley y Terry (Modificado por Minson y McLeod) (61).

La técnica más usada para determinar la digestibilidad en el laboratorio, fué desarrollada por Tilley y Terry consiste en someter a digestión el alimento bajo observación. El proceso se lleva a cabo en dos etapas a) Digestión a cargo de microorganismos ruminales b) Digestión con una solución ácida de pepsina (61,62).

PROCEDIMIENTO:

Se pesaron 0.250 g de muestra seca, en tubos de polietileno y se adicionaron 25ml del amortiguador (saliva de McDougall) con el inóculo; se incubaron 39°C en un baño metabólico durante 48 horas. Se procedió a centrifugar a 5000 r.p.m. durante 20 minutos desechando el sobrenadante. Después se realizó la digestión con pepsina adicionando 25ml de la solución de pepsina precalentada a 39°C, incubando nuevamente durante 48 horas a la misma temperatura. Se procesaron dos blancos. Finalmente se filtró a vacío en crisoles Gooch, lavándolos con agua, se metieron a secar a 100°C durante 12 horas, registrándose los pesos de los crisoles.

Para la obtención de la digestibilidad en materia orgánica se incineró a 550°C durante tres horas. Esta prueba se realizó por sextuplicado.

FRACCIONES DE FIBRA Método de Van Soest (65,66,67)

Este sistema de métodos consiste en someter a la muestra primeramente a una reacción con detergente a cuya solución corresponde un pH neutro, la cual

rompe las paredes vegetales y libera el contenido celular.

En este proceso se evalúan los nutrimentos solubles de un alto grado de disponibilidad nutritiva para los rumiantes. El residuo lo constituyen las paredes celulares para cuya evaluación es necesario someterla a una segunda etapa de operación similar a la anterior. Interactuando ahora con un detergente en solución cuyo pH es ácido, la diferencia entre el valor de paredes celulares y el valor de este residuo, (llamados fibra detergente ácido), es una cuantificación de la hemicelulosa en el alimento.

El residuo que queda después del tratamiento con un detergente ácido, es tratado posteriormente para determinar en él la cantidad de lignina y celulosa.

En este último tratamiento la lignina sufre una oxidación con una solución combinada de ácido acético y permanganato, de potasio quedando la celulosa, que se cuantifica incinerando el residuo anterior (esta prueba se realizó por sextuplicado)

MINERALES (Absorción atómica) (53)

Fundamento: la solución de una muestra pasa a través de una flama que de acetileno-aire con el fin de convertirla en un vapor atómico. Mientras la radiación de una lámpara catódica pasa a través de la flama, y los átomos de la muestra absorben parte de esta radiación, en longitudes de onda específicas para cada elemento.

La determinación de calcio, hierro, magnesio y zinc se realizó por el método de absorción atómica.

Para ello fué necesario someter a las muestras a un

tratamiento previo que consistió en una digestión: se pesaron 0.5 g de muestra y se digirieron con 5 ml de HNO_3 a temperatura baja hasta que desaparecieron los humos de NO_2 seguida por una segunda digestión con 2 ml de ácido perclórico al 70 % hasta que la solución queda incolora para terminar reflujando con 2 ml de HCl durante cinco minutos. Se filtró a través de un papel filtro Whatman # 41, llevando a un volumen final de 25 ml con agua desmineralizada.

Se procedió a leer en el espectrofotómetro de absorción atómica, (Perkin-Elmer 2380) . Estos análisis se hicieron por triplicado.

DETERMINACION DE FOSFORO: metodo 2.125 AOAC (2).

Esta determinación se basa en la medición de la absorbancia a 400 nm del complejo colorido que se forma por el fósforo y el reactivo de molibdovanadato.

Procedimiento:

Primeramente se hizo un digestión de las muestras como la mencionada anteriormente.

Se tomó una alícuota de 5 ml se le añadieron 20ml del reactivo de molibdovanadato, se aforó a 100 ml y pasados 10 minutos se leyó en un espectrofotómetro "Gilford", a 400 nm. Se corrió una curva estandar de fosforo (0.1mg/ml). Todo se leyó contra un blanco de reactivos. Esta prueba se realizó por triplicado.

5.- RESULTADOS Y DISCUSION

El cuadro uno contempla los resultados del análisis químico proximal de las especies estudiadas; entre ambas se observa una similitud en el contenido de los nutrientes. Al confrontarlos con uno de los forrajes convencionales mas utilizados en la alimentación animal, como lo es la alfalfa (Medicago sativa) la cual presenta un porcentaje de 16.3 y 28.4 de proteína y fibra cruda respectivamente. Polymnia maculata y Trigonospermum annum resultan superiores en el porcentaje de proteína cruda lo que facilitaría el cubrimiento de los requerimientos de estos compuestos en muchas especies.

La proteína cruda esta representada por nitrógeno proteico y nitrógeno no proteico, sin embargo esto no constituye un problema para los rumiantes, ya que los microorganismos presentes en el rumen van a utilizar este nitrógeno y transformarlo a proteína microbiana que posteriormente va a ser utilizado directamente por el animal. En tanto que la fibra puede ser digerida, por los microorganismos ruminales, transformándola a compuestos aprovechables.

El contenido de cenizas superior al de la alfalfa, (7.95%) conlleva a pensar que las dos especies contienen un buen porcentaje de macro y microminerales cuyo papel benéfico en la nutrición es conocido.

La presencia mayor de extracto etéreo en Polymnia maculata nos indica que esta especie contenga niveles mas elevados de carotenos, fitoesteroles y otros lípidos que favorecen el metabolismo y la nutrición en general; aunque es necesario la

CUADRO 1

ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DE LAS HARINAS DE HOJAS Y TALLOS DE *Polymnia maculata* y *Trigonospermum annum*

	<i>Polymnia maculata</i>	<i>Trigonospermum annum</i>
	BASE SECA (g/100g)	
MATERIA SECA	92.56 ± 0.26	92.31 ± 0.32
CENIZAS	11.73 ± 0.18	12.94 ± 0.19
PROTEINA CRUDA ₁	25.11 ± 0.19	25.96 ± 0.17
EXTRACTO ETEREO	2.97 ± 0.07	1.60 ± 0.06
FIBRA CRUDA	11.70 ± 0.50	11.30 ± 0.38
E.L.N. ₂	48.48 ± 0.23	48.20 ± 0.20

1.- N X 6.25

2.- Extracto libre de nitrogeno

Media de seis repeticiones

CUADRO 2

FRACCIONES DE FIBRA EN LAS HARINAS DE HOJAS Y TALLOS DE
Polymnia maculata y *Trigonospermum annuum*

	<i>Polymnia maculata</i>	<i>Trigonospermum annuum</i>
	(g/100g)	
PAREDES CELULARES	27.82 ± 0.19	30.93 ± 0.12
LIGNINA	10.60 ± 0.35	13.28 ± 0.15
HEMICELULOSA	3.87 ± 0.22	6.18 ± 0.44
CELULOSA	12.47 ± 0.55	10.55 ± 0.10

MEDIA DE SEIS REPETICIONES

identificación de los compuestos citados para definir este aspecto.

En los resultados de fracciones de fibra (cuadro 2) se presenta alto el porcentaje de lignina para ambas especies, ello puede ser debido a que el análisis de las plantas estudiadas, contempla tanto hojas y tallos en estado maduro, y vislumbran a las especies como limitantes en la alimentación de monogástricos herbívoros. La presencia de un contenido mayor de hemicelulosa en Trigonospermum annuum permite pensar que esta especie pueda ser mas digestible que Polymnia maculata, sin embargo este carbohidrato parece estar atrapado por la lignina, cuyo contenido también es mayor en Trigonospermum annuum afectando su digestibilidad. De todas formas, tanto la celulosa como la hemicelulosa pueden ser utilizadas por los rumiantes, ya que las bacterias del rumen y ciego hidrolizan estos polímeros en D-glucosa, galactosa, xilosa y otros monosacáridos, (fuente energética para estos animales) (13).

Mientras que la lignina es sòn para los rumiantes un polímero indigerible; ello puede limitar la potencialidad energética de las muestras estudiadas.

Los resultados obtenidos en la determinación de minerales se presentan en el cuadro 3; en el mismo se observan los datos de la alfalfa (Medicago sativa) con el fin de establecer nuevamente una comparación con dicho forraje.

En los macrominerales se observa que tanto Polymnia

CUADRO 3

DETERMINACION DE MINERALES EN LAS HARINAS DE HOJAS Y TALLOS DE
Polymnia maculata y *Trigonospermum annuum*

	<i>Polymnia maculata</i>	<i>Trigonospermum annuum</i>	<i>Medicago sativa</i> Alfalfa *
	(mg/100g)		
ZINC	4.5	3.5	1.7
HIERRO	17.9	12.9	20
CALCIO	1146.5	905.5	1650
FOSFORO	420.8	479.8	230
MAGNESIO	408.3	533.1	340

*Tomado de Church D.C.1973 Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants.

maculata como Trigonospermum annuum presentan valores superiores que la alfalfa, especialmente en fósforo y ligeramente para calcio. Sin embargo las relaciones de calcio-fósforo, presentes en las especie estudiadas, se consideran apropiadas para los fines nutricionales, ya que la mayoría de los investigadores coinciden en afirmar que una relación de 2:1 (Ca-P) es adecuada para el mantenimiento de la mayoría de las especies animales (44).

Los microminerales por su parte denotan un contenido ligeramente inferior para hierro pero superior para zinc en relación a la alfalfa.

Respecto a los constituyentes tóxicos determinados cualitativamente, la prueba de alcaloides (cuadro 4), resultó positiva en forma moderada con tres de los reactivos utilizados. Sin embargo estos datos hay que manejarlos con reserva, ya que los precipitados que se forman con estos reactivos, pueden ser debidos a proteínas, purinas, cumarinas y algunos polifenoles que pueden producir un resultado positivo-falso. Como la ausencia de estos precipitados es indicativo de que no hay alcaloides dichos reactivos se utilizan como prueba presuntiva (19).

En cuanto a los resultados de glucósidos cianogénicos y saponinas ubicados en el cuadro 4, no se detectaron en ninguna de las dos especies analizadas, hecho que beneficia la potencialidad de la utilización de estas plantas, ya que los glucósidos cianogénicos pueden provocar la muerte pues su

CUADRO 4

DETERMINACION DE LOS COSTITUYENTES TOXICOS EN LAS HARINAS DE
HOJAS Y TALLOS DE *Polymnia maculata* y *Trigonospermum annuum*

	<i>Polymnia maculata</i>	<i>Trigonospermum annuum</i>
ALCALOIDES*		
a) Reactivo Mayer	---	---
b) Reactivo Drangerdoff	++	++
c) Reactivo Sonneschein	++	++
d) Reactivo Wagner	++	++
GLUCOSIDOS CIANOGENICOS	NO DETECTADOS	NO DETECTADOS
SAPONINAS	NO DETECTADOS	NO DETECTADOS

- * --- No detectados
- + Escasos o dudosos
- ++ Moderados
- +++ Abundantes

acción tóxica se ejerce bloqueando a la citocromooxidasa, impidiendo con ello la respiración celular. En el ganado se ha apreciado un envenenamiento tóxico por la ingesta de glucósidos cianogénicos (15).

Mientras que las saponinas interfieren con enzimas digestivas afectando con ello la absorción de los nutrimentos, además de que causan hemólisis.

Jaffé se refiere a las hemaglutininas más tóxicas, como aquellas que se distinguen por su fuerte acción hemaglutinante sobre glóbulos tripsinizados de bovinos y a los de conejo como los más sensibles (34).

Los resultados correspondientes al contenido de estas se encuentran en el cuadro 5 en donde se puede observar que Trigonospermum annuum sólo aglutina eritrocitos de conejo hasta la tercera dilución; mientras que Polymnia maculata provoca aglutinación para eritrocitos de conejo y bovino en la primera dilución.

Conforme a la clasificación que Jaffé hace al respecto, Polymnia maculata contiene hemaglutininas más tóxicas que Trigonospermum annuum aunque dicha aglutinación está muy por debajo de la que provocan extractos crudos de frijol (Phaseolus vulgaris), la cual llega hasta la décima dilución en donde se ha visto que provoca la muerte en ratas.

Rackis et al (54) mencionan que a un rango de 225-340 mg de TI (inhibidor de tripsina) de soya cruda ya no se

CUADRO 5

DETERMINACION DE CONSTITUYENTES TOXICOS EN LAS HARINAS DE
HOJAS Y TALLOS DE *Polymnia maculata* y *Trigonospermum annuum*

	<i>Polymnia maculata</i>	<i>Trigonospermum annuum</i>
HEMAGLUTININAS*		
1) HUMANO	--	--
2) BOVINO	1	--
3) CONEJO	1	3
INHIBIDOR DE TRIPSINA		
(TIU/g) **	931.6	4412
(mgTI/g) ***	0.49	2.32
TANINOS (mg/100g)		
Extraccion NaOH (0.005M)	7572	6740
Extraccion H ₂ O	3329	2760

* En cada caso se indica la maxima dilucion del extracto de las plantas, que produce aglutinacion al cabo de una hora en eritrocitos de humano, bovino y conejo.

** TIU/g Unidades de Inhibidor de Tripsina por g de muestra

***mg TI/g miligramos de tripsina inhibida por g de muestra

desarrollan ninguno de los efectos deletéreos que el inhibidor de tripsina provoca, (hipertrofia pancreática, disminución de peso) en ratas que fueron alimentadas bajo estas condiciones. En base a ello podemos considerar que las cantidades encontradas de inhibidor de tripsina en ambas especies (cuadro 5), en las especies estudiadas resultan no significativas en cuanto a que se pudieran producir daño si se consumieran en forma cruda.

En el cuadro 5 se encuentran los datos de taninos, Polymnia maculata presenta mayor cantidad que Trigonospermum annuum en los dos tipos de extracciones efectuadas. La extracción con NaOH da un resultado demasiado elevado respecto a la realizada con agua, ello probablemente sea debido a que el álcali no sólo extrae taninos sino también algún otro tipo de compuestos fenólicos (fenoles simples, flavonoides, flavones, catequina, y leucoantocianinas).

Estos valores pueden ser una limitante para monogástricos ya que los taninos forman complejos con las proteínas y otros polímeros, que no son degradables a pH fisiológicos, por tanto no pueden ser absorbidos. Sin embargo para los rumiantes, la formación del complejo tanino-proteína parece favorecer la eficacia de la utilización de proteína sobre todo cuando es de buena calidad para ellos ya que tal complejo pasa por el rumen sin degradarse favoreciendo el paso de proteína intacta, hacia el abomaso e intestino delgado, nutrimento que puede ser digerido en esta fracción por las enzimas secretadas por el animal. Se ha visto que los

CUADRO 6

DIGESTIBILIDAD *IN VITRO* DE LAS HARINAS DE HOJAS Y TALLOS DE
Polymnia maculata y *Trigonospermum annum*

	<i>Polymnia maculata</i> (g/100g)	<i>Trigonospermum annum</i> (g/100g)
MATERIA SECA	82.37 ± 1.95	81.40 ± 1.94
MATERIA ORGANICA	76.25 ± 2.08	74.06 ± 3.19

Media de seis repeticiones

taninos al igual que el formaldehido se utilizan como protectores de la proteina ejerciendo un efecto benéfico en la alimentación del rumiante (44).

Jung reporta una relación negativa entre la lignina y la digestibilidad de los alimentos en rumiantes (36); ello se ve presente en los resultados de digestibilidad in vitro (cuadro 6) donde Trigonospermum annuum se observa ligeramente menor coincidiendo en que esta planta presenta un mayor porcentaje de lignina.

Probablemente el porcentaje de digestibilidad no se vio alterado por la ausencia de saponinas, las bajas cantidades de inhibidor de tripsina y hemaglutininas que ambas especies presentaron

6.- CONCLUSIONES

En base a los resultados relevantes de la presente investigación se puede concluir que:

- El alto contenido de nitrógeno presente en forma proteica y no proteica es un factor importante, ya que los rumiantes pueden utilizar el nitrógeno no proteico para transformarlo en proteína microbiana.

Los minerales determinados en ambas especies, se presentan en una buena proporción siendo mayor que el que presentan uno de los forrajes mas utilizados en esta actividad como lo es la alfalfa (Medicago sativa).

La ausencia de glucósidos cianogénicos y saponinas en las dos especies estudiadas es un hecho que beneficia la potencialidad de dichas plantas.

Las bajas concentraciones de hemaglutininas, alcaloides e inhibidor de tripsina probablemente no representen limitante alguna en la alimentación de monogástricos y rumiantes. Sin embargo, en las plantas confiere una ventaja biológica en ellas ya que forman parte de un importante mecanismo de defensa para éstas en contra de microdepredadores. Los porcentajes encontrados de taninos posiblemente representen una limitante para monogástricos; no así para rumiantes ya que el complejo tanino proteína pudiera favorecer la utilización directa de proteína de buena calidad por parte del rumiante.

Es recomendable continuar con la investigación de estas especies realizando pruebas de comportamiento animal (consumo, digestibilidad in vivo , ganancia de peso).

7.- BIBLIOGRAFIA

- 1.- Alba, J. (1983) Alimentación del ganado en América Latina, segunda edición La prensa Médica Mexicana México.
- 2.- A.O.A.C.: (1984) Official methods of analysis. 14th. ed. Association of Analytical Chemists. Washington, D.C.
- 3.- Bender, A.E., G.B. Road. (1982) Toxicity of kidney beans (Phaseolus vulgaris) with particular reference to lectins. Journal of Plant Food 4:15-32
- 4.- Birk, Y., Peri. I. (1980), Saponin, in: Toxic Constituents of Plant Foodstuffs second Edition, Copyright Academic Press 161-168.
- 5.- Bourges, H.R., (1984), Panorama de la alimentación y la nutrición en México, en: Seminario sobre la Alimentación en México, UNAM, Instituto de Geografía México 27-48.
- 6.- Bourges, H.R., (1987) Primera reunión de expertos en nutrición. Cuadernos de Nutrición 10 151-32.
- 7.- Boyd, E.M. (1976) Toxicity of Pure Foods, CBS Press. Third printing Cleveland 221-230
- 8.- Bressani, R. G.L. Elias. J.E. Braham (1982) Reduction of digestibility of legume proteins by tannins. Journal plant Foods 4:43-55
- 9.- Caballero, J., (1984) Recursos comestibles potenciales. en: Seminario sobre la Alimentación en México UNAM Instituto de Geografía 114-125.
- 10.- Gastañeda, C., (1984) El panorama universitario de alimentos en: Seminario sobre la alimentación en México UNAM. Instituto de Geografía 154-162
- 11.- Chavan, J.K. S.S. Kadam., (1979) Removal of tannins and; improvement of in vitro protein, digestibility of Sorghum seeds, by soaking, alkali. Journal of Food Science, 5 (44): 1319-1321
- 12.- Chávez, A., (1982) La alimentación y los problemas nutricionales Publicación L- 39. Div. de Nutrición INN
- 13.- Church, D.C. (1973) Digestive physiology and nutrition of Ruminants Vol. 3 Practical Nutrition second edition, Oregon
- 14.- Church. D.C. (1987) Fundamentos de nutrición y alimentación de animales, Lumasa México.
- 15.- Conn, E.E., (1973) Cyanogenetic glycosides in: Toxicants Occurring Naturally in foods. National Academy of Science,

Washington, second edition

- 16.- Conn y Stumpf.(1982) Bioquímica fundamental . tercera edición Ed. Limusa 169 pp.
- 17.- Contreras.S., (1978) Factores tóxicos de leguminosas cultivadas en Chile, Arch. Latinoamericanos de Nutrición 28 (2): 191-199 Guatemala
- 18.- Davies.D.G.,(1970) Bioquímica vegetal, Omega España
- 19.- Domínguez X.A.,(1979) Métodos de la investigación fitoquímica. Limusa México
- 20.- Dreher L.M.,(1987) Handbook of dietary fiber Marcel Dekker , New York 32-34
- 21.- Fenwick D,F.,Oakenfull (1983) Saponin content of foods plants and some prepared Foods, J.Sci.Food. Agric 34: 186-191
- 22.- Gaveldon,L.,(1986) Los desafíos alimentarios en México Cuadernos de Nutrición 9 (3): 17-32
- 23.- Gómez.F.L., (1984) Los recursos alimentarios potenciales de las zonas áridas en: Seminario sobre la alimentación en México.UNAM Instituto de Geografía. 103-113
- 24.- Grande,C.D., Aguilera, B.A., Sangines, G.L., y Perez-Gil,R.F.(1989) Empleo de alimentos no convencionales en la alimentación animal. en: Memorias del Primer Ciclo de Conferencias sobre Microbiología Pecuaria.Departamento de Zootecnia UACH.,Chapingo México
- 25.- Gupta,k., y D.S. Wagle ,(1988) Nutritional and antinutritional factors of green leafy vegetables. J.Agric.Food.Chem . 36: 472-474
- 26.- Hamestrand, G.E.,Black L.t. Glover J.D., (1980) Trypsin inhibitors in soy products: Modification of the standart Analytical procedure Cereal Chem 58 (1): 42-45
- 27.- Haslam E.,(1977)Recent Advances in Phytochemistry: Biochemistry of plant phenolics . Vol. 12, New York Ed. T. Swain 527-555
- 28.- Hegnauer R.(1966) Comparative Phytochemistry of alkaloids en: Comparative Phytochemistry". Academy Press. London 211-213.
- 29.- Honskins. F.H.,(1978) Naturally occurring toxicants from food in: Chemical toxicology of food ed.Gally G.L Amsterdam

- 30.-Hughes.D.G,(1973) Alkaloids, Phitochemistry, Vol. II Miller editor, Nueva york
- 31.- Humpries.G., (1980) Trypsin inhibitors in leaf protein concentrate: J.Sci. Food Agric. 31:1225-1230
- 32.- Jaffé W.G.,(1968) Factores tóxicos en leguminosas, Archivos Latinoamericanos de nutrición, 18: 205-218 .
- 33.- Jaffé.W.G.,(1980) Hemaglutinins in: Toxic constituents of plant foodstuffs, Academic Press . Nueva York 73-79
- 34.- Jaffe.W.G., Gollie.G., (1972) Toxicidad y especificidad de diferentes hemaglutininas de Phaseolus vulgaris. Archivos Lat. de Nut. XXII (2): 267-281
- 35.- Jaffe.W.G.,(1973) Toxic proteins and peptides, in: Toxicants occurring naturally in foods, Ed, Natural Academy of Science, Second edition.106-117.
- 36.- Jung.H.G.,K.P. Hogel, (1986) Influence of lignin on digestibility of forage cell wall material J.Anim.Sci. 62 (6): 1703-1712
- 37.- Kadam.S.S., et al (1987) Effects of heat treatments of antinutritional, factors and quality of proteins in winged bean. J.Sci.Food.Agric.(39): 267-275
- 38.- Kakade M.L., Rackis J.J., (1974) Determination of trypsin inhibitor Activity of soy Products: A collaborative Analysis. An improved Procedure Cereal Chem. 51(3): 376-382
- 39.- Lenhinger.A.L., (1978) Bioquímica las bases moleculares de la estructura y función celular, segunda edición. Omega, Barcelona 273-275
- 40.- Lienner.I.,(1980) Toxic Constituents of plant foodstuffs. Second edition Academic Press, Nueva York
- 41.-Lienner. I., Kakade M.L.,(1980) Protease inhibitors. in: Toxic Constituents of plant foodstuffs, second edition Academic Press, Nueva York. 7-57
- 42.- Liener I.E.,(1964) Seed Hemaglutinins. Eco. Bot. 18: 27-33
- 43.- Lindner E., (1978) Toxicología de los alimentos, Acribia España
- 44.- Maynard L.A.,J.K. Loosli,H.P. Hintz (1981) Nutrición Animal McGrawHill Mexico 640 pp.
- 45.- McVauth R.y L.W.Laskowski (1972) The genus Trigonospermum (Compositae-Heliantheae) Contribution

- from the university of Michigan, Herbarium, 9 (6): 495-506
- 46.- Monroe, E.E., et al (1952) Detection and estimation of steroidal, sapogenins, in plant tissue. Anal. Chem 8 (24): 1337-1341
 - 47.- Montgomery, L.D., (1980) Cyanogenics . in: Toxic Constituents of plant foodstuffs. second edition, Academic Press, Nueva York 143-157.
 - 48.- Moreau, F., (1985) Alcaloides y plantas alcaloideas. ed. Orbis España 125p.
 - 49.- Muñoz, R.M., (1979) Determinación de saponinas, taninos y actividad antibiotica en algunas plantas silvestres", tesis Facultad de Química UNAM.
 - 50.- Nathan, S., (1977) Lectinas Investigación y Ciencia 11: 90-100
 - 51.- Olguin D.E., (1985) Producción de alimentos no convencionales para consumo animal. en: Quintero R. comp. Prospectiva de la biotecnología en México. Fundación Javier Barrosa Sierra Conacyt, México. 149-173
 - 52.- Percival E., (1966) The natural Distribution of Plant polysacharids in: Comparative Phytochemistry. Academic Press, Swain T. Nueva York 140-143.
 - 53.- Perkin-Elmer (1982) Methods for Atomic Absortion spectrophotometry, Connecticut 6-8.
 - 54.- Rackis J.J., J.E. McGhee, (1975) Biological threshold levels of Trypsin inhibitors by rata bioassay Cereal Chemist 52 (1): 85-92
 - 55.- Ramer, M.Z., (1976) Comunidad Migración y Desarrollo. El caso de los mixes de Totontepec. Instituto Nacional Indigenista México 29-30
 - 56.- Ramos, E.J., (1984) insectos como recurso actual y potencial en: Seminario de la alimentación en México. UNAM Instituto de Geografía. México 126-139
 - 57.- Reddy V.R., Pierson, M.D., (1985) Dry Bean Tannins: A review of nutritional implications . JAOCs. 62 3: 531-549
 - 58.- Rzdowsky, Y.S., (1978) Vegetación de México ed. Trillas México.
 - 59.- Rzdowsky, Y. (1985) Compositae, En: Rzdowski, J. y G.C. de Rzdowski (eds). Flora Fanerogámica del Valle de México Vol II Dicotyledoneae. Instituto de Ecología México.

- 60.- Swain,T.,(1979) Recent Advances in Phytochemistry in:Biochemistry of plant phenolics Vol. 12 Nueva York Swain 616-637
- 61.- Tejada,I, (1983) Manual de laboratorio para analisis de ingredientes utilizados en la nutricion animal. Patronato de Apoyo a la investigacion y experimentacion pecuaria en Mexico.310-313
- 62.- Tilley.,Terry.,(1963) A two Stage technique,for then in vitro digestion, J.Brit.grass Soc. 18 104-110
- 63.- Trujillo,R.T.,(1984) Seminario sobre la alimentacion en Mexico,UNAM. Instituto de Geografia 11-12
- 64.- Valle.V.P.,(1986) Toxicologia de los alimentos. Centro Panamericano de la Salud. México.
- 65.- Van Soest.D.J.,(1963). : Use of detergents in the analysis of fibrous Feeds.A rapid method, for the determination of fiber and lignin. J.Assoc.Off. Agric. Chem. 46: 829-835
- 66.- Van Soest.D.J.(1967), Use of detergent in the analysis of fibrous feed IV.Determination of Plant-cell-wall constituents.J.Assoc.off.Agric.Chem 50: 50-55
- 67.- Van Soest. P.J.,Wine R.H., (1968) Determination of lignin and cellulose in acid-detergent fiber with permanganate.J.Assoc. off Agric. Chem. 51:780-785
- 68.- Walker,A.F., (1982) Physiological effects of legumes in the human diet. A review. Journal of plant Foods 4: 5-13
- 69.- Wells,J.R.,(1965) A taxonomy study of Polymnia (Compositae), Brittonia 17: 144-159