

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

FACULTAD DE QUÍMICA

**“EVALUACIÓN DE MALEZAS USADAS COMO FORRAJE EN
EL ESTADO DE QUERÉTARO EN CUANTO AL CONTENIDO
DE FITATOS, SAPONINAS Y SU ACTIVIDAD HEMOLÍTICA”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUÍMICO EN ALIMENTOS

PRESENTA

MA. DANIELA GUADALUPE GARCÍA ORTIZ

DIRIGIDA POR

Dra. DORA MARINA GUTIÉRREZ AVELLA

SANTIAGO DE QUERÉTARO, QUERÉTARO, 2011.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

FACULTAD DE QUÍMICA

**“EVALUACIÓN DE MALEZAS USADAS COMO FORRAJE EN
EL ESTADO DE QUERÉTARO EN CUANTO AL CONTENIDO
DE FITATOS, SAPONINAS Y SU ACTIVIDAD HEMOLÍTICA”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUÍMICO EN ALIMENTOS

PRESENTA

MA. DANIELA GUADALUPE GARCÍA ORTIZ

DIRIGIDA POR

Dra. DORA MARINA GUTIÉRREZ AVELLA

SINODALES

Dra. DORA MARINA GUTIÉRREZ AVELLA _____
DIRECTOR

Dra. SANDRA OLIMPIA MENDOZA DÍAZ _____
SINODAL

Dr. MAMADOU MOUSTAPHA BAH _____
SINODAL

M. en C. ISIDRO RESÉNDIZ LÓPEZ _____
SINODAL

RESUMEN

Las malezas son plantas con potencial nutricional, lo cual puede representar una alternativa para la alimentación animal, sobre todo en regiones de recursos limitados. Sin embargo, esta aparente alta disponibilidad de nutrientes de origen vegetal no puede ser utilizada en todo su potencial por los animales, debido a un efecto limitante de algunos metabolitos que se encuentran en ellas y que se conocen como factores antinutricionales (FAN). Entre estos factores se destacan los fitatos y las saponinas, los cuales interfieren en el aprovechamiento de proteínas, carbohidratos y minerales, por su propiedad química de formar complejos con dichas moléculas. En el presente trabajo, se determinaron el contenido de fitatos y saponinas, así como la actividad hemolítica de las siguientes malezas: *Amaranthus hybridus*, *Brassica rapa*, *Cosmos bipinnatus*, *Cynodon dactylon*, *Desmodium molliculum*, *Ipomoea purpurea*, *Malva parviflora*, *Oxalis decaphylla*, *Parthenium hysterophorus*, *Sanvitalia procumbens*, *Simsia amplexicaulis*, *Sorghum halepense* y *Tithonia tubiformis*, todas usadas en la alimentación animal en zonas rurales del estado de Querétaro. El contenido de fitatos osciló entre 0.47 y 4.48 g equivalentes de ácido fítico/100 g de planta seca y la cantidad de saponinas varió entre 0.092 y 1.5 g equivalentes de diosgenina/100 g de planta seca. A las concentraciones medidas en este estudio, la planta *Sanvitalia procumbens* mostró la mayor actividad hemolítica, aunque ésta se encuentra dentro del intervalo no dañino. De acuerdo con los resultados obtenidos, las plantas *Amaranthus hybridus* y *Sanvitalia procumbens*, por poseer altos contenidos de fitatos y saponinas respectivamente, pueden ser menos aceptadas que las otras, así como afectar adversamente la salud de los animales que las ingieren.

ÍNDICE GENERAL

| Contenido | Página |
|---|--------|
| ÍNDICE GENERAL | i |
| ÍNDICE DE CUADROS | iii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | iv |
| RESUMEN | |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. ANTECEDENTES | 3 |
| II.1 Ácido fítico | 5 |
| II.1.1 Estructura química y propiedades | 5 |
| II.1.2 Distribución y localización | 7 |
| II.1.3 Función fisiológica en la planta | 7 |
| II.1.4 Efectos antinutricionales | 8 |
| II.1.4.1 Efectos en proteínas | 8 |
| II.1.4.2 Efectos en la biodisponibilidad mineral | 9 |
| II.1.5 Métodos de análisis del AF | 10 |
| II.2 Saponinas | 10 |
| II.2.1 Estructura y propiedades | 10 |
| II.2.2 Distribución y localización | 12 |
| II.2.3 Actividad biológica | 12 |
| II.2.4 Efectos antinutricionales | 12 |
| II.3 Plantas objeto de estudio | 14 |
| II.3.1 <i>Amaranthus hybridus</i> L. | 14 |
| II.3.2 <i>Brassica rapa</i> L. (<i>B. campestris</i> L.) | 16 |
| II.3.3 <i>Cosmos bipinnatus</i> Cav. | 17 |
| II.3.4 <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers. | 19 |
| II.3.5 <i>Desmodium molliculum</i> DC. | 21 |
| II.3.6 <i>Ipomoea purpurea</i> Roth | 23 |
| II.3.7 <i>Malva parviflora</i> L. | 24 |
| II.3.8 <i>Oxalis Decaphylla</i> H. B. & K. | 28 |

| | |
|--|----|
| II.2.9 <i>Parthenium hysterophorus</i> Linn. | 29 |
| II.2.10 <i>Sanvitalia procumbens</i> Lam. | 31 |
| II.2.11 <i>Simsia amplexicaulis</i> Pers. | 33 |
| II.2.12 <i>Sorghum halepense</i> Pers. | 35 |
| II.2.13 <i>Tithonia tubiformis</i> Cass. | 37 |
| III. HIPÓTESIS | 39 |
| IV. OBJETIVOS | 40 |
| IV.1 General | 40 |
| IV.2 Específicos | 40 |
| V. METODOLOGÍA | 41 |
| V.1 Materiales | 41 |
| V.2 Métodos | 42 |
| V.2.1 Recolección del material vegetal | 42 |
| V.2.2 Preparación de los extractos de ácido fítico | 43 |
| V.2.3 Curva de calibración para ácido fítico | 43 |
| V.2.4 Preparación de los extractos de saponinas | 44 |
| V.2.5 Curva de calibración para saponinas totales | 45 |
| V.2.6 Actividad hemolítica | 45 |
| VI. RESULTADOS | 47 |
| VI.1 Curva de calibración para fitatos | 47 |
| VI.2 Contenido de fitatos | 48 |
| VI.3 Curva de calibración para saponinas | 48 |
| VI.4 Contenido de saponinas | 49 |
| VI.5 Actividad hemolítica | 49 |
| VII. DISCUSIÓN | 51 |
| VIII. CONCLUSIONES | 54 |
| IX. BIBLIOGRAFÍA | 55 |

INDICE DE CUADROS

| Cuadro | Página |
|--|--------|
| 1 Principales factores antinutricionales y sus efectos en los animales | 6 |
| 2 Actividades biológicas reportadas para saponinas | 13 |
| 3 Curva de calibración para ácido fítico | 43 |
| 4 Curva de calibración para saponinas totales | 45 |
| 5 Concentraciones de ácido fítico empleadas para la obtención de la curva de calibración | 47 |
| 6 Concentraciones de diosgenina empleadas para la obtención de la curva de calibración | 48 |
| 7 Contenido de fitatos y saponinas en las 13 malezas | 49 |
| 8 Resultados de la actividad hemolítica | 50 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| Figura | | Página |
|--------|---|--------|
| 1 | Interacción fitato-minerales, fitato-aminoácidos | 9 |
| 2 | Estructura de saponinas | 11 |
| 3 | <i>Amaranthus hybridus</i> L. | 14 |
| 4 | <i>Brassica rapa</i> L. | 16 |
| 5 | <i>Cosmos bipinnatus</i> Cav. | 18 |
| 6 | <i>Cynodon dactylon</i> Pers. | 19 |
| 7 | <i>Desmodium molliculum</i> DC. | 21 |
| 8 | <i>Ipomoea purpurea</i> Roth | 23 |
| 9 | <i>Malva parviflora</i> L. | 24 |
| 10 | <i>Oxalis decaphylla</i> H. B. & K. | 28 |
| 11 | <i>Parthenium hysterophorus</i> Linn. | 29 |
| 12 | <i>Sanvitalia procumbens</i> Lam. | 31 |
| 13 | <i>Simsia amplexicaulis</i> Pers. | 33 |
| 14 | <i>Sorghum halepense</i> Pers. | 35 |
| 15 | <i>Tithonia tubiformis</i> Cass | 37 |
| 16 | Curva de calibración del ácido fítico | 47 |
| 17 | Curva de calibración de la diosgenina | 48 |
| 18 | Visualización de la actividad hemolítica | 50 |
| 19 | Comparación del contenido de fitatos en las 13 malezas forrajeras | 53 |
| 20 | Comparación del contenido de saponinas en las 13 malezas forrajeras | 53 |

I. INTRODUCCIÓN

No existe una definición categórica de maleza. Ésta se define tanto en términos antropomórficos como biológicos. Se dice que las malezas pueden ser beneficiosas en un lugar y perjudiciales en otros, de ahí que sea difícil precisar estrictamente en una definición lo que se entiende por maleza. Desde el punto de vista agronómico, una definición práctica es aquella que indica que las malezas son plantas que crecen donde no son deseadas, son persistentes, generalmente no tienen valor económico, interfieren con el crecimiento de los cultivos y su recolección, y pueden afectar tanto a animales como a humanos. Cabe resaltar que en general, tienen una exitosa adaptación creada en el medio ambiente por las actividades agrícolas o por disturbios naturales. Son una de las principales causas de la disminución del rendimiento de cultivos de mayor valor económico, debido a que compiten por agua, luz solar, nutrientes y bióxido de carbono; son albergue de plagas y patógenos, dificultando su combate y, finalmente, obstaculizan la cosecha. De ahí que el impacto negativo a las actividades del hombre provoque que se les considere como indeseables.

En lo que concierne al beneficio y aprovechamiento de las malezas, éstas pueden servir como alimento para el hombre. Las verdolagas, quelites, epazotes, cenizos y otras, son malezas que se consiguen en los mercados en diferentes épocas del año. Es amplia la lista de malezas que sirven de forraje a diversos animales ya sea a campo abierto o en establo. En la medicina tradicional, muchas son hierbas medicinales usadas para tratar una gran variedad de padecimientos. Además de estos atributos, también pueden servir como abono, para evitar la erosión, como insecticidas naturales, o aún como protectoras de los cultivos al ataque de insectos. Del número total de plantas existentes en el mundo (alrededor de 250,000 especies), únicamente el 3% (8,000 especies) se comportan como malezas, sin embargo, las pérdidas agrícolas a nivel mundial son del orden del 10% en países de medio desarrollo y de bajo desarrollo del 52%.

Las plantas conocidas como malezas, que crecen entre los cultivos o en terrenos baldíos, pueden constituir un potencial nutricional alternativo para los animales,

sobre todo en zonas pobres. De 102 malezas descritas en el estado de Querétaro, 25 son usadas como alimento de vacunos, ovejas, caballos, cerdos y aves. Sin embargo, esta ventaja puede ser opacada parcial o totalmente debido a la presencia de otras sustancias que pueden afectar la salud y productividad de los animales y que son conocidas como factores antinutricionales (FAN). Estos últimos son definidos como sustancias naturales no fibrosas generadas por el metabolismo secundario de las plantas, las cuales las utilizan principalmente, según se ha sugerido, como medio de defensa contra depredadores. Esas sustancias interfieren en el total aprovechamiento de otros nutrientes como minerales y proteínas, o pueden producir daños al organismo del animal que las consuma. Entre esos factores, los taninos, fitatos y saponinas han merecido especial interés por estar presentes en una gran mayoría de especies vegetales y por su impacto en la nutrición. En el presente trabajo nos enfocamos en fitatos y saponinas.

Los resultados de esta investigación contribuirán a complementar el proyecto titulado “Caracterización nutricional y actividad antioxidante de malezas que puedan ser utilizadas como aditivos en alimento para animales”, el cual se realizó en el laboratorio de Investigación Química y Farmacológica de Productos Naturales de esta facultad.

II. ANTECEDENTES

Existen plantas que llegan a ser perjudiciales o indeseables en determinado lugar y tiempo, plantas que interfieren con las prácticas agrícolas y hortícolas al ser extremadamente competitivas, colonizadoras agresivas y con la capacidad de adaptarse a distintos ambientes. Dichas plantas son conocidas comúnmente como malezas o mala hierba, ya que son plantas que crecen en lugares que no les corresponde en los cuales no han sido sembradas y que obstaculizan los objetivos del hombre (Suárez y col., 2004).

Resulta difícil determinar las grandes pérdidas económicas que representan las malezas debido al bajo rendimiento que producen en las plantas cultivadas al competir con ellas por agua, luz, nutrientes y espacio, además de que afectan el precio de los productos hortícolas cuando forman parte de la cosecha como impurezas. De esta manera, se han buscado diferentes alternativas para ejercer un control sobre ellas, siendo una de las formas más viables para su aprovechamiento, utilizarlas como forraje y alimento animal según sus características y propiedades nutricionales particulares (Bentley y col., 2002).

Es conocido que las plantas proporcionan un sin número de sustancias nutrientes como vitaminas, minerales, proteínas, carbohidratos, etc., que ayudan a contribuir a la buena alimentación humana y animal. Por esta razón, debido a que muchas veces las malezas pueden llegar a ser la única fuente alimenticia de distintos animales, en especial de los rumiantes, es importante también evaluar aquellos compuestos antinutricionales que puedan afectar su salud y correcta nutrición (Sodeinde y col., 2007).

Los metabolitos secundarios producidos por las plantas no son producidos al azar, ya que pueden poseer funciones esenciales en el crecimiento y desarrollo de las plantas al funcionar como defensa contra bacterias, virus, hongos y estrés ambiental (Romero, 2000), además de que pueden tener efectos nutricionales o antinutricionales en los animales que las consumen. Estos últimos son definidos como sustancias naturales no fibrosas generadas por el metabolismo secundario de las plantas, las cuales las utilizan principalmente, según se ha sugerido, como

medio de defensa contra depredadores (Kumar, 1992). Esas sustancias interfieren en el total aprovechamiento de otros nutrientes como minerales y proteínas, o pueden producir daños al organismo del animal que las consuma (D'Mello, 1995). Entre esos factores, los taninos, fitatos y saponinas han merecido especial interés por estar presentes en una gran mayoría de especies vegetales y por su impacto en la nutrición.

Una clasificación hecha por Huisman y Tolman (1992) los divide según sus efectos en el valor biológico de los alimentos y según la respuesta biológica de los animales, pudiendo ser:

- Factores que tienen un efecto depresor en la digestión y utilización de las proteínas (inhibidores de tripsina y quimiotripsina) tales como lectinas, compuestos polifenólicos y saponinas.
- Factores que causan un negativo efecto sobre la digestión de carbohidratos (inhibidores de amilasa) tales como compuestos polifenólicos y flatulantes.
- Factores que tienen un efecto depresor en la digestión y utilización de minerales tales como glucosinolatos, ácido oxálico, ácido fítico y gosipol.
- Factores que inactivan vitaminas o incrementan los requerimientos del animal.
- Factores que estimulan el sistema inmune (proteínas antigénicas).
-

Los principales FAN y sus efectos *in vivo* más importantes son resumidos en el Cuadro 1.

El efecto de los factores antinutricionales depende de la especie animal, condiciones de manejo, edad, estado nutricional, sexo y de los procesos digestivos de cada especie. Por ejemplo, algunos compuestos son tóxicos para los monogástricos como los inhibidores de tripsina, pero no presentan efectos adversos en rumiantes porque son degradados en el rumen (Romero, 2000).

Los taninos, fitatos y saponinas han merecido especial interés por estar presentes en una gran mayoría de especies vegetales. En el presente estudio nos enfocamos en el fitato o ácido fítico y en las saponinas.

II.1 Ácido fítico

El ácido fítico (AF) y sus sales constituyen la principal forma de almacenamiento de fósforo en semillas de cereales y leguminosas (Wyatt y Triana-Tejas, 1994).

Sin embargo, en esta forma, el fósforo permanece no disponible para el hombre y animales monogástricos, debido a que éstos no están provistos de suficiente actividad de fosfatasas endógenas (fitasas) que sean capaces de liberar el grupo fosfato de la estructura del fitato (Walsh y col., 1994). El ácido fítico es además un compuesto con actividad antinutricional, debido a su capacidad de formar complejos insolubles con minerales y proteínas, convirtiéndolos en no asimilables por el organismo bajo condiciones fisiológicas (Martínez y col., 2002)

II.1.1 Estructura química y propiedades

Existen numerosos inositoles polifosforilados en la naturaleza y dependiendo del complejo formado puede existir una amplia variedad de compuestos. Esto quizá conduce a alguna confusión en terminología concerniente a la nomenclatura de estos compuestos con términos tales como fitina, fitato, fitatos y ácido fítico, siendo éste el más prevalente en la literatura. El ácido fítico es llamado comúnmente ácido *myo*-inositol hexafosfático y su nombre IUPAC es *myo*-inositol 1, 2, 3, 4, 5, 6 – hexaquis(dihidrógeno fosfato). El término fitína implica una sal de calcio-magnesio del ácido fítico, mientras que fitato es del mono al dodeca anión del ácido fítico. Sin embargo el ácido fítico o fitato comercialmente disponible puede contener además bajas cantidades de otros derivados de fosfato fuera del hexafosfato; a estos compuestos muchos investigadores les asignan el término de fitatos (Maga, 1982). Esta estructura a pH neutro, y al pH que normalmente presentan los alimentos, es una molécula cargada negativamente y por tanto muy reactiva, por lo que presenta una elevada capacidad para formar complejos o para unirse a moléculas cargadas positivamente como cationes o proteínas (Wang, 1998).

Cuadro 1. Principales factores antinutricionales y sus efectos en animales

| Factor antinutricional | Efecto (<i>in vivo</i>) |
|----------------------------------|---|
| Lectinas | - Daño en las paredes intestinales - Reacciones inmunológicas - Deterioro de la absorción de nutrientes - Incremento de la síntesis de proteína por mucosa - Metabolismo tóxico |
| Inhibidores de proteasas | -Reducción de la actividad de (quimio-) tripsina - Hipertrofia pancreática - Digestión disminuida |
| Inhibidores de α -amilasa | -Desactivación de amilasa salival y pancreática - Reducción de digestibilidad de almidón |
| Taninos y polifenoles compuestos | - Forman complejos con enzimas y proteínas - Reducen la digestibilidad de proteínas |
| Factores flatulantes | - Incomodidad gastrointestinal |
| Proteínas antigénicas | - Daño en paredes intestinales - Respuesta inmunológica |
| Ácido fítico | - Forma complejos con minerales y proteínas - Deprime de la absorción de minerales |
| Vicine/convicine | - Anemia hemolítica -Interferencia con fertilidad y % incubación de huevos |
| Saponinas | - Hemólisis - Permeabilidad intestinal |
| Glucosinolatos | - Bocio, supresor de la producción de T3 y T4 por falta de yodo en la G. tiroides. - Lesiones en hígado y riñones |
| Acido oxálico | - Hipocalcemia - Gastroenteritis - Daño renal |
| Gosipol | - Anemia debido a falta de Fe - Reducción de peso de huevos |
| Alcaloides | - Perturbación neurológica - Reducción de la palatabilidad |
| Sinapinas | - Olor a pescado en huevos |

(De Lange y col., 2000).

En la semilla el AF se encuentra como una mezcla de sales con varios cationes de los metales K, Mg, Ca, Mn, Zn y Fe; el término fitina se usa para designar una mezcla de sales de Ca y Mg del AF (Martínez y col., 2002).

La insolubilidad del AF es la principal causa de su comportamiento antinutricional y la solubilidad de sus sales varía con el pH. Las sales formadas con Ca y Mg son solubles a pH bajos e insolubles a pH elevados; por lo tanto, a pH fisiológico, serían insolubles, de ahí el descenso de la biodisponibilidad mineral.

En general, las sales hidrogenadas y monovalentes del ácido fítico son solubles en agua, mientras que las sales metálicas divalentes y trivalentes son bastante insolubles (Han, 1988).

II.1.2 Distribución y localización

El AF se encuentra ampliamente distribuido en el reino vegetal. En la mayoría de las plantas, una gran proporción del P (80%) está presente en forma de fitatos, especialmente en las semillas en las que el AF se encuentra en concentraciones elevadas desde 1 hasta 7%. En las semillas de los cereales, oleaginosas y leguminosas, los niveles de AF son elevados y constituyen el mayor porcentaje (60-82%) del P total; varias raíces y tubérculos presentan cantidades moderadas de ácido fítico, siendo el fósforo fítico el 21-25% del total; en verduras, las cantidades de AF son muy pequeñas.

II.1.3 Función fisiológica en la planta

Entre las funciones fisiológicas que se le han atribuido al ácido fítico se encuentran: el depósito del fósforo, el depósito de energía, fuente de cationes o iniciador de la latencia (Cheryan, 1980). Además, algunos metabolitos procedentes del *myo*-inositol y del inositol monofosfato (InsP) juegan un papel importante en el desarrollo de la planta (Bohnert y col., 1995).

En la semilla, el ácido fítico constituye el principal almacén de fósforo inorgánico en forma de fosfatos y *myo*-inositol, así como de determinados cationes, como el Mg^{2+} que son movilizados durante la germinación para la síntesis de ácidos nucleicos (Yoshida y col., 1999); además, el *myo*-inositol es un importante precursor de los

polisacáridos de la pared celular (Scott, 1991) y de fosfolípidos incluidos en la señal de transducción (Gross y Boos, 1990). Por otro lado, la capacidad antioxidante del ácido fítico hace que éste contribuya a aumentar el tiempo de latencia de la semilla, ya que previene la peroxidación de lípidos y se ha visto que inositoles metilados participan en la osmoprotección en plantas halófilicas (Graf y col., 1987).

II.1.4 Efectos antinutricionales

Los fitatos reducen la biodisponibilidad mineral e inhiben enzimas proteolíticas y amilolíticas (Khokhar y Fenwick, 1994). A pesar de que la naturaleza exacta y el grado de unión del ácido fítico a minerales y proteínas son difíciles de determinar, y su papel en la nutrición es complejo (Lee y col., 1988), sí está claro que altos niveles de ácido fítico en la dieta están asociados con efectos nutricionales adversos en el hombre y en animales.

II.1.4.1 Efectos en las proteínas

El grado de interacción del AF con proteínas es dependiente de la carga neta de la proteína, de su conformación y de las interacciones con minerales a un pH dado. A bajo pH, por debajo del punto isoeléctrico de las proteínas, éstas se encuentran cargadas positivamente y el AF negativamente, en estas condiciones se produce una fuerte interacción electrostática entre el grupo amino terminal de las proteínas y ésteres fosfato aniónicos del AF, formándose un complejo binario (Figura 1). A pH intermedio, por encima del punto isoeléctrico de las proteínas, debido a que la carga de las proteínas, al igual que la del ácido fítico, es negativa, su interacción sería imposible, sin embargo, puede realizarse a través de la formación de un complejo ternario con cationes divalentes como el Ca^{2+} o el Mg^{2+} (Figura 1). A pH intermedio, también pueden existir algunos complejos binarios, ya que a dicho pH, los residuos lisil y arginil de las proteínas están aún cargados positivamente. A pH elevado la interacción entre las proteínas y el AF disminuye.

La formación de complejos entre el ácido fítico y las proteínas no sólo afecta a la solubilidad y biodisponibilidad mineral (Bau y col., 1997), además puede unirse también al almidón, directamente a través de puentes de hidrógeno o

indirectamente mediante las proteínas a las que se asocia (Thompson, 1987, 1988,1996).

II.1.4.2 Efectos en la biodisponibilidad mineral

Por su estructura altamente reactiva, el ácido fítico es un excelente agente quelante, presentando una gran afinidad por todos los elementos trazas polivalentes y minerales como el Cu^{2+} , Co^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} (Nolab y col.,1987). La mayoría de los estudios realizados sobre la interacción entre el ácido fítico y los minerales ponen de manifiesto la existencia de una relación inversa entre la absorción de estos micronutrientes y el ácido fítico, aunque existen grandes diferencias en el comportamiento individual de cada elemento mineral.

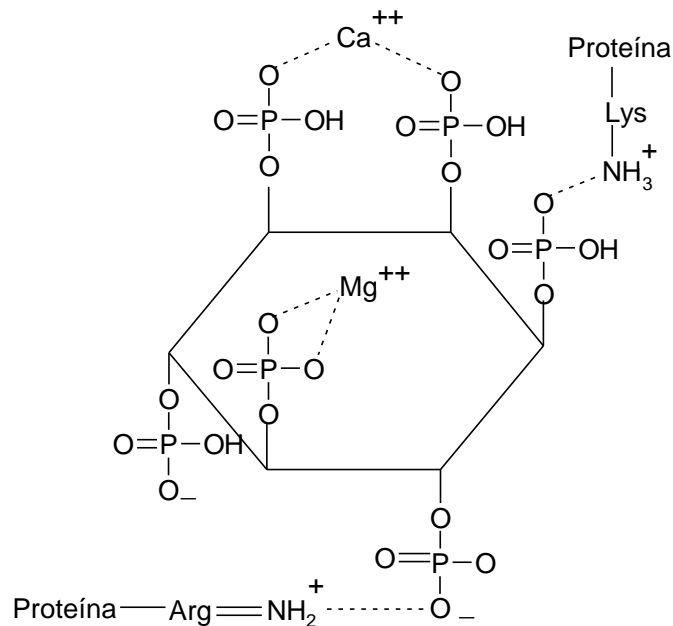


Figura 1. Interacción fitato-minerales, fitato-aminoácidos.

Los efectos adversos del ácido fítico en la biodisponibilidad mineral dependen de un gran número de factores entre, los que se destacan la concentración del ácido fítico y la fuerza de su unión con los diferentes minerales (Thompson, 1996). Además de una serie de factores como las condiciones de procesamiento del alimento (pH) y el tipo

de ácido fítico (añadido o endógeno), la concentración de minerales, la concentración de proteínas y la presencia de otros agentes quelantes, son los que determinan el que puedan competir por la formación de complejos con los minerales (Zhou y Erdman.,1995).

II.1.5 Métodos de análisis del AF

Dado que el AF no tiene espectro de absorción característico o un reactivo específico, su determinación ha constituido un problema analítico.

En la actualidad, se usan métodos de precipitación, de intercambio iónico, métodos cromatográficos y de resonancia magnética nuclear.

II.2 Saponinas

II.2.1 Estructura y propiedades

Las saponinas son glicósidos ampliamente distribuidas en el reino vegetal. Incluyen una gran familia de compuestos estructuralmente relacionados que contienen una aglicona esteroidea o triterpénica (sapogenina) unida mediante enlace glicosídico a una o más unidades de sacáridos (Figura 2). Los carbohidratos pueden ser pentosas, hexosas o ácidos urónicos. Las saponinas se clasifican de acuerdo al número de azúcares presentes en su estructura como mono, di o tridesmosídicas. Las saponinas monodesmosídicas tienen un azúcar unido al C-3; las bidesmosídicas tienen 2 azúcares, uno de ellos unidos mediante un enlace éter al C-3 y el otro unido a través de un enlace éster al C-28 (saponias triterpénicas) o un enlace éter al C-26 (saponinas furastanílicas). Los monosacáridos más comunes son: D-glucosa, D-galactosa, ácido D-glucurónico, ácido D-galacturónico, L-ramnosa, L-arabinosa, D-xilosa, y D-fructosa. La naturaleza de la aglicona, los grupos funcionales sobre ella y el número y naturaleza de azúcares pueden variar ampliamente dando origen a una gran diversidad de compuestos con propiedades físicas, químicas y biológicas diferentes (Mazza y Güçlü-Üstündağ, 2007).

Debido a la presencia de un grupo polar (el azúcar) y un grupo no polar (esteroide o triterpeno) en su estructura (naturaleza anfifílica), las saponinas tienen una fuerte

actividad surfactante con propiedades emulsificantes, humidificantes, espumosas, responsables de sus efectos benéficos o adversos que se les atribuye.

El principal efecto biológico de las saponinas es la interacción con los componentes de la membrana celular. Por ejemplo, las saponinas hemolizan los glóbulos rojos por interacción con las proteínas, los fosfolípidos y el colesterol de la membrana de los eritrocitos.

Las saponinas se caracterizan por su actividad hemolítica y espumante y en parte son responsables de impartir un sabor amargo y astringente a las plantas que las contienen, afectan la permeabilidad de las células de la mucosa del intestino delgado, lo cual afecta a su vez la actividad y el transporte de nutrientes; además se ha demostrado que inhiben varias enzimas digestivas como la tripsina y quimotripsina y se conoce también que inhiben la degradación de las proteínas debido a la formación de complejos saponina-proteína.

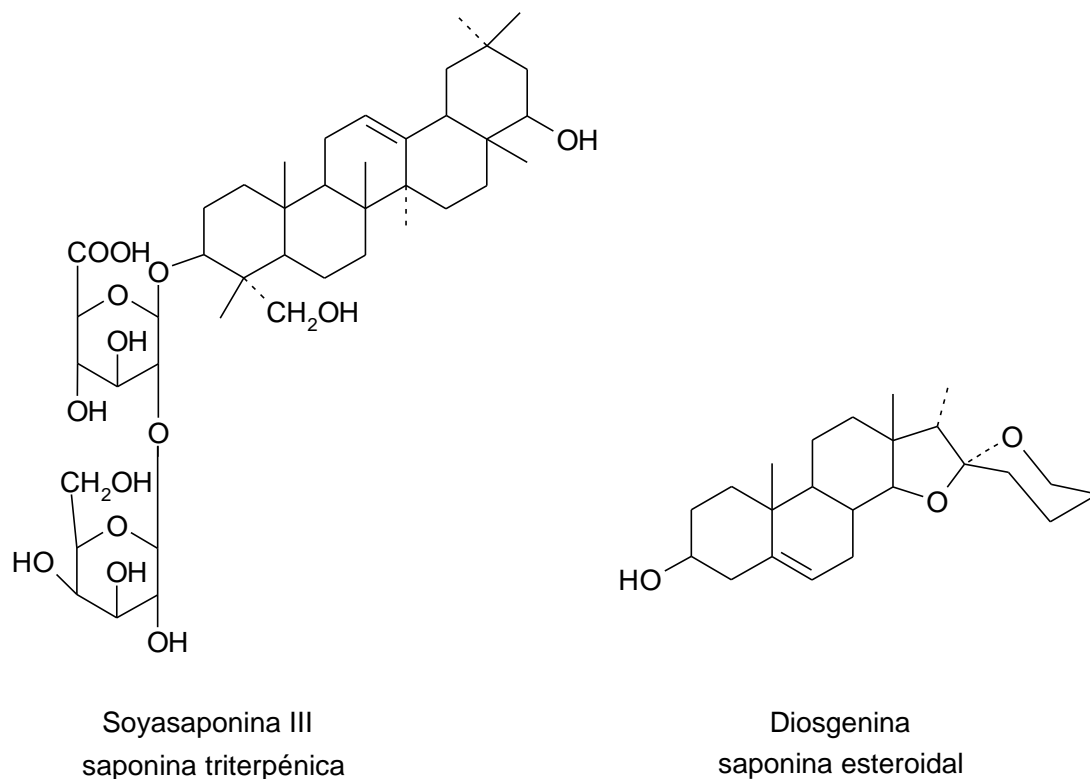


Figura 2. Estructura de saponinas

Por otro lado, se reconocen algunos efectos benéficos sobre la nutrición como lo es el efecto hipocolesterolémico así como el de favorecer el crecimiento en algunas especies animales. Pero, por otro lado, son desfavorables, ya que pueden bajar la tasa de crecimiento en pollos y la producción de huevos, cuando se incluye en su dieta un alto contenido de ellas (arriba del 5%) (Makkar y col., 2007).

II.2.2 Distribución y localización

La presencia de saponinas se ha reportado en más de 100 familias de plantas y en algunas fuentes marinas como la estrella y el pepino de mar. Las saponinas esteroidales se encuentran principalmente en monocotiledóneas como *Agavaceae*, *Dioscoreaceae* y *Liliaceae* y las triterpénicas en dicotiledóneas como *Leguminosae*, *Araliaceae*, *Cariofilaceae*. Las principales fuentes de saponinas son las legumbres como soya, garbanzo, ejotes, cacahuate, haba, frijoles y lentejas. También se pueden encontrar en avena, ajo, té, espinaca, betabel, etc. (Mazza y Güçlü-Üstündağ, 2007).

II.2.3 Actividad biológica

A las saponinas se les ha atribuido un amplio rango de actividades biológicas que se listan en el Cuadro 2.

La habilidad de las saponinas de hinchar y romper los eritrocitos liberando hemoglobina (actividad hemolítica) ha sido la más investigada, aunque algunas saponinas son relativamente inocuas y han mostrado no tener actividad hemolítica (Makkar y col. 1997). Estudios de toxicidad animal han avalado la seguridad de saponinas de soya y alfalfa para su uso como alimento y suplementos alimenticios.

II.2.4 Efectos antinutricionales

Las saponinas afectan el comportamiento y metabolismo animal a través de: hemólisis de eritrocitos, reducción de colesterol sanguíneo y hepático, depresión de la tasa de crecimiento, inhibición de la actividad del músculo liso, inhibición enzimática y reducción en la absorción de nutrientes (Cheeke, 1971).

Cuadro 2. Actividades biológicas reportadas para saponinas.

| | |
|------------------|--|
| Adaptogénica | Quimiopreventiva |
| Analgésica | Neuroprotectora |
| Adyuvante | Moluscocida |
| Antialérgica | Hipoglémica |
| Antiedematosa | Efecto sobre la absorción de minerales y vitaminas |
| Antiexudativa | Efecto sobre el comportamiento cognitivo |
| Antialimenticia | Efecto sobre la amnesia inducida por el etanol |
| Antihongos | Efecto sobre la hiperactividad inducida por morfina o nicotina |
| Antigenotóxica | |
| Antiinflamatoria | Efecto sobre la fermentación ruminal |
| Antimicrobial | Efecto sobre el crecimiento y reproducción animal |
| Antimutagénica | Efecto inmunoestimulante |
| Antiobesica | Hepatoprotectora |
| Antioxidante | Hipocolesterolemica |
| Antiparsítica | Aumenta la permeabilidad de las células de la mucosa intestinal |
| Antiflojística | |
| Antiprotozoaria | Inhibe el transporte activo de nutrientes |
| Antisoriásica | Reducción en la absorción de la grasa |
| Antipirética | Reducción de la sconcentraciones de amonio ruminal |
| Antiespasmódica | |
| Antiulcerosa | Reducción de aborto en cerdos |
| Antiviral | Hinchazón del tracto intestinal de animales por exceso de gases |
| Citotóxica | |
| Diurética | Antihepatotóxica (inhibidor del efecto de absorción del alcohol) |
| Sedante | |
| Expectorante | Antitronbótica (efecto sobre la coagulación) |
| Hemolítica | Antitusiva (aliviar o prevenir la tos) |

(Mazza y Güçlü-Üstündağ, 2007)

En no rumiantes como pollos y cerdos, retardan la velocidad de crecimiento debido principalmente a la reducción de ingesta por parte de los animales. En rumiantes producen, inapetencia, anorexia, pérdida de peso y gastroenteritis. Se ha encontrado que en ovejas, las saponinas inhiben la fermentación microbial y síntesis en el rumen y alteran el sitio de digestión de nutrientes (Baloyi y col., 2001). Sin embargo, no todas las plantas ricas en saponinas producen efectos adversos. Esto indica que las saponinas provenientes de diferentes especies vegetales tienen variados efectos biológicos, debido probablemente a las diferencias estructurales. Los efectos adversos de las saponinas pueden ser neutralizados por lavados con agua (Kumar, 1992).

II.3 Antecedentes de las plantas objeto de estudio

Las malezas arvenses usadas como forraje en el estado de Querétaro que fueron objeto de estudio son las siguientes: *Amaranthus hybridus* L., *Brassica rapa* L., *Cosmos bipinnatus* Cav., *Cynodon dactylon* Pers., *Desmodium molliculum* DC., *Ipomoea purpurea* Roth., *Malva parviflora* L., *Oxalis decaphylla* H.B. & K., *Parthenium hysterophorus* L., *Sanvitalia procumbens* Lam., *Simsia amplexicaulis* Pers., *Sorghum halepense* Pers., *Tithonia tubiformis* Cass. Existe un estudio sobre el contenido de sustancias nutritivas como minerales, proteínas, fibra, y la actividad antioxidante de estas plantas, el cual fue llevado a cabo en el laboratorio de Productos Naturales de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro donde se concluyó que plantas como *C. bipinnatus*, *M. polymorfa*, *T. tubiformis* y *A. hybridus* presentan buenas características para forraje, ya que cumplen con la mayoría de los valores recomendados para el mantenimiento de la salud de los animales que las consumen (Gutiérrez y col., 2008). La descripción de cada una de estas plantas se muestra a continuación.

II.3.1 *Amaranthus hybridus* L. (Figura 3)



Figura 3. *Amaranthus hybridus* L. (Vibrans, 1993).

Familia: Amaranthaceae.

Sinonimia popular: Bledo, quelite blanco, quelite bueno, quintonil, quintonil blanco, quintonil grande, quintonile; Distrito Federal: quiltil (náhuatl); Puebla: cal' unit, ka (totonaco), huauquiltil (nahua), xidha (otomí); San Luis Potosí: kithal toro, je' pal (tenek).

Botánica y ecología: Hierba hasta de 70 cm de altura, erecta y rojiza. Tiene las hojas de forma alargada y extremos puntiagudos. Las flores son verdosas, pequeñas y están agrupadas en espigas largas en la unión del tallo y la hoja o en las partes terminales de la planta. Los frutos son redondos. Es originaria de México. Habita en clima cálido, semiseco y templado, desde el nivel del mar hasta los 2600 m. Planta silvestre, crece a orilla de caminos, en terrenos de cultivo de maíz, alfalfa y huertos familiares. Asociada a vegetación perturbada de dunas costeras, bosques tropicales caducifolio, subcaducifolio y perennifolio; pastizal, matorral xerófilo, bosque mesófilo de montaña y bosque de encino.

Etnobotánica y antropología: Al quelite se le emplea con frecuencia en problemas del aparato digestivo. En el Distrito Federal, se utiliza contra el dolor de estómago, y en Sonora contra la diarrea, para lo cual se aconseja usar hojas y ramas. Además se usa en casos de corajes, muinas o bilis. Se hace uso de esta planta en irritación de la boca y la garganta, hemorragias intestinales, menstruación excesiva, leucorrea e infecciones de la piel.

Química: En la hoja se han detectado los componentes heterocíclicos de nitrógeno no-alcaloideos, amarantina e isoamarantina. En las semillas, se han identificado los esteroides delta-7-ergosterol, espinasterol, estigmasterol, además se han realizado estudios sobre el contenido de aceite (He y Corke, 2003), contenido de los pigmentos (Yizhong y col., 1998) y evaluación del contenido proteínico (Uzo y Okorie, 1983).

Farmacología: determinación de la actividad antibacteriana del polen de *A. hybridus*, encontrándose que el polen de esta planta inhibe el crecimiento de las bacterias en cultivo (Ortega y col., 2003).

Comentarios: El quelite, *Amaranthus hybridus*, es una planta originaria de México, importante en la actualidad no sólo por su aplicación medicinal sino por su uso en la

alimentación. No se detectó evidencia del uso en siglos anteriores, ni existen investigaciones científicas que corroboren alguna de las propiedades biológicas que se le atribuyen (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009).

II.3.2 *Brassica rapa* L. (*B. Campestris* L.) (Figura 4)



Figura 4. *Brassica rapa* L. (*B. Campestris* L.) (Tenório, 2000a).

Familia: Brassicaceae.

Sinonimia popular: Comúnmente se le conoce como Nabo o Mostaza.

Botánica y ecología: Es una especie de origen Euroasiático, adventicia en América; muy difundida como maleza de los cultivos. En el país, está registrada en Baja California Norte, Baja California Sur, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas. En el estado de Querétaro se localiza en los municipios de Amealco, Colón, Corregidora, El Marqués, Huimilpan, Pedro Escobedo, Pinal de Amoles, Querétaro y San Juan del Río, en altitudes por debajo de las reportadas en el valle de México, las cuales van de 2,250 a 2,950 msnm (Suárez y col., 2004). En la agricultura campesina

generalmente no es vista como perjudicial, ya que es una planta comestible importante y nutritiva.

A pesar de ser una especie frecuente y ocasionalmente dominante, no se tienen datos de que tenga un efecto negativo sobre la diversidad en los hábitats arvenses y ruderales. Su forma de vida no es intolerante, no es tan alta para que sombree exageradamente a otras especies, y tiene su mayor desarrollo en invierno y al principio de la temporada de lluvias, así evade la competencia y el efecto negativo sobre las malezas nativas (Vibrans, 2005).

Etnobotánica y antropología: A pesar de ser una especie introducida, es una de las plantas recolectadas como quelite más importantes de México (Vibrans, 2005). Sus hojas jóvenes y a veces las flores, son consumidas crudas o cocidas con sal. Sus frutos o silicuas se venden en los mercados con el nombre de vaina y sirven como alimento para pájaros enjaulados. Las semillas contienen un aceite, el cual, si bien no es comestible, se puede usar para fines técnicos, como en lámparas. En el estado de Querétaro es usada como forrajera, para borregos, puercos y vacas. En Amealco, San Joaquín, Huimilpan y Querétaro la usan como alimento cuando está tierna. Cocida y aplicada en cataplasma reduce los sabañones. El jugo obtenido de la raíz cocida combate la tos y la bronquitis crónica (Suárez y col., 2004).

Química: Se han realizado estudios sobre el contenido de flavonoides (Sasaki y Takahashi, 2002).

Farmacología: El flavonoide isoramnetina presentó actividad contra el virus del Herpes simplex tipo HSV-1 mediante el bioensayo SRB (Kim y col., 1998).

II.3.3 *Cosmos bipinnatus* Cav. (Figura 5)

Familia: Asteraceae o Compositae.

Sinonimia popular: Amapola de campo, amapola silvestre, girasol morado, mirasol, madreSelva; Michoacán: jurhiata eranchi (purhépecha), sharacamata, xaricumara.

Botánica y ecología: Es una hierba erecta de 20 cm a 2 m de altura y poco ramificada. Las hojas son delgadas y tienen hendiduras. Las flores son de color rosa, lila o blancas, se ven como estrellas vistosas y grandes. Los frutos tienen

cuatro divisiones. Es originaria de Norteamérica y hasta México; está presente en clima templado entre los 2000 a los 2700 msnm. Es asociada a cultivos de temporal, bosques de encino, de pino y mixto de pino-encino.



Figura 5. *Cosmos bipinnatus* Cav. (Vibrans, 1996)

Etnobotánica y antropología: Esta planta se emplea para el tratamiento de la tos en el Estado de México y Michoacán.

En la cuenca de México, se usa como planta ornamental y con este fin, se cultiva y se recolecta donde crece espontáneamente. Puede llegar a usarse con fines ceremoniales y religiosos. En Jiquilpan, Michoacán, se usa para la tos y en Pinal de Amoles, Querétaro, se utiliza como planta forrajera (Suárez y col., 2004).

Química: En las flores de *C. bipinnatus* se han detectado los flavonoides glucurónido de crisoenol y luteolina (Saito, 1976), en las partes aéreas, el monoterpeno cosmeno, el β -elemeno, el β -cariofilleno, el germacreno y el biciclogermacreno (Menut y col., 2000).y en las hojas, el compuesto fenílico ácido gentísico.

Farmacología: Un extracto etanólico-acuoso de la planta entera mostró actividad diurética en experimentos realizados in vivo con ratas tratadas por la vía

intraperitoneal, a la dosis de 250 mg/kg. Este mismo extracto no mostró actividad antitumoral al evaluarse en ratones, por la vía intraperitoneal, así como tampoco actividad citotóxica cuando se probó en un cultivo de células CA-9KB. (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009).

Toxicidad: Se ha calculado en 1000 mg/kg la dosis letal media de un extracto etanólico-acuoso, evaluado en ratones por la vía intraperitoneal.

Comentarios: *Cosmos bipinnatus* es una planta mexicana de la cual los pocos estudios experimentales que existen no permiten aún determinar con precisión su efectividad (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009).

II.3.4 *Cynodon dactylon* (L.) Pers. (*Capriola dactylon* Kuntze) (Figura 6.)



Figura 6. *Cynodon dactylon* (L.) Pers. (Tenorio, 2000b).

Familia: Poaceae.

Sinonimia popular: Bramilla, gallitos, gramilla, grama, pata de gallo, zacate, zacate bermuda; Nayarit: cunapoarisha (cora); San Luís Potosí: tsakam tom (tenek).

Botánica y ecología: Planta con raíces a todo lo largo, tendida en el suelo, alzándose de 10 a 40 cm de altura. Las hojas son alargadas y angostas como listones y salen de las articulaciones de los tallos. Las flores en espigas aparecen en las puntas de cada rama. Planta cosmopolita. Habita en climas cálido, semicálido, semiseco y templado, entre los 880 y los 2500 msnm. Crece a orilla de caminos, asociada a bosque tropical caducifolio, matorral xerófilo, pastizal, bosques de encino, de pino y mixto de encino-pino.

Se cultiva para formar céspedes y contener la erosión del suelo; en cultivos de plantación forma manchones que llegan a cubrir superficies considerables, sofoca y elimina a las plantas de cultivo, por ejemplo: alfalfa, caña de azúcar, forrajes, huertos, etc.

En el estado de Querétaro, se encuentra en los municipios de Arroyo Seco, Cadereyta, El Marqués, Pinal de Amoles y Tolimán. En el municipio del Marqués, se utiliza como forraje para todo tipo de ganado (Suárez y col., 2004).

Etnobotánica y antropología: En algunas entidades de la costa del Pacífico como Michoacán, Nayarit y Sonora, al igual que en el Distrito Federal, es frecuente el uso de la grama contra afecciones renales, principalmente para aliviar el dolor del riñón. Aunque también es común emplearla cuando hay piedras en los riñones (mal de piedra), inflamación en la vejiga y cólicos nefríticos. Inclusive, se le ocupa para descongestionar y refrescar el riñón. En general, se le utiliza contra algunas enfermedades del aparato digestivo, como "soltura" (diarrea), torzón o dolor de estómago, daños del hígado, para tratar los cálculos biliares y la bilis; se ocupa la infusión de la planta completa, tomada como té. Sin embargo, para ciertos padecimientos como los fuegos (úlceras bucales) se hacen "buches" con el cocimiento. Para los males del bazo se aplican cataplasmas de la planta previamente remojada (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009). Se usa como diurético y para aliviar la hepatitis no infecciosa y la ictericia (Vibrans, 2005). Su toxicidad se debe al contenido de glucósidos cianogénicos y su consumo puede provocar una gran variedad de síntomas como orina rojizo-café, temblores musculares, mucosas de coloración rojo brillante, dificultades motoras y taquicardia.

Historia: En el siglo XVI, Francisco Hernández la menciona en su obra sin referir ninguna propiedad medicinal. En el siglo XX, Narciso Souza comenta: "el cocimiento de esta planta es frecuentemente empleado como diurético".

Química: En las ramas, se han identificado los flavonoides daidzeina y genisteina; y los triterpenos arundoina y friedelina (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009).

Farmacología: Varios reportes experimentales señalan la presencia de un efecto estrogénico en extractos etanólicos, al ser evaluados en ratas tratadas por vía intraperitoneal y en ratones jóvenes, por vía subcutánea. Un extracto acuoso evaluado por la vía externa durante 12 días, produjo un efecto cicatrizante en conejos. La actividad antiviral frente al virus de la viruela se reveló al evaluar un extracto etanólico-acuoso preparado con la planta entera en un sistema de cultivo de células. En Nigeria, se evaluó la actividad anticonvulsiva de un extracto etanólico preparado con la planta entera en ratones de ambos sexos, por vía intraperitoneal. Los resultados fueron positivos, aunque débiles, en un modelo experimental *in vivo* de convulsiones inducidas con metrazole, mientras que resultaba negativo al utilizar estricnina para inducir las convulsiones. En la India, se evaluó un extracto acuoso de la planta entera para conocer su efecto *in vitro*, en la inducción de la fagocitosis. Los resultados fueron positivos al utilizar muestras de sangre humana incubada con el extracto de la planta y una suspensión de *Micrococcus citreus*, y posterior conteo bacteriano en los fagotitos (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009).

Se evaluó la actividad antioxidante del extracto acuoso de esta planta, el cual mostró una concentración inhibitoria media (IC₅₀) de 273.64 µg/ml (Auddy y col., 2003).

Comentarios: *Cynodon dactylon* es una planta cuyas aplicaciones populares en el presente, para combatir los "fuegos" y prevenir el aborto, tiene cierta validación científica, ya que se han comprobado las acciones cicatrizante, antiviral y estrogénica con extractos obtenidos de ella (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009).

II.3.5 *Desmodium molliculum* DC. (Figura 7)



Figura 7. *Desmodium molliculum* DC. (Morley, 2005).

Familia: Fabaceae.

Sinonimia popular: Pegarropa, manayupa, amor seco.

Botánica y ecología: Su distribución va desde Sonora y Nuevo León hasta el norte de Sudamérica. En el estado de Querétaro, se distribuye en los municipios de Jalpan y Landa de Matamoros, en cultivos de maíz. En el municipio de Landa de Matamoros se usa como forraje para burros y reses (Suárez y col., 2004).

Etnobotánica y antropología: Las hojas se usan contra la sordera; para ello se maceran y la pasta resultante se pone en los oídos. Las hojas preparadas en té se usan para la diarrea.

Las tribus del Amazonas la usan para calmar el nerviosismo, para tratar infecciones vaginales, para la malaria, para tratar las heridas, para tratar enfermedades venéreas, contra la diarrea; en otras regiones se usa como depurador de la sangre para desintoxicar el cuerpo de toxinas medioambientales y químicas, limpiador del tracto urinario, para tratar problemas ováricos y uterinos, para el asma bronquial,

estreñimiento, desintería y cólico, además que se considera como un potente diurético (Oscanoa, 2005).

Química: Se reportó un estudio sobre la composición química de esta planta (Gutiérrez y col., 2008).

Farmacología: Se evaluó su actividad antioxidante (Lock y col., 2005; Gutiérrez y col., 2008).

Comentarios: Aunque se reportan muchos usos medicinales de esta planta no existen estudios farmacológicos que avalen dichas actividades.

II.3.6 *Ipomoea purpurea* Roth (*I. Hirsutula* Jacq. F., *Hirta* Th. Dur., *I.*

Mexicana A. Gray, *I. Purpurea* var. *Diversifolia* (Linde.) O'Donell) (Figura 8)



Figura 8. *Ipomoea purpurea* Roth (Tenorio, 2000c).

Familia: Convolvulaceae.

Sinonimia popular: Correhiuela, Hiedra, Manto de la virgen.

Sinonimia botánica: *Convolvulus purpureus* L.; *Ipomoea diversifolia* Lindl.; *Ipomoea hirsutula* Jacq.f., *Ipomoea affinis* Mart. & Galeotti.

Botánica y ecología: Hierba rastrera o enredadera con tallos velludos. Las hojas son un poco alargadas o redondeadas, cubiertas de pelos ásperos. Las flores son

de color azul morado, rosa o blanco, en ocasiones con franjas verticales, crecen en grupos de 1 a 5; el fruto es muy pequeño, y al secarse se abre, dejando al descubierto unas semillas negras. Es originaria de América cálida. Está presente en clima semiseco a los 1100 msnm, asociada a bosque tropical caducifolio. En el estado de Querétaro, se localiza en los municipios de Arroyo Seco, Colón, Peñamiller, Pedro Escobedo, Pinal de Amoles, Querétaro, San Juan del Río y Tolimán. Lo vistoso de sus flores ha hecho que sea ampliamente cultivada como ornamental; también se le encuentra de forma espontánea en cercos, escombros y en campos con otros cultivos, creciendo fácilmente sobre dichas plantas debido a su hábito voluble. En Tolimán y Pinal de Amoles, se usa como forraje para los animales (Suárez y col., 2004).

Etnobotánica y antropología: En Guerrero, para usarla como purgante, se muelen las hojas y con ellas se prepara un cocimiento que luego se bebe. En Michoacán se emplea para ayudar al parto.

Historia: Francisco Hernández, en el siglo XVI relata su uso como: antiparasitario y para los humores crasos.

Química: Se han realizado estudios sobre el contenido de policétidos y terpenoides (Power y Rogerson, 1909) y se identificaron una serie de alcaloides (Wilkinson y col., 1986).

Farmacología: No se han reportado estudios farmacológicos realizados con esta planta.

Comentarios: Planta originaria de América de la cual no se detectaron antecedentes históricos de uso medicinal, ni estudios químicos o farmacológicos que corroboren su efectividad (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009).

II.3.7 *Malva parviflora* L. (Figura 9)

Familia: Malvaceae.

Sinonimia popular: Ahala, malba, malva de campo, malva de castilla, malva de quesitos; Estado de México: du-ene (mazahua); Oaxaca: baldag malv (zapoteco).

Botánica y ecología: Es una hierba de 60 cm de altura, con o sin pelos. Tiene las hojas anchas, en forma de riñón y el borde con cinco a siete ondulaciones muy marcadas y unidas al tallo por un largo soporte. Las flores son pequeñas, solitaria o en grupo de cuatro que salen en la unión del tallo con la hoja y son de color rosa, lila o blanco. Los frutos se ven como arrugados y tienen una sola semilla. Originaria de Europa, habita en climas calido, semicálido y templado, desde los 1000 msnm y de los 1800 a 3900 msnm. Crece a la orilla de caminos, terrenos de cultivo abandonados, asociada a vegetación perturbada de bosques tropicales, siendo más frecuente en bosques mesófilo de montaña, de encino, de pino, mixtos de encino-pino y bosque de junípero. En el estado de Querétaro, la podemos localizar en los municipios de Amealco, Cadereyta, Colón, Corregidora, El Marqués, Ezequiel Montes, Huimilpan, Pedro Escobedo, Peñamiller, Pinal de Amoles, Querétaro, Tolimán y Tequisquiapan. Las hojas hervidas y los frutos tiernos sirven como alimento y forraje. Se reporta que en Cadereyta y Pinal la usan como forraje para vacas y chivos (Suárez y col., 2004).



Figura 9. *Malva parviflora* L. (Tenorio, 2000d).

Etnobotánica y antropología: La malva tiene como principal atributo el actuar como desinflamante. Es así que para inflamaciones originadas por golpes, heridas o abscesos, se utiliza el cocimiento -a veces en leche- de hojas, flores o toda la planta, o bien, en ocasiones se le ocupa machacada, aplicándola en forma de emplasto o cataplasma. En inflamaciones de garganta, estómago, hígado, intestino, mucosas, músculo liso, riñones, pulmones e inflamación vaginal, por lo general se recomienda beber el cocimiento, aunque en ocasiones se aconsejan lavados intestinales o vaginales. En varios estados del país, con el objeto de bajar la calentura o fiebre, se acostumbran baños con el cocimiento de las ramas, principalmente en los niños. En Aguascalientes, lo administran como lavado intestinal. En Chiapas, a los adultos les dan baños de pies. Y en el Estado de México, beben como té el cocimiento de la raíz. Interviene en el tratamiento de diversos dolores de cabeza, cintura, cuerpo y muelas. Además, se le utiliza en malestares relacionados con el aparato digestivo. Destaca su empleo en lavados estomacales o intestinales, contra la diarrea, disentería, para la "cruda" o el mal estomacal provocado por ella, molestias estomacales e indigestión; para regular las funciones intestinales, la entapiadura y para soltar el estómago. Contra la baba de los niños, el empacho, postemillas y caries. Actúa también como antihelmíntico (lombrices). En general, se hacen lavados con la infusión de las hojas o ramas o se ingiere. Por otra parte, se le emplea en lesiones a nivel de piel o más profundas como granos, cortadas o heridas, picaduras de animales venenosos o de arañas, fuegos en los labios y abscesos purulentos. La infusión o la planta machacada se aplica en fomentos, emplastos o directamente frotada. Asimismo, se le utiliza en algunos padecimientos respiratorios: bronquitis, tos, catarro, traqueo-bronquitis, tuberculosis y ronquera. En casos de anginas o amigdalitis, se hacen gárgaras con la infusión de las ramas, o con las hojas frescas se talla la garganta, o se aprovecha su decocción para dar baños. También el cocimiento de las ramas se emplea para hacer lavados vaginales después del parto a efecto de facilitar la salida de la placenta y para dar un baño al recién nacido, igualmente se ocupa en baños de asiento, para lavar los ojos y como relajante o confortativo se aplica en la cabeza.

Se le menciona útil en el tratamiento de las almorranas y de algunos padecimientos renal-urinarios como "ardor de orines", mal de orín y los riñones. Además se emplea en casos de hidropesía o de infección y para el "espanto" o susto. Se le asigna la cualidad de diaforético.

Historia: En el siglo XX, Alfonso Herrera menciona que "las hojas secas y pulverizadas forman un polvo que se conoce como harina de malva, el cual, solo o mezclado con la harina de linaza, se usa para hacer cataplasmas emolientes. Sus flores se usan en infusión como diaforéticas".

Química: Existe muy poca información química sobre esta planta. En el aceite de la semilla se han identificado ácidos grasos comunes en oleaginosas comestibles, además de los ácidos malváticos, estercúlico y vemólico y los epoxiácidos de los ácidos oleico y esteárico (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009). En la raíz se ha identificado un stigmastano (Sharma y Ali, 1999).

Farmacología: Es una planta muy poco estudiada en cuanto a sus acciones biológicas. De las actividades evaluadas, solamente se comprobó la actividad diurética de una decocción administrada a ratas por la vía nasogástrica (1gm/kg). Se evaluó también la actividad antibiótica de una tintura preparada con las hojas. Los resultados fueron negativos frente a todos los microorganismos probados: *Escherichia coli*, *Pseudomona aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* y *Candida albicans* (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009).

Toxicidad: Aunque no ha sido reportada como tóxica en humanos, existen ejemplos de envenenamientos serios y fatales en animales que la han comido junto con el pasto.

Comentarios. *Malva parviflora* es una planta introducida de uso frecuente y extendido en nuestro país hoy en día. El uso de la malva en afecciones renales e hidropesía se justifica por su confirmada acción diurética (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009).

II.3.8 *Oxalis Decaphylla* H. B. & K. (*Ionoxalis decaphylla* Rose, *I. jaliscana* Rose, *I. Painteri* Rose & Smal, *O. painteri* Knuth, *O. jaliscana* Rose ex Knuth)
(Figura 10)

Familia: Oxalidaceae.

Sinonimia popular: Agritos.

Botánica y ecología: En México, la encontramos desde Pachuca y Real del Monte hasta Tepozotlán, Tlalpan y San Martín de las Pirámides. En el estado de Querétaro se encuentra en el municipio de Landa de Matamoros, en cultivos de girasol, maíz, calabaza y frijol. Se utiliza como forrajera para las reses (Suárez y col., 2004).

Química: No se encuentran reportes de estudios químicos llevados a cabo sobre esta planta.

Farmacología: No se encuentran reportes de estudios farmacológicos llevados a cabo sobre esta planta.



Figura 10. *Oxalis decaphylla* H. B. & K. (Muer, 2000).

II.3.9 *Parthenium hysterophorus* Linn. (Figura 11)

Familia: Asteraceae.

Sinonimia popular: Hierba de la hormiga, altamisa, altanisa, canario, claudiosa blanca, confitillo, escoba amargosa, escobilla, hierba amargosa. En Oaxaca: arternis ujts. En Puebla: ix ilthin kgolhnu (totonaco), sumia papalsni (tepehua);. En Quintana Roo: jaway, x-huaway (maya).

Botánica y ecología: Hierba ramosa de 60 a 80 cm de altura, de color verde cenizo. Las hojas están profundamente divididas, los agrupamientos de flores son terminales y de color blanco. Los frutos son secos, negros, y regularmente se abren. Especie originaria de América tropical. Presente en sitios con clima cálido y semicálido desde el nivel del mar hasta los 730 m. Crece a orillas de caminos, asociada a bosques tropicales caducifolio, subcaducifolio y perennifolio (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009).



Figura 11. *Parthenium hysterophorus* Linn. (Oudhia, 2005).

En el estado de Querétaro, se encuentra en los municipios de Arroyo Seco, Jalpan, Landa de Matamoros y Pinal de Amoles. En el municipio de Landa de Matamoros,

se le da un uso medicinal tomada en té para el mal del estómago ó como forrajera para burros y reces (Suárez y col., 2004).

Etnobotánica y antropología: Los usos medicinales más frecuentes de esta especie se indican para los padecimientos digestivos, principalmente para la bilis y el dolor de estómago, así como para la fiebre intestinal, empacho o como antihelmíntico (lombrices). Otras enfermedades para las que se recomienda son las de la piel: infecciones cutáneas, granos, ronchas, herpes, sarna, aljorra, lepra o contra la caída del cabello. Se recomienda como emenagogo, correctivo menstrual o para los flujos, aunque puede ser útil para la calentura, en el dolor de cuerpo, como antiinflamatorio y en crisis convulsivas, en el reumatismo y heridas o en enfermedades respiratorias como antitusivo, o para la diabetes. Se puede hacer uso de toda la planta, ya sea restregada y aplicada cutáneamente para los piquetes de hormiga, en alcohol y con plantas acompañantes (cabeza de ajo y trocitos de alcanfor, si es para el reumatismo. Sancochada con sal en problemas de sarna y herpes. Usado en baños, para los granos o la calentura. Además, se utiliza para fríos o paludismo (enfermedad transmisible debido a la picadura de mosquitos anofeles (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009). En Perú, la planta es usada como analgésica, astringente y antiinflamatoria (Vibrans, 2005).

Historia: A inicios del siglo XX, el Instituto Médico Nacional la cita como: analgésico, antídoto, antirreumático, antineurálgico y para la empineuritis alcohólica. La Sociedad Farmacéutica de México indica su uso como: analgésico, antídoto, antineurálgico, antirreumático, reumatismo articular y reumatismo muscular. Maximino Martínez la consigna como: antídoto, antirreumático, enfermedades del bazo, gastralgia, padecimientos hepáticos, fortalece los nervios y analgésico. Finalmente, Narciso Souza consigna: es muy usada como emenagoga, para combatir la sarna y otras enfermedades de la piel (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009).

Química: En la planta completa, se ha detectado la presencia de resina, el alcaloide partenina y ácido parténico (Picman y Towers, 1982) además se aislaron algunos pseudoguaianólidos del extracto clorofórmico de esta planta (Chhabra y col., 1999; Das y Das, 1997).

Farmacología: Se indica en la literatura que la propiedad analgésica del extracto hidroalcohólico de la planta ha sido comprobada por varios médicos que la indicaban a sus pacientes en el tratamiento de reumatismo articular subagudo y reumatismo muscular, así como para dolores de cabeza y estómago (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009). Se evaluó el contenido de fenoles totales y la actividad antioxidante en la cual *P. hysterophorus* no mostró una actividad significativa (Zheng y Wang, 2001).

Toxicidad: Mediante la prueba del parche se demostró que de 90 casos de individuos con dermatitis por contacto con plantas, 24 casos se debían al *P. hysterophorus*. Los síntomas presentados incluyeron dermatitis crónica en la mayoría de los casos confinada sólo en las partes expuestas seguida por periodos de postración y remisión, sin observarse rinitis alérgica ni asma.

Comentarios: *Parthenium hysterophorus* es una planta de la cual no se encontró ningún estudio experimental, que confirmara alguna de las acciones biológicas asociadas a los usos tradicionales (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009).

II.3.10 *Sanvitalia Procumbens* Lam. (Figura12)



Figura 12. *Sanvitalia Procumbens* Lam. (Vibrans, 2006).

Familia: Asteraceae o Compositae

Sinonimia popular: Ojo de chanate, ojo de gallina, ojo de gato, ojo de perico, ojo de pollo. Morelos: coyoixtli (náhuatl); Yucatán: yanix k' aantun buuba, k'aan tun buub, xk'antun buub (maya).

Sinonimia botánica: *Sanvitalia villosa* Cav.; *Sanvitalia acinifolia* DC.

Botánica y ecología: Hierba anual que tiende a inclinarse y con ramas de 4 a 30 cm de altura. Toda la planta está cubierta con pelillos cortos. Tiene las hojas alargadas, parecidas a puntas de lanza y se ven como rehiletes. Las flores son del tipo de la margarita, las de adentro son pequeñas, moradas u oscuras, las de afuera están en forma de lengüita y son amarillas. Originaria de México, habita áreas de climas cálido, semicálido, semiseco, seco y templado, reportada desde los 8 hasta los 2750 msnm. Planta cultivada en huertos familiares, crece a orilla de caminos, en terrenos de cultivo abandonados, zonas urbanas o en sitios con vegetación perturbada de bosques tropicales caducifolio y subcaducifolio, matorral xerófilo, pastizal, bosque espinoso, bosque mesófilo de montaña, bosques de encino, de pino y mixto de pino-encino (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009).

En el estado de Querétaro, se localiza en los municipios de Arroyo Seco, Colón, Jalpan y Landa de Matamoros. En el municipio de Arroyo Seco la utilizan junto con el elotillo para sacar pronto la placenta y en Landa de Matamoros la usan como forraje para las reses (Suárez y col., 2004).

Etnobotánica y antropología: En diferentes estados del país se le emplea para padecimientos digestivos como: la diarrea, en Durango, Estado de México, Morelos y Tlaxcala; la disentería en Michoacán y Yucatán; el empacho y la indigestión en Durango, Hidalgo, Michoacán y Oaxaca; el vómito en Aguascalientes y Oaxaca; además de dolor de estómago y trastornos digestivos. Para curar la diarrea, el empacho y el dolor de estómago. Para el vómito por caída de mollera. Por otra parte, se usa para tratar la calentura; se emplea de manera externa para las hinchazones y picaduras de alacrán; para aliviar las reumas se aplica el macerado de la planta en alcohol. Otros usos incluyen el mal de orín, los riñones, comezón de

enciás, enfermedades respiratorias, inflamación de los testículos; como oftálmico, calmante nervioso y mal de ojo.

Historia: Ricardo Ossado, en el Libro del Judío del siglo XVIII relata: su acción es altamente recomendada para curar la disentería. En el siglo XIX, la Sociedad Mexicana de Historia Natural la refiere como: eupéptico. Maximino Martínez, en el siglo XX indica su uso como: antidiarreico, antidisentérico, aperitivo, enfermedades biliosas, eupéptico y para las enfermedades del sistema respiratorio.

Química: En las partes aéreas se han detectado los triterpenos alfa y beta-amirinas y los ácidos grasos araquídico, behénico, cerótico, lignocérico, octacosanóico, palmítico, esteárico y tricosanoico (Ganzinger y col., 1981). En la raíz se localizan varios alquinos y dos ésteres metílicos de ácidos grasos poliinsaturados (Bohlmann y col., 1966).

Farmacología: No se encuentran reportes sobre estudios farmacológicos de esta especie.

Comentarios: *Sanvitalia procumbens* es una planta originaria de México, de la cual no se detectaron estudios farmacológicos que corroboren su efectividad (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009).

II.2.5.11 *Simsia amplexicaulis* Pers. (Figura13)



Figura 13. *Simsia amplexicaulis* Pers. (Tenorio, 2000e).

Familia: Asteraceae o compositae.

Sinonimia popular: Tlaxcala: sho-kgeni (otomí), Acahual, en Querétaro se conoce también como Shotol delgado (Suárez y col., 2004).

Sinonimia botánica: *Coreopsis amplexicaulis* Cav.; *Ximenesia cordata* Kunth; *Ximensia heterophylla* Kunth.

Botánica y ecología: Planta ramificada de 3 m de altura. Las hojas de abajo se ven como lanzas, en la base son más anchas y de bordes aserrados.

Las hojas de arriba son como listones delgados. Las flores se encuentran en cabezuelas, la mayoría en las partes terminales de las plantas parecen como margaritas, las lengüetas son amarillo brillante y las flores de adentro son amarillas (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009). En el estado de Querétaro se encuentra en los municipios de Colón, El Marqués, Pedro Escobedo y Querétaro, a una altitud de 1,820 msnm. En el municipio de Pedro Escobedo, se usa como forraje para burros, borregos y reces. Se han registrado diversos cultivos afectados por esta planta como: ajo, aguacate, alfalfa, avena, calabaza, cebolla, chile, estropajo, frijol, nopal, papa, sorgo, tomate (Suárez y col., 2004).

Etnobotánica y antropología: En Hidalgo, se toma el cocimiento de las hojas de acahual para la bilis. En Puebla, se bebe la infusión de las flores contra la tos. Esta infusión preparada junto con flores de mazoquelite y las de iztecuete (spp. n/r) se usa para aliviar los cólicos de los bebés (cólico del recién nacido). En Tlaxcala, es útil para curar el mal de orín originado por tomar mucho aguardiente, por comer mucho chile o por estar sentado mucho tiempo lo que trae consigo dolor de espalda, hinchazón de pies y ardor al orinar. Para tal efecto, se hierve la rama de esta planta con la de mazoquelite, más la punta de la milpa (espiga) y la de duraznillo, se toma como agua de tiempo, de preferencia en ayunas. Además, se menciona que la planta es aprovechada como pastura cuando está madura, ya que si está tierna, con el rocío o dentro de la canícula, es dañino para los animales.

Química: Se han realizados estudios sobre el contenido de compuestos terpénicos (Pérez-Amador y col., 2000).

Farmacología: No se encontraron reportes sobre estudios farmacológicos en esta planta.

Comentarios: Planta medicinal de la cual no se detectaron antecedentes del uso medicinal, ni estudios químicos o farmacológicos que corroboren su efectividad (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009).

II.2.5.12 *Sorghum halepense* Pers. (Figura 14)



Figura 14. *Sorghum halepense* Pers. (Tenorio, 2000f).

Familia: Poaceae.

Sinonimia popular: Trigo de monte, Nayarit: taurisha (cora).

Sinonimia botánica: *Holcus halapensis*.

Botánica y ecología: Planta que mide de 50 cm a 150 cm de altura, con tallos sin pelitos. Las hojas son envolventes en el tallo y tienen anillos velludos. Las flores simulan penachos y los frutos están colocados en espigas doradas. Originaria de regiones cálidas, habita en clima cálido entre los 100 y los 500 msnm. Crece en terrenos de cultivo o a orillas de caminos, asociada a bosque tropical caducifolio (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009). En Querétaro, se encuentra en los municipios de Arroyo Seco, Corregidora, El Marqués, Jalpan,

Landa, Pedro Escobedo y Tolimán. En el municipio de Landa de Matamoros, se usa como forrajera para alimentar a caballos y burros. En Arroyo Seco, se la dan a chivos y vacas. Es una buena forrajera pero, como todos los sorgos, posee un glucósido cianogénico, dhurrina (*p*-hidroxi-(S)-mandelonitril-beta-D-glucósido), capaz de provocar la muerte de los animales que la ingieren, por lo que debe proporcionarse al ganado en el momento adecuado (Suárez y col., 2004).

Etnobotánica y antropología: En Nayarit, se hace uso del trigo de monte para aliviar algunas enfermedades venéreas que producen secreción de pus, comezón y sangrado (purgación). Con tal motivo, se bebe como agua de tiempo una infusión preparada con toda la planta y hierba del cascabel (*Blechum brownei*).

Química: En el rizoma, se han identificado los compuestos benzénicos ácidos, alcohol y aldehído para-hidroxi-benzóicos, dhurrina, floroglucinol y taxifolina. La semilla contiene la proteína trigonelina (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009).

Farmacología: Se describe en la literatura que extractos del rizoma presentan actividad antibiótica contra *Bacillus subtilis*, *B. thuringiensis*, *Pseudomona maltophilia* y *Staphylococcus aureus* (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009).

Comentarios: Planta medicinal de la cual no se detectaron antecedentes históricos de uso medicinal. Se ha comprobado experimentalmente su actividad antibiótica que convalida sus aplicaciones terapéuticas tradicionales donde se involucra un proceso infeccioso (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009). Como maleza de los más diversos cultivos y de campos de pastoreo, ha alcanzado tal importancia, que se le declaró plaga de la agricultura nacional, prohibiéndose su cultivo en 1930 (Suárez y col., 2004). Esta maleza es comúnmente conocida como Pasto Jonhson.

II.2.5.13 *Tithonia tubiformis* Cass. (Figura 15)



Figura 15. *Tithonia tubiformis* Cass. (Tenorio, 2000g).

Familia: Asteraceae o compositae.

Sinonimia popular: Gigantón, mirasol. Michoacán: andan, andani-tztziki, flor de andan; Veracruz: arnica axiquilitl. Querétaro Shotol o Acahual (Suárez y col., 2004).

Botánica y ecología: Hierba robusta de 1.5 a 2 m de altura, áspera al tacto y cubierta de vellos. Las hojas son más largas que anchas, se ven blancas y lanudas. Las flores están en cabezuelas y cada una tiene unos pétalos de 3 cm de largo. Los frutos son oscuros. Originaria de México, habita en clima templado entre los 1875 y los 2450 msnm. Asociada a terrenos de agricultura de riego y de temporal, así como a bosque tropical caducifolio y matorral xerófilo. En el estado de Querétaro, se encuentra en casi todos los municipios excepto en Amealco, Corregidora y Ezequiel Montes. Es utilizada por los productores como forrajera para alimentar a todo el ganado en general. Se ha reportado su presencia en los cultivos de ajo, avena, cebada, frijol, haba, maíz, nopal, sorgo, tomate y trigo (Suárez y col., 2004).

Etnobotánica y antropología: Esta especie se recomienda para usarla en trastornos gastrointestinales como dolor de estómago, "falta de digestión", empacho, infección intestinal, diarrea y vómito. Toda la planta es empleada en la preparación de una decocción que sirve para lavar las zonas afectadas por la sarna, y bebida como agua de uso, se prescribe para las reumas, cuyo origen se relaciona con el hecho de permanecer en un lugar frío o húmedo por mucho tiempo, y en consecuencia, duelen las coderas y los pies. En general se aprovecha para atender la disipela, bilis, hinchazón y para los niños que no pueden pararse o caminar.

Química: No se encuentran reportes sobre estudios químicos en esta especie.

Farmacología: No se encuentran reportes sobre estudios farmacológicos en esta especie.

Comentarios: Planta originaria de México, de la cual no se detectaron antecedentes de uso medicinal, ni estudios químicos o farmacológicos que convaliden su efectividad (Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009).

III. HIPÓTESIS

Las 13 malezas objeto de estudio, usadas como forraje en el estado de Querétaro contienen ácido fítico y saponinas las cuales les confieren a las plantas actividad hemolítica. La presencia de cualquiera de estos dos factores puede ser perjudicial para la salud de los animales que las ingieren.

IV. OBJETIVOS

IV.1 General

Evaluar cuantitativamente el contenido de ácido fítico y saponinas así como la actividad hemolítica en 13 malezas arvenses del estado de Querétaro usadas como forraje.

IV.2 Específicos

- Estandarizar las curvas de calibración para la determinación del contenido de ácido fítico y de saponinas.
- Determinar la cantidad de ácido fítico y de saponinas presentes en cada una de las malezas.
- Determinar la actividad hemolítica de los extractos ricos en saponinas de cada una de las especies vegetales.

V. METODOLOGÍA

V.1 Materiales

- Balanza analítica OHAUS Analytical Plus
- Baño de agua ultrasónico Branson 1510
- Espectrofotómetro UV/VIS 635/Varian Techtron
- Centrífuga Clay Adams Brand
- Celdas de cuarzo
- Tubos para centrífuga
- Sonicador Daigger
- Refrigerador
- Máquina para hacer hielo
- Liofilizadora (Labconco)
- Rotaevaporador
- Plato caliente con agitador (Corning)
- pHmetro
- Vortex
- Matraces volumétricos de 25 mL.
- Frascos de vidrio ámbar
- Viales ámbar
- Pipetas automáticas de 50, 100, 1000 μL
- Vasos de precipitados de 50 μL
- Tubos de precipitado 50 x 100
- Tubos heparinizados
- Jeringas
- Perlas de ebullición
- Gradilla
- Embudos de separación
- Soporte universal

- Aro metálico
- Matraz Kitazato de 100 mL
- Probetas graduadas de 10 y 100 mL
- Termómetro -10°C a 110°C
- Placas de 9 y 12 pozos
- Papel filtro
- Papel aluminio
- Hidróxido de Sodio 1 N (J.T. Baker)
- Ácido Clorhídrico 0.65 N (J.T. Baker)
- Cloruro de sodio 0.1 M (J.T. Baker)
- Cloruro de sodio 0.7 M (J.T. Baker)
- Fitato de sodio (J.T. Baker)
- Cloruro férrico ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) (J.T. Baker)
- Cloroformo (CHCl_3) grado reactivo (J.T. Baker)
- N-butanol grado reactivo (J.T. Baker)
- Metanol acuoso 80% (J.T. Baker)
- Ácido sulfosalicílico (J.T. Baker)
- Diosgenina (J.T. Baker)
- Vainillina (J.T. Baker)
- Etanol grado reactivo (J.T. Baker)
- Ácido sulfúrico al 72% (v/v) (J.T. Baker)
- Buffer de fosfato, SBF (pH= 7.2) (J.T. Baker)
- Agua destilada

V.2 Métodos

V.2.1 Recolección del material vegetal

Las plantas en estado maduro que se utilizaron en este estudio, se colectaron en diferentes localidades del estado de Querétaro. Un espécimen de cada planta se depositó en el herbario de Querétaro “Dr. Jerzy Rzedowski” (QMEX) situado en la

facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro. Las plantas se secan a 39°C, posteriormente se pulverizaron finamente y se guardaron en frascos ámbar para protegerlas de la luz y la humedad a 4°C para los futuros estudios.

Las plantas objeto de estudio fueron: *A. hybridus*, *B. rapa*, *C. bipinnatus*, *C. dactylon*, *D. molliculum*, *I. purpurea*, *M. parviflora*, *O. decaphylla*, *P. hysterothorus*, *S. procumbens*, *S. amplexicaulis*, *S. halepense*, y *T. tubiformis*.

V.2.2 Preparación de los extractos de ácido fítico

La preparación de la muestra vegetal para obtener el contenido de ácido fítico se llevó a cabo de la siguiente manera: se pesaron 5 g de material vegetal y se extrajeron con 100 mL de HCl (0.65N). Esta mezcla se agitó vigorosamente por 2 horas a temperatura ambiente. Se transfirió el extracto a tubos de ensayo y se centrifugó durante 30 minutos. Se colectó el sobrenadante. Finalmente se tomaron alícuotas de 3 mL de cada extracto y se trataron de igual forma que la procedida en la curva de calibración para realizar la lectura de su absorbancia a 519 nm.

V.2.3 Curva de calibración para ácido fítico.

Cuadro 3. Curva de calibración para ácido fítico

| Nº tubo | Fitato de sodio (µg/mL) | Fitato de sodio (mL) | Reactivo de Wade (mL) |
|---------|-------------------------|----------------------|-----------------------|
| Blanco | 0 | 3 | 1 |
| 1 | 5 | 3 | 1 |
| 2 | 10 | 3 | 1 |
| 3 | 20 | 3 | 1 |
| 4 | 30 | 3 | 1 |
| 5 | 50 | 3 | 1 |

La determinación del contenido de ácido fítico se llevó a cabo mediante el método de Frühbeck (1995) para lo cual se realizó la curva de calibración usando una solución de fitato de sodio 50 $\mu\text{g}/\text{mL}$ como solución madre de referencia, a partir de la cual se prepararon las soluciones calibrantes de concentraciones de 5 a 50 $\mu\text{g}/\text{mL}$ de fitato de sodio en agua destilada (Cuadro 3), enseguida se colocó en tubos de ensayo alícuotas de 3 mL de las soluciones calibrantes y de agua destilada. A cada tubo, se adicionó 1 mL del reactivo de Wade (0.03% de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ y 0.3% de ácido sulfosalicílico disueltos en agua destilada), se mezclaron vigorosamente en un vortex, seguido por una centrifugación por 10 minutos y el líquido sobrenadante se colectó para su posterior lectura en un espectrofotómetro a 519 nm.

V.2.4 Preparación de los extractos de saponinas

La preparación de los extractos para determinar la cantidad de saponinas totales en el material vegetal se efectuó de acuerdo al siguiente procedimiento: se utilizó una muestra de 10 g de planta seca y molida. El polvo se extrajo con hexano, después se agregaron 100 mL de metanol acuoso al 50% y se mantuvo en agitación toda la noche a temperatura ambiente. A las 24 horas posteriores, se centrifugó a 3000 rpm por 10 min. Del extracto resultante, se colectó el sobrenadante y se realizó una segunda extracción de la misma manera al sólido obtenido. Se reunieron los sobrenadantes, se filtraron sobre papel y posteriormente se realizó una evaporación del metanol a 42°C. La fase acuosa se volvió a centrifugar a 3000 rpm por 10 min, se lavó 3 veces con CHCl_3 y se extrajo con n-butanol (2 veces). Éste último extracto se evaporó en un rotaevaporador a 45°C y el residuo seco se disolvió en 5 a 10 mL de agua destilada, para ser liofilizada. Los extractos perfectamente secos se guardaron en frascos ámbar a 4°C. Para la cuantificación, se siguió el mismo procedimiento que para la curva de calibración.

V.2.5 Curva de calibración para saponinas totales

La determinación del contenido de saponinas totales presentes en las plantas se basó en la metodología propuesta por Hiai y col. (1976). Éste es un método colorimétrico que utilizó la diosgenina como sustancia patrón (Cuadro 4).

Así, se preparó una solución que contiene 0.5 mg/mL de diosgenina en metanol acuoso al 80%. De esta solución se colocaron en tubos de ensayo 0, 50, 100, 150, 200 y 250 μL , y cada uno se llevó a un volumen de 0.25 mL con metanol acuoso (80%).

A cada tubo se agregó 0.25 mL de reactivo de vainillina (8%) en etanol y posteriormente y muy lentamente por las paredes del tubo se agregaron 2.5 mL de ácido sulfúrico al 72% (v/v), se mezcló y se colocaron los tubos sobre un baño María a 60°C. Después de 10 minutos, se retiraron y se enfriaron sobre hielo-agua por 4 minutos y se realizó inmediatamente lectura a una absorbancia de 544 nm.

Cuadro 4. Curva de calibración para saponinas totales

| Nº tubo | Diosgenina (μL) | Metanol acuoso 80 % (μL) | Reactivo de Vainillina 8% (μL) | H ₂ SO ₄ al 72 % (v/v) (μL) |
|---------|------------------------------|---------------------------------------|---|--|
| Blanco | 0 | 250 | 250 | 2500 |
| 1 | 50 | 200 | 250 | 2500 |
| 2 | 100 | 150 | 250 | 2500 |
| 3 | 150 | 100 | 250 | 2500 |
| 4 | 200 | 50 | 250 | 2500 |
| 5 | 250 | 0 | 250 | 2500 |

V.2.6 Actividad hemolítica

La evaluación de la actividad hemolítica se basó en el método publicado por Makkar y col. (2007) mediante el siguiente procedimiento. Se tomó sangre de

vacuno en tubos heparinizados que contenían pequeñas perlas de ebullición. Los tubos se agitaron cuidadosamente y se sacaron las perlas; se centrifugó la sangre por 5 minutos, se removió el líquido sobrenadante y se lavaron los eritrocitos 3 veces con solución salina de buffer de fosfato SBF (pH= 7.2). Se preparó una dilución al 3% de eritrocitos en SBF para llevar a cabo la determinación. Por otra parte, se prepararon diferentes concentraciones de los extractos enriquecidos en saponinas utilizados para la cuantificación, para lo cual se pesaron 10 mg de cada extracto y se disolvieron en 1 ml de SBF. A partir de esta solución, se tomaron 500 μ L y se diluyeron con 500 μ L de SBF y así sucesivamente hasta preparar 7 concentraciones diferentes (10, 5, 2.5, 1.25, 0.625, 0.3125 y 0.1562 mg/mL) por dilución con buffer. Para la prueba, en una placa de 9 pozos, se colocaron 50 μ L de suspensión de eritrocitos al 3% y sobre éstos se agregaron 50 μ L de cada concentración de los extractos enriquecidos de saponinas. Se dejó incubar la placa durante 2 horas a temperatura ambiente. Este procedimiento se realizó por triplicado. Al finalizar la incubación, se identificó visualmente el pozo con la concentración a la cual inició la hemólisis. Un claro círculo concéntrico alrededor del glóbulo rojo es indicativo de no actividad hemolítica y al contrario, una difusión del color rojo en el pozo indica actividad hemolítica.

VI. RESULTADOS

VI.1 Curva de calibración para fitatos

Para la determinación de fitatos presentes en las 13 malezas objeto de estudio, el primer paso consistió en elegir las concentraciones adecuadas para la construcción de la curva de calibración del ácido fítico como estándar. El promedio de las lecturas de absorbancia \pm desviación estándar y el gráfico correspondiente se pueden observar en el Cuadro 5 y en la Figura 16.

Cuadro 5. Concentraciones de ácido fítico empleadas para la obtención de la curva de calibración.

| Concentración de ácido fítico ($\mu\text{g/mL}$) | Absorbancia $\pm\text{DE}$ |
|--|----------------------------|
| 5 | 0.015 \pm 0.001 |
| 10 | 0.0812 \pm 0.009 |
| 20 | 0.1278 \pm 0.001 |
| 30 | 0.1831 \pm 0.001 |
| 50 | 0.3155 \pm 0.006 |

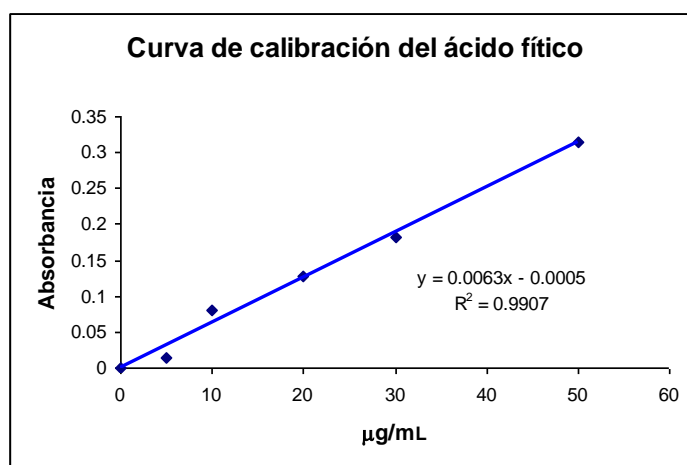


Figura 16. Curva de calibración del ácido fítico.

VI.2 Contenido de fitatos

El contenido de fitatos, resultantes de la extracción del material vegetal seco con HCl (0.65N) se muestra en el cuadro 7. Los resultados se expresan como gramos de equivalentes de ácido fitico por 100 gramos de planta seca.

VI.3 Curva de calibración para saponinas

Para la determinación de las saponinas presentes en las 13 malezas objeto de estudio, el primer paso consistió en elegir las concentraciones adecuadas para la construcción de la curva de calibración de la diosgenina como estándar. El promedio de las lecturas de absorbancia \pm desviación estándar y el gráfico correspondiente se pueden observar en el Cuadro 6 y en la Figura 17.

Cuadro 6. Concentraciones de diosgenina empleadas para la obtención de la curva de calibración.

| Concentración de diosgenina ($\mu\text{g/mL}$) | Absorbancia \pm DE |
|--|----------------------|
| 0 | 0 |
| 25 | 0.237 \pm 0.083 |
| 50 | 0.385 \pm 0.096 |
| 75 | 0.436 \pm 0.081 |
| 100 | 0.616 \pm 0.047 |
| 125 | 0.725 \pm 0.074 |

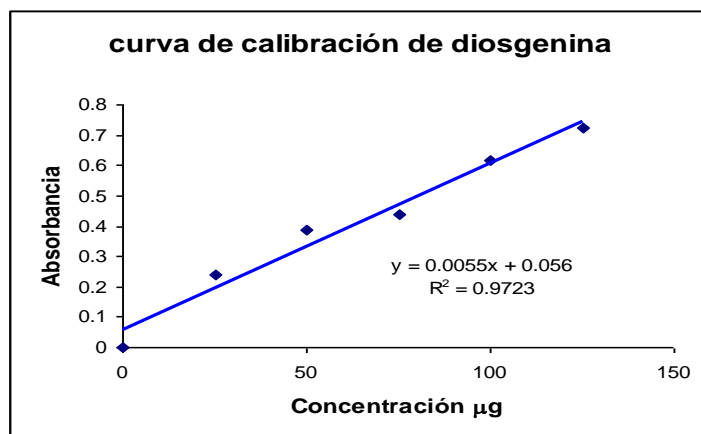


Figura 17. Curva de calibración de la diosgenina.

VI.4 Contenido de saponinas

La cantidad de saponinas contenidas en cada extracto, preparado según la metodología descrita, se indica en el Cuadro 7. Los resultados se expresan como gramos de equivalentes de diosgenina por 100 gramos de planta seca.

Cuadro 7. Contenido de fitatos y saponinas en las 13 malezas

| Especie vegetal | Fitatos ^{a*} g/100g | Saponinas ^{b*} g /100 g |
|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| <i>Amaranthus hybridus</i> | 4.48 ± 0.21 | 0.822±0.01 |
| <i>Brassica rapa</i> | 0.49 ± 0.02 | 0.561±0.03 |
| <i>Cosmos bipinnatus</i> | 1.36 ± 0.05 | 0.987±0.01 |
| <i>Cynodon dactylon</i> | 0.59 ± 0.04 | 1.131±0.03 |
| <i>Desmodium molliculum</i> | 3.93 ± 0.10 | 0.092±0.005 |
| <i>Ipomoea purpurea</i> | 1.79 ± 0.51 | 1.099±0.05 |
| <i>Malva parviflora</i> | 2.73 ± 0.04 | 0.292±0.04 |
| <i>Oxalis decaphylla</i> | 2.63 ± 0.06 | 0.743±0.05 |
| <i>Parthenium hysterophorus</i> | 2.18 ± 0.08 | 1.149±0.07 |
| <i>Sanvitalia procumbens</i> | 1.74 ± 0.08 | 1.503±0.04 |
| <i>Simsia amplexicaulis</i> | 1.80 ± 0.05 | 0.268±0.01 |
| <i>Sorghum halepense</i> | 0.47 ± 0.05 | 0.716±0.01 |
| <i>Tithonia tubiformis</i> | 1.65 ± 0.01 | 0.762±0.02 |

*Promedio de tres mediciones expresadas sobre la base de material seco (± DE)

^a Como equivalentes de ácido fítico

^b Como equivalentes de diosgenina

VI.5 Actividad hemolítica

Las diferentes concentraciones obtenidas por la dilución de la concentración inicial (C₀) y la actividad hemolítica de los extractos se muestran en el Cuadro 8.

En la Figura 18 se aprecia la visualización de la actividad hemolítica, un claro círculo concéntrico alrededor del glóbulo rojo es indicativo de no actividad hemolítica y al contrario, una difusión del color rojo en el pozo indica actividad hemolítica.



Figura 18. Visualización de la actividad hemolítica

Cuadro 8. Resultados de la actividad hemolítica

| | mg/mL | <i>A.h</i> * | <i>B.</i> <i>r</i> | <i>C.b</i> | <i>C.d</i> | <i>D.</i> <i>m</i> | <i>I.</i> <i>p</i> | <i>M.</i> <i>p</i> | <i>O.d</i> | <i>P.h</i> | <i>S.p</i> | <i>S.a</i> | <i>S.h</i> | <i>T.</i> <i>t</i> |
|----------------|--------|-----------------|-----------------------|------------|------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------------------|
| C ₀ | 10 | ✓ | ✗ | ✓ | ✓ | ✗ | ✓ | ✗ | ✗ | ✓ | ✓ | ✗ | ✗ | ✗ |
| C ₁ | 5 | ✓ | ✗ | ✓ | ✓ | ✗ | ✓ | ✗ | ✗ | ✓ | ✓ | ✗ | ✗ | ✗ |
| C ₂ | 2.5 | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✓ | ✗ | ✗ | ✗ |
| C ₃ | 1.25 | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ |
| C ₄ | 0.625 | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ |
| C ₅ | 0.3125 | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ |
| C ₆ | 0.1562 | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ | ✗ |

* *Amaranthus hybridus* (*A.h*), *Brassica rapa* (*B.r*), *Cosmos bipinnatus* (*C.b*), etc...

✓: Presencia de hemólisis

✗: No presencia de hemólisis

VII. DISCUSIÓN

Las cantidades determinadas de componentes antinutricionales para las 13 malezas se presentan en el Cuadro 7. Como puede apreciarse, el contenido de ácido fítico se situó entre 0.47 y 4.48 g/100 g de planta seca. La cuantificación de ácido fítico se ha llevado a cabo más comúnmente en cereales y semillas de oleaginosas en las cuales se reportan contenidos entre 1 y 5% (Khokhar y Fenwick, 1994; Hídvégi y Lásztity, 2002; Sotelo y col., 2002). Pero, algunos estudios sobre plantas de uso forrajero reportan contenidos altos (entre 2.8 y 31 g/100g de planta seca) (Sodeinde y col., 2007) y bajos (entre 0.17 y 0.39 g/100g) (Bamikole y col., 2004). Por ejemplo, la toxicidad de *Jatropha curcas* es atribuida entre otros compuestos, a las altas concentraciones de fitatos (7.2-10.1%) (Makkar y col., 1997). Se ha reportado que el consumo de plantas con contenidos de fitatos entre el 0.7 y 3.5% es perjudicial para animales monogástricos, ya que disminuye la absorción de minerales y proteínas y la actividad de enzimas (Mroz y col., 1994; Kies y col., 2006). De acuerdo a este criterio, diez de las plantas estudiadas pueden causar efectos nocivos a animales monogástricos. Los niveles de saponinas en las malezas analizadas osciló entre 0.092 y 1.5 g/100 g de planta seca. En estudios llevados a cabo sobre plantas de uso forrajero, García y Medina (2006) reportan concentraciones entre 1.28 y 3.85%. Estos autores consideran como altos los contenidos de saponinas de 3.5%. Bamikole y col. (2004) reportan valores que van de 0.06 a 0.89 g/100 g de masa seca (MS) y Baloyi y col. (2001) valores de 0.02 g/100 g de MS. Los niveles de saponinas en las malezas estudiadas en el presente trabajo se colocaron dentro del intervalo publicado para plantas forrajeras y dentro de la concentración reportada para *Medicago sativa*, la cual osciló entre 0.14 y 1.71% (Güçlü-ünstündağ y Mazza, 2007), pero se colocaron por debajo de los encontrados por Makkar y col. (1997) para variedades de *Vicia faba* (1.7–3.9%). Un estudio sobre hojas de *Amaranthus hybridus* de Akubugwo y col. (2007) describió un contenido de saponinas de 1.68 mg/100 g de MS, muy por debajo de los resultados obtenidos en el presente trabajo donde se consideró la planta total. El

mismo estudio arrojó valores bajos para el contenido de ácido fítico en hojas de *A. hybridus*.

En *Jatropha curcas*, planta particularmente tóxica, el contenido de saponinas, como era de esperar, varió entre diferentes colectas provenientes de diferentes continentes, situándose entre 1.06 y 3.4% (Becker y col., 1997; Becker y col., 2006). Sin embargo, la toxicidad de la especie vegetal fue atribuida a los ésteres de forbol y a los fitatos presentes en ella, pero no a las saponinas. En general, todos estos valores resultan bajos al ser comparados con el contenido de saponinas de especies particularmente ricas en ellas, en la cuales se han encontrado concentraciones de 10 y 30 g/100 g de MS y de 80 g/100 g en extractos ricos en saponinas (Goel y col., 2008).

En cuanto a la actividad hemolítica de los extractos enriquecidos en saponinas, la dilución más alta a la que se empezó a observar hemólisis de la solución de eritrocitos se encontró para *Sanvitalia procumbens* que fue de 2.5 mg/mL (equivalentes a 1.5% de saponinas). Ese valor se encuentra por debajo de los contenidos de saponinas reportados como tóxicos.

En las Figuras 19 y 20 se muestra gráficamente la diferencia en cuanto al contenido de fitatos y saponinas de las 13 malezas estudiadas.

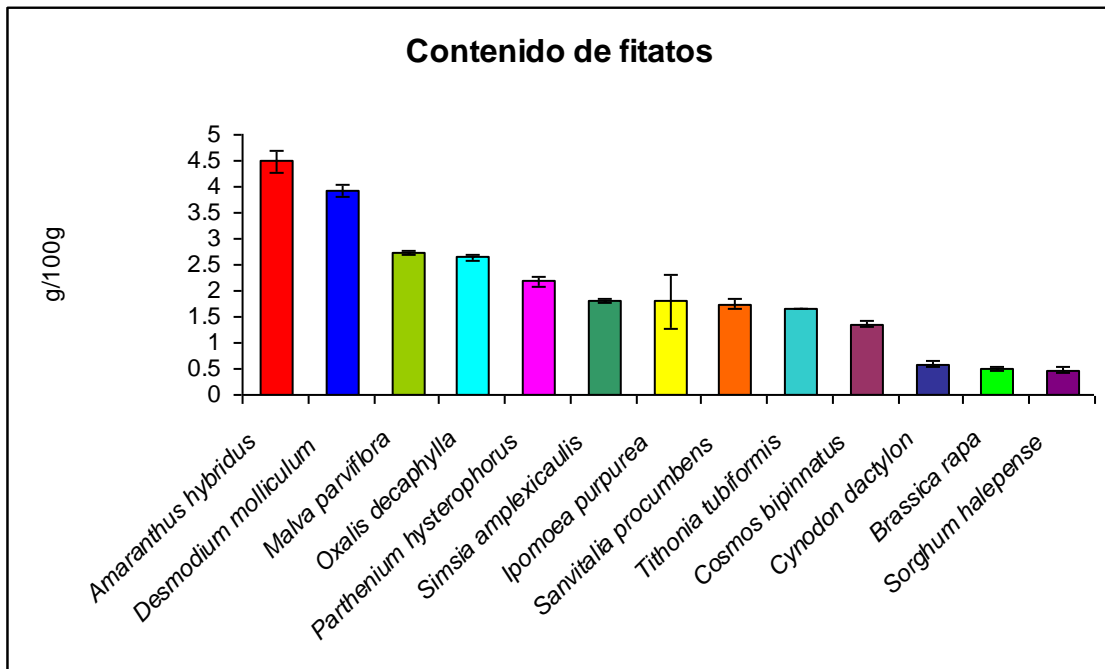


Figura 19. Comparación del contenido de fitatos en las 13 malezas forrajeras.

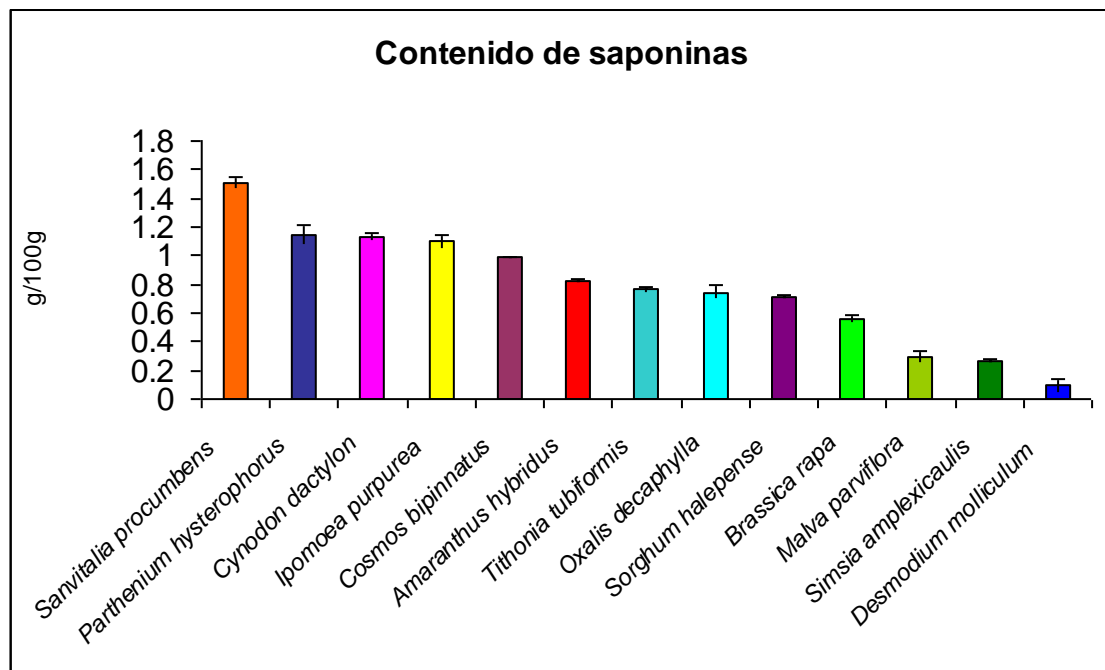


Figura 20. Comparación del contenido de saponinas en las 13 malezas forrajeras.

VIII. CONCLUSIONES

Las 13 malezas objeto de estudio de esta investigación mostraron marcadas variaciones en cuanto al contenido de fitatos, que van desde concentraciones altas de 4.48 g hasta concentraciones bajas de 0.47 g de equivalentes de ácido fítico. Esto mismo es válido para el contenido de saponinas que presentaron concentraciones altas de 1.5 g hasta concentraciones bajas de 0.09 g de equivalentes de diosgenina.

De acuerdo a los criterios universalmente consensados para la aceptabilidad de plantas forrajeras por rumiantes basados en el contenido de factores antinutricionales, *Amaranthus hybridus*, por mostrar altos contenidos de ácido fítico puede no solo ser menos aceptadas, sino además afectar adversamente la salud de los animales.

Aunque *Sanvitalia procumbens* presentó la mayor actividad hemolítica, los niveles de saponinas se encuentran dentro de los niveles reportados como seguros.

Las demás plantas no representan un riesgo para la alimentación animal en cuanto al contenido de los FAN determinados en la presente investigación.

IX. BIBLIOGRAFÍA

Akubugwo, I.E., Obasi, N.A., Chinyere, G.C., Ugbogu, A.E. **2007**. Nutritional and chemical value of *Amaranthus hybridus* L. leaves from Afikpo, Nigeria. African Journal of Biotechnology: Vol. 6(24): 2833-2839.

Auddy, B., Ferreira M., Blasina, F., Lafon, L., Arredondo, F., Dajas, F., Tripathi, P.C., Seal, T., Mukherjee, B. **2003**. Screening of antioxidant activity of three Indian medicinal plants, traditionally used for the management of neurodegenerative diseases. Journal of Ethnopharmacology: Vol. 84 (2-3): 131-138.

Baloyi, J:J., Ngongoni, N.T., Topps, J.H., Acamovic, T., Hamudikuwanda, H. **2001**. Condensed tannin and saponin content of *Vigna unguiculata* (L:) Wap, *Desmodium uncinatum*, *stylosanthes guianensis* and *stylosanthes scabra* grown in Zimbabwe. Tropical Animal Health and Production: Vol. 33: 57-66.

Bamikole, M. A., Ikhatua, U.J., Arigbede, O.M., Babayemi, O.J., Etela, I. **2004** An evaluation of the acceptability as forage of some nutritive and antinutritive components and of the dry matter degradation profiles of five species of *Ficus*. Tropical Animal Health and Production: Vol. 36: 157-167.

Bau H., Villaume C., Nicolas J., Méjean L. **1997**. Effect of germination on chemical composition, biochemical constituents and antinutritional factors of soya bean (*Glycine max*) seeds. Journal Science Food Agricultural: Vol. 73: 1-9.

Becker, K., Makkar, H.P.S., Sporer, F., Wink, M. **1997**. Studies on nutritive potential and toxic constituents of different provenances of *Jatropha curcas*. Journal of Agricultural and Food Chemistry: Vol. 45: 3152-3157.

Becker, K., Martínez-Herrera, L., Siddhuraju, P., Francis, G., Dávila-Ortiz, G. **2006**. Chemical composition, toxic/antimetabolic constituents, and effects of different treatments on their levels, in four provenances of *Jatropha curcas* L. from Mexico. Food Chemistry: Vol. 96: 80-89.

Bentley, J., Nina, S., Pérez, S. **2002**. Conocimiento popular de malezas en Cochabamba. Cochabamba, Bolivia. Universidad Mayor de San Simón. Trabajo para presentar en la reunión plenaria del proyecto PROMMASEL: 1-3.

Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009.

<http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/index.php>, fecha de consulta: enero 2010.

Bohlmann, F., Zdero, C., Bonnet, P.H. 1966. Polyacetylene compounds. CIX. New polyene ester from *Sanvitalia*. *Chemische Berichte*: Vol. 99 (10): 3194-3196.

Bohnert H., Nelson D., Jensen R. 1995. Adaptations to environmental stresses. *Plant Cell*: Vol. 7: 99-111.

Carnovale E., Lugaro E., Lombardi-Boccia G. 1988. Phytic acid in faba bean and pea effect on protein availability. *Cereal Chemistry*: Vol. 65: 14-17.

Cheeke P. R. 1971. Nutritional and physiological implication of saponins. *Canadian Journal of Animal Science*: Vol. 51: 621- 623.

Cheryan M. 1980. Phytic acid interactions in food systems. *C.R.C. Crit Rev Food Science Nutritional*: Vol. 13: 235 - 297.

Chhabra, B. R., Jain, M., Bhullar, M. K. 1999. Isolation and structure elucidation of some pseudoguaianolides from *Parthenium hysterophorus*. *Indian Journal of Chemistry*: Vol. 38B (9): 1090-1092.

Das, R., Das, B. 1997. A new pseudoguaianolide from *Parthenium hysterophorus*. *Indian Journal of Heterocyclic Chemistry*: Vol. 7 (2): 163-164.

De Lange, C. F. M., Nyachoti, C. M.y Verstegen, M. W. A. 2000. The significance of anti-nutritional factors in feedstuffs for monogastric animals. In *Feed evaluation: principles and practice* (ed. P. J. Moughan, M. W. A. Verstegen and M. I. Visser-Reyneveld), pp. 169-183. Wageningen Pers,Wageningen, The Netherlands.

D'Mello, J.P.F. 1995. Anti-nutritional substances in legumes seeds. In: *Tropical legumes and animal nutrition*. D'Mello, J.P.F. and C. Devendra (Eds.). CAB International. U. K. pp 135-165.

Deshpande S., Damodaran S. 1989. Effect of phytate on solubility, activity and conformation of trypsin and chymotrypsin. *Journal Food Science*: Vol. 54: 95-99.

Ganzinger, D., Oesterreicher, U., Pailer, M. 1981. Triterpene esters from *Sanvitalia procumbens* Lam. *Institute of Pharmaceutical Chemistry*: Vol. 112 (4): 483 - 487.

- García, D. E., Medina, M. G. 2006.** Composición química, metabolitos secundarios, valor nutritivo y aceptabilidad relativa de diez árboles forrajeros. *Zootecnia Tropical*: Vol. 24(3): 233-250.
- Goel, G., Makkar, H.P.S., Becker, K. 2008.** Changes in microbial community structure, methanogenesis and rumen fermentation in response to saponin-rich fractions from different plant materials. *Journal of Applied Microbiology*: vol. 105: 770-777.
- Graf E., Empson K., Eaton J. 1987.** Phytic acid: a natural antioxidant. *Journal Biology Chemistry*: Vol. 262: 647-650.
- Gross W., Boos W. 1990.** Inositol phospholipids and signal transduction. *Control of Plant Gene Expression D.P.S. Ed. Verma. CRC Press, Boca Raton. Vol. 8: 61-69.*
- Güçlü-ünstündağ, ö., Mazza, G. 2007.** Saponins: Properties, applications and processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*: Vol. 47: 231-258.
- Gutiérrez, D., Mendoza, S., Serrano, V., Bah, M., Pelz, R., Balderas, P. 2008.** Proximate composition, mineral content and antioxidant properties of fourteen Mexican weeds used as fodder. *Weed Biology and Management*: Vol. 8: 291-296.
- Han Y. 1988.** Removal of phytic acid from soybean and cottonseed meals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*: Vol. 36: 81-83.
- Harland B., Oberleas D. 1986.** Anion exchange method for determination of phytate in foods: a collaborative study. *JAOAC*: Vol. 64:712-717.
- He, H. P., Corke, H. 2003.** Oil and squalene in *Amaranthus* grain and leaf. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*: Vol. 51 (27): 7913-7920.
- Hiai, S., Oura, H., Nakajima, T. 1976.** Color reaction of some saponin and saponins with vanillin and sulphuric acid. *Planta Medica*. Vol. 29: 116-122.
- Hídvégi, M., Lásztity, R. 2002.** Phytic acid content of cereals and legumes and interaction with proteins. *Periodica polytechnica. Chemical engineering*: Vol. 46: 59-64.
- Huisman, J. y G.H. Tolman. 1992.** Antinutritional factors in the plant proteins of diets for non-ruminants. In: *Recent Advances in Animal Nutrition. Garnsvorthy. P.C., H. Haresing and D.J.A. Colé (Eds.). Butterworth Heinemann. U.K. pp. 3-31.*

Khokhar S., Fenwick G., 1994. Phytate content of Indian foods and intakes by vegetarian Indians of Hisar region, Haryana State. *Journal Agriculture Food Chemistry*: Vol. 42: 440-444.

Kies, A.K., Kemme, P.A., Sebek, L.B.J., M. van Diepen, J.Th., Jongbloed, A.W. 2006. Effect of graded doses and a high dose of microbial phytase on the digestibility of various minerals in weaner pigs. *Journal of Animal Science*: Vol. 84: 1169-1175.

Kim, H. K., Kang, B. J., Park, K. J., Ko, B. S., Whang, W. K. 1998. Anti-herpes simplex virus type 1 (HSV-1) effect of isorhamnetin 3-O- β -D-glucopyranoside isolated from *Brassica rapa*. *Pharmaceutical Society of Korea*: Vol. 42 (6): 607-612.

Kumar, R. 1992. Anti-nutritional factors, the potential risks of toxicity and methods to alleviate them. In *Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock*. FAO Animal production and health paper No.102. Roma, pp. 145-160.

Lee D., Schoroeder J., Gordon D. 1988. Enhancement of copper bioavailability in the rat by phytic acid. *Journal Nutritional*: Vol. 118: 12-17.

Lock, O., Castillo, P., Doroteo, V., Rojas, R. 2005. Antioxidant activity in vitro of selected Peruvian medicinal plants. *Acta Horticulturae*: Vol. 1 (675): 103-106.

Maga, J. 1982. Phytate: its chemistry, occurrence, food,nutricional significance, and methods of analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*: Vol. 30 (1): 1-7.

Makkar, H. P. S., Becker, K., Abel, H., Pawezik, E. 1997. Nutrient contents, rumen protein degradability and antinutritional factors in some colour-and white-flowering cultivars of *Vicia faba* beans. *Journal of the Science of Food and Agriculture*: Vol. 75: 511-520.

Makkar, H:P:S:, Siddhuraju. P., Becker, K. 2007 *Methods in Molecular Biology: Plant Secondary Metabolites*. Vol. 393 Humana Press Inc, Totowa, NJ pp. 93-100.

Martínez, B., Ibañez, V. y Rincon, F. 2002. Ácido fítico: aspectos nutricionales e implicaciones analíticas. *ALAN*: Vol. 52 (3): 219-231.

Mazza, G., Güçlü-Üstündağ, Ö. 2007. Saponins: properties, applications and processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*: Vol. 47: 231-258.

- Menut, C., Bessiere J.M., Zollo, P.H.A., Kuate, J.R. 2000.** Aromatic plants of Tropical Central Africa. XXXVII. Volatile components of *Cosmos atrosanguineus* Staff and *Cosmos bipinnatus* Cav. leaves from Cameroon. Journal of Essential Oil-Bearing Plants: Vol. 3 (2): 65-69.
- Morley, R. 2005.** http://www.morley-read.com/flora/flora_pics/fabaceae/desmodium_molliculum.jpg, fecha de consulta: diciembre 2009.
- Mroz, Z., Jongbloed, A.W., Kemme, P.A. 1994.** Apparent digestibility and retention of nutrient bound to phytate complexes as influenced by microbial phytase and feeding regimen in pigs. Journal of Animal Science: Vol. 72: 126-132.
- Muer, T. 2000.** http://www2.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/abt2/dokablage/oac_168/typ_01/0101457_1.jpg, fecha de consulta: diciembre 2009.
- Nolab K., Duffin P., McWeeny D. 1987.** Effects of phytate on mineral bioavailability In vitro studies on Mg, Ca, Fe, Cu, Zn, Cd. Solubilities in presence of phytate. Journal Science Food Agricultural: Vol. 40: 79-85.
- Ortega, V.S., Ávila, R.J., Almaraz, A.N., Herrera, C.J., Naranjo J. N. 2003.** http://www.cocytod.gob.mx/Memoriasweb/RECURSOS%20NATURALES%20Y%20MEDIO%20AMBIENTE.htm#_Toc73419928, fecha de consulta: diciembre 2009.
- Oscanoa, J. 2005.** Estudio fármaco-botánico de *Desmodium molliculum*. <http://www.botanical-online.com/col/manapuya.htm>, fecha de consulta diciembre 2009.
- Oudhia, P. 2005.** [http://www.hear.org/pier/images/parthenium_hysterophorus _ecoport_42619.jpg](http://www.hear.org/pier/images/parthenium_hysterophorus_ecoport_42619.jpg), fecha de consulta: diciembre 2009.
- Pérez-Amador, M. C., García, J. F., Corona, M. C., Márquez, A. 2000.** Terpenes and phototoxic compounds from the inflorescence of *Simsia amplexicaulis* (Cav.) Pers. (Asteraceae). Phytol: Vol. 67: 201-204.
- Picman, A.K., Towers, G.H.N. 1982.** Sesquiterpene lactones in various populations of *Parthenium hysterophorus*. Biochemical Systematics and Ecology: Vol. 10 (2): 145-153.
- Power, F.B. Rogerson, H. 1909.** Chemical Examination of *Ipomoea purpurea*, Roth. American Journal of Pharmacy: Vol. 80: 251-286.

- Romero, C, E. 2000.** Efecto del pastoreo con ovinos sobre la concentración de taninos condensados en *Gliricida sepium* (Jacq) Walp en el trópico seco. Colima, Col. Universidad de Colima. Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias pecuarias. 22, 24, 25, 28, 29,30.
- Saito, K. 1976.** Flavone glycosides in the ray flowers of *Cosmos bipinnatus*. *Planta Medica*: Vol. 30 (4): 349-355.
- Sasaki, K., Takahashi, T., 2002.** A flavonoid from *Brassica rapa* flower as the UV-absorbing nectar guide. *Phytochemistry*: Vol. 61 (3): 339-343.
- Scott J. 1991.** Alkaline phytase activity in nonionic detergent extracts of legume seeds. *Plant Physiol*: Vol. 95: 298-301.
- Sharma, S.K., Ali, M. 1999.** A new stigmastane derivative from roots of *Malva parviflora*. *Indian Journal of Chemistry*: Vol. 38B (6): 746-748.
- Sodeinde, F.G., Asaolu, V.O., Oladipo, M.A., Ige, A.O., Amao, S.R., Alalade, A.O. 2007** Mineral and antinutritional Contents of Some Forage Legumes Consumed by Small Ruminants In the Dried Savanna of Nigeria. *Research Journal of Agronomy*: Vol.1: 30-32.
- Sotelo, A., Mendoza, J., Argote, R.M. 2002.** Contenido de ácido fítico en algunos alimentos crudos y procesados. Validación de un método colorimétrico. *Revista de la Sociedad Química de México*: Vol. 46: 301-306.
- Suárez G, Serrano V, Pelz R., Balderas P. 2004.** Atlas de Malezas Arvenses del Estado de Querétaro 1ª ed., Universidad Autónoma de Querétaro, México: 34-35, 48-49, 70-71, 74-77, 84-85, 90-91, 110-111, 138-139, 158-159, 174-175, 190-191, 204-205.
- Tenorio, L.P. 2000a.** <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/brassicaceae/brassica-rapa/imagenes/habito.jpg>, fecha de consulta: diciembre 2009.
- Tenorio, L.P. 2000b.** <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/cynodon-dactylon/imagenes/habito.jpg>, fecha de consulta: diciembre 2009.
- Tenorio, L.P. 2000c.** <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/convolvulaceae/ipomoea-purpurea/fichas/pagina1.htm>, fecha de consulta: diciembre 2009.
- Tenorio, L.P. 2000d.** <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/malvaceae/malva-parviflora/imagenes/habito.jpg>, fecha de consulta: diciembre 2009.

- Tenorio, L.P. 2001e.** http://www.discoverlife.org/im/I_HLV/0003/80/Simsia_amplexicaulis,_stem,I_HLV355.jpg, fecha de consulta: diciembre 2009.
- Tenorio, L.P. 2000f.** <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/sorghum-halepense/imagenes/habito-habitat1.jpg>, fecha de consulta: diciembre 2009.
- Tenorio, L.P. 2000g.** <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/tithonia-tubiformis/fichas/pagina1.htm>, fecha de consulta: diciembre 2009.
- Thompson L. 1996.** Potential health benefits and problems associated with antinutrients in foods. *Food Res Int.*: Vol. 26: 31-49.
- Thompson L. 1988.** Antinutrients and blood glucose. *Food Technology*: Vol. 42: 23-32.
- Thompson L. 1987.** Reduction of phytic acid concentration in protein isolates by acylation techniques. *J. AOCS*: Vol. 64: 43-45.
- Uzo, J.O., Okorie, A.U. 1983.** *Amaranthus Hybridus*: a potential grain crop for West Africa. *Nutrition Reports International*: Vol. 27(3): 519-524.
- <e/amaranthus-hybridus/imagenes/rama.jpg>, fecha de consulta diciembre 2009.
- Vibrans, H. 2006.** <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/sa-nvitalia-procumbens/imagenes/habito.jpg>, fecha de consulta: diciembre 2009.
- Vibrans, H. 2005.** <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/home-malezas-mexico.htm>, fecha de consulta: diciembre 2009.
- Vibrans, H. 1996.** <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/cosmos-bipinnatus/imagenes/flores.jpg>, fecha de consulta: diciembre 2009.
- Vibrans, H. 1993.** <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/amaranthacea>, fecha de consulta: diciembre 2009.
- Walsh G., Power R., Headon D. 1994.** Enzymes in the animal feed industry. *Trends Food Science Technology*: Vol. 5: 81-87.
- Wang J. 1998.** Improvement of citric-acid production by *Aspergillus niger* with addition of phytate to beet molasses. *Bioresource Technology*: Vol. 65: 43-45.
- Wilkinson, R. E.; Hardcastle, W. S.; McCormick, C. S. 1986.** Ergot alkaloid contents of *Ipomoea lacunosa*, *I. hederaceae*, *I. trichocarpa*, and *I. purpurea* seed. *Canadian Journal of Plant Science*: Vol. 66: 339-43.

Wyatt C, Triana-Tejas A. 1994. Soluble and insoluble Fe, Zn, Ca and phytates in foods commonly consumed in Northern Mexico. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*: Vol. 42: 204-209.

Yizhong, C. Mei, S. Huaixiang, W. Ronghua H., Corke, H. 1998. Characterization and Quantification of Betacyanin Pigments from Diverse Amaranthus Species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*: Vol. 46 (6): 2063-2070.

Yoshida K., Wada T., Koyama H., Mizobuchi Fukuoka R., Natio S. 1999. Temporal and spatial patterns of accumulation of the transcript of myo-inositol-1-phosphate synthase and phytin containing particles during seed development in rice. *Plant Physiol*: Vol. 119: 65-72.

Zheng, W., Wang S.Y. 2001. Antioxidant Activity and Phenolic Compounds in Selected Herbs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*: Vol. 49 (11): 5165-5170.

Zhou J., Erdman J. 1995. Phytic acid in Elath and disease. *C.R.C. Crit Rev Food Science Nutritional*: Vol. 35: 495-508.