

2 ej / 80

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Determinación de la composición nutricional y toxicológica de los
quelites: Anoda cristata, Crotalaria pumila, Euphorbia graminea y
Leucaena macrophylla

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

BIOLOGO

P R E S E N T A

DULCE MARIA RAMOS MORA

FALLA DE ORIGEN



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.

INDICE

	PAGINA
LISTA DE FIGURAS	3
LISTA DE CUADROS	4
1. <u>INTRODUCCION</u>	5
2. <u>OBJETIVOS</u>	7
3. <u>ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS</u>	8
3.1 Generalidades sobre los quelites	8
3.2 Características de las plantas en estudio	13
3.2.1 <u>Anoda cristata</u>	13
3.2.2 <u>Crotalaria pumila</u>	16
3.2.3 <u>Euphorbia graminea</u>	20
3.2.4 <u>Leucaena macrophylla</u>	24
3.3 Descripción de la zona de colecta	30
3.4 Elementos esenciales de la alimentación	33
3.4.1 Macronutrientes	33
3.4.2 Minerales	36
3.4.3 Fibra	38
3.5 Constituyentes tóxicos de los alimentos vegetales	39
3.5.1 Alcaloides	39
3.5.2 Glucósidos cianogénicos	41
3.5.3 Hemaglutininas	44
3.5.4 Inhibidores de las proteasas	48
3.5.5 Mimosina	51
3.5.6 Saponinas	54
3.5.7 Taninos	57

	PAGINA
4. <u>MATERIAL Y METODOS</u>	63
4.1 Preparación de la muestra	63
4.2 Análisis químico proximal	64
4.2.1 Humedad	64
4.2.2 Cenizas	64
4.2.3 Extracto etéreo	66
4.2.4 Proteína	66
4.2.5 Fibra cruda	67
4.2.6 Extracto libre de nitrógeno	67
4.3 Determinación de las fracciones de fibra	67
4.4 Determinación de minerales	68
4.5 Determinación de los compuestos tóxicos	69
4.5.1 Alcaloides	69
4.5.2 Glucósidos cianogénicos	70
4.5.3 Hemaglutininas	71
4.5.4 Inhibidor de tripsina	72
4.5.5 Mimosina	74
4.5.6 Saponinas	75
4.5.7 Taninos	75
5. <u>RESULTADOS Y DISCUSION</u>	77
6. <u>CONCLUSIONES</u>	95
7. <u>BIBLIOGRAFIA</u>	96

LISTA DE FIGURAS**FIGURA**

- 1 Anoda cristata
- 2 Distribución de Anoda cristata en la República Mexicana
- 3 Crotalaria pumila
- 4 Distribución de Crotalaria pumila en la República Mexicana
- 5 Euphorbia graminea
- 6 Distribución de Euphorbia graminea en la República Mexicana
- 7 Leucaena macrophylla
- 8 Distribución de Leucaena macrophylla en la República Mexicana
- 9 Mapa de localización de la zona de colecta
- 10 Estructura química de la cafeína y la nicotina
- 11 Estructura general de los glucósidos cianogénicos
- 12 Reacción de hidrólisis enzimática de la durrina
- 13 Estructura química de la mimosina, l-tirosina y 3,4 dihidroxifenilalanina
- 14 Estructura química de la esmilagenina y de la chichipegénina
- 15 Estructura química del ácido tánico
- 16 Estructura química de los taninos condensados
- 17 Curva patrón de mimosina
- 18 Curva patrón de taninos

LISTA DE CUADROS

CUADRO	TITULO
1	Valor nutritivo de los quelites más ampliamente consumidos.
2	Valor nutritivo de la espinaca <u>Spinacea oleracea</u>
3	Composición de las diferentes determinaciones del análisis proximal.
4	Resultados del análisis químico proximal de las harinas
5	Resultados de la determinación de las fracciones de fibra de las harinas
6	Resultados del análisis de minerales en las harinas
7	Resultados de la determinación de alcaloides en las harinas
8	Resultados de la determinación de glucósidos cianogénicos en las harinas
9	Resultados de la actividad hemaglutinante en las harinas
10	Resultados de la determinación de inhibido de tripsina en las harinas
11	Resultados de la determinación de mimosina en las harinas
12	Resultados de la determinación de saponinas en las harinas
13	Resultados de la determinación de taninos en las harinas

1. INTRODUCCION

La alimentación es y ha sido siempre uno de los problemas básicos del hombre.

En México, el problema de la desnutrición obedece a varios factores interactuantes entre los que destacan los factores políticos, socioeconómicos y tecnológicos, que afectan a gran parte de la población (Fuentes, 1984).

La población rural, el proletariado urbano y los marginados de las ciudades son los que más padecen de alimentación inadecuada.

La desnutrición afecta especialmente a los grupos vulnerables (niños, adolescentes, mujeres embarazadas y lactantes) debido a que sus requerimientos nutricionales son más altos (Bourges, 1984).

La nutrición determina en forma substancial la calidad de vida, la productividad y la organización social (Fuentes, 1984).

El número de especies vegetales es gigantesco, por tanto el número de alimentos es potencialmente enorme. Felger et al. (1978) calculan que existen 30,000 especies de plantas comestibles en todo el mundo. Biswas y Biswas (1975) suponen que pueden ser incluso hasta 80,000 especies útiles para la alimentación humana. No obstante, el hombre apenas utiliza algunas de estas especies. La tendencia histórica es a concentrarse en un menor número de alimentos produciendo cantidades mayores de cada uno de ellos (Bourges, 1984). Hoy en día, el 90% de la producción agrícola proviene de 26 especies de plantas, varias de ellas además constituyen forrajes o insumos agroindustriales y no alimentos (Caballero, 1984).

El territorio de México es una de las zonas florísticas más ricas del planeta (Rzedowski, 1978). Asimismo, ha sido cuna de complejas civilizaciones desde hace más de 2,000 años. Mesoamérica es reconocida como una de las principales áreas mundiales donde surgió la agricultura (Casas et al., 1987). En la actualidad, los resultados apreciables del largo proceso de interacción hombre-planta son el maíz, el frijol y unas 80 especies de plantas cultivadas o semicultivadas, así como también un amplio conocimiento por parte de la población rural, especialmente la indígena, de las características, propiedades y formas de utilización de unas 5,000 especies de plantas superiores silvestres.

De este número de plantas útiles, se puede suponer que existen alrededor de 1000 especies de uso comestible en forma directa por el hombre. Estas especies pertenecen a 138 familias. La mayor parte de ellas constituyen alimentos en sí, pero también son numerosas las que se utilizan como bebidas, condimentos, colorantes y conservadores. Entre las plantas comestibles, una gran parte proporciona frutos. Otro grupo muy importante de recursos tradicionales con valor potencial, es el que constituyen alrededor de 200 especies de plantas cuyas hojas, tallos tiernos, yemas o flores son consumidos a manera de verduras o quelites (Caballero, 1984).

El problema alimentario en México plantea la urgente necesidad de búsqueda de soluciones. Es por tanto necesario explorar y desarrollar nuevos recursos de origen vegetal para la satisfacción de las necesidades alimenticias del presente y futuro.

Siendo la etnobotánica mexicana una de las más ricas del mundo, este conocimiento debe valorarse en forma adecuada y reconocerse la posibilidad de aprovecharlo en el contexto de la sociedad actual.

Por lo tanto, la búsqueda de alimentos con base en la experiencia tradicional, es cada día más urgente debido a los rápidos procesos de transformación de los ecosistemas naturales que implican la pérdida de germoplasma, así como también el olvido del conocimiento empírico. Sin embargo, todavía es tiempo de aprovechar la riqueza que aún existe para desarrollar alternativas en la solución del problema de la desnutrición (Caballero, 1984).

El presente trabajo queda enmarcado dentro de un proyecto realizado por el Laboratorio de Etnobotánica del Jardín Botánico de la UNAM, cuya finalidad es estudiar los recursos vegetales que la población del Municipio de Alcozauca en el estado de Guerrero, utiliza para satisfacer sus necesidades básicas. Asimismo este proyecto busca reconocer aquellos recursos silvestres y semicultivados que por sus características, valor nutricional y disponibilidad, constituyan recursos significativos que puedan desarrollarse en beneficio de la población.

En esta región se identificaron 143 especies utilizadas como alimento por la población local. De éstas, se eligieron para realizar este trabajo, las especies: Anoda cristata, Crotalaria pumila, Euphorbia graminea y Leucaena macrophylla; esta selección se hizo en virtud de su alto valor potencial, tomando en cuenta su frecuencia de consumo entre la población, los antecedentes que sobre su valor nutricional se tenían, su amplia distribución en la región y en el país, y su alta gustabilidad y aceptación por parte de la población. Estas plantas forman una parte muy importante de la economía familiar, generalmente son incorporadas a la dieta como alimentos complementarios aunque en ocasiones llegan a constituir el plato fuerte de la comida tradicional.

Estas plantas constituyen un importante alimento potencial, no solamente para el hombre sino también para el ganado. Recientemente, se han realizado trabajos en el campo de la acuacultura tendientes a introducir la harina de las especies Anoda cristata y Crotalaria pumila como alimento para peces.

Además de su potencial valor alimenticio y su frecuencia de consumo entre la población, algunas de estas especies pueden ser utilizadas como abono verde y para la reforestación. Algunas de ellas también poseen valor comercial en los mercados locales.

Por estas razones, los pobladores locales ya no sólo recolectan estas plantas en el campo sino que las toleran y protegen cada vez con mayor intensidad, cuando aparecen en otros campos de cultivo. Algunas de estas plantas se dispersan en los campos de cultivo y en ocasiones llegan a cultivarse con riego como cualquier hortaliza, especialmente en la época seca.

De todo esto se desprende la importancia de estudiar estas plantas con el fin de tener un mayor conocimiento sobre su valor nutritivo, así como de los factores que pudieran limitar su aprovechamiento en la alimentación humana y animal.

2. OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es determinar la composición nutricional y toxicológica de los quelites: Anoda cristata, Crotalaria pumila, Euphorbia graminea y Leucaena macrophylla.

3. ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS

3.1 GENERALIDADES SOBRE LOS QUELITES

Quelite es un término usado en México para referirse a plantas herbáceas o arbustivas comestibles, cuyas hojas se consumen. En algunos casos los quelites pueden incluir también, flores, inflorescencias, tallos tiernos y brotes (Bye, 1981).

El término quelite, proviene del náhuatl "quilitl", que significa verdura, hortaliza o legumbre (Urbina, 1903).

Los quelites pueden consumirse crudos o hervidos, frescos durante la estación de lluvias o secos durante el estío (Bye, 1981).

Se tiene conocimiento del consumo de quelites desde épocas prehispánicas (Vargas, 1984). Las fuentes históricas demuestran que cerca de 164 plantas eran designadas como quelites en el México prehispánico (Bye, 1984).

Sahagún, en su Historia General de las Cosas de la Nueva España, menciona a un gran número de quelites y los divide en yerbas que se comen crudas y yerbas que se comen cocidas. En la obra de Hernández también se describen numerosas plantas utilizadas como quelites (Urbina, 1903).

Los indígenas dividieron a los vegetales en dos grupos: uno que lleva la terminación "quilitl" para las plantas inocentes y comestibles, y otra con la terminación "patli" para las venenosas y medicinales; un tercer grupo indicaría las indiferentes o que tienen otra aplicación, con la terminación "xihuitl". Además tenían la capacidad de escoger de una planta venenosa las partes tiernas o jóvenes en las cuales aún no se formaban las sustancias peligrosas, aprovechándolas entonces como alimento y desechando las que, llegando a su madurez, ofrecían un carácter peligroso o encerraban ya venenos más activos. También distinguían una planta que podía ser comestible cruda o que había necesidad de cocerla o hervirla para destruir el principio venenoso (Urbina, 1903).

Biológicamente, estas plantas son malezas evolutiva y ecológicamente adaptadas a sobrevivir en habitats perturbados por la actividad humana. Se les encuentra en tierras devastadas por la acción de fuego, inundaciones,

sequías, desforestaciones, etc.; o bien se encuentran adaptadas más específicamente a las situaciones normales creadas por las actividades del hombre; así se les encuentra asociadas a campos de cultivo (Bye, 1981).

Dependiendo del grado de interacción hombre-planta, los quelites pueden considerarse: a) silvestres, si forman parte de la vegetación primaria y secundaria y son extraídos por el hombre directamente de la naturaleza sin afectar su estructura; b) fomentados, cuando se implementan acciones tendientes a favorecer la dispersión o crecimiento para aumentar su disponibilidad; c) tolerados, si se les protege durante el desmonte y d) francamente cultivados (Viveros y Casas, 1985).

Existen alrededor de 200 especies de plantas consumidas a manera de verduras o quelites (Caballero, 1984). La mayoría de los quelites son plantas anuales y sólo unas cuantas especies son perennes (Bye, 1981).

Sobre la productividad de los quelites, se cuenta únicamente con datos preliminares que indican que en los campos de cultivo de maíz, 100 g de retoños comestibles del quelite Amaranthus retroflexus pueden ser cosechados en Mayo y principios de Junio a partir de una parcela de 1 a 4 m². La regeneración de otros 100 g de retoños comestibles puede ocurrir en este período en aproximadamente una semana (Bye, 1981).

En cuanto al valor nutricional, los quelites representan una fuente importante de calcio, vitamina A, vitamina C, tiamina y riboflavina (Bye, 1984). Además, pueden proporcionar grandes cantidades de fibra, que puede necesitarse o no, dependiendo de otros componentes de la dieta. En contraste, son fuentes pobres de carbohidratos y grasas (Martin et al, 1977); a pesar de que los quelites no contienen porcentajes importantes de proteína, esta generalmente es de alto valor biológico (Mottram, 1979).

En el cuadro 1 se presentan datos sobre el valor nutritivo de los quelites más ampliamente consumidos, y con el fin de contar con un punto de comparación, en el cuadro 2 se presentan los resultados de la determinación de los componentes nutricionales de la espinaca Spinacea oleracea.

Los quelites más importantes incluyen especies de Portulaca, Calandrinia, Chenopodium, Amaranthus, Malva, Anoda, Rumex, Brassica, Rorippa, Berula, Hydrocotyle y Porophyllum (Bye, 1984).

C U A D R O 1

VALOR NUTRITIVO DE LOS QUELITES MAS AMPLIAMENTE CONSUMIDOS
(Cravetto, 1951 y Souza-Nevalc, 1950)

	HUMEDAD %	CENIZAS %	EXTRACTO ETEREO %	PROTEINA %	FIBRA CRUDA %	E.L.N. %	Ca	P	Fe	C	Tiamina	Riboflavina	Niacina	Ac. ascórbico
Quelite <i>Amaranthus</i> <i>chiorostachys</i>	85.7	3.9	0.54	3.56	1.16	5.14	158	85	7.8	3.65	0.03	0.17	1.16	15.3
Quelite <i>Amaranthus hybridus</i>	76.6	1.8	1.46	2.06	1.93	16.15	343	50	6.24	2.58	0.07	0.16	0.58	45.1
Hediondilla <i>Chenopodium album</i>	88.0	3.2	---	2.12	---	---	160	42	13.8	4.33	0.08	0.19	0.3	--
Quelite cenizo <i>Chenopodium mexicanum</i>	86.06	3.7	0.42	4.78	1.04	4.0	150	58	3.57	5.85	0.15	0.19	0.85	40.1
Papaloquelite <i>Porophyllum</i> <i>sagetoides</i>	93.2	0.9	0.33	1.75	0.93	2.89	361	31	2.35	1.16	0.08	0.2	0.31	18.8
Lengua de vaca <i>Rumex crispus</i>	92.0	1.2	0.29	1.87	0.93	3.51	65	43	4.83	2.23	0.03	0.04	0.56	29.8

* Contenido de minerales y vitaminas en mg/100 g.

C U A D R O 2

VALOR NUTRITIVO DE LA ESPINACA Spinacea oleracea (base seca)
(Gupta, 1988)

CENIZAS %	EXTRACTO ETEREO %	PROTEINA %	FIBRA CRUDA %	Fe	Zn	Mg	Ca	P
26.16	1.17	21.59	9.61	35	4.25	770	870	740

* Contenido de minerales en mg/100 g.

Sobre los hábitos de consumo de los quelites en distintas regiones del país, se sabe por ejemplo, que los tarahumaras emplean más de 120 especies de quelites. La mayoría de estas plantas son consumidas en la forma de hojas inmaduras y tallos. De estas 120 especies comestibles, 10 son consistentemente consumidas en las sierras y todas ellas se encuentran en comunidades antropogénicas (Bye, 1981).

Dentro de la alimentación mixteca, los quelites complementan en forma importante la dieta a lo largo del año, e incluso pueden constituir elementos básicos de la alimentación durante periodos más o menos prolongados. Se comen hervidos, fritos o asados, aunque también se consumen crudos; en todos los casos, se acompañan de sal, chile, cebolla y limón. A menudo se cocinan junto con carne de res, cerdo, chivo o pollo (Viveros y Casas, 1985).

Estudios etnobotánicos realizados en la Sierra Norte de Puebla demuestran que, al igual que en el Istmo de Tehuantepec, las hojas consumidas a manera de quelites tienen gran importancia en la alimentación, reportando un total de 21 quelites (Caballero, 1984).

En la península de Yucatán no se observa la presencia de plantas empleadas como quelites. Hasta ahora sólo puede suponerse que la base de este hecho sea de tipo histórico y cultural, aunque también podría tener influencia el que dichos recursos estén menos disponibles en comparación con otras zonas del país (Arellano et al., 1984).

El consumo de este tipo de productos en Tabasco es también interesante, puesto que los quelites como tales tampoco son consumidos. Sin embargo, su papel es muy importante ya que se usan como condimentos en distintos platillos como tamales o caldos, o bien mezclados y molidos junto con otras plantas para la elaboración de lo que se conoce como verdes (Arellano et al., 1984).

Como se puede observar, los quelites constituyen una parte importante de la dieta de muchas comunidades indígenas. Sin embargo, muchos usos de los quelites han desaparecido como una consecuencia del sentir de aquellos que menosprecian las costumbres locales (Martin et al., 1977). Pero pese a la presión cultural negativa algunos quelites se encuentran aún disponibles en muchos mercados.

3.2 CARACTERISTICAS DE LAS PLANTAS EN ESTUDIO

3.2.1 Anoda cristata (L) Schl.

Nombres comunes

Aguatosa, Oaxaca; Alachi, Halache o Helanche, Puebla; Amapolita morada, Violeta, Violeta de campo; Pax'tamac, en lengua totonaca, Veracruz; Tsayaltsay o Tsayaltzai en lengua maya, Yucatán; Alache o Yiwa tio, Guerrero; Altea (Martínez, 1979).

Clasificación

Subdivisión	Angiospermae
Clase	Dicotyledoneae
Orden	Malvales
Familia	Malvaceae
Género	<u>Anoda</u>
Especie	<u>Anoda cristata</u> (L) Schl. (Sánchez, 1979).

Descripción botánica

Hierba o subarbusto erecto, decumbente o rastrero, hasta de 1 m de alto, anual. Tallos muchas veces hirsutos. Hojas variables: ovadas, lanceoladas, hastadas o algunas veces 3 a 7 - palmatilobadas, de 2 a 9 cm de longitud, verdes y a menudo con una mancha purpúrea irregular a lo largo del nervio central. Flores sobre pedúnculos largos, axilares; cáliz de 5 a 10 mm de longitud en flor, acrecente en fruto hasta 20 mm; pétalos de 8 a 26 mm de longitud, lilas o moradas, raras veces blancas. Frutos pubescentes, de 8 a 15 mm de diámetro, de 3 a 5 veces más anchos que altos, con espinas radiales de 1.5 a 4 mm de longitud. Semillas solitarias, con o sin endocarpio reticulado envolvente (Fryxell, 1985). Ver figura 1.

Distribución

Del Sudoeste de los Estados Unidos (Arizona y Texas), hasta Sudamérica (Bolivia) (Standley y Styermark, 1946). Muy común en todo el país (Datos obtenidos del Herbario Nacional). Ver figura 2.

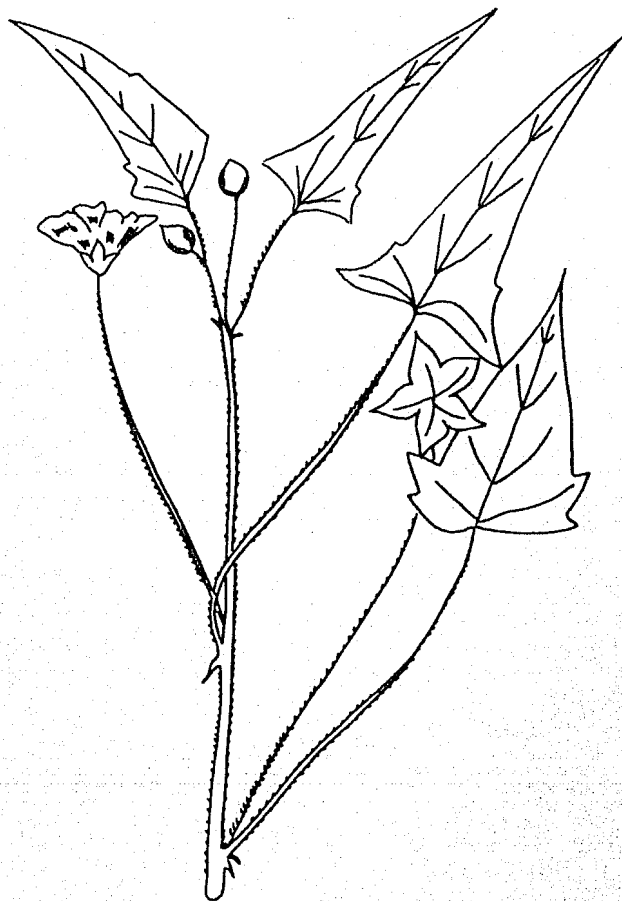


Figura 1. Anoda cristata (Sánchez, 1979)



Figura 2. Distribución de Anoda cristata en la República Mexicana

Habitat

Es una maleza frecuentemente encontrada en los campos de cultivo de maíz y otras tierras de cultivo, en campos húmedos o secos, o bien en matorrales. Se le puede encontrar en campos agotados, cerca de casas o a lo largo de caminos. Ascendiendo desde el nivel del mar hasta cerca de 2,000 msnm (Standley y Steyermark, 1946). Se le halla en suelos pedregosos, casi negros o arenosos (Datos obtenidos del Herbario Nacional).

Floración

De finales de Septiembre a principios de Noviembre (Viveros y Casas, 1985).

Fructificación

De finales de Octubre a principios de Diciembre (Viveros y Casas, 1985).

Usos

Las hojas y tallos tiernos que se encuentran disponibles de Junio a Octubre, se comen guisados o en caldo. En algunos estados de la República la flor en infusión es utilizada para curar la congestión y la fiebre. En otras regiones tiene un uso forrajero (Datos obtenidos del Herbario Nacional).

Composición química (harinas)

Humedad 82.2 %; Proteína 30.94 %; Grasa 5.8 %; Fibra 9.12 %; Cenizas 12.97 %; Carbohidratos 41.17 % (Viveros y Casas, 1985).

3.2.2 Crotalaria pumila Ort.

Nombres comunes

Chipil, Chipul-max, Hierba del cuervo, Guanajuato; Sonadora, Durango; Tronadora, Yucatán; Chipile o Yiwa bishi, Guerrero (Martínez, 1979).

Clasificación

Subdivisión	Angiospermae
Clase	Dicotyledoneae
Orden	Rosales
Familia	Leguminosae
Subfamilia	Papilionoideae
Género	<u>Crotalaria</u>
Especie	<u>Crotalaria pumila</u> Ort. (Sánchez, 1979).

Descripción botánica

Planta anual, erguida, de 30 a 50 cm de altura; tallo ramificado, algo estrigoso, a simple vista parece glabro; estípulas diminutas o ausentes. Hojas trifoliadas, el peciolo delgado, generalmente de la mitad del largo del foliolo terminal; folíolos obovados u obovado-oblongos, delgados, de 1 a 2 cm de largo por 2 a 8 mm de ancho, ápice redondeado, borde entero, base cuneada, haz glabro, envés estrigoso. Flores dispuestas en racimos, estos de pocas flores que miden 1 cm de largo; pedicelos cortos; cáliz estrigoso con lóbulos más largos que el tubo; corola amarilla con el estandarte listado de rojo. Legumbre inflada oblonga, de 15 mm de largo por 8 mm de diámetro, con el apéndice redondeado y mucronado, glabra o estrigosa. Semillas de 3 mm de largo por 2 mm de ancho, de color café - amarillento (Espinoza, 1979). Ver figura 3.

Distribución

Se le encuentra desde el Sur de los Estados Unidos, hasta Sudamérica (Standley y Styermark, 1946). En México se encuentra ampliamente distribuida (Datos obtenidos del Herbario Nacional). Ver figura 4.

Habitat

Se le encuentra en bosques abiertos de pino y encino o en pendientes rocosas abiertas; es frecuente en campos cultivados o en bancos de arena. De 200 a 2,300 msnm (Standley y Styermark, 1946).

Floración

De Septiembre a Noviembre (Viveros y Casas, 1985).

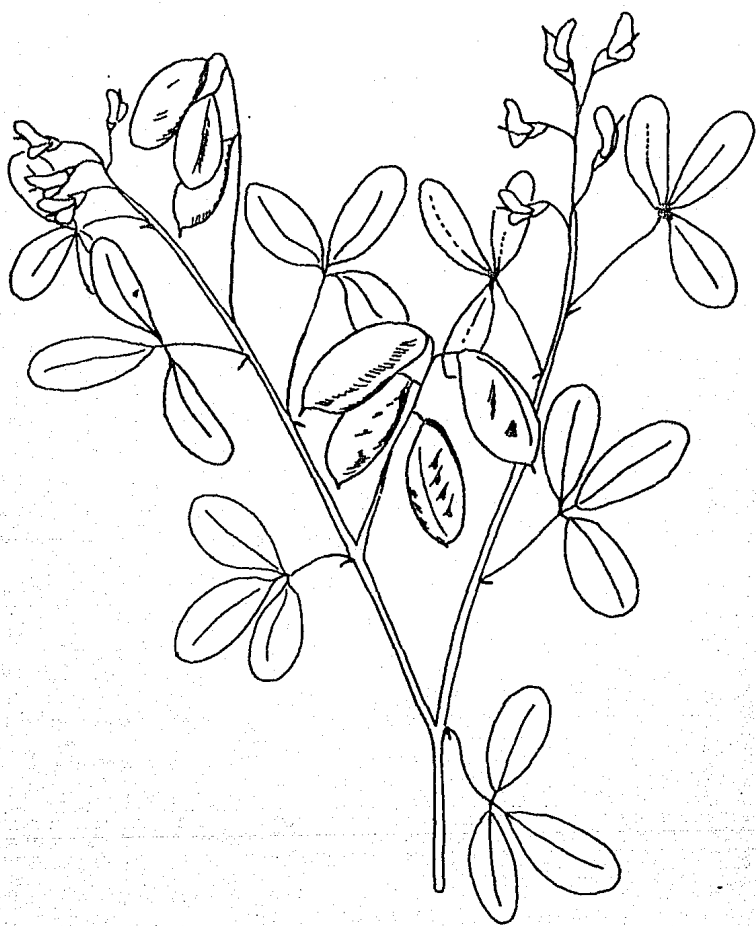


Figura 3. Crotalaria pumila (Sánchez, 1979)



Figura 4. Distribución de Crotalaria pumila en la República Mexicana

Fructificación

De Octubre a Noviembre (Viveros y Casas, 1985).

Usos

Esta planta es aprovechable como abono verde debido a su capacidad para fijar nitrógeno del suelo. En algunas regiones se come cocida al vapor o en sopa. También se le utiliza como forraje (Datos obtenidos del Herbario Nacional). Las hojas y tallos tiernos se encuentran disponibles de Junio a Noviembre (Viveros y Casas, 1985).

3.2.3 Euphorbia graminea Jacq.

Nombres comunes

Onob-Kax en lengua maya, Yucatán; Fraile o Yiwa shusha, mixteco, Guerrero (Martínez, 1979).

Clasificación

Subdivisión	Angiospermae
Clase	Dicotyledoneae
Orden	Geraniales
Familia	Euphorbiaceae
Género	<u>Euphorbia</u>
Especie	<u>Euphorbia graminea</u> Jacq. (Sánchez, 1979).

Descripción botánica

Hierba anual, rastrera, ascendente o erecta, de (4) 10 a 50 cm (1 m) de alto, pilosa (con pelos rectos o crespos de color verde claro, pero sobre todo en las porciones tiernas, con tendencia al color morado) o glabrada; tallos delgados, dicótomos. Hojas alternas en la parte inferior, opuestas en la superior, estípulas diminutas, pecioladas filiformes de 0.3 a 3 cm. de largo, laminas de forma variable, por lo común ancha a estrechamente ovadas, pero a veces oblongas a lanceoladas, de 0.5 a 3 cm. de largo por 0.3 a 2.5 cm de ancho, ápice agudo u obtuso, borde casi siempre entero, muy rara vez aserrado, base cuneada a redondeada, de textura delgada, color verde claro a veces más pálido por el envés.

Ciatios terminales o en las bifurcaciones de las ramas, solitarios o por pares sobre pedicelos de 0.2 a 1.5 cm de largo, involucros acampanados, de 1 mm de largo, por lo general pilosos, glándulas 4 o 5, con apéndices petaloideos, enteros, obovados, blanquecinos o en ocasiones algo morados. Cápsula trilobada, glabra, de 1.5 a 2 mm de alto, estilos más bien largos y delgados, bifidos a veces casi desde la base. Semillas ovoides, rollizas, truncadas en la base, amarillentas o cafés, con tubérculos dispuestos en hileras entrecruzadas a modo de cuadrícula y en el centro de cada cuadro existe una especie de orificio, carúncula ausente o diminuta (Calderón, 1985). Ver figura 5.

Distribución

Las especies del género Euphorbia se encuentran ampliamente distribuidas en regiones templadas y tropicales, pero son más numerosas en los trópicos. Euphorbia graminea se encuentra desde el Sur de México hasta el norte de Sudamérica (Standley y Styermark, 1946). Ver figura 6.

Habitat

Se le encuentra en matorrales húmedos o secos y hasta en bosques abiertos. Es frecuente en bosques de pino-encino. Es una maleza común en campos cultivados. Se le encuentra aproximadamente a los 2,300 msnm o menos (Standley y Styermark, 1946).

Floración

De Septiembre a Noviembre (Viveros y Casas, 1989).

Fructificación

De Octubre a Noviembre (Viveros y Casas, 1985).

Usos

Es comestible en crudo como recaudo. En ocasiones también es utilizada como forraje (Datos obtenidos del Herbario Nacional). Las hojas y tallos se encuentran disponibles de Septiembre a principios de Noviembre (Viveros y Casas, 1985).



Figura 5. Euphorbia graminea (Sánchez, 1979)

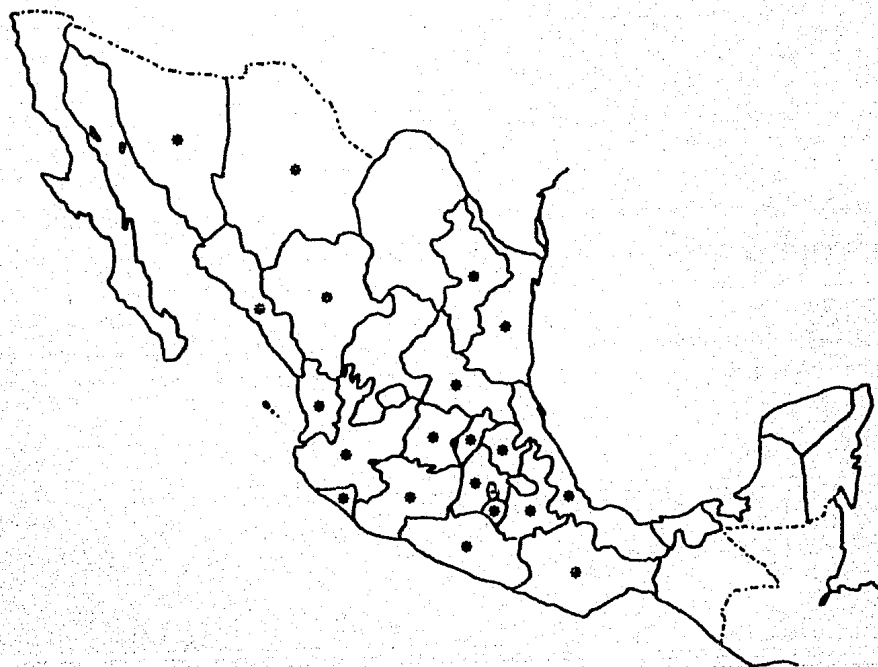


Figura 6. Distribución de *Euphorbia graminea* en la República Mexicana

Composición química (harinas)

Humedad 84.8 %; Proteína 20.97 %; Grasa 5.72 %; Fibra 15.14 %; Cenizas 14.26 %; Carbohidratos 43.91 % (Viveros y Casas, 1985). Existen datos de la presencia de un latex blanco (Datos obtenidos del Herbario Nacional).

3.2.4 Leucaena macrophylla Benth.

Nombres comunes

Guaje blanco, Morelos; Guaje de venado, Oaxaca; Guajillo, Zacaguaje, Guaje de caballo, Nduva cuallo, Guerrero (Martínez, 1979).

Clasificación

Subdivisión	Angiospermae
Clase	Dicotyledoneae
Orden	Rosales
Familia	Leguminosae
Subfamilia	Mimosoideae
Género	<u>Leucaena</u>
Especie	<u>Leucaena macrophylla</u> subsp. <u>macrophylla</u> Benth. (Zárate, 1982).

Descripción botánica

Arboles o arbustos perennes de 3 a 10 m de altura, rara vez completamente glabros, usualmente con pelos cortos rígidos sobre las venas foliares y los pulvinulos. Las ramas y el follaje densamente pubescente en algunas poblaciones. Hojas hasta de 30 cm de largo; pinas de 1 a 3 pares (frecuentemente 2); foliolos de 2 a 4 pares (usualmente 2 ó 3), elípticos-ovados o lanceolados, usualmente agudos y apiculados. Nectario peciolar aplanado o convexo, algunas veces pobremente desarrollado, usualmente abajo de la unión de las pinas más bajas. Estípulas triangulares, aplanadas, caedizas. Flores blancas, las cabezuelas de 8 a 13 mm de diámetro, sobre fuertes pedúnculos de 6 a 12 mm de largo (hasta 2 cm de largo en el fruto), fasciculadas en los nudos de las ramas paniculadas, de 10 a 30 cm de largo.

Corola de 2.5 a 3 mm de largo, casi un tercio más largo que el cáliz tubular. Fruto ampliamente linear aplanado, de entre 8 a 15 semillas, glabro (aparentemente inclusive en plantas con follaje pubescente); el ápice abruptamente puntiagudo; estípita de 5 a 12 mm de largo. Semillas cafés comprimidas, de forma ovoide a oblonga de 6 a 7 mm de largo (Mc Vaugh, 1987). Ver figura 7.

Distribución

Se le ha encontrado en los estados de Baja California, Colima, Chihuahua, Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Sinaloa y Veracruz (Zarate, 1982). Ver figura 8.

Habitat

Se le encuentra entre 500 y 1900 msnm (Pérez-Guerrero, 1979). Es frecuente en los bosques de pino-encino. En ocasiones se le encuentra asociada a la selva baja caducifolia. Se presenta en suelos no alcalinos derivados de rocas ígneas metamórficas (Datos obtenidos del Herbario Nacional).

Floración

De Noviembre a Diciembre (Viveros y Casas, 1985).

Fructificación

De Diciembre a Febrero (Viveros y Casas, 1985).

Usos

La Leucaena puede ser utilizada en programas de control de la erosión, de recuperación de terrenos agrícolas, de conservación de suelos y agua y de reforestación. Otros ejemplos de la diversidad de usos que puede darsele a productos de la Leucaena son: a) la producción de madera y derivados; b) la extracción de colorantes para la industria textil; c) como fuente de taninos en curtiduría; d) como sucedaneo del café; e) en la industria farmacéutica y f) como materia prima en la manufactura de artesanías.

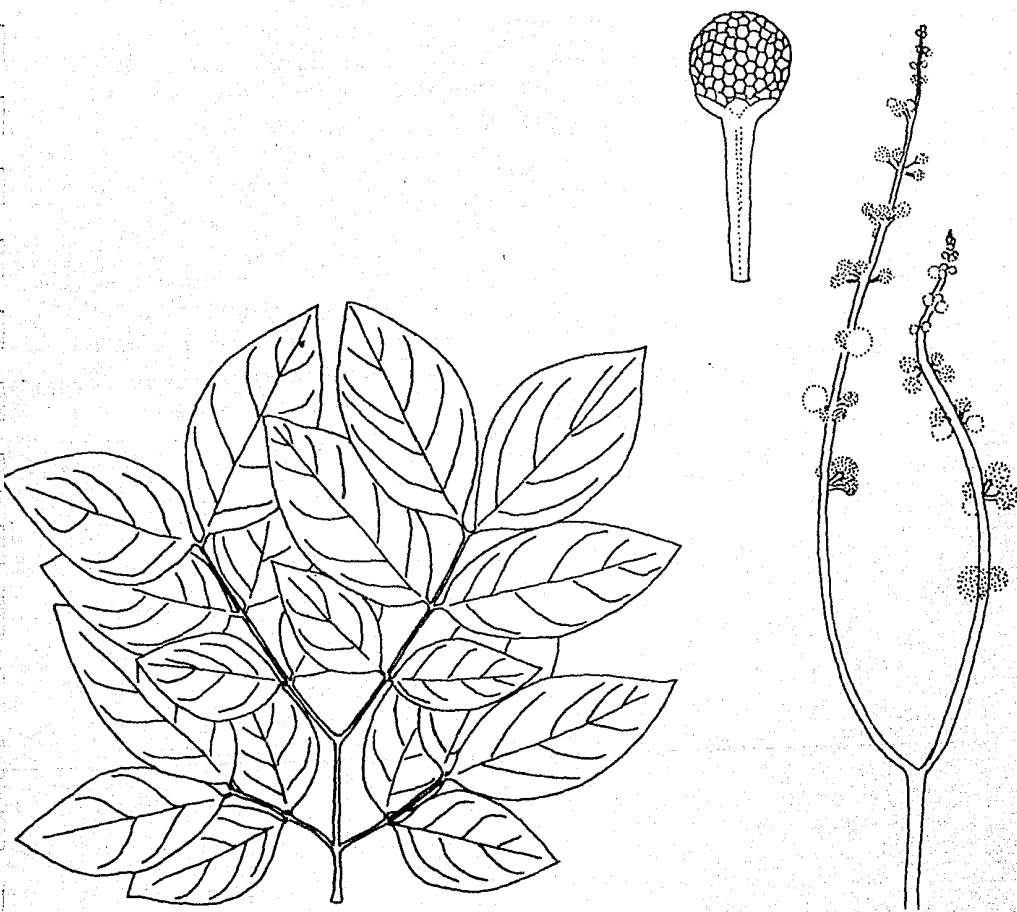


Figura 7. Leucaena macrophylla (Mc Vaugh, 1987)



Figura 8. Distribución de Leucaena macrophylla en la República Mexicana

En la actualidad, su uso principal está enfocado a la nutrición animal debido a su rico contenido en proteínas, vitaminas y minerales. En lo que a la alimentación humana se refiere se sabe que en algunas regiones las semillas inmaduras se secan y se comen crudas, o se muelen como sustituto del café. En otros lugares, las semillas inmaduras se comen guisadas con carne de cerdo. Las semillas maduras también se comen tostadas. Los pimpollos foliosos tiernos se comen crudos o cocidos y las flores se comen algunas veces con arroz (Pérez-Guerrero, 1979). Las hojas y tallos tiernos de esta planta se encuentran disponibles de Mayo a Diciembre, las semillas en Enero y Febrero (Viveros y Casas, 1985).

Composición química

Existen numerosos trabajos sobre el valor nutricional tanto de las hojas como de las semillas de Leucaena leucocephala y L. esculenta. Sin embargo, sobre la especie en estudio existen muy pocos datos.

Caballero (1984) reporta los siguientes datos para las hojas de la especie Leucaena leucocephala: Humedad desconocida; Proteína 14.2%; Grasa 3.9%; Fibra 0.88%; Cenizas 7.3%; Carbohidratos 74.7%.

Se sabe que la calidad nutritiva de la proteína de L. leucocephala es muy alta, ya que los aminoácidos están presentes en proporciones bien balanceadas (Meulen et al, 1979).

Por otro lado, se ha reportado de 227 a 248 mg/Kg de carotenos y de 741 a 766 mg/Kg de pigmentos xantofílicos que son valiosos en la alimentación de aves. Estos pigmentos colorean la yema de los huevos y la piel de los pollos y se ha observado que la fuerza de pigmentación de la harina de las hojas de Leucaena es mayor que la de la alfalfa (Meulen et al., 1979).

En un estudio sobre la digestibilidad de Leucaena en conejos, se encontró que no existen diferencias estadísticamente significativas entre la Leucaena y la alfalfa, aunque se observó una menor palatabilidad en el caso de la Leucaena (Harris y Cheeke, 1981).

Toxicología

Las hojas de Leucaena contienen suficientes taninos para precipitar las proteínas; sin embargo, existe también un número de polifenoles más simples, principalmente glucósidos flavonoides. Otros trabajos indican que las semillas y hojas de Leucaena leucocephala contienen hemaglutininas (Meulen et al., 1979).

Lyon y Kohler (1981) reportan la presencia de una goma en las hojas de Leucaena leucocephala. Pérez-Guerrero (1979) indica que las semillas de Leucaena contienen cantidades relativamente altas de la goma denominada galactomina, la cual es altamente viscosa y puede ser usada como agente espesante y como emulsión estabilizadora a muy bajas concentraciones.

Brewbaker y Kaye (1981) reportan un contenido de entre 3.51 y 4.06 % de mimosina en base seca para L. macrophylla.

3.3 DESCRIPCION DE LA ZONA DE COLECTA

La zona de colecta de las plantas fue el municipio de Alcozauca, en el estado de Guerrero. Ver figura 9.

Geográficamente, el municipio de Alcozauca se localiza entre los paralelos $17^{\circ} 15'$ y $17^{\circ} 30'$ de latitud norte y los meridianos $98^{\circ} 30'$ y $98^{\circ} 19'$ de longitud oeste. Ocupa una superficie aproximada de 550 Km^2 a una altura entre los 1200 y los 3000 msnm. Limita al norte con el municipio de Tlalixtaquilla, al noroeste con el de Tlapa, al sur con el municipio de Metlatonoc, al este con el estado de Oaxaca, al oeste con el municipio de Xalpatlahuac y al suroeste con Atlamajalcingo (Viveros y Casas, 1985).

La **fisiografía** de este lugar se caracteriza por la presencia de un complejo sistema montañoso, ya que en esta zona se unen la Sierra Madre del Sur y la Sierra Mixteca. La mayor parte de los terrenos son sumamente escarpados predominando las pendientes fuertes y estrechos valles intermontañosos. También se encuentran algunos "escalones" o "terrazas" naturales en las laderas de los cerros, o depresiones de acumulación o "joyas" (Casas et al., 1987).

En cuanto a la **Hidrografía**, el Municipio de Alcozauca cuenta con multitud de barrancas y cañadas por donde corren arroyos y corrientes intermitentes que alimentan a los ríos Igualita y Alcozauca - Tlalixtaquilla. Estos dos ríos se unen en el Municipio de Tlapa y alimentan al río Tlapaneco, el cual a su vez, se une al río Mixteco para formar el río Mezcala que desemboca en la cuenca del Balsas (Viveros y Casas, 1985).

El **clima** de la estación meteorológica de Alcozauca, de acuerdo con García (1981), es de tipo (A)Cw (w)a (i')g, que corresponde al semicálido subhúmedo del grupo de los templados, con lluvias en verano y el mes más caliente en esta estación. Las temperaturas mensuales oscilan poco, con una temperatura media anual de 20.4°C , no existiendo heladas. El promedio de precipitación anual es de 846.3 mm , con una época de sequía muy marcada entre los meses de noviembre y abril, y una época de lluvias de mayo a octubre. En la carta climática de DEGETENAL, escala 1: 500 000, se registran tres climas para el municipio: el A (C) w, semicálido subhúmedo, el más seco de los semicálidos, ubicado al norte del municipio; el (A) Cw, cálido subhúmedo, del grupo de los templados, presente en la parte central; y el C(w), el más húmedo de los templados subhúmedos, localizado en la porción sur de Alcozauca (Casas et al., 1987).

Los suelos del municipio pueden clasificarse en tres grandes grupos: suelos aluviales, coluviales y eluviales (Viveros y Casas, 1985).

La diversidad geomorfológica, la amplitud del rango altitudinal, la variación climática, así como la del sustrato litológico se expresan en una enorme diversidad vegetal. En términos florísticos pueden estimarse en 800 el número de especies de plantas que existen en una considerable variedad de asociaciones vegetales. Los principales tipos de vegetación, siguiendo el gradiente altitudinal son: Bosque Tropical Caducifolio (BTC), en las porciones más secas y calientes; Bosque de Quercus (BQ), el más extendido; Bosque de Pinus-Quercus (BP-Q); Bosque de Pinus (BP) y Bosque de Abies (BA), en las porciones templadas y más húmedas (Viveros y Casas, 1985).

De acuerdo con el censo de 1980, el municipio de Alcozauca contaba con 11, 765 habitantes. El 92% de la población es indígena; de ellos 96% son mixtecos y el 4% son nahuas y tlapanecos. La población mestiza es de aproximadamente el 8% (Viveros y Casas, 1985).

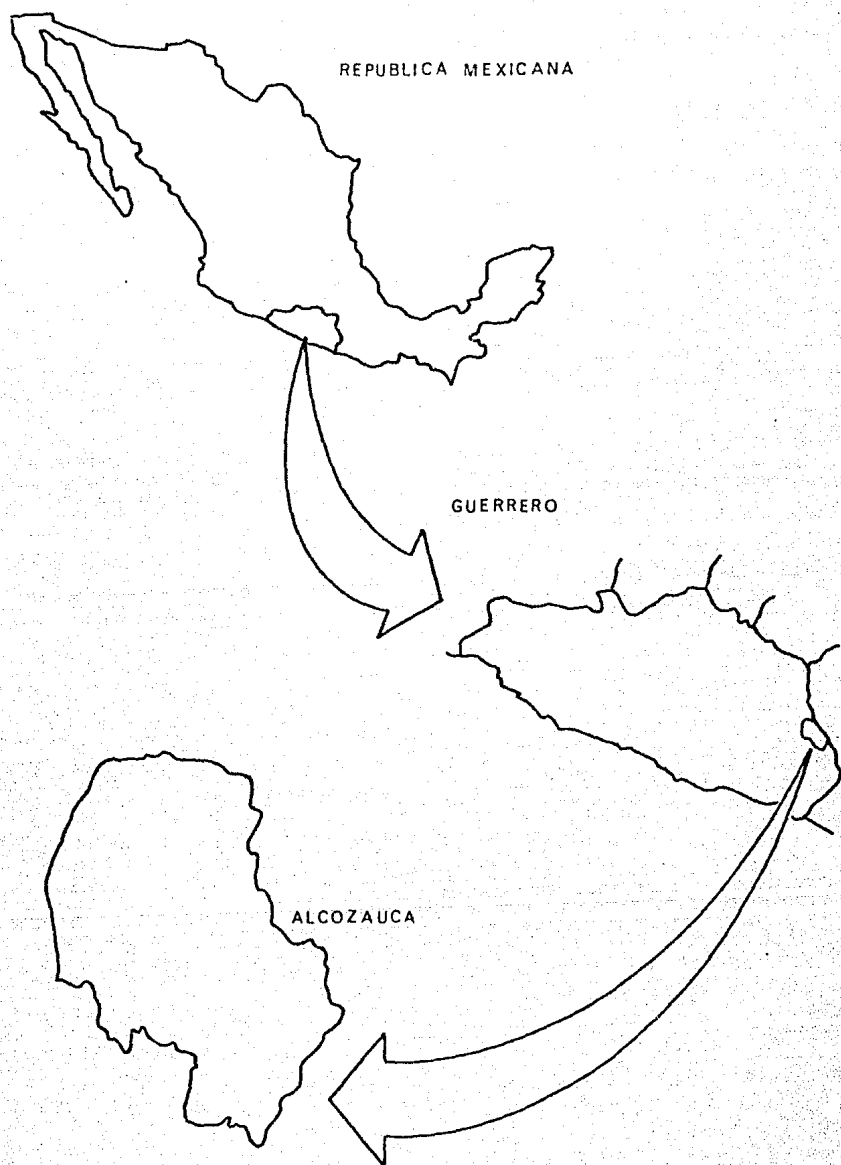


Figura 9. Mapa de localización de la zona de colecta

3.4 ELEMENTOS ESENCIALES DE LA ALIMENTACION

Para el desarrollo normal de todas las funciones fisiológicas, el organismo humano y animal precisa del aporte regular de unos 40 componentes nutricios distintos entre los que se encuentran los macronutrientes (carbohidratos, lípidos y proteínas), aminoácidos esenciales, vitaminas, ácidos grasos esenciales y elementos minerales (Roche, 1972).

Se puede incluir también a la **fibra**, que consiste en su mayor parte de celulosa y otros polímeros de origen vegetal que forman las paredes celulares. Aunque no desempeña un papel metabólico y el hombre no es capaz de digerirla, constituye un elemento importante en la alimentación.

El **agua**, aunque no es un elemento nutricio en sentido estricto, es esencial, pues provee un medio para la transportación de los elementos nutricios, las reacciones químicas del metabolismo, la transferencia de energía química y la regulación de la temperatura, además de cumplir con muchas otras funciones vitales en el organismo (Lehninger, 1982).

3.4.1 Macronutrientes

Carbohidratos

Los carbohidratos son los elementos nutricios más abundantes y la fuente principal de energía biológica al oxidarse en los tejidos (Lehninger, 1982).

Sintetizados por las plantas a partir de CO_2 y agua, y utilizando la energía solar, los carbohidratos se encuentran en todas las partes de la planta (Hamilton y Whitney, 1980).

Los carbohidratos están constituidos por C, H y O en proporción 1:2:1. Su fórmula general es $(\text{CH}_2\text{O})_n$, en donde $n \geq 3$. Algunos contienen nitrógeno o azufre, o bien la proporción entre el C, el H y el O no es exactamente 1:2:1.

Existen diversas clasificaciones basadas en diferentes criterios, pero en general se dividen en 3 clases:

a) monosacáridos b) oligosacáridos c) polisacáridos

Los monosacáridos son los más sencillos e incluyen por ejemplo la ribosa, glucosa, galactosa y fructosa.

El esqueleto de los monosacáridos es una cadena carbonada sencilla, con los carbonos unidos por enlace simple y que no posee ramificaciones. Uno de los átomos de carbono está unido por enlace doble a un átomo de oxígeno para formar un grupo carbonilo; cada uno de los demás átomos de carbono poseen un grupo hidroxilo. Si el grupo carbonilo se halla al extremo de la cadena carbonada, el monosacárido es un aldehído y se llama aldosa; si el grupo carbonilo se halla en cualquier otra posición el monosacárido es una cetona y se llama cetosa. Los monosacáridos se subdividen en triosas, tetrasas, pentosas, hexosas y heptosas dependiendo del número de átomos de carbono.

Los oligosacáridos son cadenas de entre 2 y 10 monosacáridos ya sean estos de un solo tipo o de varios. Entre estos se encuentran la sacarosa, lactosa, maltosa y rafinosa.

Los polisacáridos son polímeros de monosacáridos que pueden ser de una sola clase o de varias. Entre ellos están el almidón, el glucógeno y la celulosa.

Los monosacáridos participan en los tres tipos de funciones que puede tener un nutrimento en el organismo: a) como fuente de energía, b) como parte de la estructura celular y c) como componentes de moléculas que participan en el control metabólico (Bourges, 1982).

Lípidos

Los lípidos son sustancias de origen biológico, insolubles en agua pero solubles en solventes no polares como el éter, cloroformo, benceno, acetona y otros similares. Incluyen las siguientes clases:

- | | | |
|--------------------------|-----------------|----------------|
| - ácidos grasos | - glicéridos | - fosfolípidos |
| - glicolípidos | - lipoproteínas | - esteroides |
| - vitaminas liposolubles | | |

Los ácidos grasos son los lípidos más simples y contienen de 2 a 26 átomos de carbono; se les puede dividir en insaturados y saturados, según tengan o no dobles ligaduras. Los ácidos grasos se unen al glicerol formando glicéridos ya sea mono, di, o triglicéridos según se incluyan uno, dos o tres ácidos grasos.

Cuando los triglicéridos contienen ácidos grasos saturados o de cadena larga, son sólidos a temperatura ambiente y reciben el nombre de grasas. Los triglicéridos que contienen ácidos grasos cortos o insaturados son líquidos a temperatura ambiente y se les denomina aceites.

Su función más importante es la de aportar energía al organismo. La oxidación de 1 g de ácidos grasos libera alrededor de 9 Kcal. Esta cualidad hace que los ácidos grasos sean la fuente concentrada de energía y la forma preferida de almacenamiento en el organismo. Por otro lado son la fuente de ácidos grasos esenciales.

Los fosfolípidos son lípidos complejos que incluyen ácido fosfórico, colina y otras sustancias. Los más comunes son las lecitinas y cefalinas. Su función es importante, ya que asociados a proteínas forman la membrana celular. En la dieta representan una fracción mínima y no se utilizan con fines energéticos.

Los glicolípidos y las lipoproteínas son combinaciones de lípidos con hidratos de carbono o proteína respectivamente. Los glicolípidos son importantes en la membrana celular y en el plasma, sirven como vehículo para el transporte de muchas sustancias.

Los esteroides son lípidos cíclicos. El principal es el colesterol, precursor de sustancias de importancia vital como la vitamina D, sales biliares, estrógenos, andrógenos, progesterona, aldosterona y cortisol. El organismo es capaz de sintetizar estas moléculas (Bourges, 1982).

Proteínas

Las proteínas son las macromoléculas más abundantes en las células y constituyen aproximadamente la mitad del peso seco de la mayor parte de los organismos.

Las proteínas están compuestas por unidades de aminoácidos unidos en cadenas de longitud variable por enlaces peptídicos (Lehninger, 1982).

Estas macromoléculas desempeñan papeles importantes en la nutrición. Por un lado proporcionan aminoácidos esenciales y no esenciales para la biosíntesis de las proteínas, no solamente para el crecimiento de los recién nacidos y de los niños, sino también para la substitución y recambio constante de las proteínas corporales en los adultos. Por otro lado, los aminoácidos son precursores de hormonas, porfirinas y otras muchas biomoléculas. La oxidación de los esqueletos carbonados de los aminoácidos proporciona, también, una fracción secundaria, aunque significativa, de las necesidades energéticas diarias totales (Lehninger, 1982).

La cantidad de proteína requerida diariamente depende de la salud del individuo, la fuente de alimento y la digestibilidad de la proteína, el suministro de energía, la presencia de otros nutrientes y la calidad de la proteína misma (Berk, 1976).

3.4.2 Minerales

Dependiendo de la cantidad requerida diariamente, los elementos nutritivos inorgánicos pueden agruparse en: elementos minoritarios y elementos traza.

Los minerales juegan muy diversos papeles en el cuerpo, sin embargo también comparten ciertas características, todos ellos son elementos inorgánicos cristalinos. Como grupo los minerales son importantes para controlar el equilibrio de agua, regular el equilibrio ácido-base, proveer estructura, catalizar reacciones esenciales del organismo y como constituyentes de enzimas, hormonas y otras moléculas importantes sintetizadas por el cuerpo (Stare y McWilliam, 1984).

Calcio

El calcio es esencial para la formación de los huesos y los dientes. Forma compuestos como el fosfato de calcio y el carbonato de calcio y con otros minerales, particularmente el fluor, se cristaliza para formar el material de la colágena (la vitamina D contribuye en este proceso). En los niños, estos cristales invaden la colágena y gradualmente confieren mayor rigidez a los huesos maduros. La formación de los dientes sigue el mismo patrón.

Cerca del 99% del calcio del cuerpo se encuentra en los huesos y dientes; menos del 1% se encuentra en los fluidos que bañan las células, y cantidades aún menores se encuentran dentro de las células; Sin embargo, estas pequeñas cantidades juegan papeles muy importantes. El calcio regula el transporte de iones a través de las membranas celulares y es particularmente importante en la transmisión nerviosa, asimismo se requiere en la contracción muscular. Juega un importante papel en la coagulación de la sangre y conserva a la colágena (Hamilton y Whitney, 1980).

Magnesio

El cuerpo humano contiene entre 0.3 y 0.4 g de magnesio por Kg de peso. Casi el 60% se concentra en el esqueleto y un 2% en los músculos, el resto se reparte en otros tejidos, principalmente el corazón, el hígado y el páncreas. La mayor parte del magnesio es intracelular y constituye el ion más abundante en las células después del potasio. En la sangre como en los tejidos, el magnesio se encuentra en tres formas: unido a proteínas, unido a otras sustancias o como ion libre fácilmente intercambiable.

El magnesio es el grupo prostético de numerosas enzimas, como las involucradas en la respiración celular y en el metabolismo energético. Participa también en enzimas de la síntesis de proteínas, ácidos grasos, sales biliares y ácidos nucleicos. Todas las enzimas que utilizan pirofosfato de tiamina como coenzima contienen magnesio. Este nutrimento interviene, además, en la transmisión neuromuscular y en la contracción de los músculos (Bourges, 1985).

Hierro

El hierro es un elemento traza esencial el cual posee la capacidad de tener carga 2^{+} y 3^{+} .

Interviene en la síntesis de la ferroporfirina de las proteínas hemoglobina, mioglobina, citocromos y citocromo oxidasa. Es transportado por la sangre unido a la proteína del plasma (trasferrina) y se acumula en los tejidos en forma de ferritina; el hígado, el bazo y la médula osea contienen mucha ferritina. El hierro no se excreta en la orina pero se pierde del cuerpo por la vía de la bilis y las heces y en el sangrado menstrual (Hamilton y Whitney, 1980).

Zinc

El cuerpo humano contiene entre 35 y 50 mg por kilogramo de peso y aunque se le encuentra en la mayoría de los tejidos, predomina en las gónadas masculinas y en el corioide ocular. También aparecen en menor grado en el hígado, en los músculos voluntarios y los huesos. En la sangre se concentra en los eritrocitos y en la anhidrasa carbónica. En cuanto a sus funciones, el zinc es el grupo prostético de numerosas enzimas como las peptidasas del páncreas y algunas deshidrogenasas. Interviene también en la síntesis de proteínas y en la de los ácidos nucleicos. Además se cree que juega un papel importante en el tejido conectivo. In vitro, tiene la capacidad de activar diversas enzimas (Bourges, 1985).

3.4.3 Fibra

La materia seca de las plantas se puede dividir en dos fracciones en base a su disponibilidad nutritiva. La primera fracción corresponde al contenido celular, y está compuesta por lípidos, carbohidratos solubles, la mayor parte de la proteína y otros elementos solubles en agua. La segunda fracción corresponde a las paredes celulares de la planta, e incluye a la celulosa, hemicelulosa y lignina.

Las paredes celulares de la planta corresponden a lo que nutricionalmente se define como fracción de fibra total. La disponibilidad nutritiva de la fracción de las paredes celulares no es uniforme dentro de las distintas plantas.

Se ha encontrado que la proteína vegetal es particularmente efectiva para disminuir los niveles de colesterol en el hombre, ya que al aumentar la cantidad de proteínas vegetales se incrementa el consumo de fibra, lo que afectará el nivel de colesterol en el suero. Se ha observado que la fibra absorbe sales biliares, los ácidos biliares unidos a la fibra son excretados y deben ser repuestos por síntesis a partir de colesterol en el hígado. Se sugiere que el componente de la fibra responsable de la absorción de las sales biliares es la lignina (Walker, 1982).

3.5 CONSTITUYENTES TOXICOS DE LOS ALIMENTOS VEGETALES

3.5.1 ALCALOIDES

Los alcaloides constituyen un grupo muy heterogéneo de bases vegetales nitrogenadas. Con escasas excepciones, tienen cuando menos un átomo de nitrógeno en un anillo heterocíclico (Dominguez, 1988). La figura 10 muestra la estructura química de la cafeína (a) y la nicotina (b).

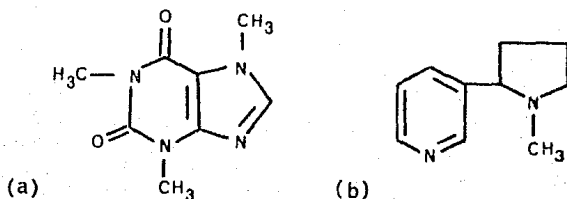


Figura 10. Estructura química de la cafeína (a) y la nicotina (b). (Dominguez, 1988)

Los alcaloides se pueden dividir en alcaloides verdaderos, protoalcaloides y pseudoalcaloides, de acuerdo a su estructura molecular y ruta biosintética (Vickery y Vickery, 1981).

Los precursores biológicos de los alcaloides más usuales son la fenilalanina, tirosina, triptofano, lisina y ornitina (Vickery y Vickery, 1981).

La mayoría de los alcaloides contienen oxígeno, estos son generalmente sólidos cristalizables, poco solubles en agua, solubles en alcohol, éter, cloroformo, benceno y éter de petróleo. Los desprovistos de O₂ son líquidos, volátiles a temperatura ordinaria, aromáticos y solubles en agua (Moreau, 1985). Pueden ser incoloros, amarillos o rojos (Dominguez, 1988).

La mayoría de los alcaloides se hallan en los vegetales como sales de ácidos orgánicos. En ciertas plantas puede haber un ácido especialmente asociado a los alcaloides. Algunos alcaloides se encuentran en forma de glucósidos de la galactosa y glucosa. Otros alcaloides se hallan en forma de ésteres de ácidos orgánicos de complejidad variable (Dominguez, 1988).

Aunque se han encontrado algunos alcaloides en órganos animales, estos son esencialmente de origen vegetal. Aparecen en muy diversas familias de plantas, unos 256 en los hongos, algas y otros vegetales inferiores, de las gimnospermas se han aislado 115 alcaloides. Dentro de las angiospermas, las monocotiledoneas han aportado 488 alcaloides, en tanto que de las dicotiledoneas se han obtenido aproximadamente 3,600 (Domínguez, 1988).

Probablemente, la mayoría de las plantas contienen al menos pequeñas cantidades de algún producto alcaloideo. Las que se sabe que contienen grandes cantidades de uno o más alcaloides se encuentran distribuidas de modo errático en casi todos los grupos, excepto en las algas. Algunos alcaloides se encuentran en todos los géneros de una familia mientras que otros se conocen solamente en un género o en una especie (Moreau, 1985).

En ocasiones la planta entera contiene alcaloides, pero en general las regiones más ricas en ellos son las partes más jóvenes y los órganos en formación o crecimiento; aunque también pueden localizarse en otros tejidos como en la corteza, en la raíz o en la hoja. A menudo se sintetizan en la raíz y se transportan a otra parte de la planta. Hay casos en los cuales sólo aparecen en alguna etapa del crecimiento o época del año (Moreau, 1985).

En general los alcaloides se encuentran en las vacuolas, disueltos en el líquido vacuolar (Moreau, 1985).

El contenido de alcaloides de una planta depende de varios factores. Generalmente es un carácter propio de la variedad, siendo distinto según las diversas razas y variedades de una misma especie. Dicho contenido puede también fluctuar según las condiciones de crecimiento, difiere en las plantas silvestres y las cultivadas, se modifica según las técnicas de cultivo, sufre la influencia de los abonos y está en función de la edad de la planta (Moreau, 1985).

Todos los alcaloides ejercen alguna acción farmacológica, generalmente sobre el sistema nervioso central, lo cual puede ser utilizado en beneficio del hombre. Sin embargo, muchos alcaloides son muy venenosos para ser usados medicinalmente y son tóxicos a ciertas concentraciones. Algunos causan adicción, y otros poseen propiedades teratogénicas, causando defectos en el feto cuando las madres comen plantas que los contienen, siendo las malformaciones del esqueleto los defectos encontrados con mayor frecuencia. También se han reportado trastornos hepáticos, problemas respiratorios y cirrosis (Vickery y Vickery, 1981).

La acción específica de un alcaloide varía frecuentemente con la especie animal (Vickery y Vickery, 1981).

El papel biológico de los alcaloides en los vegetales es muy discutido. Se les ha considerado como productos terminales del metabolismo del nitrógeno (Dominguez, 1988). También se les ha asociado con la protección del vegetal ante los actos depredatorios de insectos y animales herbívoros, pero ciertas plantas alcaloideas como el tabaco, son por lo menos tan susceptibles - y posiblemente aún más - a las plagas que muchas no alcaloideas. Las plantas parásitas al parecer se desarrollan bien en las plantas alcaloideas (Moreau, 1985).

Debido a su bajo contenido en nitrógeno, es poco probable que los alcaloides formen compuestos nitrogenados de almacenaje efectivos. Normalmente las plantas alcaloideas son capaces de formar asparagina, glutamina o arginina, que son muy eficientes como desintoxicantes del amoníaco o como compuestos de almacenaje (Moreau, 1985). Se han aportado datos que sugieren que algunos alcaloides intervienen en el crecimiento vegetal ya sea por su capacidad de formar quelatos o intervenir en fenómenos de óxido-reducción (Dominguez, 1986).

También se les ha atribuido la función de constituir formas de circulación de las sustancias nitrogenadas en el vegetal. Por experiencias de injerto, se sabe que al poner en contacto dos plantas, los alcaloides elaborados por una de las plantas puede pasar a los tejidos de la otra. En algunos otros casos los alcaloides parecen desempeñar un papel comparable al de las hormonas ya que abundan en las regiones de los vegetales de gran actividad celular y de ordinario, ejercen una acción excitante sobre las plantas que los absorben (Moreau, 1985).

3.5.2 GLUCOSIDOS CIANOGENICOS

Los glucósidos cianogénicos son compuestos que dan lugar al ácido cianhídrico (HCN) por tratamiento con ácidos o enzimas hidrolíticas apropiadas (Conn, 1973).

Los glucósidos cianogénicos tienen la estructura general que se presenta en la figura 11. En todos, excepto en 5 de los glucósidos cianogénicos conocidos, la D-glucosa es el azúcar que se encuentra como componente de la molécula. R_1 y R_2 en la figura, pueden ser substituyentes alifáticos o aromáticos (o hidrógeno) y en un grupo son los elementos de un anillo ciclopentano (Conn, 1981).

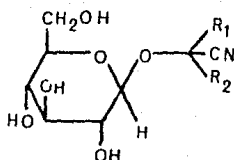


Figura 11. Estructura general de los glucósidos cianogénicos (Conn, 1981).

Los glucósidos cianogénicos pueden clasificarse de acuerdo a la naturaleza química de sus agliconas o de acuerdo al origen biosintético de estas, ya sea que éste origen esté establecido o haya sido propuesto (Conn, 1981).

Estimaciones recientes calculan que existen 2000 especies de plantas cinogénicas, representando cerca de 110 familias e incluyendo tanto gimnospermas como angiospermas. Sin embargo, en la gran mayoría de estas especies, únicamente se ha observado la capacidad de producir HCN pero la fuente del HCN sólo se ha identificado en 10% del total de las plantas cianogénicas (Conn, 1981).

Concentraciones relativamente altas de estos compuestos se encuentran en ciertos pastos, hojas, legumbres, raíces y semillas de frutos drupáceos como el limón, melocotón, albaricque, cereza, manzana, pera, ciruela y almendras amargas (Montgomery, 1978).

Dentro de un solo género, existen diferencias sorprendentes con respecto a la presencia o ausencia de cianógenos, este hecho junto con la presencia de rutas biosintéticas idénticas en diferentes familias es de considerable interés genético (Montgomery, 1978).

Los glucósidos cianogénicos pueden presentarse en muchos órganos o partes de la planta, tales como hojas, tallos, flores, raíces y semillas. Asimismo pueden estar presentes en un período del ciclo de vida de la planta y no en los otros. En general los tejidos jóvenes y en desarrollo activo parecen contener las más altas concentraciones, aunque puede haber excepciones (Conn, 1981).

Los glucósidos por si mismos no son tóxicos, pero si el ácido cianhídrico generado por la hidrólisis enzimática. La liberación espontánea del ácido cianhídrico de la planta depende de la presencia de una glucosidasa específica y agua. Las enzimas son extracelulares y ganan acceso al glucósido después del rompimiento físico de la célula. Actúan a bajas temperaturas pero son fácilmente destruidas por el calor. La autólisis es favorecida si la planta se remoja en agua después de ser machacada (Montgomery, 1978). La figura 12 muestra la reacción de hidrólisis de la durrina, glucósido presente en en el sorgo.

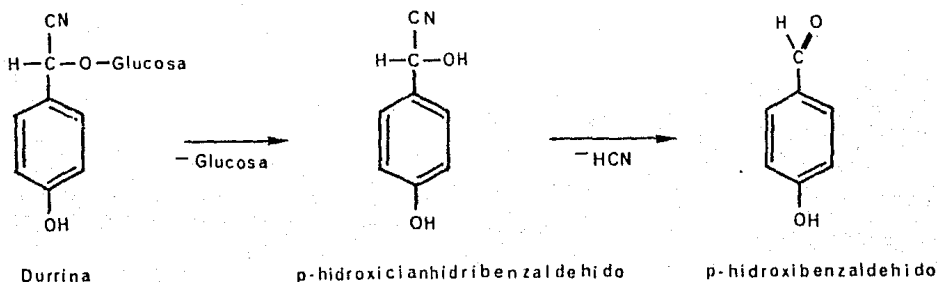


Figura 12. Reacción de hidrólisis de la durrina (Lindner, 1978)

El cianuro tiene una fuerte afinidad por la citocromo oxidasa y forma con esta una unión que resulta en la inmediata inhibición de la respiración celular. La muerte sobreviene por anoxia citotóxica generalizada siendo el cerebro y el músculo cardíaco los órganos más susceptibles. La unión es reversible, y con dosis subletales de cianuro puede ser liberado de la célula sin dejar trastorno enzimático permanente. No existe evidencia experimental del efecto acumulativo del HCN, sin embargo se sabe que la ingestión crónica de cianuro trae como consecuencia diversos trastornos nerviosos (Montgomery, 1978).

El cianuro ingerido es rápidamente absorbido por la parte superior del tracto gastrointestinal. Atraviesa fácilmente la piel; el gas de HCN es también absorbido por la piel (Montgomery, 1978).

La ingestión del glucósido no es venenosa, ya que en el tracto digestivo humano no existe ninguna β -glucosidasa, pero algunas bacterias intestinales pueden descomponer el glucósido dejando en libertad el ácido cinhídrico (Lindner, 1978).

El hombre está continuamente expuesto a pequeñas dosis de cianuro a través de su dieta, la contaminación atmosférica y el consumo de cigarros (Montgomery, 1978).

La dosis letal mínima de HCN para humanos tomada oralmente se ha estimado entre 0.5 y 3.5 mg/Kg de peso corporal (Conn, 1973).

El papel fisiológico de los glucósidos cianogénicos en las plantas esta indudablemente relacionado con su capacidad de producir cantidades tóxicas de HCN. Presumiblemente estos glucósidos, como otros metabolitos secundarios, le proporcionan supervivencia a la planta que los contiene, actuando como tóxicos para los hervíboros que pudieran poner en peligro su existencia. En el caso específico de los glucósidos cianogénicos existen datos que apoyan fuertemente este papel protector (Conn, 1981).

Dado que el punto de ebullición del HCN es de 26 °C, el almacenamiento en condiciones de humedad y alta temperatura lleva a una pérdida gradual de HCN de la planta como resultado de un trauma menor (Montgomery, 1978).

Los métodos usuales de preparación mediante trituration, remojo en agua, cocimiento en ollas destapadas y tirar el agua, tienden a eliminar el ácido cianhídrico (Lindner, 1978).

3.5.3 HEMAGLUTININAS

Las lectinas o hemagglutininas, son proteínas que poseen una afinidad específica por ciertas moléculas de azúcares (Jaffé, 1978). La unión que se forma entre las lectinas y los azúcares es muy similar a la que se forma entre las enzimas y sus substratos (Sharon, 1977).

Cuando las lectinas (que poseen múltiples sitios de unión) se unen a los sacáridos de la superficie celular, ponen en mutua conexión a un gran número de células provocando su aglutinación. Cada lectina se une de forma más o menos específica a un determinado grupo de moléculas de azúcar (Sharon, 1977).

Como lo indican sus nombres, las hemaglutininas o lectinas pueden caracterizarse y detectarse por su acción sobre los eritrocitos, aunque también pueden aglutinar otro tipo de células. Dado que se unen en forma relativamente específica a un determinado grupo de azúcares, son capaces de distinguir entre glóbulos rojos de distintos animales o grupos sanguíneos. En algunos casos la unión puede ocurrir sin la aglutinación visible (Jaffé, 1978).

El sitio receptor de la superficie de la célula debe estar expuesto para poder reaccionar con la lectina específica. Mas aún, el grado de movilidad del sitio, en la superficie de la membrana determina la aglutinabilidad. La activación de los eritrocitos por digestión con papaina, tripsina o pronasa es debida probablemente, a la exposición de los sitios de unión, dejándolos accesibles a las lectinas (Jaffé, 1978).

La única característica común de las lectinas vegetales es que todas son proteínas. Muchas poseen azúcares unidos covalentemente y en este caso se clasifican como glicoproteínas. La concanavalina A y otras pocas lectinas están exentos de residuos de azúcares y son excepciones. La estructura de algunas lectinas ha sido elucidada en detalle. La concanavalina A a pH neutro consiste en un tetrámero, el cual esta compuesto por 4 unidades idénticas de PM = 26,000, formadas por una sola cadena polipeptídica, que consiste en 237 aminoácidos. Cada subunidad contiene dos sitios de unión metálicos uno de Mn^{2+} y otro de Ca^{2+} y otro sitio para un residuo de azúcar. Estructuras análogas prevalecen en muchas lectinas de leguminosas, i.e. consisten de 2 a 4 subunidades y contienen iones metálicos bivalentes (Jaffé, 1978).

Debido a la selectividad de la respuesta de aglutinación, las lectinas sirven como substancias de prueba para la identificación y localización o estudio de la distribución de los azúcares sobre la superficie de la célula. Son también capaces de detectar transformaciones malignas y otros cambios fisiológicos o patológicos en la estructura de la superficie celular (Sharon, 1977).

Mediante el uso de las lectinas adecuadas, se puede lograr la separación de polisacáridos por una parte, y glucoproteínas por otra, o la extracción de glucoproteínas de mezclas que contienen proteínas y otros compuestos desprovistos de azúcares (Sharon, 1977).

En muchas familias de plantas se han detectado lectinas, desde musgos, hongos y líquenes, hasta plantas con flor (Jaffé, 1978). De las 3000 especies examinadas en los

últimos años, en casi 1000 de ellas se han encontrado lectinas (Sharon, 1977). También se han encontrado en animales, tales como esponjas, crustáceos, moluscos como el caracol, en el suero de la sangre de peces, huevos de anfibios y varios tejidos de mamíferos (Jaffé, 1975): En total se ha logrado la purificación e identificación de unas 50 lectinas, en su mayoría de origen vegetal (Sharon, 1977).

La mayoría de las hemaglutininas de plantas superiores se encuentran en semillas, pero los tubérculos y la savia de las plantas son también fuentes de lectinas. En algunos casos su presencia en hojas, tallos y corteza ha sido demostrada (Jaffé, 1978).

En las semillas, las lectinas se han localizado en el citoplasma del cotiledón y del embrión. Aparecen durante la maduración y desaparecen durante la germinación, por lo que se cree que juegan algún papel en la germinación de las semillas. También pueden encontrarse concentradas en los cuerpos protéicos del endospermo. Durante el crecimiento temprano de las semillas de algunas plantas, la actividad de las lectinas aumenta rápidamente en comparación con el peso seco. Durante la germinación las lectinas disminuyen rápidamente pero aún así se detectan pequeñas cantidades en diferentes partes de la planta. Se cree que puedan existir inhibidores que se unan parcial o completamente a las lectinas en la semillas inmaduras y que durante la maduración, la concentración de lectinas aumente debido a la liberación de las lectinas de sus inhibidores (Jaffé, 1978).

Se pueden observar diferencias importantes en la actividad hemaglutinante entre semillas maduras de diferentes variedades de plantas que contengan lectinas o entre órganos de las plantas (Jaffé, 1978).

No todas las lectinas producen efectos tóxicos en los animales de experimentación. Sin embargo, algunas semillas de leguminosas causan retraso en el crecimiento y en algunas ocasiones hasta la muerte cuando se incorporan a la dieta.

Parece ser que la acción tóxica de las lectinas está relacionada con su capacidad de reaccionar con ciertos grupos receptores de la membrana de las células del revestimiento de la pared intestinal, causando interferencia no específica con la absorción de los nutrientes (Jaffé, 1975).

Entre los transtornos provocados por intoxicación con lectinas resaltan 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 puede observar degeneración grasa y necrosis, del mismo modo el miocardio sufre alteraciones degenerativas (Lindner, 1978).

En algunos casos se ha observado intoxicación humana por la ingestión de frijol crudo o parcialmente cocido. En ocasiones, las lectinas no son completamente destruidas por el cocimiento en las condiciones de campo que prevalecen por ejemplo en Africa. En consecuencia se presenta diarrea y depresión del crecimiento (Jaffé, 1978).

Las especulaciones hechas por diversos autores sobre la función de las lectinas en las plantas puede resumirse como sigue:

- a) Actúan como anticuerpos contra las bacterias del suelo
- b) Protegen a las plantas contra el ataque de los hongos
- c) Están involucradas en el transporte y/o almacenamiento de los azúcares.

En cuanto a la hipótesis que indica que las lectinas son anticuerpos vegetales, Sharon (1977) argumenta que existen diferencias muy marcadas entre ambos tipos de proteína, ya que por un lado, los anticuerpos son productos del sistema inmune, mientras que las lectinas se hallan presentes como proteínas constituyentes de los organismos vegetales. Por otro lado, el margen de especificidad de los anticuerpos es amplio y abarca no sólo azúcares, sino otro tipo de compuestos como aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, etc. Más aún, la estructura química de todos los anticuerpos es muy similar mientras que la de las lectinas difiere mucho.

Se ha comprobado que la hemaglutinina del germen de trigo inhibe el crecimiento de algunos hongos que contienen quitina en sus paredes celulares.

Parte del significado adaptativo de las lectinas podría ser la protección de las semillas al ataque por insectos depredadores (Jaffé, 1978).

Ensgraber (1958) sugirió que las hemaglutininas sirven como "fijadoras de carbohidratos", permitiendo así a la planta almacenar carbohidratos en los cotiledones de la semilla. La observación de que las hemaglutininas, que se encuentran originalmente presentes en los cotiledones, subsecuentemente

aparecen en las hojas durante las etapas tempranas de la germinación, sugiere que las hemagglutininas podrían también servir para transferir a los carbohidratos de la planta en crecimiento (Liener, 1964).

La bacterias fijadoras de nitrógeno tales como Rhizobium forman una relación simbiótica con las raíces de las leguminosas; esta relación está caracterizada por un alto grado de selectividad hospedero-simbionte. Existen muchas observaciones que indican que las lectinas están involucradas en la base molecular de esta selectividad. Por ejemplo, se ha observado la presencia de lectinas en los nódulos de las raíces de algunas leguminosas. Por otro lado, se ha presentado la evidencia de que las lectinas de la soya son capaces de unir de 22 a 25 variedades infecciosas de Rhizobium japonicum (el simbionte de la soya) mientras que no unieron a ninguna de las otras variedades de Rhizobium de las cuales se ha comprobado que no son capaces de nodular a la soya (Jaffé, 1978).

El cocimiento y el remojo son las prácticas más utilizadas para eliminar las lectinas de los alimentos, aunque en algunos casos no son completamente efectivas. Las lectinas son resistentes a la inactivación por calor seco.

El obtener legumbres con bajos niveles o con carencia total de estos elementos a través de métodos de cultivo ofrece posibilidades interesantes (Jaffé, 1978).

3.5.4 INHIBIDORES DE LAS PROTEASAS

Los inhibidores de proteasas son proteínas que tienen la propiedad de inhibir la actividad proteolítica de ciertas enzimas (Liener, 1978). Inhiben principalmente a la tripsina aunque también pueden inhibir a la quimotripsina y más raramente a la carboxipeptidasa B, como por ejemplo en la papa. En algunas plantas como el cacahuete y la soya existen inhibidores de la plastina y en esta última también de la tromboplastina. En una misma planta pueden coexistir diferentes inhibidores (Lindner, 1978).

Los inhibidores de proteasas han atraído no sólo la atención de los nutriólogos, sino también de químicos, por la reacción de estas proteínas con enzimas, lo que provee un modelo simple para estudiar la interacción proteína-proteína (Liener, 1978).

Los inhibidores de proteasas están ampliamente distribuidos dentro del reino vegetal, se les encuentra principalmente entre las leguminosas. Sin embargo, la lista de inhibidores de proteasas encontrados en varias plantas es larga y aumenta día con día (Liener, 1978). En los animales se les ha encontrado en el ovomucoide de los huevos de aves (Valle, 1986).

Los inhibidores de proteasas se encuentran principalmente en las semillas aunque también se encuentran cantidades considerables de estos en las hojas. Asimismo se han reportado en tubérculos (Liener, 1978). Actualmente se realizan muchos trabajos dirigidos al estudio de los inhibidores de proteasas en concentrados de proteína de hojas de diferentes cultivos, tales como la alfalfa, dado el valor nutritivo potencial de estos concentrados (Humphries, 1980).

En cuanto a su localización intracelular, parecen no estar asociados con cuerpos protéicos sino que se les encuentra en el citosol, al menos en el caso del garbanzo y el chícharo. La relación entre la localización intracelular de los inhibidores de proteasas y su función fisiológica en la planta no está aún bien entendida (Liener, 1978).

Los inhibidores mejor estudiados hasta ahora son los de las proteasas de la soya. Estos pueden agruparse en dos grandes categorías: aquellos que poseen un PM de 20,000 a 25,000 con relativamente pocos enlaces disulfuro y una especificidad dirigida principalmente hacia la tripsina (Inhibidor de Kunitz) y aquellos que poseen un PM de 6,000 a 10,000 con una alta proporción de enlaces disulfuro y capacidad de inhibir a la tripsina y a la quimotripsina en sitios de unión independientes (Inhibidor de Bowman-Birk). Existen varios iso-inhibidores relacionados en cada una de estas categorías que difieren en algunos aspectos menores del inhibidor de Kunitz y del de Bowman-Birk (Liener, 1978).

El inhibidor de Kunitz neutraliza aproximadamente su mismo peso de tripsina. Dado que la tripsina tiene un PM de 24,000 puede decirse que 1 mol de inhibidor inactiva 1 mol de tripsina (Lindner, 1978).

Debido al gran interés de la harina de soya como fuente de proteína y a causa de su alto contenido en inhibidores de proteasas, se han hecho diversos ensayos en animales de experimentación sobre su influencia en el crecimiento y su valor protéico. Los resultados obtenidos son contradictorios, de forma que todavía no es posible hacerse una idea clara. Se ha observado que el inhibidor de tripsina

entorpece la liberación enzimática de todos los aminoácidos. Por alimentación crónica con pienso de soya cruda se desarrolla en las ratas y en los pollos hipertrofia de páncreas. También los inhibidores de Kunitz y Bowman-Birk en estado puro provocan hipertrofia del páncreas. Esta hipertrofia se explica como un intento de la glándula por compensar la pérdida de la actividad de sus principales proteasas (Lindner, 1978).

El conocimiento sobre la función de los inhibidores de proteasas en la planta es más bien especulativo. Sin embargo, el papel que juegan en la planta debe estar relacionado con su actividad de inhibir proteasas (Liener, 1978). Aún no se sabe si su acción está dirigida principalmente hacia las proteasas endógenas de la planta o hacia las proteasas producidas por organismos invasores. La inhibición de las enzimas de mamíferos que se observa tan frecuentemente, constituye también un misterio y puede representar un efecto secundario interesante, independiente de cualquier significado fisiológico en lo que a la planta concierne (Liener, 1978).

En el caso de algunas plantas, se ha demostrado que los inhibidores que son activos contra las proteasas endógenas desaparecen durante la germinación. Así el papel de estos inhibidores de proteasas sería presumiblemente el de favorecer el catabolismo protéico durante la germinación o el de prevenir la degradación de la proteína almacenada durante la maduración de la semilla. Sin embargo, existe una serie de observaciones que no sustentan la generalidad de esta hipótesis.

Se ha sugerido como una posibilidad que los inhibidores funcionen como protectores del citoplasma en rupturas accidentales de los cuerpos que contienen proteasas (Liener, 1978).

Extensos estudios sostienen fuertemente el concepto de que los inhibidores de proteasas podrían haber evolucionado como parte del mecanismo de defensa de las plantas hacia los microbios e insectos invasores. Muchas hojas, después de una lesión mecánica o de un ataque por un insecto, desarrollan una acumulación de inhibidores de proteasas no sólo en el sitio del daño sino también en tejidos adyacentes. Se cree que esta respuesta del inhibidor está mediada por una hormona o factor inductor del inhibidor de proteasas, el cual dispara la síntesis de inhibidor en otras partes de la planta después del daño a la hoja. El factor inductor del inhibidor de un especie puede frecuentemente, inducir la acumulación de inhibidores de proteasas en otras especies (Liener, 1978).

Aunque se sabe que las plantas producen inhibidores de una amplia variedad de proteasas de microbios y de proteasas del intestino de insectos, sólo en algunos casos se ha demostrado que estos inhibidores son efectivos contra las proteasas elaboradas por los organismos que atacan a la planta hospedera. Esto parece ser cierto solamente en el caso de las proteasas del intestino de los insectos (Liener, 1978).

Mediante calentamiento apropiado puede destruirse el efecto de los principales inhibidores de proteasas o al menos disminuirlo en gran parte. El grado de destrucción depende de la temperatura, la duración del calentamiento, del volumen del alimento y su contenido de agua. El remojo durante la noche seguido por la ebullición también destruye los inhibidores (Lindner, 1978).

1.5.5 MIMOSINA

La mimosina (Acido β -[N-(3 hidroxí - 4 piridin)] amino propiónico), es un compuesto tóxico aislado por primera vez de las hojas y tallos de Mimosa pudica y Leucaena glauca (Whitehouse, 1986). Su localización dentro de un grupo químico es controversial; algunos autores la consideran un aminoácido (Whitehouse et al., 1983), mientras que otros la consideran un alcaloide (Brewbaker y Hylin, 1965).

La fórmula molecular es $C_8H_{10}O_4N_2$. Posee un PM de 198 y es ópticamente activa (Whitehouse, 1986). Su forma inactiva se conoce como leucenol (Sigma, 1989). La figura 13 muestra su estructura química.

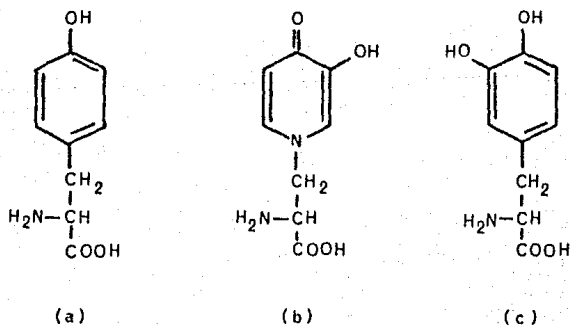


Figura 13. Estructura química de la L- tirosina (a), la mimosina (b) y la 3,4 dihidroxifenilalanina (c). (Whitehouse, 1986).

Trabajos recientes han demostrado la presencia de mimosina en todas las especies del género Leucaena y esta se localiza en todos los tejidos vivos de la Leucaena (Brewbaker y Kaye, 1981).

El contenido de mimosina en las diferentes especies del género Leucaena varía según Brewbaker y Kaye (1981) de 0.45 a 4.08 % del peso seco, siendo L. lanceolata, L. macropylla y L. retusa las de mayor contenido.

La concentración de mimosina en las hojas y semillas varía también según los diferentes tipos y variedades de la planta (Meulen et al., 1979).

Existen muchos trabajos relacionados con el mecanismo de toxicidad de la mimosina, sin embargo, aún quedan muchos aspectos por investigar y corroborar.

Entre los principales síntomas de toxicidad asociados a la mimosina se encuentran los siguientes: alopecia, anorexia, crecimiento retardado, parálisis de las extremidades anteriores, cataratas, pérdida de peso, bocio y elevado índice de mortalidad. Estos síntomas se presentan en ratas, ratones, aves de corral, ovejas, cerdos, caballos y chivos. En el caso del ganado bovino, las bacterias del rumen tienen la capacidad de degradar la mimosina en un compuesto menos tóxico, pero bocigénico llamado 3, 4, dihidroxipiridina (3, 4 DHP) (Whitehouse et al., 1983) Figura 13. En ratas se ha observado inhibición de la fertilidad y en los peces, supresión del crecimiento (Kok Leong Wee y Shu-sen Wang, 1987). La Leucena utilizada en la alimentación de aves de corral redujó la producción de huevo (Brewbaker y Hylin, 1965).

El hecho de que la mimosina posea una semejanza estructural con la L - tirosina (Figura 13) llevó a algunos autores a apoyar la hipótesis de que la mimosina probablemente actúa como un análogo o antagonico de la tirosina y que la acción tóxica de la mimosina se debe a la inhibición de las enzimas que utilizan a la tirosina, o bien a la incorporación de la mimosina a las proteínas en lugar de la tirosina (Meulen, et al., 1979). Sin embargo esta hipótesis ha sido muy controvertida.

Por otro lado, la capacidad de la mimosina de unirse a los metales (quelatos) podría interferir la actividad de las enzimas que contienen metales, especialmente aquellas que contienen cationes de hierro.

De una manera similar a otros aminoácidos L-neutros, la mimosina es absorbida del tracto gastrointestinal en ratas y se excreta rápidamente en la orina. Existe una pequeña pero significativa acumulación de mimosina en piel, ojos y suero de la rata cuando se administra por varias semanas.

Estudios in vitro con cultivos de células revelaron que el crecimiento celular, la frecuencia mitótica, la incorporación de timidina y la síntesis de DNA, fueron disminuidos con la presencia de mimosina o 3,4, DHP.

La actividad in vitro de la enzima fosfatasa alcalina obtenida de riñón de ratón fue inhibida por la mimosina. De la misma manera, la actividad in vitro de la transaminasa glutámico oxalacética fue inhibida en presencia de mimosina (Meulen, et al., 1979).

Dada la importancia de la Leucaena en la alimentación tanto humana como animal se han realizado numerosos intentos por eliminar o por lo menos reducir el contenido de mimosina. Los trabajos han incluido la adición de sales de hierro, el tratamiento térmico y el lavado o remojo (Meulen, et al., 1979).

Kok Leong Wee y Shu Sen Wang (1987) estudiaron el efecto de diversos tratamientos en la degradación de la mimosina en las hojas de Leucaena leucocephala encontrando que el secado al sol fue útil. Sin embargo, los dos métodos más efectivos para reducir la toxicidad de la mimosina fueron la exposición de las hojas a altas temperaturas (sumergiéndolas en agua hirviendo por 5-20 minutos) y el remojo en agua a 30 °C por dos días.

El trabajo de Lowry (1981) indica que los brotes jóvenes de Leucaena contienen una enzima que convierte rápidamente la mimosina en DHP. Esta enzima está presente también en la planta madura y ayuda a eliminar la mimosina más fácilmente que los procedimientos usados comunmente. Si se maceran las hojas de Leucaena en agua a pH 7 y 40 °C el 50 % de la mimosina se convierte en DHP en 4 minutos. Otros procedimientos útiles son congelar y descongelar.

Por último existen muchos trabajos encaminados a producir variedades de Leucaena con menores concentraciones de mimosina o completamente libres de ella, algunos resultados alentadores ya han sido alcanzados.

3.5.6 SAPONINAS

Se le da el nombre de saponinas (del latín sapon = jabón), a un grupo de glucósidos formados por una aglicona llamada genéricamente sapogenina, la cual puede tener un esqueleto esteroidal como en la esmilagenina (Figura 14a) o de triterpeno como en la chichipegénina (Figura 14b) y carbohidratos. Estos últimos pueden ser pentosas, especialmente d y l-arabinosa, d-xilosa. l-ramosa y quinovosa. Hay también hexosas como la d-glucosa y d-galactosa y ácidos d-glucurónico y d-galacturónico (Birk y Peri, 1978 y Lindner, 1978).

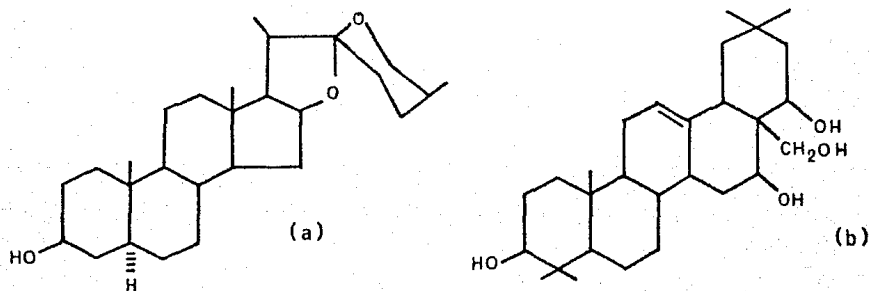


Figura 14. Estructura química de la esmilagenina (a) y la chichipegénina (b). (Dominguez, 1988).

Se caracterizan generalmente por su sabor amargo, su propiedad hemolítica y su capacidad de disminuir la tensión superficial del agua; por lo tanto, al agitar sus soluciones se forma una espuma abundante y relativamente estable (Dominguez, 1988). No existe ningún paralelismo entre la cantidad de espuma y la acción hemolítica (Lindner, 1978).

Las saponinas forman complejos con las proteínas y con los lípidos, por ejemplo el colesterol. Debido a su reacción con los lípidos, la membrana de los eritrocitos se hace permeable permitiendo la salida del pigmento sanguíneo (Lindner, 1978).

Las saponinas son altamente tóxicas para los animales de sangre fría (anfibios y peces) estando relacionada esta toxicidad con su propiedad de disminuir la tensión superficial (Birk y Peri, 1978).

Las saponinas se emplean como aditivos para alimentos y bebidas, como correctores de sabor y debido a su capacidad

para formar una espuma duradera se emplean en la fabricación de la cerveza, bebidas carbonatadas y otras bebidas (Lindner, 1978). También se han usado en fotografía para formar emulsiones. A partir de las saponinas de Dioscorea se pueden sintetizar anticonceptivos. Pueden ejercer asimismo, una acción antimicótica y bacteriostática (Valle, 1986).

Las saponinas se encuentran en una amplia variedad de plantas. Se conocen más de 200 saponinas esteroidales localizadas en las monocotiledoneas (liláceas, amarilidáceas y dioscoreáceas) principalmente, y otras tantas saponinas triterpenoides aisladas principalmente de dicotiledoneas (Dominguez, 1988).

Ambos grupos de saponinas se han aislado de diversos órganos vegetales como las raíces, tubérculos, hojas, flores, semillas y frutos (Dominguez, 1988).

Normalmente sólo una pequeña porción de las saponinas se absorbe en el intestino. Esta absorción puede aumentar en casos de inflamación intestinal o por irritación con laxantes fuertes o purgantes (Lindner, 1978).

Las saponinas de las variedades de alfalfa (Medicago sativa L.) difieren tanto en composición como en cantidad. Las variedades Du Puits y Lahontan contienen 25 diferentes saponinas, pero la composición química de las dos variedades no es la misma. Las agliconas de las saponinas de Du Puits son principalmente del tipo del ácido medicagénico, mientras que las saponinas de Lahontan contienen sapogeninas de la soya y ácidos monocarboxílicos como agliconas (Birk y Peri, 1978).

La hemólisis, como ya hemos indicado, es una de las propiedades características de las saponinas. En una serie de estudios llevados a cabo para relacionar la actividad hemolítica con la estructura y composición de la molécula de saponina se mostró que la actividad hemolítica estaba relacionada con el contenido de ácido medicagénico así como con la proporción sapogenina - azúcar.

La actividad hemolítica de las saponinas se atribuye a la formación de interacciones no específicas de las saponinas con las proteínas, fosfolípidos y colesterol de la membrana celular (Birk y Peri, 1978).

Se ha reportado un efecto tóxico selectivo de las saponinas en los hongos, produciendo inhibición del crecimiento (Birk y Peri, 1978).

El papel de las saponinas en la resistencia a las enfermedades ha sido discutida por algunos autores, sin embargo, aún no se ha proporcionado ninguna evidencia de la interacción de las saponinas y los patógenos dentro de la planta. Se sabe que la concentración de saponinas en la alfalfa es más alta que la concentración efectiva en contra de los patógenos in vitro y por lo tanto la interacción parece posible. La distribución y concentración de las saponinas en la corteza sugiere que estas puedan proteger a la raíz de organismos sensibles a las saponinas (Birk y Peri, 1978).

El conocimiento sobre el modo de acción de las saponinas en los hongos es aún limitado. Muchos investigadores sugieren que las saponinas ejercen su efecto fungicida precipitando los esteroides de la membrana celular. Los estudios han mostrado que sólo las saponinas que precipitan esteroides son capaces de detener el crecimiento micelial. El efecto fungicida de las saponinas de la alfalfa está relacionado con la cantidad de colesterol en el hongo. Todos los hongos sensibles a las saponinas contienen esteroides, por tanto, se cree que existe una interacción entre las saponinas y el esteroide de las membranas, la cual produce un cambio drástico en la permeabilidad de la membrana lo que lleva a una pérdida inmediata del contenido celular (Birk y Peri, 1978).

Algunos investigadores han sugerido que las saponinas constituyen un mecanismo de defensa metabólico específico evolucionado por las plantas en contra de los insectos, sin embargo, no se ha podido elucidar todavía el modo de acción de las saponinas en relación a la sobrevivencia y el crecimiento de los insectos. Las saponinas de la alfalfa podrían jugar un papel importante en la resistencia de la planta a los insectos polívoros sin embargo, los insectos olívoros especializados en alfalfa, podrían haber encontrado un camino para vencer a las saponinas como una barrera en algún momento de su evolución coadaptativa (Birk y Peri, 1978).

Se conoce muy poco sobre el modo de acción de las saponinas de alfalfa en los animales monogástricos, algunos autores sugieren que el principal factor limitante en el uso directo de la alfalfa es el sabor amargo producido por las saponinas (Birk y Peri, 1978).

En experimentos realizados con pollos, se ha mostrado que las saponinas forman complejos insolubles con el colesterol previniendo su reabsorción; esto trae como consecuencia una reducción del colesterol en el suero de estos animales.

En los rumiantes no se ha observado ni depresión del crecimiento ni reducción de los niveles de colesterol en el suero debidos a la ingestión de saponinas. Esto posiblemente se deba al catabolismo bacterial del rumen (Birk y Peri, 1978).

La propiedad de las saponinas de alfalfa de formar complejos con el colesterol indica que las saponinas podrían estar involucradas en ciertos aspectos del metabolismo de los lípidos (Birk y Peri, 1978).

Se ha mostrado que la inclusión de saponinas de alfalfa en dietas altas en colesterol previene la hipercolesterolemia en monos, lo que indica que el efecto de las saponinas se debe a una interferencia con la absorción intestinal del colesterol. Estas observaciones sugieren que las saponinas de alfalfa pueden constituir una nueva terapia en la hipercolesterolemia humana (Birk y Peri, 1978).

Se ha observado que las saponinas no se destruyen con la cocción (Lindner, 1978).

3.5.7 TANINOS

Los taninos son un grupo heterogéneo de compuestos polihidroxifenólicos, cuyos pesos moleculares oscilan entre 600 y 2000. Se distinguen dos grupos principales:

a) Taninos hidrolizables: que por hidrólisis dan carbohidratos, (generalmente glucosa) y ácidos fenólicos (por ejemplo el ácido gálico). En la figura 15 se presenta un ejemplo de tanino hidrolizable.

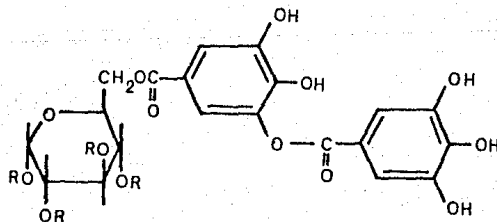


Figura 15. Estructura química del Acido Tánico
(Singleton y Kratzer, 1973)

b) Taninos no-hidrolizables o condensados: que contienen pocos carbohidratos y se convierten en flobafenos amorfos insolubles por la acción de los ácidos minerales.

Los taninos condensados son polímeros de leucoantocianinas o de catequinas o polímeros de flavonoides mezclados (Davies et al., 1969). Ver figura 16.

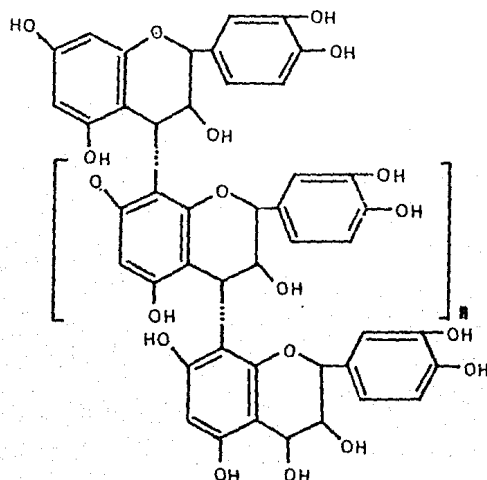


Figura 16. Estructura química de los taninos condensados (Singleton y Kratzer, 1973)

El ácido tánico es un polvo amorfo café claro que es fácilmente soluble en agua (Boyd, 1976).

Los taninos han sido usados en medicina como astringentes y son ampliamente usados en la curtiduría y en otras industrias (Boyd, 1976).

La interacción de los taninos con las proteínas y glicoproteínas de la saliva en la boca concede al tejido un sabor astringente. Esta característica puede determinar la palatabilidad de determinados alimentos vegetales (Haslam, 1981).

La acción de los taninos sobre el cuero esta basada en la formación de uniones cruzadas entre las moléculas de colágena, especialmente en las regiones amorfas de esta proteína. Como resultado del curtido, las pieles adquieren rigidez y resistencia al ataque de las bacterias y a la humedad que son propiedades esenciales de una buena piel. Por el mismo mecanismo los taninos desnaturalizan las proteínas y las precipitan de sus soluciones (Berk, 1976).

El ácido tánico fue extensamente empleado como terapia local en quemaduras hasta que se demostró que éste era la causa de necrosis del hígado (Boyd, 1976). El ácido tánico también fue utilizado en los enemas de sulfato de bario para mejorar la definición de la pared del colon en el radiodiagnóstico, sin embargo el efecto fatal era el mismo (Singleton y Kratzer, 1973).

El contenido de taninos en hongos, musgos, líquenes y pastos, no tiene gran importancia, sin embargo, el contenido de taninos en las dicotiledoneas es altamente significativo (Haslam, 1981).

Se les encuentra en tejidos de la planta tan diversos como raíces, tallos, corteza, frutos y hojas (Haslam, 1981).

No se ha logrado conocer el sitio de síntesis de estos compuestos dentro de las células vegetales. En el caso de Pinus elliotti se concluyó que la síntesis ocurre dentro del retículo endoplásmico rugoso y liso. Se han observado depósitos de taninos rodeados por una membrana dentro del citoplasma o aislados dentro de vacuolas (Haslam, 1981).

La edad, almacenaje, cultivo y condiciones de crecimiento han demostrado tener influencia en la concentración de los taninos. Parece ser que el contenido de taninos en frijoles varía con el color de la testa. El contenido de taninos cambia también durante la maduración de la semilla. En algunos frijoles disminuye conforme las semillas maduran. Esta disminución en el contenido de taninos puede deberse a la polimerización de compuestos fenólicos existentes en polímeros insolubles de alto peso molecular tales como las ligninas. La mayor porción del contenido de taninos en frijoles secos lo constituyen taninos condensados (Redi y Pierson, 1985).

Los efectos producidos por los taninos se pueden resumir de la siguiente manera:

- a) Disminución del consumo de alimentos
- b) Formación de complejos con la proteína dietaria y otros componentes de los alimentos
- c) Inhibición de las enzimas digestivas
- d) Aumento en la excreción de proteínas endógenas
- e) Daño en los tejidos del tracto digestivo

Asimismo los taninos y sus metabolitos al ser absorbidos del tracto gastrointestinal pueden provocar fibrosis y necrosis del hígado.

La disminución del crecimiento y los efectos en la digestibilidad de las proteínas puede estar relacionada con su sabor astringente y con su capacidad para formar complejos estables e insolubles con la proteína (Redi y Pierson, 1985).

Bajo condiciones apropiadas de concentración y pH, los taninos forman complejos con proteínas, carbohidratos y otros polímeros así como con ciertos iones de metales pesados como el Fe. Los complejos tanino-proteína son insolubles a pH fisiológico y en algunos casos no se pueden disociar. Estos complejos pueden ser resistentes a la hidrólisis enzimática y subsecuentemente son excretados. La presencia de taninos en la dieta causa una disminución en la retención de nitrógeno en animales y humanos (Redi y Pierson, 1985).

Se ha reportado que los complejos tanino-proteína son los responsables de la disminución del crecimiento, baja digestibilidad de la proteína, disminución de la disponibilidad de aminoácidos y aumento del nitrógeno fecal (Redi y Pierson, 1985).

También se ha reportado una marcada disminución de la hemoglobina en la sangre de ratas alimentadas con ácido tánico. Algunos autores proponen que este fenómeno se debe a la formación de complejos Fe-taninos que reduce la disponibilidad del Fe (Redi y Pierson, 1985).

Es de esperarse también inhibición de las enzimas digestivas por los taninos en vista de su afinidad para formar complejos con proteínas (Singleton y Kratzer, 1973).

La inhibición de enzimas por taninos esta reportada como del tipo no competitivo y se cree que es causada por una unión no específica de los taninos con las enzimas. La disminución

en la actividad de la enzima puede deberse también a la unión de los taninos con el sustrato y la subsecuente resistencia del complejo con el sustrato a la hidrólisis (Redi y Pierson, 1985).

Los taninos pueden provocar efectos deletereos en el tracto gastrointestinal de los animales cuando están presentes en cantidades suficientes siendo, entre otros, pérdida de la mucosa, edema epitelial, irritación y ruptura del tejido del tracto; esto puede a su vez facilitar la absorción de taninos aumentando su toxicidad (Redi y Pierson, 1985).

Mientras que algunos signos de intoxicación por ácido tánico pueden presentarse en humanos que consuman, por ejemplo grandes cantidades de té negro, está en duda si se podría retener suficiente ácido tánico en el tracto gastrointestinal para producir la muerte. Los casos de muerte registrados en humanos han ocurrido por su uso en cantidades excesivas aplicado localmente a quemaduras o adicionado al sulfato de bario en enemas para radiodiagnóstico (Boyd, 1976).

Los valores de dosis letal LD₅₀ en ratas, ratones y conejos después de administrarles una dosis oral única de ácido tánico varía de 2.25 a 6 g/Kg de peso corporal (Boyd, 1976).

En opinión de Swain (1979), los taninos constituyen el grupo más importante de metabolitos secundarios involucrados en la defensa de la planta. Cuando un animal come una planta que contiene taninos, estos se unen a las proteínas, lo que provoca una reducción en su disponibilidad o la inhibición de las enzimas. Dado que las proteínas vegetales son en última instancia, la principal fuente de aminoácidos dietarios para los herbívoros, carnívoros y animales que se alimentan de detritus, cualquier factor que reduzca su valor nutritivo debe tener un efecto dramático en todo el ecosistema.

De acuerdo con algunos otros autores, una propiedad relevante de los taninos es su astringencia. Esta propiedad provoca por un lado, que los tejidos vegetales no sean bien aceptados ya que los taninos precipitan las proteínas de la saliva dando a la planta un sabor desagradable. Por otro lado, los taninos impiden la invasión de los organismos parásitos al tejido de la planta inmovilizando las enzimas extracelulares que producen estos organismos para ayudarse a atravesar las paredes celulares exteriores. En otros casos los taninos se unen a otras macromoléculas importantes del metabolismo de los parásitos.

Se cree que la capacidad que poseen varias plantas de resistir al ataque de microorganismos y virus se deba a la asociación de estos polifenoles con los componentes protéicos de los virus. De una forma parecida, cuando los taninos se polimerizan, forman una barrera protectora que previene el ataque microbiano. Este cambio ocurre invariablemente en lugares en donde ha ocurrido daño físico.

Otra hipótesis sugiere que los taninos vegetales ejercen una función reguladora inhibiendo el crecimiento causado por las giberelinas.

Los taninos también tienen influencia en el desarrollo de los perfiles del suelo, afectando la manera en la cual la materia orgánica del suelo es descompuesta. Estos efectos se deben a la capacidad de los taninos vegetales de combinarse con los minerales y la materia orgánica y a la resistencia del complejo resultante al ataque por microbios. Esta propiedad puede ser ecológicamente significativa dado que algunas plantas dominan completamente la vegetación de cierto habitat. Cuando estas plantas mueren, los polifenoles presentes pueden bien ayudar a producir un suelo en donde sólo su progenie puede prosperar. Alternativamente el mismo resultado puede producirse por el efecto fitotóxico que los taninos ejercen una vez que son lixiviados de la planta al suelo del entorno (Haslam, 1981).

Se han probado muchos tratamientos químicos y métodos de procesamiento para eliminar los taninos de los frijoles. Estos incluyen la eliminación física de la testa o cubierta de la semilla, el remojo, la cocción, la germinación, la hibridización y selección controlada, la adición de agentes que ayuden a la detoxificación metabólica de los taninos y el tratamiento químico de estos (Redi y Pierson, 1985).

4. MATERIAL Y METODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en las instalaciones de la División de Nutrición y Ciencia de los Alimentos del Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán.

La plantas utilizadas para este estudio fueron proporcionadas por el Laboratorio de Etnobotánica del Jardín Botánico de la U.N.A.M.

La zona de colecta de las plantas fue el municipio de Alcozauca, en el estado de Guerrero. Ver figura 9.

4.1 PREPARACION DE LA MUZSTRA

Las plantas fueron traídas del campo envueltas en papel aluminio, en bolsas de plástico bien cerradas y dentro de hieleras, tratando de conservar su humedad original.

En el laboratorio se efectuó la eliminación manual del material ajeno al estudio, así como también de las partes de las plantas que se encontraban en mal estado (marchitas, con manchas o cloróticas).

Con el fin de conservar el material para las diversas determinaciones, las plantas se deshidrataron colocándolas sobre charolas de aluminio, en una estufa de aire APEX, a una temperatura no mayor a 55 °C, durante aproximadamente 5 horas.

Una porción de cada una de las cuatro especies se separó para efectuar la determinación de la humedad real.

Una vez deshidratadas, las plantas se molieron en un molino General Electric y se almacenaron en bolsas de plástico debidamente etiquetadas.

La porción comestible y analizada en este trabajo de Leucaena macrophylla comprende tanto las hojas y tallos tiernos como los botones florales, mientras que la porción comestible de Anoda cristata, Crotalaria pumila y Euphorbia graminea comprende las hojas, tallos tiernos y flores. En el caso de Crotalaria, también se incluyeron las vainas sin semillas.

4.2 ANALISIS QUIMICO PROXIMAL

El sistema Weende o análisis proximal consiste en un conjunto de determinaciones de laboratorio que pretenden evaluar en forma global, cada grupo de los nutrimentos que contiene un alimento. Consta de las siguientes determinaciones: humedad, extracto etéreo, fibra cruda, proteína, cenizas y extracto libre de nitrógeno (Sosa de Pro, 1979).

El cuadro 3 señala los componentes de cada determinación y el grupo del nutrimentos al cual pertenecen. Todas las determinaciones excepto la humedad pueden contener más de un compuesto químico.

4.2.1 HUMEDAD

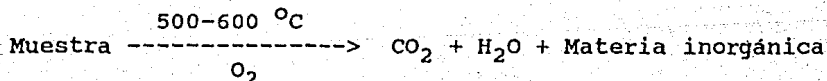
Método 7.007 AOAC (AOAC, 1984).

Esta técnica se basa en la evaporación total del agua de la muestra mediante aplicación de calor en una estufa a 100 - 105 °C hasta peso constante. Se considera que la pérdida de peso es agua (Sosa de Pro, 1979).

4.2.2 CENIZAS

Método 7.009 (AOAC, 1984).

Esta determinación se basa en someter la muestra a combustión entre 550 y 600 °C. La materia orgánica es oxidada, y al residuo que contiene la materia mineral se le llama cenizas (Sosa de Pro, 1979).



C U A D R O 3

COMPOSICION DE LAS DIFERENTES DETERMINACIONES DEL ANALISIS PROXIMAL (Mc. Donald, 1973)

Nutrimiento	Determinación del Análisis Proximal	Compuestos químicos teóricamente presentes en cada determinación.
Agua	Humedad	Agua
Lípidos	Extracto Etéreo	Grasas, aceites, ceras, fosfatidos, cerebrosidos lipoproteínas, pigmentos liposolubles (carotenos, clorofilas, xantofilas*) esteroides y vitaminas liposolubles (A, D, E y K).
Carbohidra- tos.	Fibra cruda	Celulosa, hemicelulosa y lignina.
	Extracto libre de nitrógeno	Mono, di y trisacáridos, pectinas, almidones, resinas, ácidos orgánicos hidrosolubles y vitaminas hidrosolubles.
Proteínas	Proteína cruda	Proteínas, aminoácidos, compuestos orgánicos nitrogenados no protéicos como aminos, vitaminas del complejo B, ácidos nucleicos y glucósidos nitrogenados, compuestos inorgánicos nitrogenados como sales de amonio, hidróxido de amonio, amoníaco, nitratos y nitritos.
Minerales	Cenizas	Compuestos de Ca, K, Mg, Na, P, Fe, Mn, Cl, S, Cu, Co, Zn, Mo, Se, Si.

* Las clorofilas y xantofilas carecen de valor nutritivo aunque pueden tener importancia en la producción avícola porque son empleadas en la pigmentación de la piel de pollo y la yema de huevo.

4.2.3 EXTRACTO ETereo

Método 7.060 (AOAC, 1984).

Este método se fundamenta en la extracción continua mediante calor de todas las sustancias solubles en éter etílico anhidro provenientes de una muestra seca (Sosa de Pro, 1979).

4.2.4 PROTEINA

Método 2.057 (AOAC, 1984).

Este método está basado en varias reacciones: la primera es una reacción de óxido-reducción mediante un oxidante fuerte, el H_2SO_4 concentrado. A esta reacción se le llama digestión. Los compuestos que contienen carbono son oxidados a CO_2 y H_2O por el H_2SO_4 y este último se reduce a SO_2 compuesto que reduce el nitrógeno proveniente de compuestos orgánicos e inorgánicos a NH_3 ; este NH_3 en presencia de H_2SO_4 se convierte en $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Esta reacción se efectúa en presencia de una mezcla catalizadora de Na_2SO_4 compuesto que se emplea para incrementar el punto de ebullición del H_2SO_4 y $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ que acelera la reacción. La reacción que se efectúa en la digestión es la siguiente:

Substancias + $2\text{H}_2\text{SO}_4$ ----> CO_2 + SO_2 + $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ + H_2O
nitrogenadas

Obtenido el $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ se hace reaccionar con una solución concentrada de NaOH para formar el NH_3 , la reacción es la siguiente:

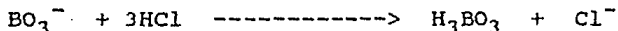
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ + 2NaOH -----> 2NH_3 + Na_2SO_4 + $2\text{H}_2\text{O}$

El NH_3 obtenido que es un gas, se destila por arrastre de vapor y se recibe en una solución de H_3BO_3

3NH_3 + H_3BO_3 -----> 3NH_4^+ + BO_3^-

El H_3BO_3 cede un protón al NH_3 que es una base y se forma el ión amonio y el ión borato. En virtud de que por cada átomo de N presente se forma un ión BO_3^- , este puede neutralizarse con una solución valorada de HCl y en forma indirecta conocer el contenido de N.

La reacción de neutralización es la siguiente:



Cuando todo el BO_3^- ha sido neutralizado se termina la reacción cuyo punto final es señalado por un indicador.

Una vez conocido el contenido de nitrógeno, la proteína se estimó multiplicando este valor por el factor 6.25 (Sosa de Pro, 1979).

4.2.5 FIBRA CRUDA

Método 7.066 (AOAC, 1984).

Este método consiste en someter la muestra seca y desengrasada a una primera digestión ácida y posteriormente a una segunda digestión alcalina. La materia orgánica del residuo obtenido se considera el contenido de fibra cruda (Sosa de Pro, 1979).

4.2.6. EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO

Si se suman los porcentajes de humedad, cenizas, extracto etéreo, proteína y fibra cruda, y el total se resta de 100, se puede suponer que la diferencia son los carbohidratos asimilables.

4.3 DETERMINACION DE LAS FRACCIONES DE LA FIBRA

(Van Soest, 1963., Van Soest, 1967 y Van Soest, 1968).

Este método consiste en someter la muestra primeramente a una reacción con una solución detergente de pH neutro, la cual rompe las paredes celulares vegetales y libera el

contenido celular. En este proceso se evaluaron los nutrimentos solubles que poseen un alto grado de disponibilidad. El residuo lo constituyen las paredes celulares.

En la segunda etapa del procedimiento se analizó la composición de la fracción insoluble (paredes celulares). Para ello la muestra se sometió a reflujo con una solución detergente en medio ácido. El detergente disuelve el contenido celular y las hemicelulosas. La diferencia entre el valor de las paredes celulares y el valor de este residuo, conocido como fibra detergente ácido, es una cuantificación de las hemicelulosas en el alimento. La determinación de la fibra detergente ácido es un paso intermedio para la determinación de lignina y celulosa.

El residuo que quedó del tratamiento con el detergente ácido fue tratado posteriormente para determinar en él la cantidad de lignina y celulosa. La lignina contenida en la fibra detergente ácido se hizo reaccionar con una solución combinada de ácido acético y permanganato de potasio (KMnO_4). Dado que la lignina es oxidada por esta solución, la pérdida de peso se considera como el contenido de lignina. La celulosa se cuantificó incinerando el residuo anterior.

4.4 DETERMINACION DE MINERALES

(Perkin - Elmer, 1982).

Digestión

Se pesó por duplicado 0.5 g de cada una de las harinas y se colocaron en matraces Kjeldhal de 25 ml. Se les agregaron 5 ml de HNO_3 concentrado y se dejaron reposar durante 12 horas a temperatura ambiente. Pasado este tiempo se inició la digestión a una temperatura entre 60 y 70 °C durante aproximadamente una hora. Una vez que la producción de humos de NO_2 cesó, se le agregaron 2 ml de ácido perclórico al 70%. Nuevamente se digirió, pero esta vez aumentando la temperatura, aproximadamente a 150 °C, hasta que la solución quedó incolora. Posteriormente se evaporó el ácido casi hasta sequedad. Se dejó enfriar un

poco y se le agregaron 2 ml de HCl concentrado, después de esto se dejó reflujar unos cuantos minutos. Por último se aforó a 25 ml con agua desmineralizada y se filtró a través de papel Whatmann del N° 40, el filtrado se conservó en frascos de plástico.

Las muestras digeridas se analizaron mediante un espectrofotómetro de absorción atómica, Perkin Elmer Modelo 2380, con flama de acetileno - aire.

La solución pasa a través de una flama que sirve para dispersar las moléculas en átomos individuales. La radiación de una lámpara catódica pasa a través de la flama y los átomos absorben parte de esta radiación en unas longitudes de onda específicas para cada elemento.

4.5 DETERMINACION DE LOS COMPUESTOS TOXICOS

4.5.1 ALCALOIDES

(Dominguez, 1988).

Las soluciones de varios ácidos de metales pesados, como el fosfomolibdico, silicotúngstico y cloroplatínico, forman precipitados con la mayoría de los alcaloides, igualmente el mercuriyoduro de potasio, el yoduro de bismuto y el yodo-yoduro de potasio. Estas soluciones preparadas en condiciones específicas forman parte de los reactivos de alcaloides. Como la ausencia de precipitados es indicativa de que no hay alcaloides, se usan estos reactivos como prueba presuntiva de su presencia.

Extracción

Se pesaron 5 g de la muestra seca y desengrasada y se colocaron en matraces Erlen-Meyer de 50 ml, posteriormente se les agregaron 20 ml de HCl al 1%. Los matraces se colocaron en un baño de agua a 80 °C durante 4 horas agitando periódicamente. Finalmente la suspensión se dejó enfriar y se filtró. El filtrado recolectado no fue mayor de 2 ml con el fin de que los alcaloides se encontraran en una concentración detectable.

Determinación

En tubos de ensaye se colocaron 0.2 ml del filtrado y se les agregó 0.1 ml de los reactivos por separado. La presencia de un precipitado característico indica que la prueba es positiva. Los resultados se reportaron como abundante (+++), moderado (++), escaso o dudoso (+) y negativo (-).

Los reactivos utilizados para la determinación cualitativa de los alcaloides en este trabajo fueron:

- Reactivo de Meyer (Yoduro de potasio)
Forma precipitados de color blanco
- Reactivo de Dragendorff (Yoduro de bismuto)
Forma precipitados de color anaranjado marrón
- Reactivo de Wagner (Yodo - yoduro de potasio)
Forma precipitados floculentos de color marrón
- Reactivo de Sonnenschein (Acido fosfomolibdico)
Forma precipitados de color amarillo. Los reductores dan color azul.

4.5.2 GLUCOSIDOS CIANOGENICOS

Método 26.149 (AOAC, 1984).

Esta determinación se basa en el cambio de color que se puede apreciar en un papel indicador sensible al cambio de pH; este cambio ocurre cuando se libera el HCN de la muestra hidrolizada.

La presencia de HCN se detectó por la reacción de Guinard, para ello se cortaron tiras de papel filtro de aproximadamente 1 cm de ancho las cuales se sumergieron en una solución de ácido picrico al 1% y se secaron. Posteriormente se introdujeron en una solución de carbonato de sodio y nuevamente se dejaron secar. De 2 a 3 g de la muestra se colocaron en un tubo de ensaye y se humedecieron con unas gotas de agua. Se agregaron después unas gotas de cloroformo. Una tira del papel filtro ya tratado se colocó por encima de la muestra y se tapó el tubo fuertemente. Los tubos fueron colocados en una estufa a una temperatura aproximada de 37 °C. durante 3 horas.

Si el tejido de la planta contiene glucósidos cianogénicos, el papel se torna gradualmente naranja y después rojo ladrillo. La rapidez del cambio depende de la cantidad de HCN libre que se encuentre presente.

Simultaneamente se corrió un testigo que contenía cianuro de potasio en el que se observó el cambio de color.

La prueba de Guinard es positiva si el material contiene aproximadamente 50 μg /g (Montgomery, 1978).

4.5.3 HEMAGLUTININAS

(Contreras y Tagle, 1978).

Esta determinación se basa en la capacidad que tienen las hemaglutininas de aglutinar glóbulos rojos de distintos animales o grupos sanguíneos.

Extracción

Un gramo de la muestra se colocó en 10 ml de suero salino comercial y se extrajo durante 2 horas con agitación lenta, pasado este tiempo se centrifugó a 2500 RPM durante 15 minutos. Finalmente se dejó reposar a (4 °C) durante 12 horas.

Preparación de los eritrocitos

Aproximadamente 5 ml de sangre de bovino, conejo y humano, previamente desfibrinada con perlas de vidrio, se lavaron 3 veces con 10 ml. de suero salino, homogenizando y centrifugando a 2000 RPM durante 10 minutos entre cada lavado. El paquete de eritrocitos se llevó a una concentración final de 6% con suero salino. A continuación 9 ml de la suspensión de eritrocitos se trataron con 1 ml de solución de tripsina (Sigma) al 0.1 % en suero salino y se dejaron reposar por una hora a 37 °C. Pasado este tiempo se lavaron 3 veces con suero salino, llevándolos siempre a la misma concentración inicial (6%).

Determinación

Un volumen de 0.025 ml del extracto inicial se diluyó sucesivamente con suero salino en un equipo "Micro-titer" agregando posteriormente sobre cada una de estas diluciones un volumen de 0.025 ml de la suspensión de eritrocitos. La lectura se realizó después de 1 hora de la adición de los glóbulos, considerándose positiva la dilución en que la aglutinación era evidente a simple vista.

4.5.4 INHIBIDOR DE TRIPSINA

(Hamerstrand et al., 1981 y Kakade et al., 1974)

Una cantidad conocida de tripsina se pone en contacto con un extracto de la muestra durante un cierto tiempo, después del cual se hace reaccionar la tripsina que aún queda libre con BAPA para obtener un compuesto colorido que es proporcional a la cantidad de tripsina inhibida.

Reactivos

Buffer de Tris

Se disolvieron 1.21 g de tris (hidroximetil amino metano) y 0.59 g de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ en 180 ml de agua destilada. El pH fue ajustado a 8.2 con HCl 1 N y finalmente se llevó a 200 ml con agua destilada. Previo a su uso la solución se calentó a 37 °C en un baño de agua.

BAPA

0.08 g de BAPA (Clorhidrato de benzoil - DL arginina - p nitroanilida) (Merck) fueron disueltos en 2 ml de dimetil sulfóxido y llevados posteriormente a 200 ml con buffer de tris.

Solución de Tripsina

Se colocaron 0.004 g de tripsina (Sigma) en un matraz volumétrico de 200 ml y se aforó con HCl 0.001 N.

Extracción

Un gramo de la muestra se extrajo con 50 ml de NaOH 0.01 N durante 3 horas con agitación constante, el pH se ajustó entre 8.4 y 10. La suspensión se diluyó posteriormente de tal manera que 2 ml del extracto inhibieran del 40 al 60% de la tripsina utilizada como

standard en el análisis. Esto se logró haciendo una dilución 1:1 (1 ml del extracto + 1 ml de agua) para las muestras de Euphorbia y Crotalaria, una dilución 1:13 (1 ml del extracto + 13 ml de agua) para la muestra de Leucaena y utilizando el extracto sin diluir, en la muestra de Anoda.

Determinación

Dos mililitros del extracto diluido de cada una de las muestras se colocaron en tubos de ensaye y se les agregaron 2 ml de la solución de tripsina, los tubos fueron colocados en un baño de agua a 37 °C por unos minutos. Posteriormente a cada tubo se le añadieron 5 ml de la solución de BAPA a 37 °C, y se agitaron con un agitador Vortex, dejándolos incubar nuevamente a 37 °C. Exactamente 10 minutos después la reacción se paró añadiendo 1 ml de ácido acético al 30%. Después de agitar los tubos intensamente, el contenido se filtró a través de papel Whatman N° 3 y la absorbancia del filtrado se leyó a 410 nm contra un blanco de reactivos, en un espectrofotómetro Baush & Lomb Spectronic 70.

El blanco de reactivos se preparó añadiendo 1 ml de ácido acético al 30% a un tubo de ensaye que contenía 2 ml de agua y 2 ml de tripsina, posteriormente se agregaron 5 ml de la solución de BAPA.

Debido a que los extractos de las muestras mostraron absorbancia a 410 nm se preparó un blanco de muestra añadiendo 5 ml de la solución de BAPA a 2 ml del extracto de la muestra, los tubos se incubaron a 37 °C por 10 minutos y posteriormente se le añadió 1 ml de ácido acético seguido por la adición de 2 ml de tripsina. El valor de la absorbancia del blanco de muestra se restó al valor de la absorbancia del problema.

Expresión de actividad

Una unidad de tripsina se define como el aumento de 0.01 unidades de absorbancia a 410 nm por 10 ml de la mezcla de reacción, bajo las condiciones que se describen arriba. La actividad del inhibidor de tripsina se expresa en términos de unidad de tripsina inhibida (TIU) (Hamerstrand et al., 1981).

4.5.5 MIMOSINA

(Brewbaker y Kaye, 1981 y Whitehouse et al., 1983).

Este método consiste en la medición de la absorbancia del complejo colorido mimosina-cloruro de fierro, después de la eliminación del material interferente por medio de carbón activado.

Reactivos

Solución de HCl 0.1 N.

Carbón activado

1.5 g de carbón activado se disolvieron en 1 l de HCl 0.1 N. Este se mantuvo en suspensión durante su uso mediante un agitador magnético.

Solución diluida de EDTA

1 g de $\text{Na}_2\text{EDTA} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ se disolvió en 4 l de agua.

Solución de Cloruro de Fierro

Se disolvieron 4 g de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ en 500 ml de HCl 0.1 N.

Determinación

Un gramo de la muestra se colocó en un matraz volumétrico de 100 ml y se aforó con HCl 0.1 N.

Una alícuota de 10 ml del extracto se colocó en un tubo de ensaye con rosca y se le agregaron 15 ml de la solución de carbón activado, después de agitar se le colocó en baño maría por 15 minutos. Posteriormente se filtró a través de papel Whatman N° 2, se tomó una alícuota de 0.5 del filtrado y se le agregó 1.5 ml de HCl 0.1 N, 5 ml de EDTA y 1 ml de la solución de cloruro de fierro. Las muestras permanecieron 15 minutos en la oscuridad antes de proceder con la lectura. Finalmente se leyó la absorbancia a 535 nm en un espectrofotómetro Baush & Lomb Spectronic 70.

4.5.6 SAPONINAS

Método cualitativo de Monroe (Monroe, 1952).

Esta determinación se basa en la propiedad que presentan las saponinas de formar abundante espuma al agitar sus soluciones.

Determinación

Se colocaron 0.1 g de la muestra desengrasada en tubos de ensaye. Se adicionaron 5 ml de agua y se agitó durante 1 minuto en un agitador Vortex a la máxima velocidad. Posteriormente se dejó reposar durante 15 minutos. Pasado este tiempo se observó la altura y características de la espuma y se comparó contra un patrón.

4.5.7 TANINOS

Método 9.110 (AOAC, 1984).

Esta determinación se basa en la medición de la absorbancia del complejo colorido que se produce por reacción de los taninos con el reactivo de Folin-Denis

Reactivos

Reactivo de Folin-Denis

A 750 ml. de agua se le agregaron 100 g de tungstato de sodio ($\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), 20 g de ácido fosfomolibdico y 50 ml de ácido fosfórico (H_3PO_4). Esta solución se reflujo por 2 horas, se enfrió, y por último se aforó a 1 l.

Solución Saturada de Carbonato de Sodio

A 1 l de agua se le agregaron 350 g de carbonato de sodio anhidro (Na_2CO_3) calentando a 70-80 °C para facilitar la disolución. La solución se dejó reposar durante 12 horas.

Solución Standard de Acido Tánico

100 mg de ácido tánico ($\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{O}_9$) (Técnica Química) se disolvieron en 1 l de agua.

Preparación de la curva patrón

Se pipetearon alícuotas de 0.5 a 8 ml de la solución standard de ácido tánico en matraces volumétricos de 50 ml que contenían 35 ml de agua. Se les agregó 5 ml del reactivo de Folin-Denis y 10 ml de la solución de Na_2CO_3 . Por último se aforaron a 50 ml con agua destilada. Como esta solución se encontraba turbia hubo necesidad de filtrar, desechando los primeros mililitros del filtrado. Después de 30 minutos en reposo, se determinó la absorbancia en un espectrofotómetro Gilford Modelo 250, a 760 nm.

Extracción de la muestra

Para la extracción se colocaron 0.5 g de muestra en tubos de centrifuga y se les agregaron 20 ml de NaOH 0.05 M. Los tubos se colocaron en baño de agua a 100 °C durante 1 hora, posteriormente se centrifugó a 3000 RPM durante 10 minutos.

Determinación

En matraces aforados de 50 ml se colocaron por separado 0.5 ml del extracto de las muestras de Anoda, Crotalaria y Euphorbia y 0.5 ml del extracto diluido 1:10 de la muestra de Leucaena. Posteriormente se agregaron 5 ml del reactivo de Folin-Denis y 10 ml de Na_2CO_3 y se aforó con agua destilada. Después de 30 minutos se leyó la absorbancia a 760 nm contra un blanco de reactivos.

5. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados del análisis químico proximal de las harinas se muestran en el cuadro 4.

La determinación de la humedad de las plantas frescas se dificultó ya que durante el corte y el traslado del campo al laboratorio, las plantas perdieron humedad que no fué posible cuantificar.

Los valores de humedad de las plantas frescas resultaron similares para las cuatro especies. Estos son: Anoda cristata 83.11%, Crotalaria pumila 78.56%, Euphorbia graminea 81.38 % y Leucaena macrophylla 74.91 %.

Los porcentajes de cenizas indican un alto contenido de minerales como se corroboró en el análisis de los minerales. La planta con mayor contenido de cenizas es Anoda con 12.96%, le siguen en orden descendente Euphorbia con 11.31%, Crotalaria con 7.26% y Leucaena con 5.11%

En el caso de Anoda, Crotalaria y Euphorbia, la presencia de cenizas blancas nos daba un indicio del alto contenido de calcio al realizar la determinación de cenizas.

Los valores del extracto etéreo obtenidos durante el análisis muestran un contenido de grasas bajo tal y como se esperaba, dado que se trabajó principalmente con hojas; los valores varían entre 2.31% y 4.61%.

Los resultados muestran que el contenido de proteína de las harinas varía significativamente entre las especies, siendo el valor más alto el de Leucaena con 33.8% y el más bajo el de Euphorbia con 10.25%. El contenido de proteína de Leucaena resulta muy importante si se compara, por un lado con el de la alfalfa Medicago sativa de 17.5% considerada como uno de los mejores forrajes, y por otro con el de la espinaca Spinacea oleracea de 21.59% (Gupta, 1988). Crotalaria y Anoda también contienen cantidades importantes de proteína.

La fibra siempre se ha visto como un residuo no nutritivo. Actualmente se ha reconocido su importancia como componente de la alimentación ya que contribuye al buen funcionamiento intestinal. En este estudio los valores de fibra cruda variaron entre 13.31% (Leucaena) y 26% (Crotalaria). La composición de la fibra se discutirá más adelante.

C U A D R O 4

ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DE LAS HARINAS

	HUMEDAD %	CENIZAS %	EXTRACTO ETEREO %	PROTEINA %	FIBRA CRUDA %	E.L.N. %
<u>Anoda cristata</u>	7.63 s=0.185	12.96 s=0.076	4.15 s=0.006	21.26 s=0.37	19.54 s=0.405	35.67
<u>Crotalaria pumila</u>	7.26 s=0.121	7.26 s=0.165	2.39 s=0.208	18.53 s=0.64	26.00 s=0.225	38.56
<u>Euphorbia graminea</u>	7.96 s=0.453	11.31 s=0.265	4.61 s=0.311	10.25 s=0.099	18.10 s=0.349	47.77
<u>Leucaena macrophylla</u>	7.54 s=0.176	5.11 s=0.157	2.31 s=0.085	33.8 s=0.363	13.31 s=1.31	37.93

* Cada valor es la media de las determinaciones realizadas por triplicado

ELN = Extracto Libre de Nitrógeno

Es importante señalar que a pesar de que los resultados del análisis químico proximal obtenidos en este trabajo no coinciden con los reportados por Viveros y Casas (1985) para Anoda y Euphorbia, estos se acercan mucho; las diferencias pueden atribuirse a varios factores entre los que se pueden destacar, el tipo de suelo, la edad de la planta, la madurez de las hojas y tallos, etc.

Es conveniente mencionar aquí que en este trabajo, la porción analizada de cada planta comprende no solamente las hojas y tallos tiernos sino que también se incluyen botones florales, en el caso de Leucaena, las flores en Euphorbia y Anoda y las flores y vainas vacías en el caso de Crotalaria. Esto puede influir en los resultados debido a que el contenido tanto de los elementos nutricios como el de los factores tóxicos, varía en las diferentes estructuras de la planta. Viveros y Casas (1985) no reportan que estructuras analizaron.

Los resultados de la determinación de las fracciones de fibra se muestran en el cuadro 5, pudiéndose observar gran similitud entre las diferentes especies. Estos datos también revelan un contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina relativamente alto, lo cual puede deberse al estado de maduración de las plantas.

Conforme la planta madura, el contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina aumenta haciéndola menos accesible como alimento debido a su fibrosidad y su baja digestibilidad. Es por esta razón que los quelites se comen en estado inmaduro o tiernos.

Los constituyentes de las células vegetales son generalmente aprovechables tanto por los rumiantes como por los no rumiantes; sin embargo, los componentes de la pared celular (hemicelulosa, celulosa y lignina) pueden aprovecharse parcialmente o no ser aprovechados en absoluto. Las enzimas que hidrolizan a la celulosa y a la hemicelulosa no son secretadas por los animales superiores, y existe una considerable diferencia en la capacidad para utilizar estos carbohidratos estructurales entre los rumiantes y los no rumiantes. (Van Soest, 1967).

Los resultados del análisis de minerales se presentan en el cuadro 6.

C U A D R O 5

RESULTADOS DE LA DETERMINACION DE LAS FRACCIONES DE FIBRA DE LAS HARINAS

	PAREDES CELULARES %	CONTENIDO CELULAR %	FIBRA DETERGENTE ACIDO %	HEMICELULOSA %	LIGNINA %	CELULOSA %
<u>Anoda cristata</u>	27.84 s= 0.910	72.16	25.49 s = 1.01	2.35 s= 1.01	8.93 s=0.375	16.02 s=1.097
<u>Crotalaria pumila</u>	28.51 s= 0.410	71.49	24.81 s = 0.957	3.70 s= 0.957	7.11 s=0.646	14.67 s=0.035
<u>Euphorbia graminea</u>	29.86 s= 0.493	70.14	24.68 s = 0.173	5.18 s= 0.173	7.98 s=0.540	16.68 s=0.570
<u>Leucaena macrophylla</u>	25.03 s= 1.36	75.14	20.98 s = 1.19	3.88 s= 1.19	8.52 s=1.20	12.62 s=0.403

* Cada valor es la media de las determinaciones realizadas por triplicado

CUADRO 6

RESULTADOS DEL ANALISIS DE MINERALES EN LAS HARINAS (mg / 100 g)

	Ca	Fe	Mg	Zn
<u>Anoda cristata</u>	2545	20.62	436.6	8.15
<u>Crotalaria pumila</u>	1066	71.4	210.1	4.30
<u>Euphorbia graminea</u>	2373	8.20	344.0	4.32
<u>Leucaena macrophylla</u>	373	10.75	194.7	6.45

Anoda cristata resultó ser la especie con mayor contenido de Ca (2545 mg/100g), Mg (436 mg/100g) y Zn (8.15 mg/100g).

La especie más rica en Fe es Crotalaria con 71.4 mg por 100 g y la de menor contenido Euphorbia con 8.2 mg por 100 g. La espinaca, considerada como una fuente natural de Fe contiene 35 mg por 100 g (Gupta, 1988).

El contenido de minerales de una planta depende directamente de varios factores como son el tipo de suelo, condiciones de cultivo, etc.

Uno de los principales problemas en la explotación nutricional de los quelites es la presencia de principios antinutricios y tóxicos.

El cuadro 7 muestra los resultados de la determinación cualitativa de alcaloides los cuales se encuentran en todas las especies estudiadas; esto podía esperarse dado que se tienen reportes de que tanto los géneros Crotalaria como Leucaena y Euphorbia contienen diversos tipos de alcaloides (Robert, 1970).

El reactivo de Sonnenshein dió prueba positiva en el caso de Crotalaria y Leucaena, pero se considera que el significado de esto no representa un riesgo considerable dado que con el resto de los reactivos no dió pruebas abundantes. Es importante señalar aquí que los precipitados pueden ser causados también por proteínas, purinas, betainas, coumarinas y algunos polifenoles (Dominguez, 1988).

Como se aprecia en el cuadro 8, no se detectó la presencia de glucósidos cianogénicos en ninguna de las plantas, aunque se debe señalar que la prueba de Guinard solamente es positiva si el material contiene aproximadamente 50 µg/g (Montgomery, 1978).

Los resultados de la determinación semicuantitativa de hemaglutininas se muestran en el cuadro 9, en el que se puede observar que la actividad hemaglutinante se presenta únicamente en el caso de Crotalaria.

Se presume que el contenido de hemaglutininas en Crotalaria es bajo, dada la dilución a la que se produce aglutinación, especialmente si ésta se compara con la dilución a la que presentan aglutinación los extractos de la soya y algunas especies de Phaseolus crudo (especies reconocidas por su alto contenido en

CUADRO 7

RESULTADOS DE LA DETERMINACION DE ALCALOIDES EN LAS HARINAS *

	REACTIVO DE MEYER	REACTIVO DE DRAGENDORFT	REACTIVO DE SONNENSHEIN	REACTIVO DE WAGNER
<u>Anoda cristata</u>	-	++	++	+
<u>Crotalaria pumila</u>	-	++	+++	+
<u>Euphorbia graminea</u>	-	+	++	+
<u>Leucaena macrophylla</u>	-	++	+++	+

* Reportado como presencia de precipitados:

+++ ABUNDANTE
 ++ MODERADO
 + ESCASO O DUDOSO
 - NEGATIVO

CUADRO 8

RESULTADOS DE LA DETERMINACION DE GLUCOSIDOS CIANOGENICOS EN LAS HARINAS

<u>Anoda cristata</u>	NEGATIVO
<u>Crotalaria pumila</u>	NEGATIVO
<u>Euphorbia graminea</u>	NEGATIVO
<u>Leucaena macrophylla</u>	NEGATIVO

CUADRO 9

RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD HEMAGLUTINANTE EN LAS HARINAS

	ERITROCITOS DE BOVINO	ERITROCITOS DE CONEJO	ERITROCITOS DE HUMANO
<u>Anoda cristata</u>	--	--	--
<u>Crotalaria pumila</u>	3*	4*	3*
<u>Euphorbia graminea</u>	--	--	--
<u>Leucaena macrophylla</u>	--	--	--

* En cada caso se indica la última dilución del extracto de la planta en que era evidente la aglutinación de los eritrocitos al cabo de una hora.

hemaglutininas) en los que hay aglutinación visible hasta más allá de la doceava dilución (Contreras y Tagle, 1978).

Jaffé y Brucher (1972), demostraron que en los frijoles, las hemaglutininas que dan reacción positiva con glóbulos rojos de bovino son mucho más tóxicas que las que sólo la dan con glóbulos rojos de conejo.

En el cuadro 10 se presentan los resultados de la determinación del inhibidor de tripsina en dos tipos de unidades a) mg por gramo de muestra y b) Unidades de Inhibidor de Tripsina por g de muestra. Se observa que el máximo valor lo presenta Leucaena con 3.224 mg/g y 6125 UIT/g. Si estos datos se comparan con el contenido de inhibidor de tripsina de la soya cruda que contiene entre 70,000 y 100,000 UIT/g (Kakade, 1974), se observa que los primeros se encuentran muy por debajo de estos valores. En cuanto al efecto del inhibidor de tripsina en los animales, existen trabajos que revelan que cuando se alimentan ratas con soya a la que se le ha destruido entre el 80 y el 90% de su contenido de inhibidor de tripsina, de 6,300 a 10,000 UIT residuales, ya no se observan efectos deletéreos sobre el páncreas, la digestión y la relación de eficiencia proteica. Por lo tanto podemos concluir que la concentración a la que se encuentra en Leucaena no representa peligro para su consumo.

Los antecedentes bibliográficos indican que la mimosina se encuentra presente aparentemente sólo en las especies del género Leucaena (Brewbaker, 1965). Los resultados de este trabajo concuerdan con esto ya que ésta determinación resultó positiva únicamente en el caso de Leucaena con un contenido de 10.68 g/100 g (Ver cuadro 11). La curva patrón utilizada para esta determinación se presenta en la figura 17.

Brewbaker (1985) reporta un contenido de mimosina para Leucaena macrophylla entre 3.51% y 4.06%; la diferencia entre estos valores y el obtenido en este trabajo se puede deber a varios factores entre los que se pueden enumerar los siguientes: a) las condiciones de crecimiento, b) el tipo de tierra, c) la época de corte, d) la madurez de las hojas, etc. Aquí también podría influir el hecho de que Brewbaker determinó el contenido de mimosina en las hojas, mientras que en este trabajo se analizaron hojas, tallos tiernos y botones florales. Por otro lado, las plantas analizadas por Brewbaker son originarias de Hawaii.

C U A D R O 10

RESULTADOS DE LA DETERMINACION DE INHIBIDOR DE TRIPSINA EN LAS HARINAS

	mg IT/g muestra	UIT/g muestra
<u>Anoda cristata</u>	0.2774	527.5
<u>Crotalaria pumila</u>	0.4158	790.0
<u>Euphorbia graminea</u>	0.4237	805.0
<u>Leucaena macrophylla</u>	3.224	6125.0

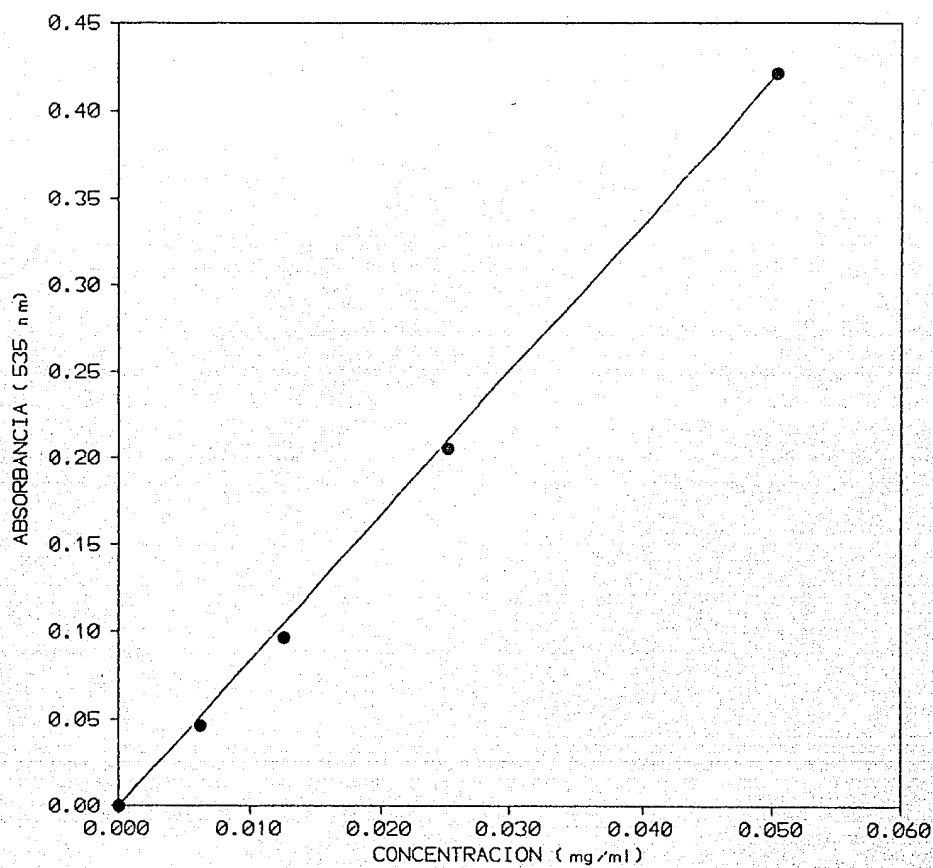


Figura 17. Curva patrón de mimosina

C U A D R O 11

RESULTADOS DE LA DETERMINACION DE MIMOSINA EN LAS HARINAS (g/100 g de muestra)

<u>Anoda cristata</u>	NEGATIVO
<u>Crotalaria pumila</u>	NEGATIVO
<u>Euphorbia graminea</u>	NEGATIVO
<u>Leucaena macrophylla</u>	10.68

La concentración de mimosina varía también según las diferentes variedades de la planta. Brewbaker no señala la subespecie a la que pertenecen los datos que reporta.

Por su parte Lowry (1981) indica que aún con buenos métodos de análisis se ha comprobado que es un problema dar datos significativos del contenido de mimosina en la planta ya que en una rama este puede variar de 1.5 a 6%, dependiendo de la edad y posición de la hoja.

Como se puede observar, el contenido de mimosina en Leucaena es muy alto por lo que puede llegar a constituir una limitante en su consumo tanto por el hombre como por los animales.

El cuadro 12 muestra los resultados de la determinación de saponinas. No se detectó la presencia de este compuesto tóxico ni en Euphorbia ni en Leucaena. Anoda y Crotalaria presentaron trazas.

Por último, en el cuadro 13 se presentan los resultados de la determinación de taninos, en donde se observa que el contenido varía entre 1.26 g por 100 g en el caso de Anoda y 17.4 g por 100 g en el caso de Leucaena. Este último valor puede deberse a la presencia de otro tipo de compuestos fenólicos que no necesariamente son taninos. La curva patrón utilizada en esta determinación se presenta en la figura 18.

Lowry (1981) indica que las hojas de Leucaena contienen gran cantidad de taninos que precipitan a las proteínas así como también un gran número de polifenoles más simples como los glucósidos flavonoides.

La elección de plantas con posibilidades como recursos alimenticios, no deberá basarse únicamente en su valor nutritivo sino también deberá tomar en cuenta sus características agronómicas, su aceptabilidad por parte de la población, su distribución, etc.

Es importante señalar que estas plantas pueden ser consumidas frescas o cocidas al vapor. Este último tratamiento podría alterar el contenido tanto de los elementos nutricios como el de los toxicológicos por lo que sería conveniente analizar estas mismas especies en este estado.

C U A D R O 12

RESULTADOS DE LA DETERMINACION DE SAPONINAS EN LAS HARINAS

<u>Anoda cristata</u>	TRAZAS
<u>Crotalaria pumila</u>	TRAZAS
<u>Euphorbia graminea</u>	NEGATIVO
<u>Leucaena macrophylla</u>	NEGATIVO

CUADRO 13

RESULTADOS DE LA DETERMINACION DE TANINOS EN LAS HARINAS (g / 100 g de muestra)

<u>Anoda cristata</u>	1.26
<u>Crotalaria pumila</u>	2.25
<u>Euphorbia graminea</u>	3.50
<u>Leucaena macrophylla</u>	17.4

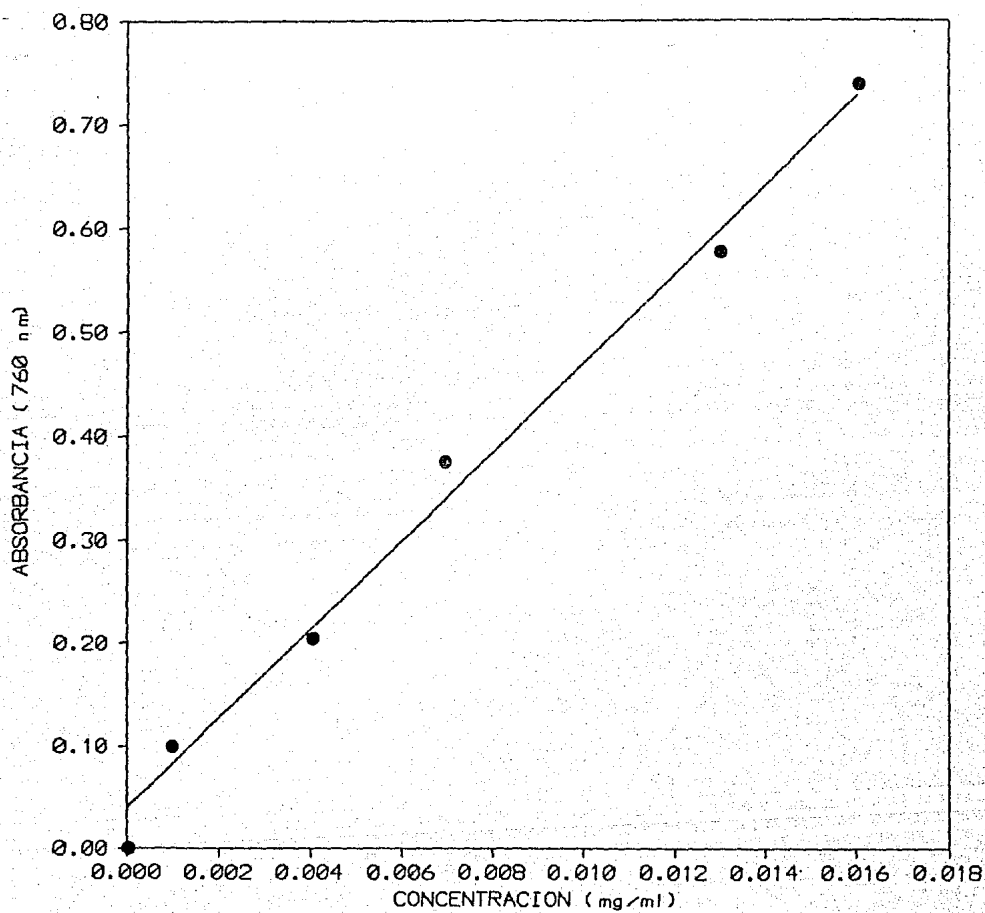


Figura 18. Curva patrón de taninos

Se puede decir por último, que las especies Anoda cristata, Crotalaria pumila, y Euphorbia graminea contienen valores de proteína relativamente altos en relación a otros vegetales similares, un alto contenido en minerales y ningún compuesto tóxico en suficiente cantidad como para limitar su uso.

A pesar de ser Leucaena macrophylla la especie con mayor contenido de proteína, su alto contenido de mimosina y taninos podría provocar efectos negativos como los reportados en la literatura. Debido a esto, sería recomendable:

(a) realizar trabajos orientados a buscar tratamientos adecuados para eliminar o al menos disminuir la concentración de estos compuestos hasta un nivel no tóxico.

(b) realizar investigaciones en animales de laboratorio para conocer los efectos in vivo de estos compuestos a diferentes dosis.

(c) implementar técnicas como el cultivo selectivo, la hibridización y la manipulación genética, que produjeran variedades libres de estos compuestos.

6. CONCLUSIONES

Los quelites representan una importante fuente nutricional que está olvidada y subdesarrollada en México debido a que:

- a) representan una fuente importante de proteínas y minerales
- b) son especies económicas, ya que por ser especies arvenses requieren muy poco costo para su cultivo
- c) no compiten con los cultivos domesticados en los sistemas agrícolas tradicionales sino que son complementarias
- d) algunas especies empiezan a ser cultivadas y representan plantas en proceso de domesticación
- e) existe gran diversidad de quelites los cuales se pueden desarrollar en diferentes habitats

Los quelites Anoda cristata, Crotalaria pumila y Euphorbia graminea estudiados en este trabajo, representan un importante recurso alimenticio por su contenido de proteína y minerales y ausencia de factores tóxicos en cantidades que pudieran limitar su uso.

Leucaena macrophylla, por su alto contenido en proteína, pero también alto contenido de taninos y mimosina, deberá ser objeto de futuros trabajos encaminados a buscar técnicas adecuadas para eliminar o al menos disminuir el contenido de estos compuestos que limitan su uso por la población.

7. BIBLIOGRAFIA

AOAC (1984) Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Williams, S. (editor). Fourteenth edition. Published by the AOAC. Virginia, USA.

Arellano, J., Caballero, J. y Mapes, C. (1984) Plantas comestibles del Sureste de México. Resúmenes del IX Congreso Mexicano de Botánica. Sociedad Botánica de México, A.C. pp. 226-227.

Berk, Z. (1976) Introduction to the biochemistry of foods. Neaderlands.

Birk, Y. y Peri, I. (1978) Saponins. En: Toxic constituents of plant food stuffs. Capítulo 6. Liener, I. E. (editor). Segunda edición. Academic Press. USA. pp. 161 - 182.

Biswas, A. y Biswas, M. (1975) Energy and food production. Agroecosystems 2:195-210.

Bourges, H. (1982) Los Lípidos. Cuadernos de Nutrición. 5 (3):33-39.

Bourges, H. (1982) Los Hidratos de Carbono. Cuadernos de Nutrición. 5 (4):33-39.

Bourges, H. (1984) Panorama de la Alimentación y la Nutrición en México. En: Seminario sobre la alimentación en México. Instituto de Geografía, UNAM. México. pp. 27 - 48.

Bourges, H. (1985) Nutrimientos inorgánicos. Cuadernos de Nutrición. 8(2): 33-42.

Boyd, E. M. (1976) Toxicity of Pure Foods. CRC Press, Cleveland, Ohio. pp. 221-230.

Brewbaker, J.L. y Hylin, J. (1965) Variations in mimosine content among Leucaena species and related Mimosaceae. Crop Sci. 5: 348-349.

Brewbaker, J.L. y Kaye, S. (1981) Mimosine variations in species of the genus Leucaena. Leucaena Research Reports. 2:66-68.

Bye, R.A. (1981) Ethnoecology of edible greens - past, present and future. J. Ethnobiol. 1(1):109-123.

Bye, R.A. (1984) Los quelites del México central. Resúmenes del IX Congreso Mexicano de Botánica. Sociedad Botánica de México, A.C. pp. 225-226.

Caballero, J. (1984) Recursos comestibles potenciales. En: Seminario sobre la Alimentación en México. Instituto de Geografía, UNAM. México pp. 114-125.

Caballero, S.L. (1984) Plantas comestibles de la Sierra Norte de Puebla por totonacas y nahuas: Tuzamapan de Galeana y Santiago Yancuictlalpan, Pue. Tesis prof. ENEP Iztacala. UNAM.

Calderón de Rzedowski, G. (1985) Euphorbiaceae. En: Flora Fanerogámica del Valle de México. Vol II. Rzedowski y Rzedowski (editores). Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN e Instituto de Ecología, México. pp. 22

Calvo, C.C. y Morales, J. (editores) (1984) Manual de técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos. Publicación L-63 Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, INNSZ. 171 pp.

Casas, A., Viveros, J.L., Katz, E. y Caballero, J. (1987) Las plantas en la alimentación mixteca: una aproximación etnobotánica. América indígena 47(2).

Conn, E.E. (1973) Cyanogenetic glycosides. En: Toxicants occurring naturally in foods. National Academy of Sciences. Washington. pp. 299-307.

Conn, E.E. (1981) Cyanogenic glycosides. En: The Biochemistry of plants. Vol. 7 Academic Press. U.S.A. pp. 479-499.

Contreras, S. y Tagle, M.A. (1978) Factores tóxicos de las leguminosas cultivadas en Chile. III Hemaglutininas. Arch. Lat. Nut. 28(1-2):191-199.

Cravioto, R.O. et al. (1951) Composición de los alimentos mexicanos. Instituto de Nutriología. XI (5-6):129-155.

Chavan, J.K., Kadam, S.S., Ghonsikar, C.P. y Salunkhe, D.K. (1979) Removal of tannins and improvement of in vitro protein digestibility of sorghum seeds by soaking in alkali. Journal of Food Science. 44:1319-1321.

Davies, D.D., Giovanelli, J. y Rees, T.A. (1969)
Bioquímica vegetal. Barcelona, España. pp.389-400.

Dominguez, X. (1988) Métodos de investigación
fitoquímica. Limusa, México. pp. 149-159, 211-228.

Ensgraber, A. (1958) Botan Gesell 71:8.

Espinosa de G. Rul. (1979) Leguminosae. En: Flora
Fanerogámica del Valle de México. Vol I. Rzedowski y
Rzedowski (editores). Compañía Continental. México. pp. 304
-305.

Felger, R. y Nabhan, G.P. (1978) Agroecosystem diversity: A
model from the Sonora Desert. En: Social and Technological
Management in Dry Lands. González, N. (editor). USA.

Fryxell, P.A. (1985) Malvaceae. En: Flora Fanerogámica del
Valle de México. Vol II. Rzedowski y Rzedowski (editores).
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN e Instituto de
Ecología. México. pp. 58.

Fuentes, A.L. (1984) Subnutrición ideología y deterioro.
En: Seminario sobre la alimentación en México. Instituto de
Geografía, UNAM. México. pp. 49 - 59.

García, E. (1973) Modificación al sistema de clasificación
de Köpen. Instituto de Geografía. UNAM. México.

Gupta, K. y Wagle, D.S. (1988) Nutritional &
antinutritional factors of green leafy vegetables. J. Agric
Food Chem. 36: 472-474.

Hamerstrand, G.E., Black, L.T y Glover, J.D. (1981)
Trypsin inhibitors in soy products: modification of the
standard analytical procedure. Cereal. Chem. 58(1):42-45.

Hamilton, E. M. y Whitney, E. (1980) Nutrition concepts
and controversies. USA. 629 pp.

Harris, D. J. y Cheeke, P.R. (1981) Digestibility of
Leucaena meal in rabbits. Leucaena Research Reports. 2:73.

Haslam, E. (1981) Vegetable tannins. En: The biochemistry
of plants. Vol. 7. Academic Press. U.S.A. pp. 527-555.

Hernández, M., Chavez, A. y Bourges, H. (1983) Valor
nutritivo de los alimentos mexicanos. Tablas de uso
práctico. Pub. L-12. División de Nutrición. INNSZ.

Humphries, C. (1980). Trypsin Inhibitors in Leaf Protein Concentrate. J. Sci. Food. Agric. 31:1225-1230.

Jaffé, W.G. (1975) Toxic proteins and peptides. En: Toxicants occurring naturally in foods. National Academy of Sciences. Washington, D.C. pp.106-116.

Jaffé, W.G. (1978) Hemagglutinins (Lectins). En: Toxic constituents of plant foodstuffs. Capítulo 3. Liener, E. I. (editor). Second edition. Academic Press. USA. pp. 73 - 100.

Kakade, M.L., Rackis, J.J., McGhee, J.E. y Puski, G. (1974) Determination of Trypsin inhibitor activity of soy products: a collaborative analysis of an improved procedure. Cereal Chem. 51(3):376-382.

Kok Leong Wee y Shu-sen Wang (1987) Effect of post-harvest treatment on the degradation of mimosine in Leucaena leucocephala leaves. J. Food Agric. 39:195-201.

Lehninger, A. (1982) Principles of Biochemistry. Worth Publishers, Inc. USA. pp. 755-787.

Liener, I.E. (1964) Seed Hemagglutinins. Eco. Bot. 18(27):27-33.

Liener, I.E. y Kakade, M.L. (1978) Protease Inhibitors. En: Toxic constituents of plant foodstuffs. Capítulo 2. Liener I.E. (editor). Second edition. Academic Press. USA. pp. 7 - 59.

Lindner, E. (1978) Toxicología de los alimentos. Acribia. Zaragoza, España. pp. 1 - 9, 10 - 13, 15 - 19.

Lowry, J.B. (1981) Leucaena research at BPT. Leucaena Research Report 2:31-32.

Lyon, C.K. y Kohler, G.O. (1981) Leaf protein concentrates from Leucaena leaves. Leucaena Research Repot. 2:81.

Martin, F.W., Telek, L. y Ruberté, R. (1977) Some tropical leaves as feasible sources of dietary protein. J. of Agric. Univ. P.R. 61(1):32-40.

Martínez, M. (1979) Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica, México. 1199 pp.

McDonald, P., Edwards, R.A. y Greenhalgh, J.F.D. (1973) Animal nutrition. 2nd. edition. Oliver and Boyd, Edinburgh.

McVaugh, R. (1987) Leguminosae. En: Flora Novo-Galiciana. Vol 5. Anderson, W.R. (editor). The University of Michigan Press. pp. 186-188.

Meulen, U., Struck, S., Schulke, S., El Harith, E.A. (1979) Revisión sobre el valor nutritivo y aspectos tóxicos de la Leucaena leucocephala. Producción Animal Tropical. 4: 112-126.

Miller, R. (1967) Crotalaria seed morphology, anatomy and identification . Technical Bulletin No 1373. Agricultural Research Service. US Department of Agriculture. Washington, D.C. .

Monroe, E.E. et al. (1952) Detection and estimation of steroidal sapogenins in plant tissue. Anal. Chem. 8(24):1337-1341.

Montgomery, R.D. (1978) Cyanogens. En: Toxic constituents of plant food stuffs. Capítulo 5. Liener, I.E. (editor). Second edition, Academic Press. USA. pp. 143 -159.

Moreau, F. (1985) Alcaloides y plantas alcaloideas. Orbis, España. 126 pp.

Mottram, R.F. (1979) Human Nutrition. Great Britain.

National Academy of Sciences (1975) Tropical Legumes:resources for the future. Washington, D.C.

Pérez Guerrero, J. (1979) Leucaena leguminosa tropical mexicana. Usos y potencial. Tesis prof. Universidad Autónoma de Chapingo. 80 pp.

Perkin - Elmer Rev. (1982) Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. Connecticut, U.S.A.

Reddy, N.R. y Pierson, M.D. (1985) Dry been tannins: a review of nutritional implications. J. of the American Oil Chemistry Society. JOCS. 62(3):541-549.

Robert, F. (1970) A handbook of alkaloids and alkaloid containing plants. Raffaui, U.S.A.

Roche (1972) Compendio de Vitaminas. Hoffmann La Roche y Cía. Basilea, Suiza. 151 pp.

Ruberté, R.M. y Martin F.W. (1975) Hojas comestibles del trópico. Inst. Mayaguezano de agricultura tropical. Mayaguez, P.R. 300 pp.

Rzedowski, J. (1978) La Vegetación de México. Limusa, México.

Sánchez, S.O. (1979) La Flora del Valle de México. Quinta edición. Editorial Herrero, México.

Sharon, N. (1977) Lectinas. Investigación y Ciencia 11:90 - 100.

Sigma (1989) Biochemical Organic Compounds for Research and Diagnostic Reagents. Sigma. USA.

Singleton, V.L. y Kratzer, F.H. (1973) Plant phenolics. En: Toxicants occurring naturally in foods. National Academy of Sciences. USA. pp. 309-345.

Sosa de Pro, E. (1979) Manual de procedimientos analíticos para alimentos de consumo animal. Chapingo, México.

Souza - Novelo, N. (1950) Plantas alimenticias y plantas de condimento que viven en Yucatán. Instituto Técnico Agrícola Henequenero. Mérida, Yuc. México. 265 pp.

Standley, C.P. y Styermark, J.A. (1946) Flora of Guatemala. Fieldiana Botany. Vol. 24. Part V. pp. 193 y 198.

Standley, C.P. y Styermark, J.A. (1946) Flora of Guatemala. Fieldiana Botany. Vol. 24. Part VI. pp. 90, 102, 336-338.

Stare, F.J. y McWilliam, M. (1984) Living Nutrition U.S.A. 640 pp.

Swain, T. (1979) Biochemistry of Plant Phenolics. En: Recent advances in phytochemistry. Vol 12. Swain, T. (editor). New York. pp. 616-637.

Urbina, M. (1903) Plantas comestibles de los antiguos mexicanos. Anales del Museo Nacional. Segunda época. Tomo I. pp. 127 - 147.

Valle, V.P. (1986) Toxicología de Alimentos. México . pp. 7 - 10

Van Soest, P.J. (1963) Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. A rapid method for the determination of fiber and lignin. J. Assoc. of Agric. Chem. 46:826-835.

Van Soest, P.J. (1967) Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV Determination of plant-cell-wall constituents. J. Assoc of Agric Chem. 50:50-55.

Van Soest, P.J. (1967) Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forages. J. Am. Sc. 26(1):119-127.

Van Soest, P.J. (1968) Determination of lignin and cellulose in acid - detergent fiber with permanganate. J. Assoc of Agric Chem. 51:780-785.

Vargas, G.L.A. (1984) La historia de la alimentación en México prehispánico. En: Seminario sobre la alimentación en México. Instituto de Geografía. UNAM. México. pp. 13 - 26.

Vickery, M. y Vickery, B. (1981) Secondary plant metabolism. University Park Press. Hong Kong. 335 pp.

Viveros, J.L. y Casas, A. (1985) Etnobotánica Mixteca: alimentación y subsistencia en la montaña de Guerrero. Tesis profesional. Fac. Ciencias. UNAM.

Walker, A.F. (1982) Physiological effects of legumes in the human diet: a review. Journal of Plant Foods. 4:5-13.

Whitehouse, Ch. S. (1986) Efectos tóxicos de la mimosina en la rata y medidas para contrarrestarlos. Tesis de maestría. Ciencia y Tecnología de Alimentos. UIA.

Whitehouse, Ch. S., Pérez Gil, R.F. y López, N.Y. (1983) Efecto de diversos tratamientos térmicos sobre el contenido de mimosina presente en Leucaena leucocephala guaje. Tecnol Aliment. 18(3):4-6.

Zárate, S. (1982) Las especies de Leucaena Benth. de Oaxaca con notas sobre la sistemática del género para México. Tesis prof. Fac. Ciencias. UNAM.