

00361

1
1 ej

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

DEPREDACION PREDISPERSION DE SEMILLAS

EN LA BARRANCA DE METZTITLAN

Tesis que para obtener el grado de
Maestro en Ciencias
(Biología)

Presenta el

Biól. Miguel Angel Armella Villalpando

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

JULIO 1990



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

00361

1
1/2

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

DEPREDAION PREDISPERSION DE SEMILLAS

EN LA BARRANCA DE METZTITLAN

Tesis que para obtener el grado de
Maestro en Ciencias
(Biología)

Presenta el

Biól. Miguel Angel Armella Villalpando

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

JULIO 1990

INDICE

Resumen	
Introducción	1
Antecedentes	2
Elementos que Intervienen en la Depredación de semillas en zonas áridas	2
1. Vegetación	2
2. Animales	4
A. Roedores	4
B. Hormigas	6
C. Aves	7
D. Otros Depredadores	8
Factores que Pueden Influir en la Depredación de semillas en las zonas áridas	9
1. Factores Abióticos	9
A. Agua	9
B. Temperatura	11
C. Suelo y Microtopografía	11
2. Factores Bióticos	13
A. Interacciones con la Vegetación	13
B. Interacciones entre poblaciones Animales	16
Objetivo	18
Método	19
1. Area de Estudio	19
2. Semillas	20
Capítulo 1 Depredación Predispersión	23
Introducción	23
Objetivo	24
Método	24
A. Cuantificación del Porcentaje de depredación en el campo	24
B. Cultivo de depredadores de semillas	24

Resultados	25
A. Cuantificación del Porcentaje de depredación en el campo	25
B. Cultivo de insectos en el laboratorio	27
Capítulo 2. Morfometría de Semillas	31
Introducción	31
Objetivo	34
Método	34
Resultados	36
Especie 1. <i>Acacia Bilimekii</i>	36
Especie 2. <i>Prosopis laevigata</i>	37
Especie 3. <i>Acacia farnesiana</i>	38
Especie 4. <i>Sena wislisenii</i>	40
Especie 5. <i>Echinocactus ingens</i>	41
Especie 6. <i>Agave striata</i>	42
Especie 7. <i>Mimosa laceratta</i>	44
Especie 8. <i>Bursera Schlechtendallii</i>	45
Especie 9. Leguminosa No. de Colecta MAAV 365	46
Especie 10. <i>Pseudosmodingium multifolium</i>	48
Especie 11. <i>Calliandra biflora</i>	49
Especie 12. <i>Parkinsonia aculeata</i>	50
Especie 13. <i>Morkillia mexicana</i>	51
Especie 14. <i>Karwinskia mollis</i>	52
Especie 15. <i>Eysenhardtia polystachya</i>	53
Análisis General	54
Capítulo 3. Calidad Alimenticia y Compuestos de Defensa	63
Introducción	63
Método	66
A. Calidad Nutricional	67
B. Presencia de Compuestos de Defensa	68
Resultados	70
A. Calidad Nutricional	70
B. Presencia de Compuestos de Defensa	78
1. Saponinas	78
2. Alcaloides	79

3. Flavonoides	80
4. Glucósidos Cardiotónicos	81
5. Taninos y Otros Compuestos Fenólicos	83
Discusión y Conclusiones	89
A) Relación entre los grupos de variables	89
B) Relación de las variables en conjunto con la depredación observada	90
C) Impacto sobre las especies particulares	92
D) Impacto en la comunidad	94
Literatura Citada	96

RESUMEN

La depredación de semillas es un proceso ecológico muy utilizado por los animales para la obtención del alimento, en zonas áridas reviste mucha importancia en la dinámica de las poblaciones, tanto vegetales como animales; de ahí la justificación y la importancia de abordar esta temática como punto central de la tesis.

Durante dos años se realizaron recolectas masivas de semillas de 15 especies de plantas fenerógamas de la zona de estudio, elegidas básicamente por su abundancia en la comunidad, así como por el tamaño de las semillas.

La zona en donde se realizó la recolección de semillas fue la Barranca de Metztitlán, Hidalgo, un lugar con clima semiárido que presenta la característica de tener una zona muy cultivada y otra en la que la vegetación natural está muy poco alterada.

En la Introducción se presenta un panorama general de la depredación en las zonas áridas, destacando los principales factores que pueden modificarla.

En el capítulo 1 se presentan los niveles de depredación de semillas que fueron encontradas en las recolectas y que fueron analizadas en el laboratorio. Además se presentan los resultados sobre el cultivo de insectos dentro de las semillas en condiciones de laboratorio.

En el Capítulo 2, además de hacer una descripción de cada una de las 15 especies estudiadas se presentan las tablas con la información estadística básica para describir morfométricamente las semillas, así como una clasificación de las especies de acuerdo a su tamaño global.

En el Capítulo 3 se discute, por una parte, una serie de análisis bromatológicos que permiten conocer la calidad nutritiva de las semillas y, por otra parte, análisis de la presencia de compuestos secundarios de los cinco grupos más comunes.

Los resultados más relevantes indican que las semillas más atacadas pertenecen a plantas de la familia de las leguminosas, tanto en diversidad de insectos como en magnitud del ataque. La agrupación de las especies de acuerdo al tamaño, permite establecer que, en general, las semillas más depredadas son las de mayor tamaño, sin embargo, esta tendencia no aparece como significativa estadísticamente.

La depredación y dispersión se hace principalmente por insectos del género *Bruchus* (Coleoptera: Bruchidae) encontrándose algunos otros insectos en los cultivos de semilla que pueden jugar un papel preponderante como depredadores.

Las semillas estudiadas presentaron, en general, altos contenidos de nitrógeno y de carbohidratos; algunos de ellos incluso en forma de oligosacáridos y monosacáridos, fácilmente digeribles. Por otra parte, aquellas especies que resultaron más nutritivas, también contienen metabolitos de defensa contra los depredadores. A pesar de esto algunas especies son altamente depredadas por lo que, probablemente, los insectos sean capaces de detoxificar los compuestos químicos y consumir el endospermo de la semilla.

Se concluye que las tres características analizadas, tamaño, calidad nutritiva y compuestos químicos de defensa, están ligados a la depredación de las semillas por los brúquidos, pero se encuentran inmersas en un sistema multifactorial que involucra otras variables que no fueron analizadas.

Introducción

En zonas en donde los frutos carnosos son muy escasos o inexistentes, en donde la mayoría de las hojas tienen ceras y grasas y en las que la vegetación se encuentra protegida por espinas y en donde además muchas de las especies vegetales han de proveer a sus descendientes de material nutritivo para soportar largos periodos de sequía, la depredación de semillas surge como una importante alternativa alimenticia para varios grupos animales.

Las respuestas evolutivas que las plantas han desarrollado ante esta depredación han convertido a esta alternativa alimenticia en un problema ecológico sumamente complejo e interesante de ser abordado desde varios enfoques.

A pesar de que la depredación de semillas no es un fenómeno exclusivo de las zonas áridas es en éstas en donde se encuentran algunos de los ejemplos por de más interesantes (vease Mittelbach y Gross, 1984).

Son muchos los elementos que influncian y modifican estas interacciones entre las plantas y los animales, ya sea cualitativa o cuantitativamente.

La depredación de semillas se puede definir como una interacción planta-animal, en la que la planta toma el papel de presa y es depredada parcial o totalmente. Se diferencia de otros tipos de herbivoría (consumo de partes vegetales en general), en que con frecuencia el depredador elimina totalmente a un individuo potencial. Otros casos como la folivoría (consumo de hojas) sólo eliminan una porción de la planta sin afectar al individuo en forma directamente letal, por esta razón la depredación de semillas tiene, al menos potencialmente, la posibilidad de alterar la estructuración genética de las poblaciones.

La depredación de semillas puede llevarse a cabo en dos

momentos de la vida de la planta, antes de que la semilla se separe del árbol (depredación predispersión) o bien después de que la semilla ha sido removida ya sea por algún agente externo o bien por simple caída del fruto (depredación postdispersión). Desde el punto de vista de la demografía de la planta la depredación estos momentos de depredación pueden tener diferentes impactos en el desarrollo poblacional (Harper, 1977, Silvertown, 1982).

Históricamente, a pesar de que la depredación de semillas ha sido de mucho interés para el hombre, principalmente en la depredación de granos almacenados para consumo humano, se puede situar el comienzo del interés ecológico en este campo con el trabajo pionero de Janzen (1969), a partir del cual se ha desarrollado una serie de trabajos encaminados a mejorar el conocimiento de esta interacción. Para las zonas áridas, es el Dr. James H. Brown quien empieza a destacar la importancia de estos estudios, publicando (en 1979), junto con otros autores, una revisión muy completa de los trabajos realizados hasta esa fecha.

ANTECEDENTES:

ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN LA DEPRADACION DE SEMILLAS EN ZONAS ARIDAS

1. Vegetación

En la mayoría de las zonas áridas y semiáridas, la vegetación presenta una respuesta fenológica a los patrones de disponibilidad de la precipitación. Esta se presenta por lo común en una corta temporada y, generalmente, es incierta aún su presencia, además de que suele presentarse de manera tormentosa y con la generación de corrientes temporales, rápidas, lo que no permite el aprovechamiento del líquido por los vegetales, ya que se trata de agua gravitacional.

En la generalmente corta época de lluvias las plantas

anuales germinan, se desarrollan, florecen y fructifican. Las plantas perennes también reaccionan con el agua y presentan sincronización de sus calendarios fenológicos, presentando su máximo reproductivo en esta época (Beatley, 1974). Esto provoca que la mayoría de las semillas, tanto en cantidad como en variedad, se concentren en temporadas muy restringidas del año (Beatley, 1974).

La composición de los bancos de semillas en el suelo de los desiertos es principalmente de plantas anuales, tanto en biomasa como en número de semillas (Brown et al., 1979), llegando a constituir hasta un 95% del número total de semillas y un 80% de la biomasa disponible; el resto está compuesto de semillas de unas cuantas plantas perennes. A pesar de que estos datos corresponden al desierto de Arizona, es posible suponer que ésto sucede de manera similar en otros desiertos que se encuentran también bajo regimenes de lluvia estacional (vease Mares y Rosenzweig, 1978).

Las semillas de las plantas anuales son un recurso limitado pues son pequeñas y de poco peso (< 2 mg) y tienen testas duras, más bien adaptadas a la dispersión anemócora que a la dispersión zoócora (Van der Pijal, 1972). Sin embargo, cuando este recurso se presenta, aparece en grandes cantidades (180,000,000 a 3,700,000,000 semillas por ha). Medido en términos de biomasa puede alcanzar de 80 a 140 kg/ha (Brown, et al. 1979). A pesar de estos impresionantes datos, la heterogeneidad ambiental es muy amplia y por tanto, la oferta del recurso para los animales puede variar ampliamente dependiendo de regiones, microhábitats y, por supuesto, variaciones anuales en la producción de semillas (Reichman, 1984).

Otra situación que altera la disponibilidad de las semillas es que éstas por lo general se entierran ya sea por causas físicas durante el rodamiento o la movilización de la tierra por el aire o bien por el efecto de los mismos animales que hacen almacenes de semillas (McAuliffe 1990).

Por otra parte, la calidad nutritiva de las semillas de zonas áridas es muy variable. La mayoría de las plantas anuales tienen semillas pequeñas, con poca cantidad de material de reserva; en su mayoría no retienen la viabilidad por mucho tiempo y por lo general germinan a los primeros estímulos ambientales (Venable et al., 1984). Las plantas perennes, en cambio, presentan semillas con cotiledones más nutritivos, principalmente carbohidratos, proteínas y algunos minerales; sin embargo, también presentan una cantidad y variedad de compuestos de defensa productos del metabolismo como en el caso de la jojoba *Simonsia chinensis* (McCloskey, 1980)

2. Animales

Existe una gran cantidad de publicación que tratan sobre los grupos animales que más intervienen en la depredación de semillas en zonas áridas (Brown et al. 1979). Son dos los grupos principales de depredadores de semillas en zonas áridas, éstos son roedores e insectos (principalmente hormigas); las aves aparecen en un segundo término, tal vez más por la dificultad que implica el determinar su impacto, más que porque realmente sea secundaria su importancia como depredadores (Parmenter et al., 1984). Finalmente, los depredadores insectos que no son hormigas, como los coleópteros, dípteros o lepidópteros también pueden causar impactos importantes en las poblaciones vegetales. En las zonas áridas, al igual que en las zonas tropicales los grupos más comunes de este tipo de depredadores de semillas son coleopteros de las familias Bruchidae y Curculiónidae.

A continuación se describen particularmente las características más relevantes en cuanto a la depredación de semillas en zonas áridas como una revisión que pretende destacar el hecho de que esta modalidad de las interacciones planta animal esta influida por muchos aspectos.

A.- Roedores

La mayoría de los autores (ej. Brown et al., 1979; Hallet, 1982) coinciden en aceptar que los roedores forman el grupo animal

que realiza la mayor parte de la depredación de semillas, particularmente en zonas áridas. De la familia Heteromidae (ratones con abasones o bolsas en los carrillos) los géneros más comunes en zonas áridas y que incluyen los principales géneros de granívoros que son: *Dipodomys* (ratas canguro) y *Perognathus* (ratones canguro). Otros roedores que pueden tener un importante papel en la depredación de semillas son los del género *Peromyscus* (familia crisetidae).

En los desiertos de Sudamérica hay una variedad de roedores de diferentes familias, entre ellos destacan: *Phyllotis taerwini* y *Orizomys longicaudis*, ambos de la familia Crisetidae (Mares y Rozenzweig, 1978) como los principales depredadores de semillas.

Para las zonas áridas de otros continentes la información es escasa, tanto en lo que se refiere a la identidad de los depredadores como a su impacto sobre las poblaciones vegetales comunidad. Sabemos que en cada región se han desarrollado equivalentes ecológicos de acuerdo con la historia evolutiva y los procesos de aislamiento de cada una en particular (Morton, 1985). En Australia, por ejemplo, hay géneros especializados en depredación de semillas (*Neotomys* y *Pseudomys*) y un generalista (*Rattus*) (Brown et al., 1979) y se presenta una menor diversidad. Sin embargo, hace relativamente poco tiempo existían en Australia y Sudamérica marsupiales, miembros de la familia Agrolagidae que jugaban el papel de granívoros (Morton, 1985). En los desiertos asiáticos los géneros *Jaculus*, *Kikus*, *Salpingotus* y otros más de la familia Dipodidae, aparecen como los roedores granívoros más importantes. En África y Medio Oriente los géneros *Gerbilus*, *Tatera* y *Tatteridus*, todos crisétidos, ocupan este importante papel. Brown et al. (1979) destacan la convergencia no sólo ecológica, sino morfológica, que todos estos géneros de roedores presentan entre sí.

Es sumamente difícil poder generalizar hábitos o aspectos conductuales dentro de grupos tan heterogéneos. Sin embargo, a partir de los estudios hechos para los roedores de zonas

desérticos norteamericanos se sabe que la gran mayoría son nocturnos, recogen su alimento en pequeños recorridos entre los arbustos, durante los cuales introducen las partículas alimenticias en los abasones y luego la seleccionan en su nido generalmente subterráneo (Brown y Liberman, 1973). Los roedores generalistas como *Peromyscus spp* suelen buscar su alimento debajo de los arbustos realizando solamente algunos recorridos entre éstos sin detenerse a consumir alimento en el trayecto. Estos tipos de comportamiento han hecho de éste un sistema muy útil para el estudio de la separación de nichos ecológicos y la selección del hábitat en estos organismos (Brown et al., 1979).

B. Hormigas

Las hormigas son quizá los más importantes competidores de los roedores en importancia como depredadores de semillas debido principalmente, a que su estructura social les permite una gran capacidad de recolección.

En América del Norte, los géneros más importantes son: *Pogonomyrmex*, *Veromessor* y *Pheidole*, todos miembros de la subfamilia Mirmecine la cual se agrupan la mayoría de las especies granívoras.

Si bien en los desiertos sudamericanos el número de roedores es menor que en los norteamericanos, no parece haber gran diferencia en cuanto a las especies de hormigas que ocupan este espacio ecológico (Mares y Rozenzweig, 1978). Por otra parte en los desiertos australianos, existen hasta tres veces más especies de hormigas granívoras que en los desiertos norteamericanos (Brown et al., 1979).

Al diferencia de los roedores, las hormigas sólo acarrean una semilla por viaje, pero al ser mucho mayor en número lo hacen la cantidad total de semillas removidas puede ser igual o mayor que la que realizan los roedores, por lo que la unidad de comparación para evaluar los niveles de depredación es el nido o colonia y no el individuo como en el caso de los roedores.

Existe una diversidad de elementos que afectan el impacto que puedan tener las hormigas sobre la comunidad y viceversa (Davison, 1977a). Los patrones de búsqueda y recolección, ya sean éstos en línea o dispersos, en grupo o individual, modifican el impacto que estos insectos tienen sobre diferentes parches de vegetación.

A pesar de que ocasionalmente son nocturnas la actividad principalmente diurna de las hormigas es una diferencia notable con los roedores (Davison, 1977a).

Otra diferencia entre las hormigas y los roedores es que las aquellas hacen detectan su alimento básicamente a través de medios químicos, mientras que los roedores lo hacen esencialmente por la vista, siendo en este caso las hormigas más efectivas en la detección de semillas aisladas o grupos pequeños, mientras que los roedores responden a concentraciones grandes de alimento (McAuliffe 1990) lo cual implica diferencias importantes en el impacto que tengan sobre las poblaciones vegetales.

C. Aves

Las aves granívoras del desierto son quizás el grupo menos estudiado y documentado desde el punto de vista ecológico a pesar de que Thiollay (1981) reconoce a éste como el grupo de vertebrados más numeroso del desierto chihuahuense y también de otros desiertos.

En su trabajo Thiollay (1981) reconoce a los géneros *Callipepla*, (Columbidae), *Eremopila*, *Molothrus* y *Eupagus* (Emererezidae) y a los miembros de la familia Fringilidae como consumidores de semillas en los desiertos norteamericanos.

La capacidad voladora de estos organismos les permite recorrer grandes distancias más fácilmente en la búsqueda de su alimento, el cual obtienen por lo general antes de que éste se haya desprendido de la planta madre. Por lo común, desarrollan su

actividad en áreas con densidades altas de frutos (Parmenter et al., 1984). Son completamente diurnas y localizan su alimento con la vista. Brown et al. (1979), indican que las aves son un grupo esencialmente insectívoro el cual, al escasear el alimento, cambia de hábitos por la seminivoría. A pesar de lo anterior hemos observado que existen aves desérticas, que se alimentan, primordialmente de semillas y sólo esporádicamente de insectos que encuentran cerca de los frutos. En la Barranca de Metztlán la cercanía de las zonas cultivadas provoca que las aves consumidoras de semillas encuentren más fácilmente su alimento en áreas cultivadas.

D. Otros depredadores

Al contrario de lo que sucede en zonas tropicales en donde la depredación de semillas por otros insectos (no hormigas) es sumamente importante, tanto en número de especies atacadas como en semillas destruidas por especie (ver Andrade, 1989), superando inc depredación por otros grupos (Janzen, 1971), en zonas áridas el impacto de estos insectos (no hormigas) no ha sido considerado tan importante (Brown et al., 1979). Los grupos de depredadores de semillas son los mismos (y aproximadamente con las mismas importancias relativas): Bruchidae, Curculionidae, Lepidopterae (principalmente larvas de microlepidópteros) y Hemipteridae (Brown et al., 1979).

Las razones que se han argumentado para explicar el por qué estos insectos parecen tener menor impacto en ambientes áridos y semiáridos pueden ser varias: clima extremoso, corta temporada de floración (la mayoría de estos organismos ovipositan en las flores o en el óvulo recién fecundado, asegurando así el desarrollo paralelo del embrión de la semilla y la larva depredadora) o quizá, presencia de compuestos secundarios frecuentemente de alto peso molecular. Sin embargo McAuliffe (en prensa) reporta porcentajes muy altos de depredación por brúquidos en *Cercidium microphyllum* del desierto de Arizona, con lo cual quizá habría que revalorar el papel de estos organismos en la depredación de semillas en zonas áridas.

A pesar de lo anterior es muy difícil establecer patrones generales en la depredación de semillas, por ejemplo en la Barranca de Metztitlán en el estado de Hidalgo que ejemplifican lo anterior: *Fouquieria splendens* (Fouquieriaceae) florece y fructifica durante los meses previos a la temporada de lluvias (febrero-mayo) lo que parecería como un tiempo largo, sin embargo, el porcentaje de depredación observado no rebasa el 5%. Por otro lado *Acacia farnesiana* (Leguminosae), que tiene un período de floración corto, aunque una retención del fruto larga y posee un compuesto altamente tóxico, el farnesiol, y presenta una depredación por brúquidos de aproximadamente 80 a 90%. Lo anterior pone en evidencia la dificultad de establecer patrones generales en este campo.

FACTORES QUE PUEDEN INFLUIR EN LA DEPREDAION DE SEMILLAS EN LAS ZONAS ARIDAS

La depredación de semillas es un fenómeno complejo que no sólo se encuentra regulado por el componente biótico sino por el abiótico. En muchas ocasiones la influencia de éste no se manifiesta directamente, sino a través de la modificación de los hábitos conductuales de los animales y de la fenología de las plantas, alterando así la intensidad, selectividad, eficiencia e impacto de la depredación de semillas (Howe y Westley, 1988).

A continuación se mencionan algunos de los elementos que pueden tener relación con la depredación, sin que el orden en el que se presentan indique su importancia, ya que ésta se manifiesta diferencialmente en cada caso.

1. Factores Abióticos

A. Agua

El agua como tiene una gran influencia sobre los individuos en varias situaciones. El promedio anual de precipitación es uno de los determinantes de la diversidad vegetal en zonas desérticas, existiendo una relación directa con el número de especies granívoras (Beatley, 1974). Es también el principal determinante para el disparo de los eventos fenológicos en las plantas de zonas áridas.

Aún para el mismo ambiente existen variaciones con respecto al promedio anual de precipitación y más aún, la precipitación se da a intervalos, ya sean regulares o irregulares. Tanto el promedio anual de precipitación como la variación temporal y espacial de la precipitación pueden alterar la conducta de los depredadores de semillas, afectando tanto la disponibilidad de las semillas como los patrones de depredación.

Beatley (1969) observó una marcada disminución en las poblaciones de varios roedores heterómidos durante la época de escasas de semillas. Si la falta de semillas debida a la sequía llega a ser muy prolongada estas disminuciones pueden alcanzar niveles críticos en las poblaciones e incluso tornarse irreversibles.

Las hormigas responden de manera diferente a las sequías. Las colonias, como tales, viven en promedio más que cualquier roedor, además de que su establecimiento es más complicado que la cría de los roedores y por tanto conlleva una mayor cantidad de tiempo. Por todo esto, los cambios debidos a la sequía no se manifiestan demográficamente en el número de individuos, sino que existe un cambio conductual (no obstante, algunas colonias pueden ver disminuido su número de obreras en épocas de extrema sequía). Por ejemplo en *Pogonomyrmex rugosus* cesa totalmente la actividad durante estas épocas (Davidson, 1977a). Otras especies cambian sus patrones de alimentación, de una forma solitaria a una forma grupal.

Las aves son las que presentan respuestas más drásticas a los

cambios estacionales. Por su mayor capacidad de desplazamiento generalmente las respuestas a la escasez se manifiestan con una migración de la mayoría de los individuos, lo cual puede reducir la competencia tanto intra como interespecifica. En muchos ejemplos las migraciones están asociadas no sólo a este fenómeno sino a una combinación de factores como la duración del día y la noche, el termoperiodo, etc. (Brown et al., 1979).

B. Temperatura

En zonas áridas existen variaciones extremosas de la temperatura tanto entre el día y la noche como entre las estaciones, esto provoca cambios tanto en los vegetales como en los animales. En zonas desérticas y semidesérticas de Norteamérica la temperatura invernal puede descender varios grados abajo de 0° C. La vegetación se adapta a estas bajas temperaturas perdiendo su follaje y las anuales generalmente pasan estas épocas en forma latente de semillas. Los animales tienen diferentes formas de pasar estas temporadas, algunos roedores de pequeño tamaño, como el género *Perognatus*, son capaces de hibernar durante semanas, meses e incluso años (Brown et al., 1979, Price, 1978), otras especies cambian su dieta de consumir semillas a consumir hojas (las que estén presentes) o a comer insectos.

Las hormigas por su parte evaden los aumentos de temperatura, de la misma manera que los periodos de sequía. Además de reducir las longitudes de su recorrido, alteran la dirección y patrón de forrajeo, y las horas en que se realizan éste. Especies del género *Pogonomyrmex* en Metztitlán Hgo. suspenden su actividad cuando la temperatura a nivel del suelo alcanza los 40° C (generalmente alrededor de medio día), para reiniciarla al disminuir la temperatura (Armella y Santibañez inedito). En inviernos muy fríos en desiertos Norteamericanos suspenden totalmente la actividad fuera del nido y residen dentro de él hasta que mejoren las condiciones ambientales.

C. Suelo y microtopografía

No sólo el tipo de suelo (arcilloso, limoso, etc) sino que

también la microtopografía modifica la estructura y composición del banco de semillas. Lo mismo sucede con los patrones de búsqueda y éxito de los depredadores, por lo que la determinación de parámetros de microtopografía resulta relevante. Barbault y Halfter (1981) realizaron una descripción muy completa de los diferentes microambientes desérticos, cada uno de ellos caracterizado no sólo por la composición florística sino también por el tipo de suelo y sus características microtopográficas; esta clasificación parece ser válida en varios desiertos con muy ligeros cambios.

Brown y Liberman (1973) encuentran que en la mayoría de las dunas se encuentran coexistiendo especies de roedores que no compiten entre sí, es decir, especies que difieren en tamaño, hábitos alimenticios, etc. y por tanto buscan diferentes tipos de semillas.

Davison (1977b) anota que las fuertes lluvias típicas de las zonas áridas, generan un cuantioso arrastre de semillas, que se detienen en pequeños bordos formados por irregularidades del terreno o la presencia de ramas y otros objetos grandes. En estos bordos se forman verdaderos almacenes de semillas, los cuales son aprovechados por los depredadores, generalmente el grupo que mejor explota estos almacenes es el de los roedores, particularmente los saltarines como *Dipodomys*, que parece encontrar mejor estos grupos que otros roedores más pequeños como *Perognatus* (Bowers, 1982). Así mismo los roedores pueden diferenciar pequeñas modificaciones en la textura del suelo lo cual será determinante en la selección del microhábitat (Price y Heinz, 1984).

La disposición espacial de las semillas en los desiertos no es ni con mucho homogénea, y los animales se ven forzados a acoplarse a ella para poder subsistir. Es por eso que en general se dice que los microhábitats propicios para el establecimiento de la vegetación son también propicios para el establecimiento de poblaciones animales (Price y Heinz, 1984).

En microambientes modificados ya sea natural o artificialmente (fuegos, talas, etc.), se presentan cambios notables en la composición de las comunidades depredadoras de semillas. Bock y Bock (1978) encontraron que después de una gran disminución en la cantidad y diversidad de roedores depredadores de semillas a consecuencia de un incendio, este grupo pareció tener una recuperación por arriba de sus cantidades originales (tal vez debido a la mayor diversidad de semillas presentes durante el proceso sucesional de recuperación del ecosistema).

2. Factores Bióticos

A. Interacciones con la vegetación

Como ya se mencionó, la depredación de semillas es uno de muchos procesos de interacción que tienen los miembros de una comunidad. Estas interacciones bióticas provocan la alteración de patrones, magnitudes y resultados de la depredación. A continuación se presentan algunos ejemplos de cómo las interacciones bióticas pueden también alterar la depredación de semillas (Reichman, 1979).

El principal elemento que modifica la depredación es la vegetación, ya que ésta no sólo implica la fuente de alimento de los granívoros, sino también la protección que requieren contra sus propios depredadores, el exceso de temperatura, etc. Por tanto, la interacción con la vegetación se torna más crítica. Thompson (1982) va más allá y relaciona la selección del microhábitat no sólo con la conducta alimentaria sino también con el tamaño y la estructura del cuerpo en función de su demanda de energía.

Grenot y Serrano (1981) describen la composición de las comunidades de roedores en algunos tipos de vegetación (según la clasificación de Barbaul y Halfter, 1981) del desierto Chihuahuense. Encuentran que *Perognatus nelsonii* es muy abundante en el "cerro" y en la "bajada", pero conforme esta última se transforma en la "playa", esta especie desaparece gradualmente. P.

penicillatus y *P. flavus* comparten el mismo tipo de microhábitat en la bajada y en la playa en donde hay vegetación escasa y espinosa que favorece sus hábitos de búsqueda (ver también Thompson 1982). *Dipodomys merriamii* aparece prácticamente en todas las zonas descritas, pero es más abundante en el matorral de mezquite (*Prosopis* sp.), tipo de vegetación con grandes áreas de suelo desnudo que es lo que este roedor requiere por su locomoción a base de saltos (Price, 1978; Price y Waser, 1985; Thompson, 1982; Hallet, 1982); *D. nelsonii* se encuentra restringido a microambientes de este tipo sin pasar a otros como lo hace *D. merriamii*. En desiertos que son más fríos en invierno, *D. merriamii* suele migrar hacia áreas con vegetación más cerrada pero permanece activo incluso en esta época del año.

Lo descrito por Grenot y Serrano (1981) es sólo un ejemplo de los muchos que existen en la literatura (ver Brown et al., 1979) en los que la selección del microhábitat está íntimamente ligada a la capacidad de locomoción, particularmente en heterómidos, grupo que más ha sido estudiado para verificar este rubro. En resumen los roedores saltarines (como *Dipodomys*) tienden a buscar su alimento en sitios abiertos y con recorridos rápidos entre arbusto y arbusto para no perder su protección; los roedores caminadores (como *Perognatus*) permanecen debajo de los arbustos siendo más selectivos en su alimentación y recorriendo menores distancias (Rosenzweig, 1973).

Kotler y Brown (1988) publicaron una extensa revisión sobre el tema de la heterogeneidad ambiental y la coexistencia de los ratones desérticos, en la cual llegan a la conclusión de que los mecanismos que determinan la coexistencia de diferentes especies de roedores en hábitats áridos es un complejo sistema de muchos factores.

A pesar de la íntima interacción entre las poblaciones de roedores y la vegetación, Parmenter y McMahon (1983) encontraron en el Desierto de la Gran Cuenca Norteamericana que la exclusión experimental de algunos arbustos dominantes no producía cambios

notables en las poblaciones de roedores. Aparentemente estos datos sugerirían una independencia entre el desarrollo poblacional y con el medio ambiente biótico; sin embargo, cabe aclarar que en este experimento se usaron básicamente roedores no heterómidos, salvo *Perognatus parvus*, con lo que estos resultados parecen aplicables a roedores generalistas y no a depredadores especialistas de semillas.

Las hormigas por su parte parecen encontrarse en microhábitats con vegetación más o menos abundante, pero seleccionan para el establecimiento de sus colonias pequeños espacios abiertos, como los que se forman entre los acúmulos de vegetación o bien ellas mismas producen estos espacios abiertos, como en el caso de *Pogonomyrmex* (P. Rojas, com. pers).

B. Interacciones entre poblaciones animales

Por ser las semillas un recurso tan importante en las zonas áridas, su utilización ha sido objeto de varios estudios para conocer cómo es que las especies se reparten este recurso, sirviendo como ejemplo para varios aspectos de la teoría ecológica (ej. amplitud y sobreposición de nicho, competencia intra e interespecífica, optimización de recursos, forrajeo óptimo etc). Ejemplos de lo anterior se encuentran en Brown y Liberman (1973), Brown (1978), Reichman y Oberstain, 1977 y Brown et al., (1979).

Resumiendo la gran cantidad de información que existe en este campo se puede decir que, en general, existen grandes niveles de sobreposición en lo que se refiere al uso de las semillas de zonas áridas como recurso alimenticio. Los datos parecen revelar cinco aspectos importantes: 1) La diferencia principal entre especies de roedores depredadores de semillas se da por la selección de microhábitat (Price, 1978). 2) En segundo término la separación se hace con base en el tamaño promedio de las semillas recolectadas; los roedores grandes tienden a recoger semillas más grandes y los chicos semillas pequeñas, especialmente en zonas de simpatria (McCloskey, 1980). 3) Las especies más grandes y las más pequeñas

parecen tener hábitos alimenticios más restringidos, mientras que las especies de tamaño medio poseen rangos más amplios que, a pesar de sobreponerse parcialmente con los otros dos grupos, aparentemente reducen la competencia interespecífica globalmente (Brown y Liberman, 1973), 4) Cuando se presenta interacción directa entre las poblaciones, son algunos elementos conductuales los que separan a las especies, por ejemplo: formas de locomoción. (Dowers, 1982).5) No parece haber evidencia en la literatura sobre la repartición del recurso tiempo, en lo que se refiere a horas de forrajeo, como sucede con las aves, dado que casi todas las especies de roedores son de hábitos nocturnos y tienen su pico de actividad en las primeras horas después del anochecer.

En un nivel suprapoblacional como es el de gremios, Hallet (1982) realizó un análisis de los roedores granívoros del Desierto Sonorense diferenciando 2 grupos (subgremios), uno compuesto por dos especies del género *Dipodomys*, lo cuales obtienen su alimento en rápidos trayectos, en los espacios abiertos y el otro grupo compuesto por roedores más pequeños, del género *Perognathus* y *Peromyscus* que encuentran su alimento corriendo debajo de los arbustos. Dentro de cada subgremios existía una separación en la selección del microhábitats y entre gremios la separación se hacía por la selección de recursos alimenticios.

El ser las semillas de zonas áridas un recurso tan nutritivo, se propicia la competencia no sólo dentro de los grupos homogéneos sino entre grupos heterogéneos. Brown y Davison (1977) describen el fenómeno de competencia entre hormigas y roedores, calculando los índices de sobreposición en las dietas de ambos grupos, así como realizando análisis experimentales removiendo alternativamente ambos grupos y observando los resultados en el otro. Es posible que la competencia se de, o aumente, en zonas particulares en donde se hace más crítica la escases de semillas.

Las hormigas remueven las semillas, disminuyendo los grandes acúmulos y disminuyendo así la depredación por los roedores, que son más eficientes (Heithaus, 1981).

En el extremo opuesto, Davison et al. (1984) reportan la disminución de las poblaciones de hormigas cuando disminuyeron las poblaciones de roedores en términos de largo plazo, debido a que al desaparecer los roedores hay un cambio en la composición de la comunidad, disminuyendo la proporción de las pequeñas, que consumen las preferentemente las hormigas.

Como se aprecia la interacción roedores-hormigas-semillas es muy compleja y esta altamente influenciada por factores locales.

No existen muchos datos en la literatura, que documenten la competencia entre aves y cualquier otro grupo de animales o entre las aves mismos debido, tal vez, a la dificultad que existe para determinar los patrones de actividad de este grupo a través de datos experimentales (Parmenter et al., 1984).

Finalmente, los animales granívoros compiten, también con los hongos que atacan a las semillas. Si bien esto más frecuente en zonas húmedas (ver Janzen, 1970) que en zonas áridas, también se observa preferentemente en los lugares en los que se acumulan las semillas, los cuales en ocasiones también retienen la humedad hasta por varios días, favoreciendo el desarrollo de los hongos. A pesar de esto, Reichman y Rebar (1985) informan que los heterómidos prefieren las semillas que están ligeramente atacadas por los hongos a aquellas que no lo están, tal vez porque son un poco más suaves, pero rechazan las que están demasiado degradadas por el hongo (Reichman et al., 1986).

En los ecosistemas modificados por el hombre, en los que se han introducido, o reintroducido nuevos depredadores y/o dispersores (como vacas, caballos, burros, cabras, etc.) se han registrado modificaciones, a veces substanciales, en la depredación de semillas por los grupos silvestres. González (1983), trabajando en el altiplano mexicano en condiciones semi abiertas al pastoreo encuentra tasas de remoción importantes (hasta 90% de depredación de semillas) por estos nuevos grupos.

OBJETIVO

El objetivo principal de esta tesis es proporcionar evidencia de que grupos son los principales depredadores de semillas y de la forma en que varios factores se pueden conjuntar para determinar la intensidad de depredación predisposición de semillas de quince especies vegetales de una zona semiárida del centro de México, la Barranca de Metztitlán, en el Estado de Hidalgo.

Para lograr este objetivo el trabajo se desarrolló en tres aspectos que se manejan en forma de capítulos independientes.

En el Capítulo 1 se reportan los porcentajes de semillas depredadas predisposición (considerando cualquier tipo depredador) por insectos que en su gran mayoría se alojan en las semillas y se desarrollan dentro de ellas.

El capítulo 2 comprende la descripción morfométrica de las semillas teniendo por objeto distinguir entre los diferentes tipos de semilla, sus características morfológicas y su tamaño, a través de la descripción estadística de muestras extraídas de las poblaciones en el campo, dado que el tamaño puede ser uno de los factores importantes en la depredación de semillas (Janzen, 1969).

En el Capítulo 3 se presenta un estudio acerca de las sustancias de defensa encontradas en cada una de las especies atendiendo preferentemente a los grupos más conocidos. Asimismo se llevó a cabo un análisis bromatológico de las semillas para contrastar la calidad alimenticia con su capacidad de defensa química.

El Capítulo 4 es una integración global, a través de análisis multivariados, con el objeto de asignar importancia relativa a los factores presentados en los capítulos 1 y 2 en la depredación predisposición observada.

METODO

A pesar de que cada uno de los aspectos analizados conlleva un método propio, a continuación se describen algunos aspectos comunes a todo el trabajo así,

1. Area de estudio:

De acuerdo con Sánchez-Mejorada (1978), "La Barranca de Metztlán es una profunda depresión situada entre las sierras de Pachuca y Zacualtipán. Por su fondo se encauzan las aguas del Río Grande o Río de Metztlán, que sigue una dirección general SSE a NNW formando una hermosa y fértil vega..." La cañada recibe el nombre del pueblo situado aproximadamente a la mitad de la misma. La altitud promedio en el fondo de la barranca es de 1340 m s.n.m. Se encuentra a 20° 30' latitud N y 98° 42' longitud W. (Ver fig 1)

Las paredes de la cañada, en su mayoría con declives de más de 45°, están formadas por diferentes materiales geológicos predominando el basalto, las calizas y algunos afloramientos de lutitas. La cañada tiene aproximadamente 30 km de largo y en su parte más ancha unos 3 km en la vega.

A pesar de que en el fondo se practica una agricultura muy desarrollada, las paredes, y algunas partes de la barranca -las laderas principalmente- mantienen la vegetación prácticamente inalterada gracias a lo inclinado de sus pendientes y a que sus suelos pedregosos no son aptos para la agricultura. Se reconocen fácilmente 3 asociaciones vegetales dentro de un mismo tipo de vegetación determinado por Rzedowsky (1978) como matorral xerófilo.

El primero es un matorral mediano subinermé dominado por

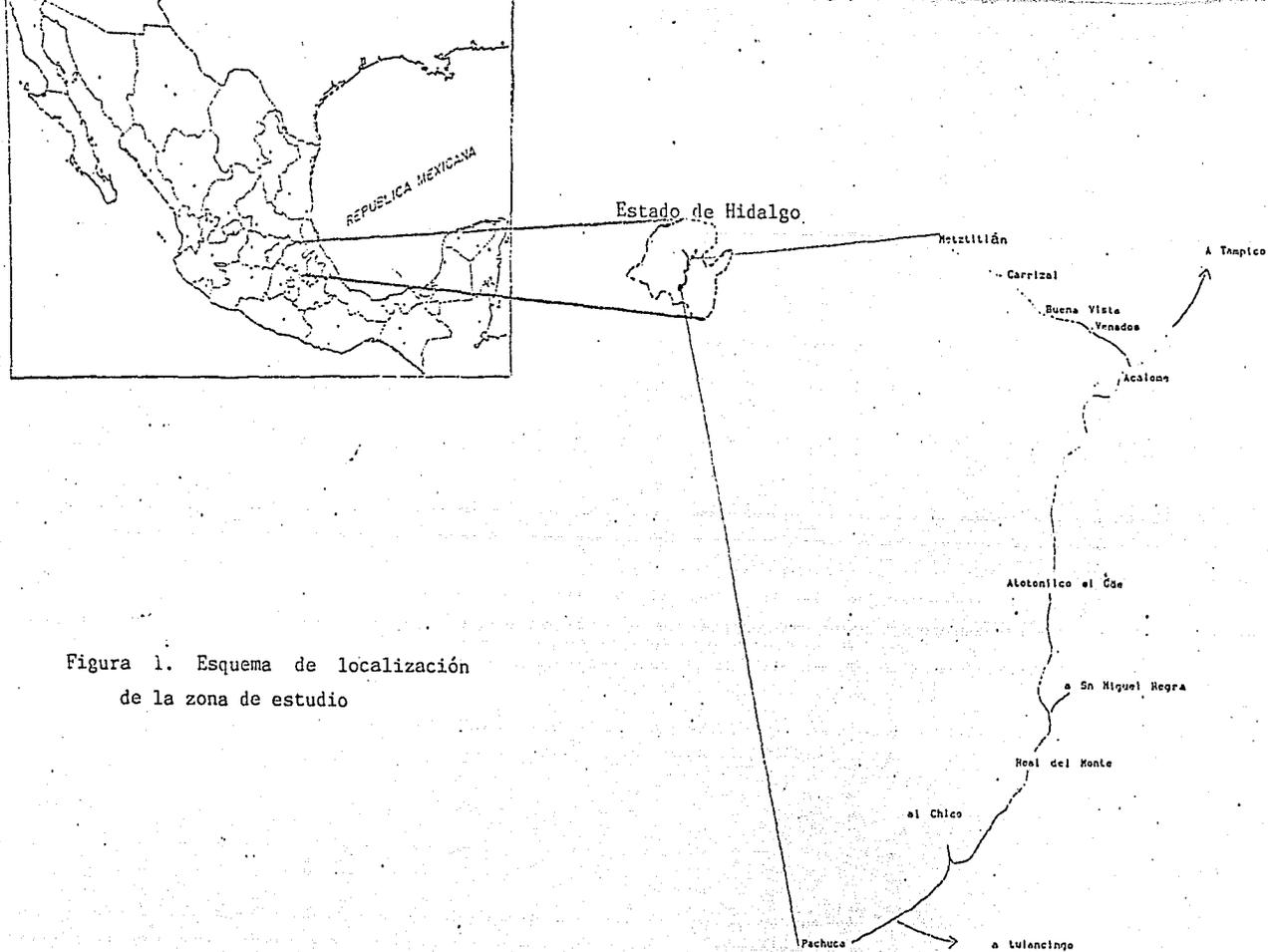


Figura 1. Esquema de localización de la zona de estudio

Prosopis levigata que se asienta en las zonas bajas con suelos suaves y a menudo con un poco más de humedad; un matorral bajo espinoso caracterizado por la presencia de *Cephalocereus senilis*, cacto columnar que le confiere apariencia distintiva a la barranca; finalmente un matorral alto prácticamente inerte dominado por *Bursera simaruba* que se presenta en algunas partes de la barranca.

El clima es semiárido con lluvias en verano, del tipo BSw", según la clasificación de Köppen modificada por García (1964). La precipitación anual promedio es de 369 mm con una máxima en septiembre de 80 mm y la media mínima en febrero de 1 mm (Figura 2). La temperatura promedio anual es de 17.5 °C con la máxima en junio de 22.9 °C y una mínima de 12.3 °C en enero. El principal elemento que proporciona la condición de semiaridez es el efecto de sombra orográfica que genera la Sierra de Zacualtipán.

Todas las recolectas de semillas se realizaron en el primer tercio de la barranca, en la zona comprendida entre las rancherías de Venados y Buena Vista Fig 1, aproximadamente entre 2 y 4 km de la desviación de la carretera figura 1 principal: Pachuca-Tampico, la cual conecta con la carretera que recorre la barranca a la altura del km 153.

2. Semillas.

Se realizó una selección de 15 especies, usando los siguientes criterios:

Abundancia: Se eligieron especies que estuvieran bien representadas en el matorral, a fin de proporcionar una representatividad de la comunidad en su conjunto.

Tamaño de las semillas: Se prefirió usar semillas entre 2 y 5 mm de diámetro que permitían manipularlas con facilidad. En zonas áridas muchas de las semillas son muy pequeñas y por tanto difíciles de trabajar.

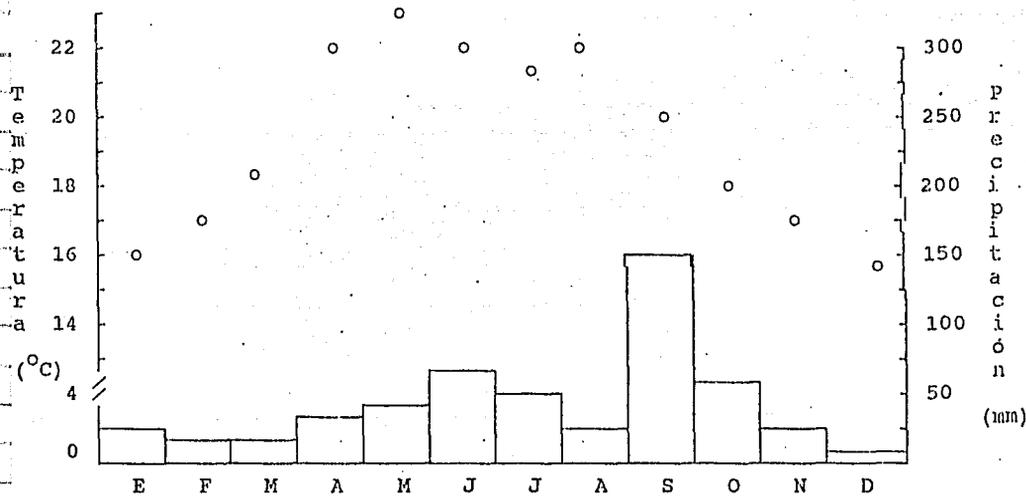
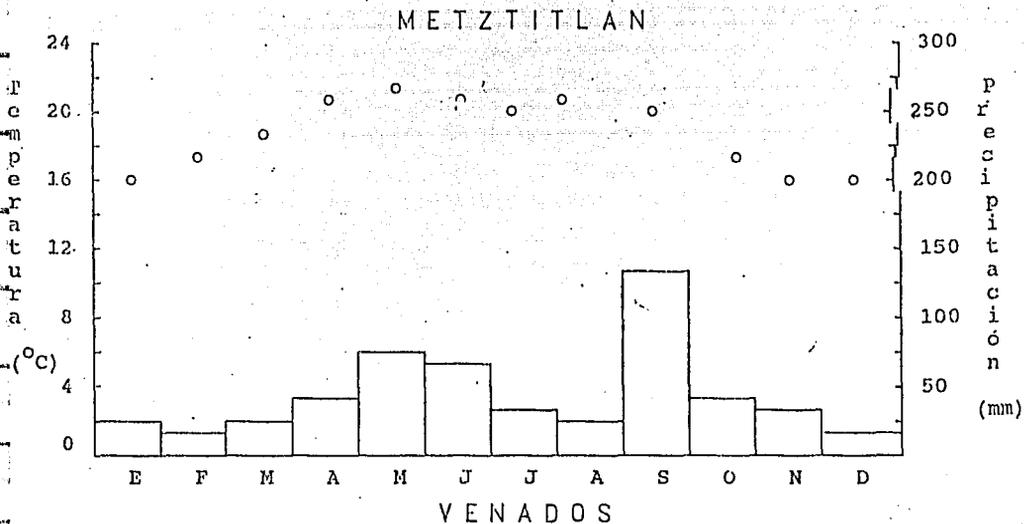


Figura 2. Marcha anual de la temperatura y la precipitación en dos zonas del área de trabajo

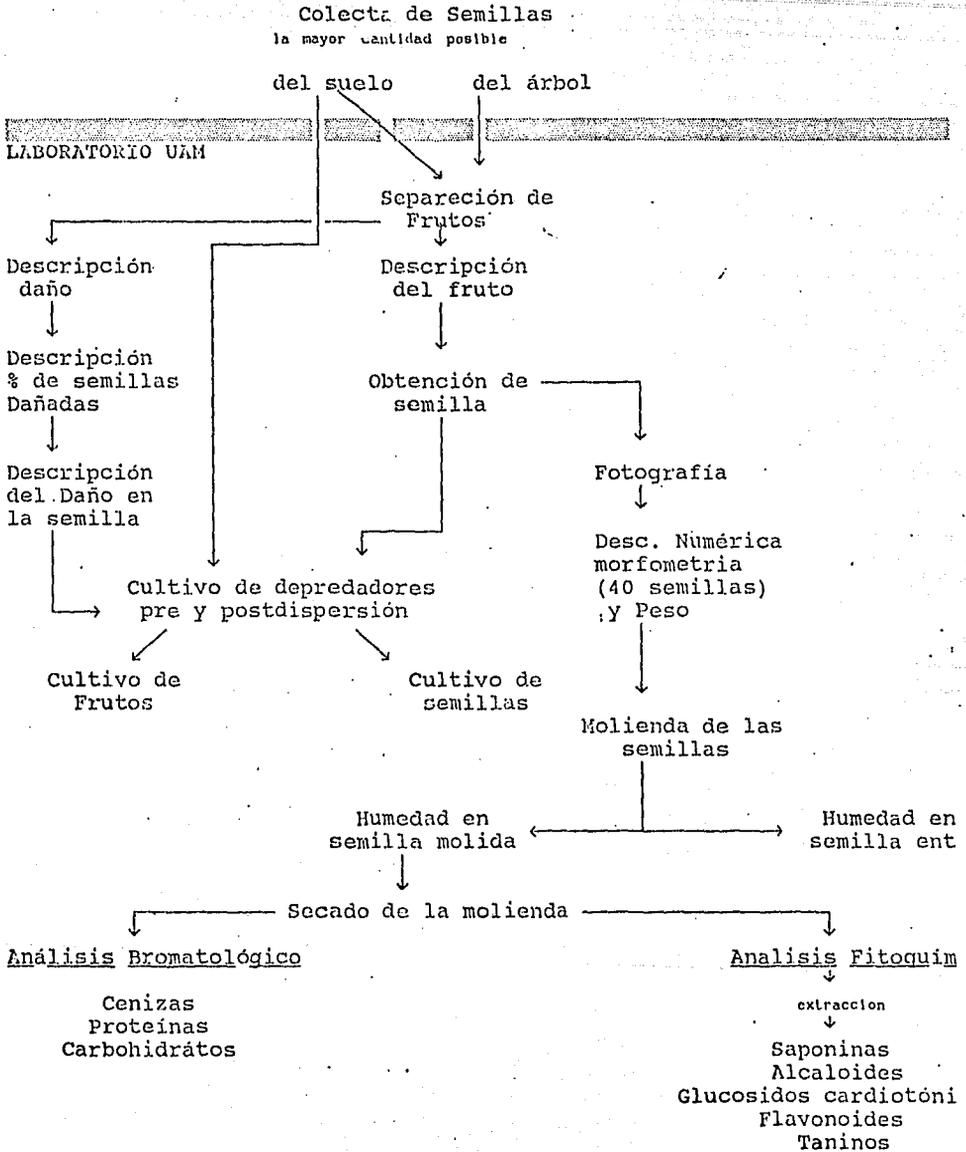
Accesibilidad del fruto: Algunas especies con densidades altas e incluso importantes ecológicamente, como *Cephalocereus senilis* no fueron utilizadas debido a la inaccesibilidad de sus frutos por encontrarse en la parte alta del cácto que mide de 6 a 12m de altura, además de encontrarse en enbebido en la lana del cefalio.

Durante dos años y medio (1987, 1988 y parte de 1989) se recolectaron semillas con las condiciones arriba anotadas. La recolección se hacía en el mayor número de individuos posibles buscando obtener la mayor cantidad semillas de cada especie a través de toda el área de estudio. Las semillas se depositaron en una bolsa de papel, la cual a su vez era almacenada en una bolsa de plástico. En el laboratorio se almacenaron a temperatura ambiente. Se siguió la secuencia descrita en el cuadro 1. Las recolectas se hicieron cada mes colectando todas las especies (de las seleccionadas) que se encontraban en fase de fructificación y recolectando la mayor cantidad posible de frutos incluyendo el mayor número de individuos posible.

A continuación se presenta la lista de las especies estudiadas (de acuerdo a Martínez, 1979) siguiendo la numeración asignada según la secuencia de recolecta (los ejemplares de respaldo se encuentran depositados en el Herbario Metropolitano (UAMIZ), cuyo personal realizó las determinaciones pertinentes.

Cuadro 1.- Esquema Metodológico general

METZTITLAN



Lista de las especies estudiadas

ESPECIE	FAMILIA
1. <i>Acacia bilimekii</i> McBride	Leguminosae
2. <i>Prosopis laevigata</i> (Swartz) D.C.	Leguminosae
3. <i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd	Leguminosae
4. <i>Sena wislisenii</i> (A. Gray) I & B	Leguminosae
5. <i>Echinocactus ingens</i> Zucc.	Cactaceae
6. <i>Agave striata</i> Zucc.	Agavaceae
7. <i>Mimosa lacerata</i> Rose	Leguminosae
8. <i>Bursera schlechtendallii</i> Engl.	Burseraceae
9. Leguminosa N. col.365	Leguminosae
10. <i>Pseudosmodium multifolium</i> Rose	Anacardiaceae
11. <i>Calliandra biflora</i> (Kunth) McBride	Leguminosae
12. <i>Parkinsonia aculeata</i> L.	Leguminosae
13. <i>Morkillia mexicana</i> (Moch et Sess) Rose	Zygophyllaceae
14. <i>Karwinskia mollis</i> Schldl.	Rhamnaceae
15. <i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	Leguminosae

Capítulo 1 Depredación Predispersión

Introducción:

La depredación de predispersión (antes de que la semilla se separe de la planta) puede representar varias implicaciones demográficas para la planta (Silvertown, 1978); disminuye las probabilidades de que las semillas alcancen un sitio a salvo, disminuyendo la distancia máxima que pueden alcanzar las semillas viables al disminuir el número de éstas. Demográficamente también puede disminuir las tasas de reclutamiento de las poblaciones vegetales y reduce así el potencial reproductivo y posiblemente la variabilidad genética de las poblaciones (Harper, 1977).

Este tipo de depredación se hace habitualmente por larvas que eclosionan de huevos que han sido depositados a lo largo del desarrollo completo de la semilla, ya sea en estado de flor o de óvulo recién fecundado; otro tipo de depredadores de predispersión son las aves las cuales toman las semillas maduras destruyéndolas, por lo general cuando se encuentran listas para su dispersión.

Es de suponer que las tasas de depredación de predispersión dependen de la facilidad de localización de las semillas, flores o frutos recién fecundados ya sea ésta por la abundancia relativa de la especie depredada o por la presencia de algún compuesto que funcione como atrayente (químicos) (Harborne, 1988).

En zonas tropicales se han hecho varios trabajos sobre la depredación de semillas pre y post dispersión (Vease Andrade 1989) en los que se han encontrado gran diversidad de depredadores que atacan a las semillas.

Para las zonas áridas los trabajos sobre depredación de predispersión son escasos (véase la sección de antecedentes) y es quizá el trabajo de McAuliffe (en prensa) en el que se reportan los porcentajes de depredación de predispersión.

Sin embargo en ambos tipos de ambientes la depredación de semillas puede alcanzar altos porcentajes de la producción total de semillas de los árboles; Janzen (1969) reporta que aproximadamente el 73% de las especies estudiadas pierden la mitad o más de sus producciones anuales de semillas. En la selva de los tuxtlas los porcentajes de depredación de *Nectandra ambigens* alcanza casi el 100 de la producción (Armella y Dirzo datos no pub.).

Objetivo:

Conocer los porcentajes de depredación que en condiciones naturales sufren cada una de las quince especies estudiadas.

Cultivar, en condiciones de laboratorio, las larvas de diferentetes depredadores que pudieran haber infestado las semillas previamente a su colecta. Comparando, cuando fuera posible, diferencias entre semillas y frutos y entre semillas colectadas predisposición y otras postdispersión.

Método:

Se siguieron dos líneas en el estudio de la depredación predisposición:

A) Cuantificación del porcentaje de depredación en el campo: de las recolecciones masivas que se realizaron en el campo se analizaron prácticamente todas las semillas y se contabilizó el número de semillas que presentaron algún indicio de depredación, por ejemplo perforaciones de salida de insectos, mordidas, raspaduras etc. que pudieran evidenciar que habían sido manipuladas por animales. Se calculó el porcentaje de semillas que presentaron daños y se procedió a realizar una descripción de los tipos de daño encontrados.

B) Cultivo de depredadores de semillas: Para determinar si algunas larvas de insectos venían en estado de desarrollo dentro de las semillas al ser éstas recolectadas en se efectuó lo siguiente:

Se colocaron grupos de frutos y/o semillas en recipientes que permitían el paso del aire pero no la salida de los insectos. Se colocaron a una temperatura ambiente de 20 °C aproximadamente.

En aquellas especies en las que la cantidad de material lo permitió se realizaron los cultivos de material provenientes de los árboles y de acúmulos de semillas encontrados por lo común en la base de los árboles, con la finalidad de determinar si la infestación de las semillas se hacía en el suelo o en el árbol.

De la misma manera, en algunas especies fue posible establecer cultivos independientes de frutos y de semillas, con los que fue posible establecer si los insectos atacan realmente a la semilla o al fruto.

Los recipientes permanecieron intactos durante 3 meses como mínimo, sin embargo, con revisión periódica (semanal) para determinar si existían emergencias de insectos. Al concluir los 3 meses se destaparon los recipientes y se revisaron minuciosamente los frutos, semillas y todo el material que se encontraba en el recipiente a fin de encontrar, si fuera posible, cuerpos de insectos.

Resultados:

A) Porcentajes de depredación en campo:

En el cuadro 1.1 se presentan los porcentajes de depredación encontrada en colectas masivas de semillas. En él se puede apreciar que el daño por especie puede variar desde 0.00 % para las especies 5 (*E. ingens*), 8 (*B. schlechtendallii*), 10 (*P. multifolium*) y 15 (*E. polystachya*). hasta el 94.44 en la especie 29 (*P. laevigata*).

Cuadro 1.1. Número de semillas sanas, dañadas, totales y porcentaje de semillas dañadas en colectas generalizadas

Especie	Sanas	Dañadas	Total	% de dañadas
1. <i>A. Bilimekii</i>	191	63	254	24.80
2. <i>P. laevigata</i>	20	340	360	94.44
3. <i>A. farnesiana</i>	126	442	568	77.81
4. <i>S. wislisenii</i>	327	46	373	12.33
5. <i>E. inqens</i>	5000	0	40	0.00
6. <i>A. striata</i>	532	218	750	29.09
7. <i>M. laceratta</i>	579	64	643	9.95
8. <i>B. schlechtendallii</i>	150	0	150	0.00
9. Leguminosa 365	40	31	71	43.66
10. <i>P. multifolium</i>	150	0	150	0.00
11. <i>C. biflora</i>	31	24	55	43.54
12. <i>P. aculeata</i>	80	20	100	20.00
13. <i>M. mexicana</i>	40	1	41	2.43
14. <i>K. mollis</i> *	362	228	590	38.64
15. <i>E. polystachya</i>	180	0	180	0.00

* La mayoría de los daños son raspaduras en la testa al picar el fruto pero no hay daño al interior.

Uno de los resultados más sobresalientes del cuadro anterior es el hecho de que las especies que pertenecen a la familia de las leguminosas tienen un mayor porcentaje de depredación; de hecho, de las 9 especies de leguminosas consideradas solamente *Eysendhartia polystachya* es la única que no tiene nada de depredación, las otras ocho presentan diversos porcentajes de semillas dañadas que van desde casi 10% para *Mimosa lacerata* hasta casi un 95% para *Prosopis laevigata*.

Los daños más comunes son la presencia de los hoyos redondos que evidencian la salida de brúquidos u otros insectos. En algunas semillas se presentan daños diferentes como en *Sena wislisenii* en la que algunas semillas se encontraron totalmente destruidas convertidas en un polvillo negro, probablemente mezclado con los excrementos de los brúquidos que se encuentran en ella.

Para otros ambientes, como la selva alta, Andrade (1989) reporta que el 85% de las especies colectadas presentaron algún porcentaje de depredación, en el presente trabajo este porcentaje es del 75%. En bosques tropicales desciudos Janzen (1980) también reporta que la familia Leguminosae es la que presenta mayor cantidad de depredación.

Resulta evidente que existen variaciones muy marcadas en la intensidad de depredación entre las semillas, incluso dentro de especies de la misma familia, esto evidencia que puede haber un elemento inherente a la especie que modifique la aceptabilidad de la semilla, como pueden ser aspectos fenológicos, de tamaño o bien de la presencia de compuestos químicos en la semilla.

B) Cultivo de insectos en el laboratorio :

En el cuadro 1.2 se presentan los resultados de los cultivos de insectos a partir de las semillas recolectadas en el campo.

En este cuadro se puede apreciar que la inmensa mayoría de los insectos que fueron emergieron de las semillas son de la familia *Bruchidae* (orden *Colaoptera*) y de hecho todos pertenecen al género *Bruchus* (S. Zaragoza, com. pers). A pesar de que es difícil establecer una correlación precisa, parece evidente que los datos de laboratorio apoyan a los datos obtenidos en campo en el sentido de que las especies más depredadas son de la familia *Leguminosae*, las demás casi no tuvieron depredación; empero, esto no quiere decir que no tuvieran larvas en su interior ya que las condiciones de cultivo pueden ser específicas, particularmente en lo referente a la temperatura.

Cuadro 1.2.- Tipo y número de insectos encontrados en los frutos y/o semillas (F o S), provenientes de recolectasde árbol o suelo (A o S), incluyendo: tamaño de muestra (n) y número de Brúquidos (B), lepidópteros (L), Dípteros (D), e Himenópteros (H) en cada caso

Especie	F/S	A/S	n	B	L	D	H
1. <i>A. bilimekii</i>	S	A	106	1	0	0	2
	F	A	17	51	0	0	0
2. <i>P. lacvigata</i>	S	A	177	108	0	0	18
	S	S	248	84	1	8	12
3. <i>A. farnesiana</i>	F	A	25	163	0	0	0
	F	S	25	102	0	0	0
4. <i>S. vislisenii</i>	F	A	110	29	4	0	1
5. <i>E. ingens</i>	F	A	60	0	0	0	0
6. <i>A. striata</i>	S	A	44	0	0	0	0
	F	A	25	0	0	1	0
7. <i>M. lacerata</i>	F	A	25	0	0	0	0
8. <i>B. schlechtendallii</i>	F	A	48	0	0	0	0
9. Leguminosa 365	S	A	25	0	0	0	0
10. <i>P. multifolium</i>	F	A	225	0	0	0	0
11. <i>C. biflora</i>	S	A	20	0	0	0	0
12. <i>P. aculeata</i>	F	A	42	0	0	0	0
	S	A	117	0	0	0	0
13. <i>M. mexicana</i>	S	A	25	0	0	0	0
14. <i>K. mollis</i>	F	A	25	0	0	0	0
15. <i>E. polystachya.</i>	F	A	25	0	0	0	0

A pesar de que las condiciones de cultivo para la obtención de los datos presentados en el cuadro 1.2 pueden no ser las más adecuadas, ya que muchos insectos tienen requerimientos particulares en cada uno de los estadios del ciclo de vida, en zonas tropicales algunos insectos, despues de pasar su vida de larva en la semilla, realizan la pupación en el suelo (Andrade 1989) por lo que es posible que también zonas áridas y semiáridas suceda lo mismo; los resultados parecen interesantes.

En las especies en las que se compara material colectado de los acúmulos en el suelo y de los árboles no parece existir diferencia en cuanto a la cantidad de organismos emergentes por semilla, esto parece evidenciar que los insectos no atacan a las semillas cuando éstas han caído al suelo. McAuliffe (1990) tampoco encuentra evidencia de que los brúquidos que atacan a *Cercidium microphyllum* lo hagan una vez que las semillas han llegado al piso, lo que indica que todo el ataque por los brúquidos se hace cuando las semillas están todavía en el árbol.

Así mismo, salvo en *A. Bilimekii* en las especies en las que fue posible probar tanto frutos como semillas (*Parkinsonia* y *Agave*) no se encontraron diferencias entre las tasas de infestación. En el caso de *A. Bilimekii* resultan demasiado contrastantes los datos, lo que ameritaría repetir los cultivos a fin de determinar si la diferencia es realmente significativa.

En las zonas áridas la presencia de frutos secos y con poca pulpa puede dar como resultado el que no exista diferencia y no existan animales que se alimenten del fruto; ni que la parte carnosa de éste sea atacada por hongos como en las zonas tropicales en donde los frutos por sí mismos, pueden ser consumidos y las semillas pueden ser destruidas en el proceso; o bien que la parte carnosa del fruto sea degradada por hongos y éstos degraden también las semillas (Armella y Dirzo, datos inéditos). Acerca de estos casos no parece existir mucha información en la literatura publicada para zonas áridas, salvo por lo reportado por Reichman y Rebar (1985) y Reichman et al. (1986), en el sentido de la depredación por hongos, sobretodo en los grupos de semillas que los roedores entierran como reservorios.

Muchos factores influyen en la selectividad e intensidad de la depredación de las semillas (Janzen, 1969). La cantidad de alimento que proporcionen al depredador, la calidad de ese

alimento ya sea por las características nutricionales o por la presencia de metabolitos secundarios que reducen la digestibilidad de los alimentos.

Capítulo 2.- Morfometría de las semillas

Introducción:

Uno de los primeros elementos que pueden determinar la selectividad de las semillas es su tamaño (Janzen, 1969) y tal vez también su forma. La existencia de semillas más o menos voluminosas puede representar la aportación de mayor cantidad de nutrimentos a las semillas por parte de la planta madre y por tanto, una mayor ganancia de alimento para los depredadores de semillas. Así mismo desde el punto de vista de algunos depredadores, por ejemplo ratones, el tamaño y la forma pueden ser determinante en la selección de alimento (Price, 1978).

Por otra parte, la variación existente en el tamaño de la semilla es, en sí misma, una medida de la variabilidad genética que puede presentarse en la población exponiendo las diferentes "versiones fenotípicas" al juicio de la selección natural, no sólo en cuanto a la posibilidad de depredación pre y/o postdispersión, sino al vigor que puedan tener las plántulas que de ellas emerjan (Dirzo, 1984).

Dirzo (1984), reconoce que el vigor de las plántulas al inicio de su crecimiento puede variar dependiendo del porcentaje de daño que sufra el material de reserva durante la depredación predispersión (siempre y cuando no se dañe al embrión). Si se puede considerar como uniforme la cantidad de alimento requerida por un depredador en particular, tendremos que el porcentaje de daño a la semilla, y por tanto el efecto sobre el crecimiento de la plántula, depende del tamaño de la semilla, lo cual puede repercutir en presiones de selección direccionales que conduzcan a la producción de semillas grandes. También se puede realizar selección sobre ciertos tamaños en relación a la forma de dispersión (Casper, 1988)

En el otro extremo se encuentran las semillas muy pequeñas, las cuales poseen muy poco endospermo. En éstas el contenido nutricional que pudiera obtener un depredador a partir de una sola semilla es demasiado limitado, lo cual obligaría al consumo de gran cantidad de semillas para satisfacer los requerimientos alimenticios de un solo individuo (sobre todo roedores), por lo que estas semillas son depredadas, más bien por organismos mayores, los que, con relativamente poco esfuerzo son capaces de colectar un número considerable de semillas y más bien parecen estar vinculados a su dispersión que a su depredación (Vázquez-Yanez et al., 1975 y Orozco Segovia et al., 1985).

No se puede olvidar que, de manera general, la semilla juega un papel preponderante como agente dispersor de la especie, existiendo el doble papel de lograr la dispersión lo más eficientemente posible y proporcionar al embrión los requerimientos necesarios, todo esto además de evitar, al mismo tiempo, la depredación. Es por todo esto que las presiones selectivas deben de conducir a las especies a generar en la semilla, una estructura sumamente compleja.

De una manera simple, Van der Pijl (1972) asocia a las semillas pequeñas como las de los pastos con dispersiones anemócoras, mientras que a las semillas grandes las asocia con dispersiones zoócoras o hidrócoras. Sin embargo, en zonas áridas y semiáridas, encontramos una gran variedad de situaciones intermedias. Habitualmente se considera que por la gran cantidad de espacios abiertos que existen entre la vegetación, así como por la reducida altura de ésta, la dispersión anemócora es la más común entre las plantas de zonas áridas; sin embargo, existen muchos ejemplos de dispersión zoócora, ya sea epizocoria como en el caso de la mirmecoria (Heithaus, 1981), o endozocoria como el caso de roedores que entierran semillas y luego no las recuperan (ej. Van der Meer, 1979).

La forma, color, estructuras anexas, ornamentación, etc. son

elementos que intervienen definitivamente en la selección de las semillas tanto por los posibles dispersores (Howe y Westley, 1988), como por los posibles depredadores. La presencia de arilos carnosos, frecuentemente lipídicos es típica de semillas con dispersión por hormigas (van der Pijl 1972), mientras que la existencia de alas secas, derivaciones del fruto o modificaciones de la testa, implican que la especie sea dispersada predominantemente por el viento. Los colores vistosos se interpretan como una señal que atrae a las aves, mientras que los frutos carnosos pero poco llamativos o de olores característicos se interpretan como una señal para los murciélagos (esto sobre todo en regiones tropicales), de aquí que la morfología externa de la semilla y de la diaspóra presente por sí misma una importancia capital.

Janzen y Martín (1982) han discutido el enfoque simplista de estas interpretaciones sobre la morfología de las semillas o diasporas de las especies. A partir de las consideraciones ahí citadas se pueden presentar dos líneas generales de interpretación sobre las estructuras y morfología de las semillas y diasporas, la primera considera que las expresiones morfoanatómicas que se aprecian en la actualidad no son el resultado de presiones de selección, que se encuentran afectando en el presente a las especies, sino que se trata de adaptaciones desarrolladas con base en presiones ejercidas por condiciones existentes en el pasado más o menos distante, como la megafauna del pleistoceno y, ¿por qué no?, a climas o aspectos físicos que ya no se manifiestan, pero que en una época fueron importantes en las tendencias evolutivas de las especies. La segunda línea interpretativa que puede seguirse es la presencia de dispersores secundarios, elementos que retoman la semilla una vez que ésta ha sido depositada en algún sitio por un primer agente dispersor, tal es el caso de las hormigas que recogen las semillas del suelo, después de que han sido dispersadas por viento o bien han caído directamente del árbol.

El tamaño de las semillas, junto con las estructuras anexas son los dos elementos que van a determinar el tipo o los tipos de dispersión que la especie presente y la selectividad por depredadores (Janzen, 1969) es por eso que el estudio morfológico y descriptivo de la semilla proporcionará una primera aproximación al estudio de la biología de la especie no sólo en cuanto a sus depredadores (Davison 1977b); es por eso que se decidió iniciar el estudio de la depredación con una descripción cualitativa de la forma y características externas de las semillas y una descripción cuantitativa de su tamaño a fin de proporcionar un marco interpretativo a la depredación.

En zonas áridas no existen referencias en las que se establezca la relación entre los tamaños de las semillas y su relación con su depredación ya sea pre o postdispersión.

Objetivo:

Describir las semillas de las especies seleccionadas, poniendo énfasis en las características morfológicas de las semillas y establecer la relación, si es que existe, entre estas características y los niveles de depredación observados.

Método:

Se realizó una descripción cualitativa de cada una de las especies seleccionadas incluyendo la fisonomía de la planta, el fruto y la semilla, con base en las observaciones directas del autor más que en descripciones taxonómicas y destacando las características que pudieran tener relación con la depredación, la descripción se hizo con base en caracteres macroscópicos.

Se realizó, además, una descripción cuantitativa de la morfología de las semillas para esta descripción cuantitativa se seleccionaron al azar 40 frutos de cada especie, de cada uno se obtuvo una sola semilla, midiéndose, cuando fué posible, las

siguientes variables:

Variable	Unidades	Precisión
Longitud de la semilla	mm	.01
Anchura de la semilla	mm	.01
Grosor de la semilla	mm	.01
Peso de la semilla	gr	.0001
No. de semillas presentes por fruto	(semillas/fto.)	

Para cada una de las variables se les realizó un análisis de varianza acumulada con el fin de determinar si la muestra podría considerarse representativa.

En los casos en que fue difícil determinar la diferencia entre los parámetros, principalmente anchura y grosor, se dejó descansar libremente la semilla sobre una superficie plana considerándose el diámetro mayor como la longitud, el diámetro menor como el anchura y la distancia de la base sobre la que descansa la semilla hacia arriba como el grosor.

Se obtuvieron las siguientes estadísticas descriptivas para cada variable: media, desviación estándar (muestral), valor mínimo y valor máximo.

Se realizó un análisis de correlación múltiple usando como variable de respuesta el peso de la semilla y como variables independientes la longitud, anchura y grosor de la misma. El objetivo de este análisis es evaluar el peso que cada parámetro tiene en la determinación del tamaño total de la semilla.

Se hizo un análisis de agrupación (cluster) usando las medidas obtenidas para cada semilla, la técnica empleada fue la de distancia euclidiana.

Resultados:

Especie 1.- *Acacia bilimekii* McBride. Leguminosae, Mimosoideae

A.- Descripción de la planta:

A. bilimekii es un arbusto bajo, rara vez alcanza los 5 m de altura, las hojas son de verde opaco, los folíolos son pequeños y abundantes, el tronco es de color claro; en las ramillas terminales presenta espinas pequeñas que se van perdiendo conforme se engrosa el tronco hacia la parte inferior. La inflorescencia es cimosa de color amarillo brillante. Presenta una resina amarillina que escurre lentamente en los sitios lesionados.

La abundancia relativa de esta especie en el área estudiada es grande al igual que su cobertura, estableciéndose preferentemente en sitios protegidos como cañadas pero con suelos pedregosos o con muy poca profundidad.

B.- Descripción del fruto.

El fruto es una vaina aplanada, dehiscente, de aproximadamente 8 a 15 cm de longitud, tomentosa, de color verde claro cuando joven y amarilla cuando madura. La dehiscencia longitudinal libera a las semillas que caen al suelo, en donde es frecuente encontrar abundantes grupos. No presenta lóculos muy marcados pero la cicatriz del infundíbulo es evidente en frutos vacíos pero no secos. Se encontraron frutos maduros en los meses de julio y agosto, los frutos inmaduros fueron evidentes desde el mes de mayo hasta mediados de julio.

C.- Descripción de la semilla:

Las semillas de una forma cuadrangular, con una coloración caoba (Fig 2.1). Muestra ornamentación en la testa que es en forma de pequeñas punciones irregulares, por lo demás, la semilla es de tono brillante. El micrópilo está situado en uno de los costados sobre la longitud de la semilla; en el costado opuesto al micrópilo aparece una ligera depresión más o menos constante.

En el cuadro 2.1 se presentan las estadísticas descriptivas para las variables: longitud, anchura, grosor, y Peso de la semilla, en esta especie no se obtuvo medición para el número de semillas porque las vainas abiertas pierden semillas. Puede apreciarse que, en promedio, la semilla es casi cuadrada con un grosor apenas de la mitad de la longitud.

Cuadro 2.1 Características Morfológicas para la Especie No 1
Acacia bilimekii

Variable	Longitud	Anchura	Grosor	Peso
	mm	mm	mm	g
Media	13.4	10.5	8.0	0.5031
D. std.	1.1	1.5	8.2	0.1023
Máximo	15.3	13.1	56.4	0.7000
Mínimo	10.9	7.2	4.5	0.3000
n	39	38	38	32

Especie 2.- *Prosopis laevigata*. (Swartz) D.C. Leguminosae Mimosoideae

A.- Descripción de la planta:

Esta especie es la única, de las consideradas, verdaderamente arbórea algunos individuos alcanzan los 8m de altura o más, se presenta en las zonas bajas y por lo general en suelos arenosos formando agrupaciones muy numerosas y bien delimitadas. Sus troncos, marrón oscuro, son fisurados y alcanzan a medir hasta 20 m y en ocasiones son retorcidos. Los folíolos son, aproximadamente de 3 cm de longitud por 0.7 de anchura, y el tono es de verde grisáceo. Las flores se presentan en espigas, son blancas, de aproximadamente 2 cm de largo y la inflorescencia mide de 10 a 15 cm.



Figura 2.1.- Semillas estudiadas, de izquierda a derecha

- 1.- *Acacia Bilimekii*, 2.- *Prosopis laevigata*,
 3.- *Acacia farnesiana*, 4.- *Sena wisliseni*
 5.- *Echinocactus ingens*



Figura 2.2 Especies Estudiadas de izquierda a derecha:

6. *Agave striata*, 7. *Mimosa laceratta*,
 8. *Bursera schlechtendallii*, 9. Leguminosa No. de Colecta 365,
 10. *Pseudosmodingium. multifolium*.

Esta especie fué recolectada en los meses de julio, agosto, y septiembre, su floración empieza en el mes de marzo y se prolonga hasta julio, sin que se sobreponga con la fructificación

B. Descripción del fruto.

La vaina es de color pardo amarillento cuando está madura, presenta marcadas constricciones, es indehiscente pero se separa del árbol una vez maduro formando acúmulos en el suelo.

C.- Descripción de la semilla

La semilla presenta forma lenticular y relativamente plana Fig (2.1) Los datos morfométricos aparecen en el cuadro 2.2. La semilla es de color pardo claro, semejante al del fruto, y se encuentra fuertemente unida al fruto por el endocarpo, el cual es fibroso y dulce.

Cuadro 2.2 Características Morfológicas para la Especie No 2 *Prosopis laevigata*

	Longitud mm	Anchura mm	Grosor mm	Peso g	Semillas/fto
Media	9.9	7.0	4.0	0.0719	13.3
D. std.	2.0	1.3	0.8	0.0304	4.8
Máximo	12.9	9.8	5.5	0.1780	23.0
Mínimo	6.7	6.0	2.7	0.0397	6.0
n	40	40	40	40	40

Especie 3.- *Acacia farnesiana* (L.) Wills, Leguminosae Mimosoideae

A.- Descripción de la planta

Es un arbusto de 3 a 6 m de altura. El follaje es de un color verde brillante. Presenta grandes espinas en el tronco, que es de color grisáceo, las cuales va perdiendo gradualmente al engrosarse.

Se le encuentra en zonas que evidencian perturbación como a los lados de la carretera más que en las zonas no perturbadas.

La flor es una cabezuela de color amarillo, más encendido que las de *A. bilimekii*; es frecuente encontrar abejas y abejorros recolectando el polen de esta especie durante la época de floración (marzo a mayo). Las flores sobresalen del follaje como pequeñas pelotitas blancas que las hacen muy llamativas.

B.-Descripción del fruto:

El fruto es una vaina de color marrón oscuro, básicamente recta, aunque a veces es retorcida. Las vainas se agrupan en racimos de número variable pero que por lo común son de 5 a 7.

La época de fructificación es amplia y va desde Finales de Mayo hasta mediados de Septiembre, es frecuente encontrar en un mismo árbol vainas verdes y maduras, por lo que se supone que las vainas alcanzan la madurez gradualmente.

C. Descripción de la semilla:

La semilla es lenticular y muy aplanada (Fig.2.1), y de un color verde olivo muy oscuro pero brillante, los datos morfométricos aparecen en la Cuadro 2.3

Cuadro 2.3. Características Morfológicas para la Especie 3 *Acacia farnesiana*

Variable	Longitud mm	Anchura mm	Grosor mm	Peso g	Semilla/Fto
Media	7.9	5.3	3.3	0.1	11.9
D. Estándar	0.4	0.4	0.3	0.1	2.7
V. Máximo	8.9	6.5	3.9	0.8	18.0
V. Mínimo	6.7	3.9	2.4	0.0	5.0
n	40	40	40	40	40

Niembro (1988) reporta para esta especie de 6 a 8 mm de longitud.

Especie 4.- *Sena wislisenii* (A.Gray) I.& B. Leguminosae
 Cesalpinoideae

A.- Descripción de la planta

La planta es un arbusto bajo de aproximadamente 1.5 a 2 m el tallo es de color gris, los folíolos son de color verde seco, lanceolados. las flores son de color amarillo encendido., La Floración se presenta en los meses de Mayo y Junio.

B.- Descripción del fruto.

La vaina es alargada, excesivamente plana, de color marrón oscuro, es dehiscente, las paredes presentan marcada venación perpendicular al eje longitudinal de la vaina. Los lóculos son poco marcados. La fructificación no se presenta de manera sincrónica y se presenta desde el mes de mayo y se encuentran vainas con semillas en el mes de septiembre. La vaina, una vez abierta, permanece en la planta, lo cual hace difícil calcular la el tiempo transcurrido desde el inicio de la fructificación.

C.- Descripción de la semilla.

La semilla es similar a la anterior, aplanada (Fig. 2.1), con forma más o menos romboidal, de color marrón oscuro, es una de la más pequeñas dentro de las de la familia Leguminosae sin embargo, no son las más pequeñas de todas las semillas.

Cuadro 2.4. Características Morfológicas para la
 Especie No 4 *Sena wislisenii*

Variable.	Longitud mm.	Anchura mm.	Grosor mm.	Peso g	Semillas/fto.
Media	4.5	3.8	1.1	0.0086	18.3
D. estándar	0.3	0.4	0.4	0.0034	3.8
V. Máximo	5.0	4.5	1.8	0.0151	28.0
V. mínimo	2.3	2.0	0.4	0.0100	20.0
n	40	40	40	40	40

Especie 5.- *Echinocactus ingens* Zucc. Cactaceae

A.- Descripción de la planta.

Esta planta es la segunda en importancia en la determinación de la fisonomía de la comunidad (la primera es *Cephalocereus senilis*). Es una cactácea globosa, las más altas alcanzan 1.80 m, pero el tamaño promedio es de 0.8 a 1 m de altura con 1.20 m de circunferencia máxima. La flor es de color amarillo encendido. Las flores se presentan en la parte superior de la planta en forma de espiral apareciendo una o dos a la vez, pero puede estar floreciendo aproximadamente 2 meses.

B.-Descripción del fruto

El fruto es muy similar a la flor, pues posee varias estructuras remanentes de ésta, los sépalos se endurecen y forman escamas sobrepuestas unas sobre otras y se cierran, lo que le confiere, al fruto, una forma puntiaguda; en la parte inferior, inmerso en la cubierta lanosa de la parte superior, es ovario es redondeado y está unido a la parte superior por un pequeño tubo. Mientras que la parte superior es de color amarillo, y se torna negro la parte inferior es blanca y con pericarpo rugoso.

El fruto permanece en el ápice de la planta aproximadamente 2 meses, tiempo en el cual la planta lo va expulsando gradualmente - Cuando el fruto se encuentra maduro resulta sumamente fácil extraerlo de la lana apical con un leve tirón -. Interiormente las semillas se encuentran envebidas en una matriz fibrosa de la que se desprenden con facilidad.

C.- Descripción de la semilla:

Es muy pequeña (ver cuadro 2.5) y Figura 2.1, presenta forma acorazona, es de color negro brillante (en estados inmaduros es más bien roja oscuro). Las medidas morfométricas de las semillas Uno de los lados suele presentar pequeñas deformaciones a manera

de sierra.

Cuadro 2.5 Características Morfológicas para la Especie No 5 *Echinocactus ingens*

Variable	Longitud mm	Anchura mm	Grosor mm	Peso g	Semillas/fto.
Media	2.60	1.74	1.28	0.0030	176.30
D. estándar	0.19	0.18	0.13	0.0006	94.70
V. Máximo	3.00	2.10	1.50	0.0045	428.00
V. Mínimo	2.30	1.40	1.00	0.0009	52.00
n	40	40	40	40	40

Especie 6.- *Agave striata* Zucc., Agavaceae

A.- Descripción de la planta

La planta es pequeña, mide aproximadamente 60 a 70 cm de altura, las hojas son rectas y delgadas más bien rígidas, de ahí su nombre común de "espadín", ya que en realidad pudieran parecer pequeños floretes. El color es verde encendido, particularmente en la época de lluvias. En el área de estudio son bastante frecuentes en las laderas calizas acompañando a la vegetación de leguminosas y cactáceas, nunca se presentan en las zonas planas o con suelos profundos.

La inflorescencia, que dará origen a la infrutescencia se presenta en una estructura larga (jiote), delgada a comparación de otros miembros de la familia y no presenta ramificaciones. Las flores son de color verde y presentan anthesis secuenciada desde la parte distal de la infrutescencia hasta la parte basal; las flores se presentan en el tercio superior de los raquis.

B.Descripción del fruto

Es de forma ovada, y presenta, habitualmente, las reminiscencias de los estambres en la punta; es de color gris y

después se torna negro cenizo. Presenta tres lóbulos, cada uno de los cuales está dividido en dos, es dehiscente, abriéndose en las líneas de unión de los lóbulos. Los frutos miden entre 5 y 8 cm de longitud y aproximadamente 2 cm de de diámetro.

La ocurrencia de los frutos es muy amplia, se recolectaron frutos desde agosto hasta octubre aunque no es raro ver infrutescencias con algunos frutos sin abrir en diciembre e inclusive en enero.

C.- Descripción de la semilla.

Las semillas son de color negro brillante cuando están maduras y de un color pardo cuando son jóvenes. Su forma de media luna (ver figura 2.2) les confiere un síndrome aparente de anemocoria (según van der Pijl, 1972). En el costado concavo presentan una engrosamiento a manera de costilla.

Morfométricamente no pueden ser calificadas como las semillas más pequeñas, y la medida de su grosor resulta un tanto engañosa ya que presentan una tira todo alrededor de la semilla que hace que el grosor máximo no represente el centro de la semilla. En el cuadro 2.6 se presentan los datos morfométricos de esta especie:

Cuadro 2.6 Características Morfológicas para la Especie No 6 *Agave striata*

Variable	Longitud mm.	Anchura mm.	Grosor mm.	Peso g	Semillas/fto.
Media	3.9	2.6	1.2	0.0024	44.5
D. estándar	0.3	0.4	1.0	0.0009	9.1
V. Máximo	4.6	3.2	6.9	0.0045	60.0
V. Mínimo	3.3	1.9	0.3	0.0003	30.0
n	36	36	36	35	37

Especie 7.- *Mimosa lacerata* Rose Leguminosae Mimosoidae

A.- Descripción de la planta.

Es un arbusto pequeño, rara vez alcanza más de 1.5 o 1.7 m de altura, sus folíolos presentan un color verde intenso, casi olivo; el tallo es de color gris es caducifolia, presentándose en forma áfila desde noviembre hasta julio o agosto del siguiente año. El tronco es de color gris y frecuentemente tiene líquenes; el crecimiento de las ramas es caprichoso presentando ramas divaricadas (con crecimiento en zigzag). Presenta fuertes espinas en forma de gancho que le confieren su nombre común de "uña de gato".

La distribución de esta especie, dentro del área de estudio, parece restringirse a las zonas con un grado intermedio de perturbación, en los suelos rocosos por lo común planos, en estas áreas forma matorrales con poca incidencia de otras especies, a pesar de lo cual es posible encontrar debajo de su cobertura la presencia de algunos cactus juveniles.

La inflorescencia es una cabezuela de color rosa mexicano con las puntas de los estambres ligeramente blancas, lo que le confiere una apariencia muy llamativa en la época de floración que es en los meses de febrero y marzo.

B.-Descripción del fruto

El fruto es una vaina pequeña de unos 5 a 6 cm. de longitud, con valvas papiráceas dehiscentes; presenta un margen lacerado persistente.

La fructificación se presenta hacia el final de la época de secas, en los meses de agosto o septiembre, meses en los que se recolectaron los ejemplares usados en este estudio. Sin embargo, observaciones del autor hacen pensar que la fructificación no ocurre todos los años.

C.- Descripción de la semilla

La semilla es muy pequeña tiene forma acorazonada, presentando un pequeño abultamiento en la parte central. es de color marron (fig. 2.2) de color marrón oscuro y brillante. Las mediciones morfométricas aparecen en la cuadro 2.7

Cuadro 2.7. Características Morfológicas para la Especie No. 7 *Mimosa lacerata*

Variable	Longitud	Anchura	Grosor	Peso	Semillas/fto.
	mm	mm	mm	g	
Media	4.0	2.7	1.5	0.0175	3.6
D. estándar	0.3	0.2	0.2	0.0253	1.0
V. Máximo	4.5	3.2	1.9	0.0980	6.0
V. Mínimo	3.0	2.1	1.1	0.0034	1.0
n	40	40	40	40	40

Especie 8. *Bursera schlechtendalii* Engl., Burseraceae

A) Descripción de la planta.

Es un arbusto muy pequeño, alcanza apenas los 50 a 70 cm del suelo, sus tallos son de color gris brillante con corteza no exfoliante; como algunos miembros del género. Sus hojas, compuestas de color verde brillante, presentan los folíolos lanceolados y con venación marcada.

En la comunidad es muy abundante, formando parte del estrato bajo del matorral espinoso. Pierde sus hojas una gran parte del año, pero lo hace una vez que ha fructificado, las flores son pequeñas y de color rojizo.

B) Descripción del fruto

El fruto es ovoide, de color rojo brillante, es uniseminado y presenta un aroma característico debido probablemente a algún aceite esencial. El fruto mide de 1 a 2 cm de diámetro y se le puede encontrar durante casi todo el año, ya que no cae de la planta. Para este estudio se colectó en todos los meses del año, variando su abundancia.

C.- Descripción de la semilla

La semilla presenta una forma de prisma triangular (Fig. 2.2), lo que hace difícil el poder distinguir entre anchura y grosor, es por eso que en el Cuadro 2.8 solo se reportan los datos del diámetro mayor y menor. Es generalmente de color marrón. Presenta un arilo rojo o amarillo que la envuelve prácticamente por completo y que no se desprende con facilidad.

Cuadro 2.8. Características Morfológicas para la Especie No. 8 *Bursera schlechtendalii*

Variable	D. menor mm	D. mayor mm	Peso.
Media	0.44575	0.614	0.0565
D. estándar	0.040489	0.051855	0.016209
V. Máximo	0.55	0.72	0.1
V. Mínimo	0.4	0.5	0.02
n	40	40	40

Especie 9.- Leguminosa No. de Colecta MAAV-365

A.- Descripción de la planta

Esta especie no ha sido recolectada con flor, lo que ha dificultado su determinación, sabiéndose únicamente que se trata de una Leguminosa Mimosoidea, parecida a la especie No. 11

Calliandra biflora.

Es un arbusto bajo, de 60 cm de de altura aproximadamente, que presenta folíolos muy pequeños de color verde encendido. Los tallos son de color oscuro. La población en la que se ha recolectado el material es un grupo de 10 a 12 individuos que se encuentran en una zona de perturbación media.

B) Descripción del fruto:

Es una vaina dehiscente que presenta los márgenes engrosados y, por lo común, una ligera curvatura hacia la parte terminal. Los lóculos se encuentran muy marcados en las paredes del fruto, las cuales se retraen para liberar a las semillas.

C. Descripción de la semilla

La semilla es relativamente grande, con formas más bien ovadas a lenticuladas (Fig. 2.2), la testa tiene un color gris, sobre la cual suele presentar ornamentaciones de color negro o pardo. La descripción numérica aparece en el cuadro 2.9.

Cuadro 2.9 Características Morfológicas para la Especie No 9 Leguminosa. N. de Col. 365

Variable	Longitud mm.	Anchura mm.	Grosor mm.	Peso g	semillas/fto.
Media	4.3	2.9	2.5	0.0166	9.8
D. estándar	0.4	0.4	0.4	0.0050	1.7
V. Máximo	5.1	3.7	4.3	0.0260	13.0
V. Mínimo	3.3	2.2	1.4	0.0037	6.0
n	40	40	40	40	39

Especie 10.- *Pseudosmodingium multifolium* Rose, Anacardiaceae

A.- Descripción de la planta.

Este arbusto alto con una altura de 2.5 a 3 m como máximo, el color es verde claro, el tallo es de color gris claro con manchas casi blancas.

Se desarrolla como parte de la vegetación natural en sitios que manifiestan poca perturbación. Las hojas, compuestas, se presentan en forma de penachos en el extremo de las ramas. Las flores son de color blanco y de aproximadamente 2 a 3 cm de longitud, presentándose en los meses de Junio a Agosto.

Presenta una sustancia urticante que se produce principalmente en la época de crecimiento de las hojas (principios de primavera). Forma pequeñas pústulas irritantes en la piel; esta reacción probablemente sea una de las causas por lo que es consumida por ningún folívoro.

B.- Descripción del fruto:

El fruto es pequeño, de aproximadamente 2 a 4 cms de longitud entre las dos alas que presenta a ambos lados del lóculo de la única semilla. Es de color crema o ligeramente beige. No parece ser dehiscente y la máxima producción de frutos se encontró en los meses de septiembre a octubre.

C. Descripción de la semilla:

Es una semilla muy pequeña en forma ovoide (Fig. 2.2), de color marrón oscuro y en exámen microscópico presenta un par de bolsas que contienen un mucilago de color café o marrón oscuro. El cuadro 2.10 presenta los valores de morfometría de una muestra de estas semillas.

Cuadro 2.10. Características Morfológicas para la
Especie No 10 *Pseudosmodingium multifolium*

Variable	Longitud	Anchura	Grosor	Peso
	mm.	mm.	mm.	g.
Mé dia	4.0	2.6	1.1	0.0061
D. estándar	0.6	0.6	0.2	0.0018
V. Máximo	5.6	4.3	1.8	0.0115
V. Mínimo	2.9	1.7	0.8	0.0025
n	40	40	40	40

Especie 11.- *Calliandra biflora* (kunth) McBride, Leguminosae Mimosoide

A.- Descripción de la planta:

Se trata de un arbusto bajo de aproximadamente 60 a 80 cm de altura. Con un color verde grisáceo en las hojas, los tallos son de un color marrón oscuro.

En los sitios de muestreo es, la especie dominante en los que a área de cobertura se refiere, siendo la tercera en abundancia después de *Cephalocereus senilis* y *Echinocactus ingens*. su madera es de color gris oscuro, su follaje es de color verde grisáceo, sin embargo permanece áfila la mayor parte del tiempo y únicamente tiene follaje durante la época de lluvias (de julio a agosto). Las diminutas flores que son de color rosado.

B.- Descripción del fruto

Es una vaina ligeramente tomentosa con el margen muy engrosado y los lóculos de las semillas se distinguen pero no son tan marcados como en la especie 9. Al igual que en ésta, la vaina es dehiscente y se abre de la punta hacia la parte posterior por enrollamiento de cada una de las valvas, lo que deja al descubierto las semillas.

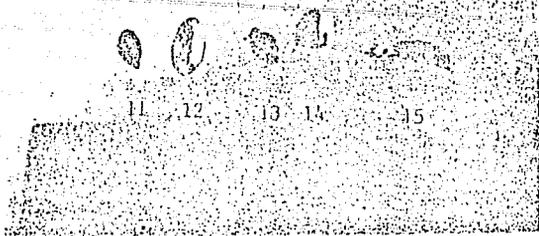


Figura 2.3. Semillas estudiadas; de izquierda a derecha,
11. *Calliandra biflora*, 12. *Parkinsonia aculeata*,
13. *Morkillia mexicana*, 14. *Karwinskia mollis*,
15.- *Eisenhardtia polystachya*

C.- Descripción de la semilla

La semilla es lenticular (Fig. 2.3), de un color obscuro y presenta ligeras ornamentaciones negras de unos 5 a 6 cm de longitud. El cuadro 2.11 presenta los valores de morfometría para esta especie.

Cuadro 2.11 Características Morfológicas para la Especie No 11 *Calliandra biflora*

Variable	Longitud	Anchura	Grosor	Peso	semillas/fto.
	mm	mm	mm	g	
Media	5.2	2.3	1.7	0.0109	3.8
D. standar	0.6	0.5	0.3	0.0033	1.4
V. Máximo	6.7	3.4	2.1	0.0180	6.0
V. Mínimo	3.9	1.4	1.0	0.0035	1.0
n	31	31	31	31	31

Especie 12.- *Parkinsonia aculeata* L. Leguminosae Mimosoidae

A.- Descripción de la planta:

Es una hierba alta o arbusto, no presenta partes lignificadas los folíolos son muy pequeños y de color verde claro, alcanza 2 m de altura con espinas en forma de gancho. Las hojas y ramas se mantienen rectos.

Esta especie se presenta en sitios con evidencias de perturbación recurrente, pero que además humedad relativamente alta, como son algunas zonas a la orilla del río o en las hondonadas con suelos más o menos profundos.

Los folíolos son muy pequeños, las ramas, son de color verde claro y presentan una serie de espinas bastante agresivas. La flor es de color amarillo, bastante llamativa. Las semillas de esta especie fue recolectada en los meses de agosto y septiembre.

B.- Descripción del fruto:

Se trata de una vaina alargada con ápice muy puntiagudo, tiene marcadas constricciones entre las semillas, es de color marrón claro, semejante al tamarindo. La pared del fruto es fibrosa, y no presenta línea de dehiscencia.

C.- Descripción de la semilla:

La semilla es ovoide (Fig. 2.3), bastante grande en relación con las demás especies estudiadas, de color gris o verde olivo con varias marcas de color negro, generalmente en forma longitudinal. Morfométricamente se describe las semillas de esta especie en el cuadro 2.12

Cuadro 2.12 Características Morfológicas para la Especie No 12 *Parkinsonia aculeata*

Variable	Longitud	Anchura	Grosor	Peso	semillas/fto.
	mm.	mm.	mm.	g	
Media	8.8	4.5	3.2	0.0964	2.6
D. estándar	1.1	0.4	1.0	0.0248	1.1
V. Máximo	10.0	5.3	4.9	0.1345	5.0
V. Mínimo	4.3	3.5	1.6	0.0445	1.0
n	40	40	40	40	40

Especie 13.- *Morkillia mexicana* (Motch. et Sess.) Rose, Zygophyllaceae

A) Descripción de la planta

Es un arbusto bajo, entre 1.5 y 2 m de altura, su tallo es de color gris claro, las hojas verde claro, tomentosas, lo que les confiere una apariencia glauca.

Se distribuye principalmente en los lechos pedregosos de los ríos intermitentes que rodean y desembocan en el río principal de la barranca. La flor es de color morado de unos 15 cm.

B.- Descripción del fruto:

El fruto es una cápsula con 3 carpelos que se presentan en forma de gancho hacia abajo. Los carpelos son tomentosos, de color verde grisáceo. Las semillas se encuentran adheridas al eje central del fruto. Estas evidencias, además del arilo rojo de las semillas y la disposición péndula de los frutos hace pensar que esta especie es dispersada por aves.

C.- Descripción de la semilla:

La semilla es ovoide con los extremos alargados (Fig. 2.3), Es de color marrón oscuro o negro, presenta un arilo o carúncula rojo o anaranjado que la cubre por uno de los lados. Cuando se encuentra en estado inmaduro es de color verde, similar a la del fruto. La testa es muy rugosa. El cuadro 2.13 presenta los datos cuantitativos de las mediciones para esta especie.

Cuadro 2.13 Características Morfológicas para la Especie No 13 *Morkillia mexicana*

Variable	Longitud	Anchura	Grosor	Peso
	mm	mm	mm.	g
Media	6.6	4.6	4.4	0.0835
D. estándar	0.5	0.4	0.4	0.0144
V. Máximo	7.9	5.6	5.3	0.1138
V. Mínimo	5.2	3.9	3.5	0.0512
n	40	40	40	40

Especie 14.- *Karwinskia mollis* Schldl., Rhamnaceae

A.- Descripción de la planta:

Esta especie es arbustiva con de 1 a 1.5 m de altura, las hojas son pequeñas y de un tono verde encendido. Los tallos son de color gris claro.

Se le encuentra, igual que a la anterior, en los lechos de los ríos o arroyos tributarios al río Metztitlán, que por lo

general son pedregosos con abundancia de cantos rodados y suelo arenoso.

La flor es de color blanco, pequeña, y deja reminiscencia del cáliz para el fruto, el cual se presenta en los meses de junio a agosto.

B.- Descripción del fruto:

El fruto es globoso, de color negro con un pericarpio rugoso, bastante notable. Es común encontrar los frutos con ligeras escoriaciones como si fueran mordidos por los pájaros, los que en ocasiones dañan la testa de la semilla o incluso parte de su interior.

C.- Descripción de la semilla

La semilla es globosa de color marrón claro (Fig 2.3), sin ornamentos, el micrópilo es bastante evidente. El cuadro 2.14 presenta las medidas del diámetro de las semillas.

Cuadro 2.14 Características Morfológicas para la Especie No. 14 *Karwinskia mollis*

Variable	Diámetro	Peso
Media	0.6786	0.1622
D. estándar	0.081755	0.036292
V. Máximo	0.85	0.25
V. Mínimo	0.5	0.11
n	50	50

Especie 15.- *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarch. Leguminosae

A.- Descripción de la planta:

Se trata de un arbusto pequeño, de aproximadamente 70 a 90 cm de altura, los folíolos son numerosos y de color verde oscuro los tallos son de color marrón.

Se encuentra en sitios más bien protegidos en suelos pedregosos donde se acumula la humedad.

B.- Descripción del fruto:

Vaina uniseminada de color marrón, casi siempre con reminiscencias del cáliz en el extremo proximal. Es aplanada, con una forma muy característica presentando una curvatura cerca del extrem distal del fruto. La cubierta es fibrosa, indehiciente, termina en un ápice puntiagudo.

C.- Descripción de la semilla.

La semilla es alargada y aplanada, de color verde olivo brillante con la misma forma y casi las mismas dimensiones del fruto. El cuadro 2.15 presenta los datos para una muestra de semillas de esta especie.

Cuadro 2.15 Características Morfológicas para la Especie No 15 *Eysenhardtia polystachya*

Variable	Longitud mm	Anchura mm	Grosor mm	Peso g	semillas/fto.
Media	5.0	1.6	1.1	0.0043	1.0
D. estándar	0.4	0.3	0.2	0.0017	0.0
V. Máximo	5.9	2.5	1.4	0.0091	1.0
V. Mínimo	4.1	0.9	0.7	0.0009	1.0
n	40	40	40	40	40

ANALISIS GENERAL:

Con el objeto de determinar la existencia de patrones acerca de las relaciones morfométricas de las semillas se procedió a realizar dos análisis, el primero fué un análisis de agrupaciones (cluster) en el cual se pretendía formar grupos a partir de las

características morfológicas de las semillas. El segundo análisis consistió en una serie de correlaciones múltiples usando las variables de longitud anchura y grosor como variables explicativas de la variación del peso para cada especie.

El cuadro 2.16 muestra los promedios de las variables de longitud, anchura, grosor, peso y número de semillas por fruto, datos que se usaron para la elaboración del dendrograma que aparece en la figura 2.4

Cuadro 2.16 Promedio de datos morfológicos y número de semillas por fruto para las especies estudiadas

ESPECIE	Longitud mm	Anchura mm	Grosor mm	Peso g	s/f
1 <i>A. bilimekii</i>	13.4	10.5	8.0	0.5	5.0 *
2 <i>P. laevigata</i>	9.9	7.0	4.0	0.0719	13.3
3 <i>A. farnesiana</i>	7.9	5.3	3.3	0.1	11.9
4 <i>S. wislisenii</i>	4.5	3.8	1.1	0.0086	10.3
5 <i>E. ingens</i>	2.6	1.74	1.28	0.003	176.3
6 <i>A. striata</i>	3.9	2.6	1.2	0.0024	44.5
7 <i>M. lacerata</i>	4.0	2.7	1.5	0.0175	3.6
8 <i>B. schlechtendalii</i>	4.46	6.14	6.14	0.0565	1.0
9 Leguminosa N. col. 365	4.3	2.9	2.5	0.0166	9.8
10 <i>P. multifolium</i>	4.0	2.6	1.1	0.0061	1.0
11 <i>C. biflora</i>	5.2	2.3	1.7	0.0109	3.8
12 <i>P. aculeata</i>	15.0	4.5	3.2	0.096	2.6
13 <i>M. mexicana</i>	6.6	4.6	4.4	0.0835	12.0 *
14 <i>K. mollis</i>	6.79	6.79	6.79	0.162	1.0
15 <i>E. polystachya</i>	5.0	1.6	1.1	0.0043	1.0

Con base en los datos del cuadro anterior se elaboró el dendrograma que se presenta en la figura 2.4:

La separación se hizo en el punto en para un valor de la distancia euclidiana de 2.5.

Tomando en cuenta las características analizadas se pueden definir tres grupos principales. El primero conformado por las especies: 7(*Mimosa lacerata*), 10(*Pseudosmodingium multifolium*), 11(*Calliandra biflora*) y 15(*Eysenhardtia polystachya*). Son las semillas más pequeñas en tamaño y cuyos pesos oscilan entre 0.006 y 0.010 g su tamaño podría indicar una dispersión de tipo anemócora y se podría esperar poca depredación sobre ellas.

Un segundo grupo lo conforman las especies 4(*Sena wislizenii*), 9(Leguminosa 365) y 6(*Agave striata*), estas especies se asocian principalmente por la longitud similar de las semillas, a pesar de que sus formas son diferentes y difieren grandemente en cuanto al número de semillas por fruto. Podría decirse que conforman el grupo de las semillas medianas.

El tercer grupo esta constituido por las especies 2(*Prosopis Laevigata*), 3 (*Acacia farnesiana*), 8 (*Dursera schlechtendalii*), 13 (*Morkillia mexicana*) y 14 (*Karwinskia mollis*), que son especies de mediano tamaño, en comparación con las consideradas, con longitudes de 6 a 8 mm y anchos y grosores variables, sin embargo podrían considerarse como las semillas grandes, que parecen presentar dispersión zoócora ya que tienen frutos llamativos o se sabe que son consumidas por algunos animales como es el caso de *P. laevigata*.

Tres semillas quedan fuera de los grupos antes descritos 1 (*Acacia bilimekii*), 12 (*Parkinsonia aculeata*), y 5 (*Echinocactus ingens*). Las dos primeras pueden ser consideradas como las semillas más grandes del grupo con 15 y 13 mm de longitud y pesos

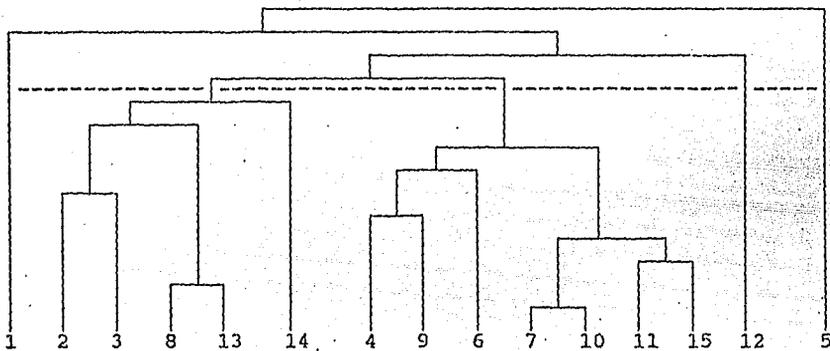


Figura 2.4. Dendrograma para la formación de grupos de las especie en función de las características morfométricas de las semillas

de 0.5 gr y casi 0.1 g en promedio respectivamente, quizá la diferencia en las medidas de anchura y grosor es lo que no permitió que conformaran un grupo propiamente dicho. Ambas comparten, además, el tener relativamente pocas semillas por fruto y el presentarse en terrenos con evidencia de perturbación, y tal vez una dispersión barócora de acuerdo con las definiciones de van der Pijl (1972).

En el caso de la semilla No 5 (*Echinocactus ingens*), es evidente que el número de semillas por fruto (ca. 300) es lo que la distingue de todos los demás, de no ser por esta variable, por las características morfométricas de la semilla pertenecería al primer grupo en donde se engloban las más pequeñas. Sin embargo, es claro que ciertas características ecológicas, como el hábito de dispersión, puede ser diferente en esta especie.

En la figura 2.3 se presentan, esquemáticamente, los grupos de especies caracterizados por el análisis de asociación en función de tres de las variables consideradas.

En el cuadro 2.17 se presentan en forma esquemática la relación existente entre los grupos formados con base en las características morfométricas y la depredación de semillas encontradas en el campo.

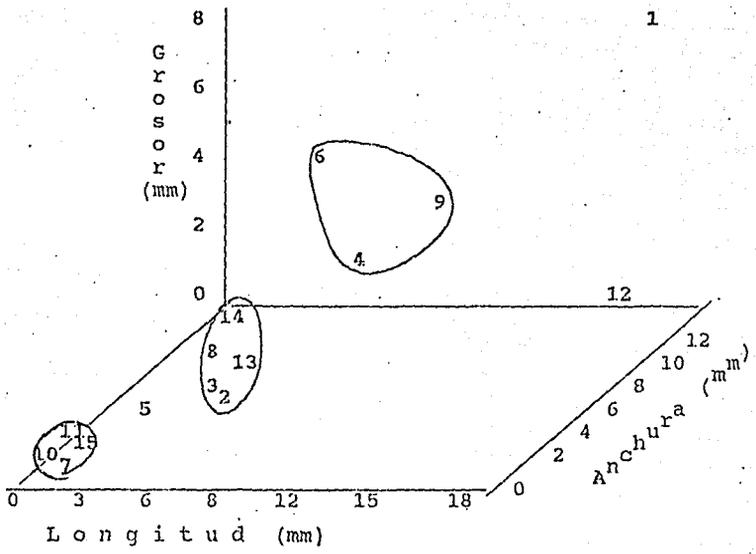


Figura 2.3. Representación esquemática de los grupos formados por las variables morfométricas de las semillas. Los números en negritas indican las especies.

Cuadro 2.17 Relación de grupos formados por las medidas morfométricas con los porcentajes de semillas

Grupo*	Especie	% de semillas depredadas
1	7.M.lacerata	9.95
	10.P.multifolium	0.00
	11.C.biflora	43.54
	15.E.polystachya	0.00
2	4.S.wislisenii	12.33
	6.A.striata	29.09
	9.Leguminosa No. 365	43.66
3	2.P.laevigata	94.44
	3.A.farnesiana	77.81
	8.B.schlechtendalii	0.00
	13.M.mexicana	2.43
	14.K.mollis	38.64
4	12.P.aculeata	20.00
5	1.A.bilimekii	24.80
6	5.E.ingens	0.00

*Las separaciones dentro de los grupos indican asociaciones más estrechas que se pueden apreciar en el dendrograma.

Las semillas pequeñas (grupo 1) tienen poca depredación como era de esperarse, igual que en zonas tropicales (Andrade, 1989). La única especie que presenta una depredación de más del 10 % que es *Calliandra biflora*.

El grupo 2 (de semillas medianas) presentan una depredación media (entre 12 y 43%) sin embargo la variación es muy grande, a pesar de lo cual se aprecia una depredación más alta que en el grupo 1.

El grupo de las semillas grandes (grupo 3) se ven tres subgrupos por un lado las 2 leguminosas (*P.laevigata* y *A.farnesiana*) presentan porcentajes muy altos de depredación (>

75%), pero en un segundo subgrupo formado por *B.schlechtendalii* y *M.mexicana* en que la depredación es casi nula, igualmente sucede con *K.mollis* que a pesar de tener un porcentaje de 38% ya se apuntó que la mayoría es daño superficial.

De las especies que no fueron incorporadas a ninguno de los grupos dos de ellas (grandes) tienen alrededor de 20% de depredación, mientras que la muy pequeña es de 0.00 de depredación.

Con los datos presentados parece existir una relación entre el tamaño y la depredación siendo más depredadas las especies con semillas relativamente grandes, mientras que las pequeñas tienen porcentajes muy bajos de depredación, a pesar de esto, existen varias excepciones. Todas estas observaciones coinciden con lo indicado por Janzen (1969).

Para analizar la relación entre las variables y la depredación se realizaron varias pruebas de correlación por rangos de Spearman que se presentan en el cuadro 2.18. En ese cuadro se puede apreciar que la relación existente entre las diferentes variables con la depredación es realmente pobre ya que en ninguna variable tiene índice de correlación significativo al 0.05.

Cuadro 2.18.- VALORES DE r PARA LA CORRELACION
 POR RANGOS DE SPEARMAN ENTRE EL PORCIENTO DE
 DAÑO Y LOS PARAMETROS MORFOMETRICOS

VARIABLE	r_s	Sign.
Longitud	0.4049	0.1298
Anchura	0.4806	0.0721
Grosor	0.4774	0.0741
Peso	0.4072	0.1276
Semillas por fruto	0.2864	0.2840
Humedad (s. molida)	0.0703	0.7926

El peso de una semilla es una medida de la cantidad de material nutritivo que ésta contiene. Con objeto de determinar si la morfometría de la semillas estudiada tiene relación con la cantidad de material de reserva y cual (o cuales) de las variables morfométricas se relaciona más con el peso de la semilla se presenta el cuadro 2.19

Cuadro 2.19. Coeficientes, valores de r^2 y significancia para la regresión múltiple del longitud, anchura y grosor como variables independientes y el peso como variable dependiente para las 15 especies consideradas

ESPECIES	Constat	Lang.	Anchura	Grosor	r2	Sig
1 <i>A. bilimekii</i>	-0.394	0.042	0.003	0.010	0.469	4x10 ⁻⁴
2 <i>P. laevigata</i>	-0.185	0.001	0.021	0.023	0.681	0.000
3 <i>A. farnesiana</i>	0.892	-0.026	0.030	-0.214	0.156	0.103
4 <i>S. wislisenii</i>	-0.006	0.001	0.003	0.007	0.179	0.066
5 <i>E. ingens</i>	-0.001	0.001	-1x10 ⁻⁴	9x10 ⁻⁴	0.180	0.065
6 <i>A. striata</i>	1x10 ⁻⁴	1x10 ⁻⁴	1x10 ⁻⁴	2x10 ⁻⁴	0.112	0.292
7 <i>M. lacerata</i>	0.076	-0.011	0.007	-0.024	0.052	0.591
8 <i>B. chlechterdallii</i>	0.020	0.036	0.033		0.025	0.625
9 Leguminosa 365	-0.033	0.009	0.003	0.002	0.725	0.000
10 <i>P. multifolium</i>	2x10 ⁻⁴	0.001	4x10 ⁻⁴	0.002	0.151	0.112
11 <i>C. biflora</i>	-0.010	0.001	0.003	0.006	0.486	4x10 ⁻⁴
12 <i>P. aculeata</i>	-0.083	0.004	0.022	0.017	0.606	0.000
13 <i>M. mexicana</i>	-0.098	0.005	0.020	0.013	0.667	0.000
14 <i>K. mollis</i> **	0.217	-0.081			0.033	0.207
15 <i>E. polystachia</i>	-0.006	0.002	0.001	-5x10 ⁻⁴	0.323	0.003

* Sólo se obtuvieron las medidas de longitud y anchura

** Por ser globosa se consideró solamente el diámetro

§ En todos los casos la n es igual a la reportada en los cuadros de las especies particulares.

En el cuadro 2.19 se puede apreciar que solamente en 9 de las 15 especies la correlación fué significativa, esto es, que solamente en estas 9 especies la morfometría es una buena indicadora del peso, el cual puede tomarse como una medida de la cantidad de material de reserva contenido en la semilla y por lo tanto, del valor energético de cada una de éstas semillas.

Del mismo modo no parece existir un patrón en cuanto a los coeficientes que dominan en la regresión, pues en 6 especies la longitud de la semilla presenta un coeficiente más alto (mayor correlación) en otras 6 resulta ser el grosor y en 3 es el anchura el que presenta mayor importancia.

Los porcentajes de depredación encontrada en el campo, tienen mayor relación con los grupos morfométricos formados por las semillas que con las variables analizadas de manera independiente, esto indica, de alguna manera, que los depredadores predispersión atacan preferentemente a ciertas especies de semillas, en general las más grandes y que por tanto contienen mayor cantidad de substancias de reserva; esto coincide con los datos presentados por Janzen (1969 y 1980a).

Empero, se presentan algunos casos de excepción en los que semillas muy pequeñas tienen altos porcentajes de depredación como *C. biflora* o en los que semillas grandes presentan porcentajes bajos, o no presentan, depredación como *B. schlechtendalii*.

Por lo que se puede concluir que el tamaño de semillas esta en íntima relación con la depredación que sufren, pero no explica totalmente los niveles de depredación observada en el campo.

Capítulo 3. Calidad alimenticia y compuestos de defensa

Introducción:

Dos de los elementos que más pueden influir en la selección del alimento por los depredadores de semillas son la calidad nutricional, entendida esta como la riqueza en proteínas, carbohidratos y minerales, y demás elementos indispensables para que los animales puedan sobrevivir y la presencia de metabolitos secundarios que reducen la digestibilidad.

Una semilla que posea entre sus materiales de reserva abundantes cantidades de proteína digerible, minerales y carbohidratos, se puede pensar, en primera instancia, que sería una semilla "apetecible" a los depredadores.

Por el contrario, la presencia de compuestos químicos de defensa (como alcaloides, glucósidos cardiotónicos etc.) en las plantas, o en las semillas puede limitar el desarrollo de los organismos que las consumen (Harborne, 1968).

Es aceptado que, desde el punto de vista fisiológico, que los requerimientos más importantes de los depredadores de semillas son el contenido de carbohidratos, particularmente de monosacáridos y de oligosacáridos, moléculas cuya asimilación no requiere de mucho gasto metabólico; requieren también de la presencia de aminoácidos esenciales que permitan la conformación de las proteínas y, en menor grado, de la presencia de minerales como el fierro, el magnesio, etc.

Una semilla que reúna todos estos requisitos nutricionales, puede ser un fuertemente depredada tanto pre como postdispersión; sin embargo, las propiedades alimenticias no son lo único que puede determinar la depredación.

La existencia e importancia de los compuestos de defensa ha sido ampliamente discutida en la literatura (ej. Rosenthal y

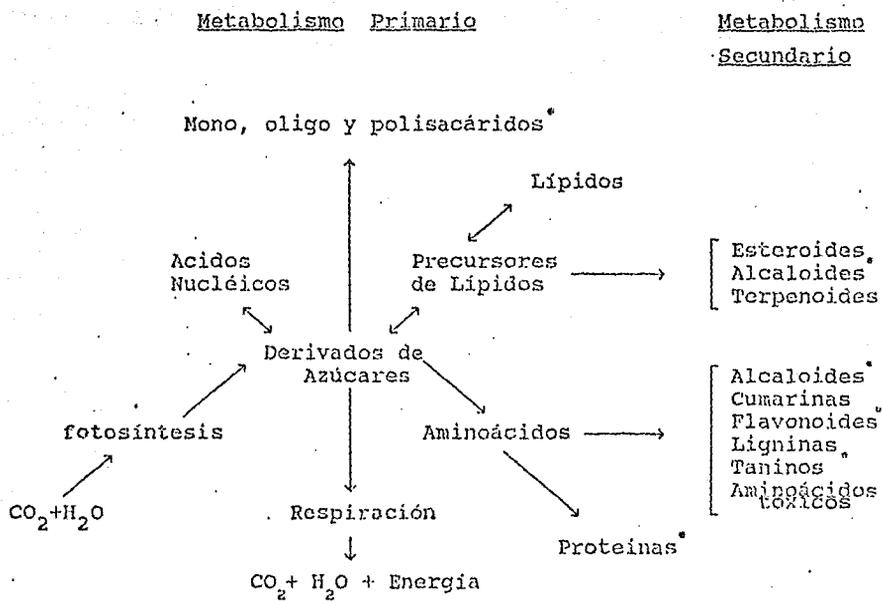
Janzen 1979, Freeland y Janzen 1974) particularmente la interpretación sobre el hecho de que la planta los produzca expreso como defensa química o como subproductos del metabolismo (Romo de Vivar 1985).

Crawley (1983) asigna una gran importancia a los compuestos secundarios como reguladores de la herbivoría, principalmente a los alcaloides y a los taninos. Howe y Westley (1988) reportan una gran variedad de trabajos en los que la presencia de compuestos de defensa es determinante en la depredación de las semillas.

Por otra parte Dirzo (1985b) resalta que la importancia de los metabolitos secundarios de las plantas ha sido exagerado tanto en su papel ecológico como adaptativo, ya que por un lado plantas que contienen compuestos secundarios presentan ataques de herbivoros y evolutivamente, cuando se asevera que la presencia de los compuestos secundarios es en respuesta a la presión de selección por los herbivoros, se descartan otros tipos de explicaciones como fluctuaciones aleatorias o bien respuestas a presiones ejercidas en el pasado y que han dejado de existir.

En plantas completas la presencia de compuestos de defensa puede variar estacionalmente (Feeny & Badock, 1970. Tempel, 1981) en función de diferentes factores. Sin embargo, en las semillas es probable que la concentración de estos compuestos sea más o menos igual, ya que todas se producen, por lo general, en determinada época del año (Crawley, 1983).

Sin embargo, los elementos, tanto del metabolismo básico de la planta, como del metabolismo secundario, son derivados de los mismos elementos. En la figura 3.1 se observa la relación existente en la producción de los compuestos nutritivos y los compuestos de defensa por parte de las plantas como una interacción de las diferentes rutas metabólicas de la planta.



Acotaciones Letra Normal = Productos Finales
 Negritas = Procesos
 Productos analizados en este trabajo

Fig 3.1 Procesos metabólicos vegetales que producen el metabolismo primario y los compuestos de defensa. (Modificado de Howe y Westley, 1988).

Los productos del metabolismo primario son más fácilmente asimilables por los animales; sin embargo, esto no quiere decir que los metabolitos secundarios no puedan ser asimilados, (Rosenthal et al. 1982).

Objetivo:

Determinar los porcentajes de contenidos de los materiales nutritivos: contenido de nitrógeno, proteína, carbohidratos, minerales y almidón en las especies analizadas.

Detectar la presencia de 5 de los principales grupos de metabolitos secundarios, generalmente considerados como de defensa química de las plantas (alcaloides, glucósidos cardiotónicos, flavonoides, saponinas y taninos) en las especies analizadas.

Establecer relaciones entre ambas tipos de compuestos y los porcentajes de depredación encontrados en la las recolectas de semillas.

Método:

Se dividió el trabajo en dos etapas; la primera en lo referente a los contenidos alimenticios que fueron medidos: contenido de humedad, porcentaje de nitrógeno protéico, cenizas y carbohidratos (incluyendo monosacáridos y disacáridos). La segunda se refiere a la presencia o ausencia de 5 grupos de compuestos secundarios: alcaloides, flavonoides, saponinas, glucósidos cardiotónicos y compuestos fenólicos (principalmente taninos).

De las recolecciones de semillas, se seleccionaron aquellas que no tuvieran evidencias superficiales de depredación, ni de depredadores internos, maduras y que no presentaran evidencia de daño. En las que fue posible, se realizó la prueba de flotación para determinar si eran o no vanas. De estas semillas se separó una muestra al azar para determinar el contenido de humedad en semillas completas y las demás se molieron para obtener un polvo. Se consideró la semilla completa incluyendo testa, endospermo y

embrión; sólo se separaron los arilos de *Morkillia mexicana* y todos los restos de fruto en las demás semillas.

Se dividió la molienda en dos porciones, una para los análisis bromatológicos y otra para la determinación de la presencia de compuestos secundarios.

A. Calidad Nutricional de las Semillas

1. Contenido de Humedad:

Se calculó el contenido de humedad tanto en semillas enteras como en semillas molidas; se pesaron aproximadamente 5 g de cada una, se colocaron en un horno a 70 °C durante 24 horas y, a partir de ese punto, se procedió a determinar el peso en intervalos de media hora, hasta encontrar un peso constante (hasta miligramos).

El resto (alrededor de 30 g por especie) de las semillas molidas se secó bajo las mismas condiciones de la muestra .

En todos los casos se realizaron tres repeticiones para integrar el promedio que es lo que reporta para cada especie.

2. Contenido de nitrógeno protéico

Se siguió el método de Kjeldahl reportado por Ranganna (1977), para el análisis de frutos y otros materiales vegetales y que consiste en disolver en H_2SO_4 un peso conocido de muestra y digerirlo hasta que se degraden las células, después se destila en medio básico y se titula con un ácido para obtener el porcentaje de nitrógeno total, el cual se multiplica por un factor y se obtiene el porcentaje de proteína total para cada especie. Se hicieron dos repeticiones y se promediaron.

3. Carbohidratos solubles totales, oligo y monosacáridos.

Los muestras molidas se disolvieron en alcohol etílico al 80% y el almidón en ácido perclórico y después fueron determinados por

colorimetría por medio de la reacción de la antrona con el ácido sulfúrico (McCready et al. 1950).

4. Minerales totales (expresados como cenizas)

Una porción de de peso conocido de la muestra seca, se calcinó hasta cenizas; una vez que éstas estabilizaron su peso se calculó el porcentaje con respecto al peso inicial de cada muestra. Los datos presentados son promedios de tres repeticiones.

En todos los casos la muestra se expresó en porcentaje de materia seca para poder hacer comparaciones.

Los valores de cada uno de estos parámetros fueron comparados con los valores de porcentaje de depredación encontrados en el campo, por medio de correlaciones no paramétricas para determinar si los parámetros bromatológicos se encuentran relacionados a los porcentajes de depredación encontrados en el campo.

B. Presencia de los principales grupos de compuestos tóxicos en las semillas.

Una vez molido el material se realizó la extracción etanólica de los compuestos, colocando las muestras en el sistema Soxhlett a reflujo durante más de tres horas, de esa manera se garantiza la pureza de los extractos. En la Figura 3.2 se presenta el método de Wall y colaboradores (citado por Domínguez, 1973) para la extracción etanólica de los compuestos.

Los nombres de las técnicas usadas y el procedimiento básico de las mismas se realizó de acuerdo a Domínguez (1973).

Para cada uno de los grupos de compuestos a analizar se usaron plantas, como controles, reportadas previamente como que contenían el tipo de compuesto buscado, Las especies control

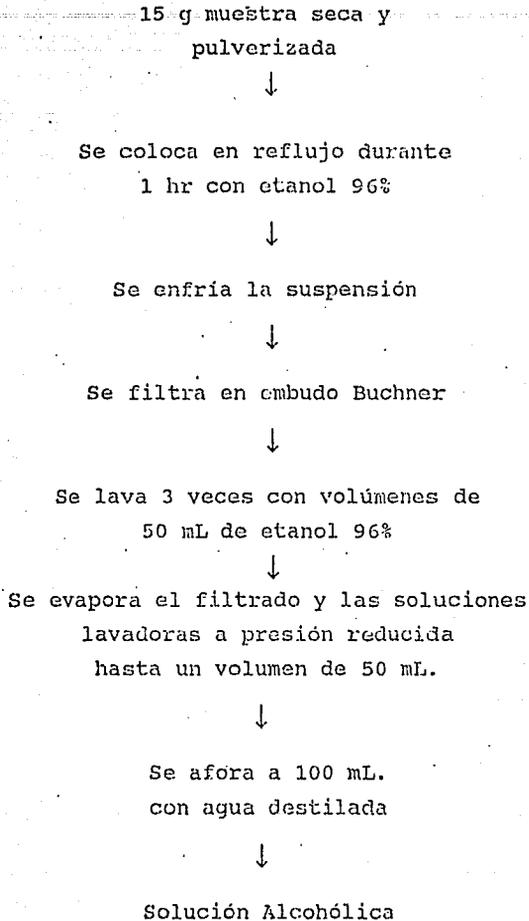


Figura 3.2.- METODO DE WALL Y COLABORADORES

fueron localizadas en la literatura (Aguillar y Zolla, 1982 y Font Quer 1982), además de realizar las pruebas correspondientes.

1. Saponinas:

Las saponinas son uno de los productos más sencillos de determinar pues tienen la característica de producir espumas al contacto con el agua (como si fueran jabones). Para detectar la presencia de éstas se usó primero la prueba de la producción de espuma, aquéllas plantas que dieron resultados positivos se pasaron a la prueba de lisis de eritrocitos humanos; cuando el resultado fué positivo, en las dos se consideró que tenían una verdadera saponina y cuando sólo en la primera fué positivo se consideró que tenían una pseudosaponina. En la figura 3.3 se explica gráficamente este método. La planta que se usó como control fue *Agave lecheguilla*.

2. Alcaloides

Para la determinación de alcaloides se realizó primero una reextracción por medio de un aparato Soxhlett con ácido clorhídrico. En la figura 3.4 se esquematiza el proceso realizado para esta extracción, la cual se hace con un aparato Soxhlett y en cloroformo, el cual se evapora y se extraen en ácido clorhídrico.

Las pruebas de detección se realizaron de acuerdo a Domínguez (1973) y fueron las siguientes: del ácido silicotúngstico, de Sonnenhschein, de Erdmann, de Marquis, de Wagner, de Mayer. Todas estas son reacciones coloridas que permiten reconocer diferentes partes del alcaloide, así como diferentes grupos de alcaloides.

La planta usada como control positivo para verificar las reacciones cromógenas usadas fue *Nicotiana tabacum*.

3. Flavonoides

La gran variedad de este grupo de compuestos obliga a realizar varias pruebas a fin de determinar sin lugar a duda si existen o no los flavonoides. La figura 3.5 indica las 4 pruebas

Se homogeniza la muestra seca
en un volumen de 4 mL de agua



Prueba Cualitativa

Prueba Cuantitativa



Producción de espuma.

Lisis de eritrocitos.

Figura 3.3.- IDENTIFICACION DE SAPONINAS

Se extraen los alcaloides
en un aparato Soxhlet con
100 mL de cloroformo



Se evaporan hasta un
volumen de 50 mL.



Se extraen 3 veces con HCl 1%
usando volúmenes equivalentes a 1/3
del volumen anterior



Se realizan pruebas de
identificación de alcaloides

Figura 3.4.-EXTRACCION DE ALCALOIDES

Prueba de Shinoda

Mg + HCl concentrado

Identifica:

Flavonas

Flavononas

Flavonoles

Flavononoles

Xantonas

Prueba del Zn

Zn + HCl concentrado

Identifica:

Flavononoles

Prueba de Cloruro
férico.

Identifica:

Tomar 2 mL de muestra
y realizar las
siguientes pruebas

Derivados del catecol
Derivados del pirogalol

Prueba de H_2SO_4
concentrado

Identifica:

Flavonas

Flavonoles

Flavononas

Chalconas

Auronas

Figura 3.5.- IDENTIFICACION DE FLAVONOIDES

que se realizaron y qué tipo de flavonoide identifica, con la salvedad de que estas pruebas no son excluyentes.

4. Glucósidos cardiotónicos

La prueba de Legal permite reconocer la existencia de glucósidos en general, pero con una mayor inclinación hacia los cardiotónicos. Para verificar la presencia de compuestos esteroides en las semillas que presentaron reacción positiva de Legal se siguió el método descrito en la figura 3.6.

5. Compuestos fenólicos (principalmente taninos)

Para la identificación de compuestos fenólicos se usó la técnica propuesta por Ranganna (1977), basada en la reducción del ácido fosfotungstomolibdico por taninos y compuestos fenólicos similares en soluciones alcalinas. Esta reacción produce un color azul, el cual puede ser discriminado por un refractómetro o un colorímetro, en el que previamente se ha elaborado una curva estándar para diferentes concentraciones de ácido tánico. Esta prueba es cuantitativa, al contrario de las anteriores, reportando los datos en porcentaje de la muestra, sin embargo, para uniformizar la información presentada se consideró una cota de determinación de la presencia de taninos.

La técnica para la realización y el criterio de corte de los dendrogamas son similares a los realizados para el análisis morfométrico.

Resultados:

A. Calidad nutricional

En el cuadro 3.1 se presentan los resultados de los valores de las diferentes variables que se consideraron para evaluar la calidad nutricional de las diferentes semillas.

Muestras en solución
alcohólica obtenidas del
método de Wall y col.



Se toman 10 mL de
solución etanólica



Se evaporan a sequedad
a presión reducida



Se redisuelven en
Piridina



Se realiza la prueba
de Legal

Figura 3.6.- IDENTIFICACION DE GLUCOSIDOS CARDIOTONICOS

Cuadro 3.1 Principales componentes nutricionales en las semillas
(todos los datos están en porcentaje de materia seca)

ESPECIE	N	Prot	C.S.T	Oligo	Almidón
1. <i>A. bilimekii</i>	7.02	40.00	5.72	6.44	23.36
2. <i>P. laevigata</i>	5.13	29.25	9.18	7.95	2.65
3. <i>A. farnesiana</i>	7.46	42.54	3.71	2.79	2.98
4. <i>S. wislisenii</i>	0.45	2.58	5.54	4.70	3.77
5. <i>E. ingens</i>	0.52	2.97	0.86	0.60	11.63
6. <i>A. striata</i>	5.91	33.70	5.19	5.73	3.32
7. <i>H. lacerata</i>	1.18	6.72	1.13	1.08	5.83
8. <i>B. schlechtendalii.</i>	0.07	0.40	0.88	2.55	1.90
9. Leguminosa N. 365	0.52	2.96	5.19	5.73	23.36
10. <i>P. multifolium</i>	5.73	32.67	2.02	2.03	2.05
11. <i>C. biflora</i>	12.53	71.43	1.41	0.86	3.69
12. <i>P. aculeata</i>	8.51	48.52	3.16	2.96	5.10
13. <i>M. mexicana</i>	5.57	31.75	4.15	4.22	19.43
14. <i>K. mollis</i>	4.91	27.97	1.27	1.12	3.51
15. <i>E. polystachya</i>	7.35	41.88	3.25	2.47	3.06

N=nitrógeno, Prot = proteína, C.S.T. = carbohidratos solubles totales,
Oligo = oligosacáridos

Cuadro 3.1 continuación

	Mono.	Cenizas	P	S
1 . <i>A. bilimekii</i>		2.57	6.15	6.11
2 . <i>P. laevigata</i>	1.23	3.96	4.97	10.43
3 . <i>A. farnesiana</i>	0.93	3.13	4.79	7.66
4 . <i>S. wislisenii</i>	0.84	4.40	6.37	7.31
5 . <i>E. ingens</i>		3.23	4.30	8.06
6 . <i>A. striata</i>		3.20	5.16	12.73
7 . <i>H. lacerata</i>		2.58	5.57	8.39
8 . <i>B. schlechtendallii</i>	6.20	10.55	8.64	7.71
9 . Leguminosa No 365		3.58	4.40	7.45
10 . <i>P. multifolium</i>		5.11	4.07	6.52
11 . <i>C. biflora</i>	0.55	4.44	3.57	
12 . <i>P. aculeata</i>		3.40	6.50	
13 . <i>M. mexicana</i>		2.11	3.93	
14 . <i>K. mollis</i>	0.15	5.31	6.07	7.68
15 . <i>E. polystachya</i>	0.80	5.74	3.19	

Mono = monosacáridos, P = humedad en semillas pulverizadas
S = humedad en semillas enteras

En la primera parte del cuadro 3.1 se puede apreciar que los porcentajes de nitrógeno total varían de casi 0 para *Bursera schtendalli* hasta 12.53 para *Calliandra biflora*. A pesar de que algunas semillas tienen poco nitrógeno, aquellas que pertenecen a la familia de las leguminosas son las que presentan mayor cantidad de nitrógeno (y por tanto de proteína cruda). Las 5 especies cuyas semillas tienen valores más altos de nitrógeno son: *Calliandra biflora*, *Parkinsonia aculeata*, *Acacia farnesiana*, *Eysendhartia polystachya*, y *Acacia bilimekii*.

De las 15 especies reportadas solamente 5 (*S. wislisenii*, *E. ingens*, *M. lacerata*, *B. schlechtendallii* y la leguminosa no

identificada poseen valores más bajos de proteína cruda que los reportados para frijoles, lentejas y garbanzos (Duffus y Slaughter, 1980), lo que indica las potenciales bondades alimenticias que pueden tener algunas de las semillas de zonas áridas.

En cuanto al porcentaje de carbohidratos o cantidad de azúcar, el intervalo es de casi 1% en *E. ingens* y *B. simarouba* hasta casi un 10% en *Prosopis laevigata*, de hecho el fruto (y la semilla) de esta planta es consumido por el ganado y por las comunidades rurales (Niembro, 1984). Siguen después de *A. bilimekii*, *S. wislizenii*, *A. striata* y la leguminosa no. de colecta MAAV 365 con 5.72, 5.54, 5.19 y 5.19 por ciento de carbohidratos respectivamente. Es de destacar que, salvo *A. bilimekii*, ninguna de éstas estaban entre las de mayor contenido protéico, probablemente indicando una asignación de recursos diferencial en la selección del material de reserva.

De la cantidad de carbohidratos solubles totales, la gran mayoría son oligosacáridos (principalmente disacáridos y monosacáridos); la presencia de altos contenidos de estos elementos permite pensar que son más fácilmente asimilables por los insectos e incluso por los mamíferos que puedan depredarlas (Crawley, 1983).

Comparando estos valores de carbohidratos con los reportados por Duffus y Slaughter (1980) para semillas de valor alimenticio, las estudiadas resultan ser tener más bajos porcentajes ya que estos autores reportan de 35 a 53.2 % de carbohidratos en semillas crudas de frijol, lenteja y garbanzo; lo mismo sucede para especies desérticas reportadas por Kelrick et al. (1986) en una zona semiárida de Pennsylvania, EE. UU. A.A. En ésta los porcentajes de carbohidratos son del, 15% para *Artemisa tridentata* hasta 77.03% para *Panicum miliaceum*. Sin embargo, resulta evidente que en esa latitud la época fría puede hacer que el embrión requiera mayor cantidad de elementos fáciles de degradar como los carbohidratos, más que las proteínas.

Jenkins (1988) corrigiendo los datos de Kelrick *et al.* (1986) para *Purshia tridentata* encuentra el porcentaje de carbohidratos ligeramente mayor (59.4%) y describe que en el embrión sólo existe un 14.5%, mientras que con respecto a la proteína cruda encuentra un 38.8 %. Estos datos parecen revelar que la constitución nutritiva de la semilla cambia en las diferentes partes de ésta, y seguramente cambia durante el desarrollo del embrión.

Resulta interesante que *A. bilimekii* sea, una vez más, la especie que posea mayor contenido de almidón, seguida en este caso, de *Norkillia mexicana* y *E. ingens*. Podemos entender al almidón como una sustancia de reserva a largo plazo, con un proceso de degradación sumamente lento que permite el aprovechamiento de los nutrimentos durante largos intervalos de tiempo.

De manera general, parece evidente que las semillas estudiadas áridas presentan una gran cantidad de proteína (o elementos de nitrógeno), porcentajes relativamente modestos de carbohidratos (elementos de digestión rápida) y cuando éstos están presentes, se encuentran en forma de monosacáridos.

En la figura 3.7 se aprecia el dendrograma generado para los datos de calidad nutritiva de las semillas, tomando en cuenta porcentajes de: proteína, carbohidratos solubles totales, oligosacáridos, almidón, cenizas y humedad de la semilla molida.

En el dendrograma (Fig. 3.7) se forman 5 grupos (en el nivel de corte elegido) en función de la calidad nutritiva de la semilla.

El primer grupo formado por las especies 10 (*P. multifolium*), 15 (*E. polystachya*), 14 (*K. mollis*), 11 (*C. biflora*), 3 (*A. farnesiana*) y 12 (*P. aculeata*) son semillas que contienen, en general, concentraciones altas de proteínas (< 30 %), y valores de

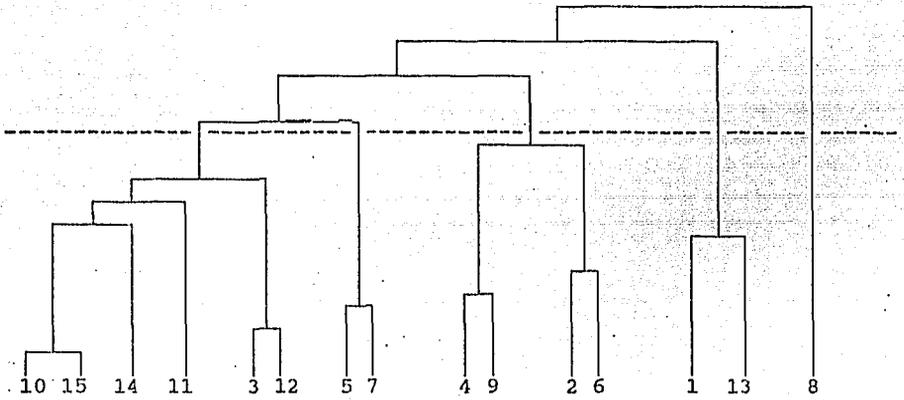


Figura 3.7 Dendrograma que ordena a las especies de acuerdo a su calidad nutricional.

un 3 % de carbohidratos solubles totales, así como de cenizas.

El segundo grupo, conformado por las especies 5 (*E. ingens*) y 7 (*M. lacerata*) se conforma más bien por su contenido bajo en nitrógeno y, por tanto, en proteínas y por valores intermedios de carbohidratos, cenizas y humedad.

Un tercer grupo lo conforman las especies 4 (*S. wislisenni*, 9 (Leguminosa No.365), 2 (*P. laevigata*) y 6 (*A. striata*) que son especies que se agrupan como elementos de calidad nutricional media, con valores intermedios, prácticamente para todas las variables.

El cuarto grupo lo forman 1 (*A. billimekii*) y 13 (*M. mexicana*), especies que se caracterizan por poseer un alto contenido de nitrógeno y de almidón, pues son semillas relativamente grandes y que probablemente toleran periodos de sequía prolongados.

Un quinto y último grupo lo constituye 8 (*B. schlehtendallii*), la cual tiene valores muy pobres de nitrógeno y carbohidratos, pero valores altos de cenizas y humedad.

De manera general se puede apreciar que no existe una de las variables que domine sobre las demás para la formación de grupos por lo que es difícil establecer gradaciones en cuanto al valor nutricional de los grupos.

En la figura 3.8 se presenta los resultados de la agrupación de una manera gráfica en función de tres de las variables que se consideraron más determinantes para la formación de los grupos.

En el cuadro 3.2 se presentan las relaciones existentes entre los grupos formados y los porcentajes de depredación encontrados en el campo.

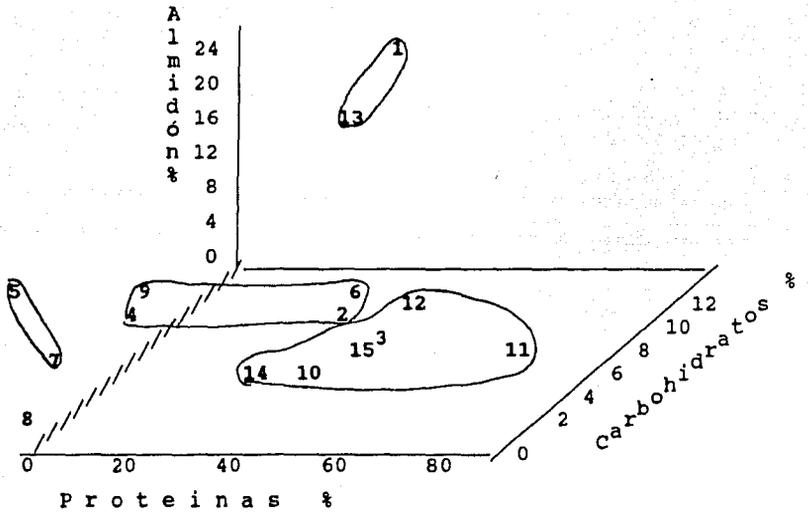


Figura 3.8. Representación esquemática de los grupos formados por las variables nutricionales de las semillas
 Los números en negritas indican las especies

Cuadro 3.2 Relación entre los grupos formados por las características nutricionales y los porcentajes de depredación en el campo

Grupo	Especie	% de depredación
1	10. <i>P. multifolium</i>	0.00
	15. <i>E. polystachia</i>	0.00
	14. <i>K. mollis</i>	38.64
	11. <i>C. biflora</i>	43.54
	3. <i>A. farnesiana</i>	77.81
	12. <i>P. aculeata</i>	20.00
2	5. <i>E. ingens</i>	0.00
	7. <i>M. lacerata</i>	9.95
3	4. <i>S. wislisenii</i>	12.33
	9. Leguminosa 365	43.66
	2. <i>P. laevigata</i>	94.44
	6. <i>A. striata</i>	29.09
4	1. <i>A. billmekii</i>	24.80
	13. <i>M. mexicana</i>	2.43
5	8. <i>B. schlechtendallii</i>	0.00

Se puede apreciar que la relación entre la calidad nutricional y el porcentaje de depredación no es muy clara, ya que en los grupos formados existe una gran heterogeneidad en los niveles observados de depredación. Por ejemplo en el grupo 1 hay variaciones desde 0.00 % hasta el 70% y tampoco se aprecia diferencia entre los subgrupos formados. Es solo en el segundo grupo, de calidad nutricional pobre que se aprecian niveles muy bajos de depredación (0.00 y 9.95%), pero se considera que no sería válido generalizar. Kelrick *et al.* (1986) reportan cierta preferencia por depredadores postdispersión aquellas semillas que presentaron mayor contenido de nitrógeno, los datos aquí presentados (en particular el grupo 1) no permiten hacer esa aseveración.

En el cuadro 3.3 se presentan las correlaciones por rangos de Spearman para las variables nutricionales con el porcentaje de depredación.

Cuadro 3.3.- Valores de r para la correlación por rangos de Spearman entre el porcentaje de daño y las variables nutricionales

VARIABLE	r_s	Sign.
Nitrógeno	0.2595	0.3316
Proteína Cruda	0.5158	0.0536
Oligosacáridos	0.4437	0.0969
Almidon	-0.0988	0.7257
Cenizas	-0.2000	0.4542
Humedad (s. molida)	0.0703	0.7926

En el cuadro 3.3. se puede apreciar que existen dos variables que presentan relación significativa al 0.1 con la depredación, estas son el contenido de proteína cruda y el contenido de oligosacáridos. Se puede decir que esta relación es aceptable aunque no óptima (tradicionalmente se acepta el 0.05 como cota de significancia aceptable).

En este grupo de variables la relación de la depredación, a pesar de ser leve, se establece más con las variables consideradas por separado que con los grupos formados con base en las similitudes entre las semillas.

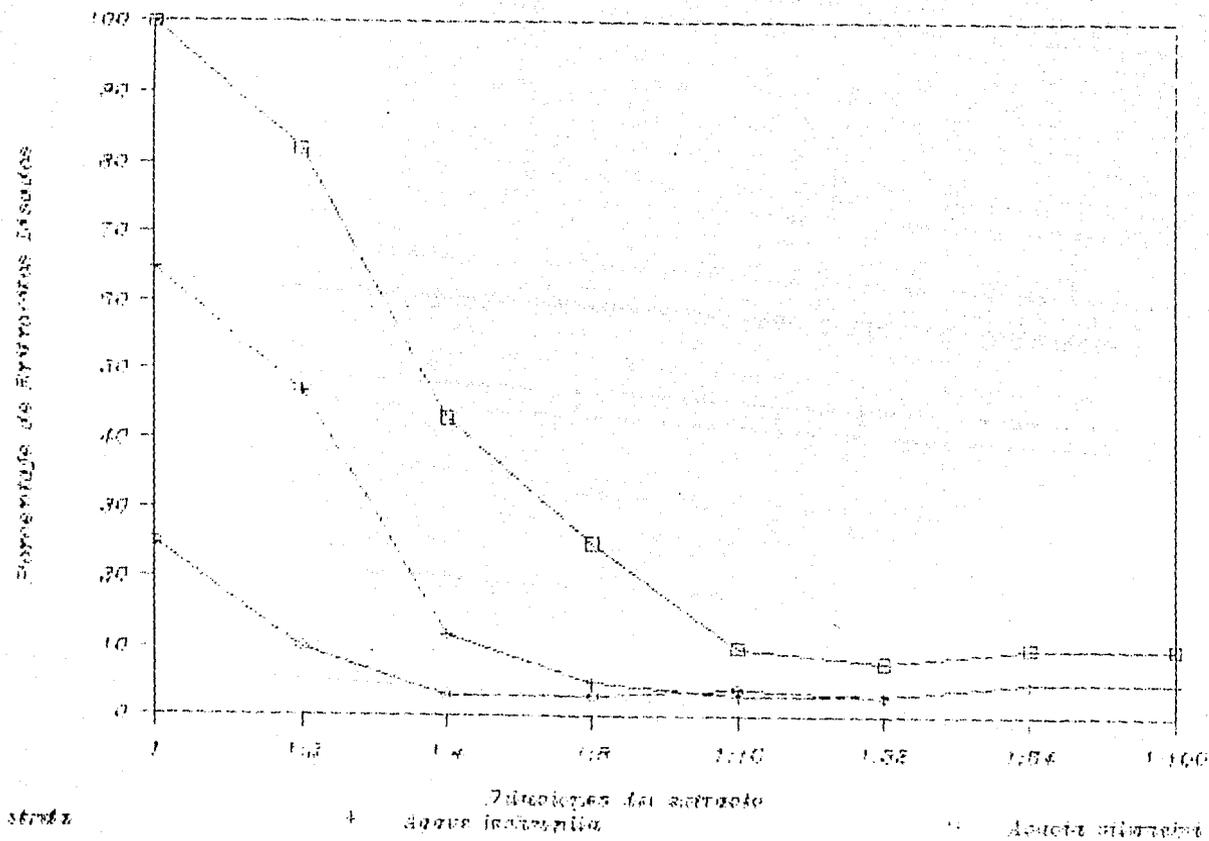


Figura 3.9. Lisis de Eritrocitos por dos de las especies consideradas y la planta control

B). Presencia de metabolitos secundarios

1. Saponinas.

En el cuadro 3.4 aparecen los resultados de las pruebas de saponinas , en las que resultaron positivas *A. bilimekii* , *A. striata* y *P. aculeata* y con pseudosaponinas *A. farnesiana* y *S. wislisenii*.

Cuadro 3.4. Pruebas de detección de saponinas

ESPECIE	SAPONINAS	
	A	B
1. <i>A. bilimekii</i>	+	+
2. <i>P. laevigata</i>	-	-
3. <i>A. farnesiana</i>	+	-
4. <i>S. wislisenii</i>	+	-
5. <i>E. ingens</i>	-	-
6. <i>A. striata</i>	+	+
7. <i>M. lacerata</i>	-	-
8. <i>B. schlechtendalli</i>	-	-
9. Leguminosa N. col.365	-	-
10. <i>P. multifolium</i>	-	-
11. <i>C. biflora</i>	-	-
12. <i>P. aculeata</i>	+	+
13. <i>M. mexicana</i>	-	-
14. <i>K. mollis</i>	-	+
15. <i>E. polystachya</i>	-	-
T. <i>Agave lecheguilla</i>	+	+

A .- Producción de espuma

B .- Lisis de eritrocitos

En la fig. 3.9 aparece la prueba cuantitativa de la lisis de

eritrocitos por los extractos etanólicos de la semilla. En ella se aprecia que *A. striata* tiene un alto poder en cuanto a la lisis de eritrocitos, mayor aún que *A. lecheguilla*, la planta control. *A. bilimekii* presenta valores muy pequeños y *P. aculeata* menores aún por lo que no aparece reportada en la gráfica.

2. Alcaloides

El cuadro 3.5 presenta los resultados de las seis diferentes pruebas de alcaloides, encontrándose únicamente resultados negativos en las plantas bajo estudio, pero positivos en la planta control, por lo que se concluye que en las especies seleccionadas no hay alcaloides.

Cuadro 3.5 Pruebas de Identificación para Alcaloides

ESPECIE	ALCALOIDES					
	A	B	C	D	E	F
1 . <i>A. bilimekii</i>	-	-	-	-	-	-
2 . <i>P. laevigata</i>	-	-	-	-	-	-
3 . <i>A. farnesiana</i>	-	-	-	-	-	-
4 . <i>S. wislisenii</i>	-	-	-	-	-	-
5 . <i>E. ingens</i>	-	-	-	-	-	-
6 . <i>A. striata</i>	-	-	-	-	-	-
7 . <i>M. lacerata</i>	-	-	-	-	-	-
8 . <i>B. schlechtendallii</i>	-	-	-	-	-	-
9 . Leguminosa N. col.365	-	-	-	-	-	-
10 . <i>P. multifolium</i>	-	-	-	-	-	-
11 . <i>C. biflora</i>	-	-	-	-	-	-
12 . <i>P. aculeata</i>	-	-	-	-	-	-
13 . <i>M. mexicana</i>	-	-	-	-	-	-
14 . <i>K. mollis</i>	-	-	-	-	-	-
15 . <i>E. polystachya</i>	-	-	-	-	-	-
T . <i>Nicotiana tabacum</i>	+	+	-	-	+	+

A. Acido Silicotúngstico

B. Sonnenschein

C. Erdman

D. Marquis

E. Wagner

F. Mayer

3. Flavonoides.

El cuadro 3.6 reporta los resultados en la búsqueda de los flavonoides presentando los resultados de las cuatro pruebas que se desarrollaron, resultando positivos *E. ingens*, *E. polystachya*, *Burcera schlechtendallii* y, por supuesto, la planta control. Parcialmente (sólo en una de las pruebas) resultó positiva *P. multifolium* por lo que no se considera que realmente pueda tener flavonoides tóxicos.

Cuadro 3.6 Pruebas de detección de Flavonoides

ESPECIE	FLAVONOIDES			
	A	B	C	D
1 . <i>A. bilimekii</i>	-	-	-	-
2 . <i>P. laevigata</i>	-	-	-	+
3 . <i>A. farnesiana</i>	-	-	-	-
4 . <i>S. wislisenii</i>	-	-	-	-
5 . <i>E. ingens</i>	+	-	+	+
6 . <i>A. striata</i> ...	-	-	-	+
7 . <i>M. lacerata</i>	-	-	-	-
8 . <i>B. schlechtendallii</i>	+	+	-	-
9 . Leguminosa N. col.365	+	-	-	-
10 . <i>P. multifolium</i>	-	-	+	-
11 . <i>C. biflora</i>	-	-	-	-
12 . <i>P. aculeata</i>	-	-	-	-
13 . <i>M. mexicana</i>	-	-	-	-
14 . <i>K. mollis</i>	-	-	-	-
15 . <i>E. polystachya</i>	+	+	+	+
T . Planta Control	+	-	+	+

A. Shinoda

B. Zinc

C. Cloruro Férrico

D. Acido Sulfúrico

4. Glucósidos cardiotónicos

El cuadro 3.7 presenta los resultados de la prueba de Legal para la presencia de glucósidos cardiotónicos, en la que resultaron positivos *E. polystachya*, y *K. mollis* además de *Digitalis purpurea*, la planta control que posee los glucósidos digitalina y digitoxina usados para tratar enfermedades del corazón.

Cuadro 3.7 Prueba de Legal para la identificación de Glucósidos cardiotónicos

ESPECIE	Glucósidos Cardiotónicos
1 . <i>A. bilimekii</i>	-
2 . <i>P. laevigata</i>	-
3 . <i>A. farnesiana</i>	-
4 . <i>S. wislisenii</i>	-
5 . <i>E. ingens</i>	+
6 . <i>A. striata</i>	-
7 . <i>M. lacerata</i>	-
8 . <i>B. schlechtendallii</i>	+
9 . Leguminosa N. col.365	+
10 . <i>P. multifolium</i>	-
11 . <i>C. biflora</i>	-
12 . <i>P. aculeata</i>	-
13 . <i>M. mexicana</i>	-
14 . <i>K. mollis</i>	+
15 . <i>E. polystachya</i>	+
T . <i>Digitalis purpurea</i>	+

En el cuadro 3.8 aparecen los resultados de 4 pruebas más realizadas de acuerdo al esquema de la figura 3.10 en la que se busca probar la naturaleza esteroideal de los alcaloides encontrados, las tres plantas probadas tuvieron respuesta positiva a las pruebas por lo que se determina que los glucósidos son de naturaleza esteroideal y no flavonoidica como sería la otra alternativa.

5 mL de solución
etanólica (Método Wall y col.) de
las muestras que resultaron positivas
en la prueba de Legal



Se evaporan a sequedad
a presión reducida



Se redisuelven en
cloroformo



Pruebas de identificación

Figura 3.10.- IDENTIFICACION DE ESTEROLES EN GLUCOSIDOS
CARDIOTONICOS

Cuadro 3.8 Prueba de verificación para glucósidos cardiotónicos de naturaleza esteroide

	ESPECIE	ESTEROLES			
		A	B	C	D
14 .	<i>K. mollis</i>	+	-	+	-
15 .	<i>E. polystachya</i>	+	-	+	-
T .	<i>Digitalis purpurea</i>	+	-	+	-

A. Libermann-Buchard

B. Rosenheim

C. Salkowski

D. Tortel-Jaffe

5. Taninos y otros compuestos fenólicos.

En el cuadro 3.9 aparecen los resultados cuantitativos de las pruebas para la determinación de los compuestos fenólicos, encontrándose que *A. bilimekii*, *B. schlechtendallii*, *P. multifolium* y *E. polystachya* fueron positivos o presentaron una lectura alta comparada con la curva patrón de concentraciones de ácido tánico.

Cuadro 3.9 Prueba colorimétrica para la determinación de taninos y otros compuestos fenólicos.

ESPECIE	Compuestos Fenólicos
1 . <i>A. bilimekii</i>	+
2 . <i>P. laevigata</i>	-
3 . <i>A. farnesiana</i>	-
4 . <i>S. wislisenii</i>	-
5 . <i>E. ingens</i>	-
6 . <i>A. striata</i>	-
7 . <i>M. lacerata</i>	-
8 . <i>B. schlechtendallii</i>	+
9 . Leguminosa N. col.365	-
10 . <i>P. multifolium</i>	+
11 . <i>C. biflora</i>	-
12 . <i>P. aculeata</i>	-
13 . <i>M. mexicana</i>	-
14 . <i>K. mollis</i>	-
15 . <i>E. polystachya</i>	+
T . <i>Agrimonia sp.</i>	+

Para facilidad en la comprensión y manejo de los datos se presenta el cuadro 3.10 en el cual se resumen los datos de la presencia y/o ausencia de metabolitos secundarios en las semillas.

Cuadro 3.10 PRESENCIA DE COMPUESTOS DE DEFENSA EN
LAS SEMILLAS

ESPECIE	Saponi	Alcalo	G.C.	Flavo	Taninos
1 . <i>A. bilimekii</i>	+	-	-	-	+
2 . <i>P. laevigata</i>	-	-	-	-	-
3 . <i>A. farnesiana</i>	-	-	-	-	-
4 . <i>S. wislisenii</i>	-	-	-	-	-
5 . <i>E. ingens</i>	-	-	-	+	-
6 . <i>A. striata</i>	+	-	-	-	-
7 . <i>M. lacerata</i>	-	-	-	-	-
8 . <i>B. schlechtendalii</i>	-	-	-	+	+
9 .Leguminosa No 365	-	-	-	-	-
10 . <i>P. multifolium</i>	-	-	-	-	+
11 . <i>C. biflora</i>	-	-	-	-	-
12 . <i>P. aculeata</i>	-	-	-	-	-
13 . <i>M. mexicana</i>	-	-	-	-	-
14 . <i>K. mollis</i>	-	-	+	+	-
15 . <i>E. polystachya</i>	-	-	+	+	+

Saponi = Saponinas, Alcalo = Alcaloides, G.C. = Glucósidos
Cardiotónicos, Flavo = Flavonoides, Tanino = Compuestos Fenólicos

En la figura 3.11 aparece el dendrograma que se forma tomando en cuenta la presencia y/o ausencia de compuestos secundarios.

De acuerdo con el dendrograma propuesto se forman 5 grupos: El primero formado por las especies 2(*P. laevigata*), 3(*A. farnesiana*), 10(*P. multifolium*) 9(Leguminosa No 365), 11(*C. biflora*), 12(*P. aculeata*), y 13 (*H. mexicana*) que se caracterizan por no tener metabolitos secundarios, salvo por el caso de la especie 10 (*P. multifolium*) que posee taninos, las demás no han presentado metabolitos secundarios.

Un segundo grupo lo conforman las especies 15(*E. polystachya*) y 14(*Karwinskia mollis*) que, a pesar de estar separadas al nivel en que se corta el dendrograma, ambas presentan glucósidos cardiotónicos y otro compuesto de defensa.

Las especies 5 (*E. ingens*) y 8 (*B. schlechtendallii*) que presentan flavonoides. y finalmente 1 (*A. bilimekii*) y 6 (*A. striata*) que presentan saponinas.

En la figura 3.12 se aprecian los resultados de la agrupación de forma gráfica y están ordenados en función de tres grupos de compuestos.

En el cuadro 3.11 se presenta la relación que existe entre los grupos formados de acuerdo a la presencia de los metabolitos secundarios con los niveles de depredación observados en el campo.

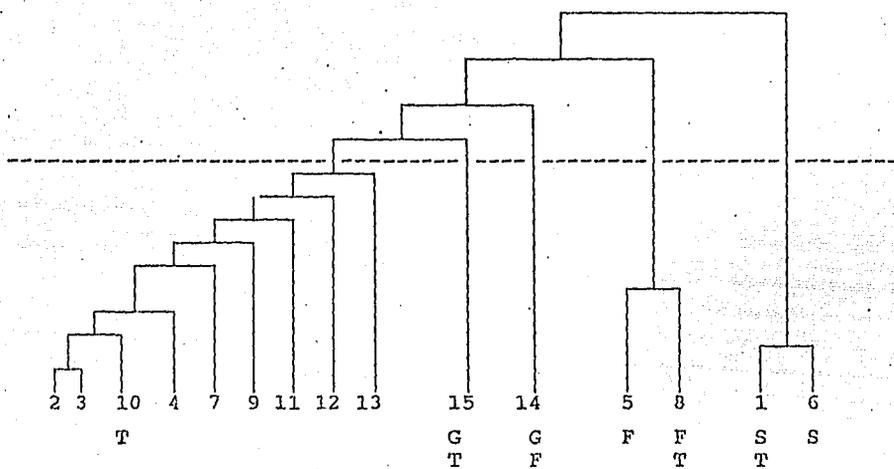


Figura 3.11 Dendrograma formado a partir de los metabolitos secundarios. La línea indica el punto de corte propuesto para la formación de los grupos sugeridos. Las letras debajo de las semillas indican el tipo de compuestos que tiene cada semilla: T = taninos, G = glucósidos cardiotónicos, F = flavonoides y S = saponinas.

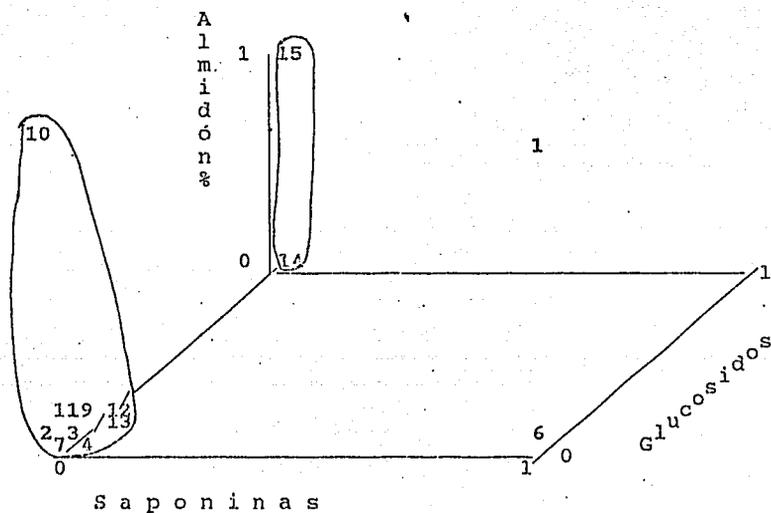


Figura 3.12. Representación esquemática de los grupos formados por las metabolitos secundarios de las semillas (Ausencia 0, presencia 1)
 Los números en negritas indican las especies

Cuadro 3.11 Relación de los metabolitos secundarios con los porcentajes de depredación por especie encontrados en cada caso.

Grupo*	Especie	% de depredación	
1	2. <i>P. laevigata</i>	94.44	
	3. <i>A. farnesiana</i>	77.81	
	10. <i>P. multifolium</i>	0.00	
	4. <i>S. wilisnii</i>	12.33	
	7. <i>H. lacerata</i>	9.95	
	9. Leguminosa 365	43.66	
	11. <i>C. biflora</i>	43.54	
	12. <i>P. aculeata</i>	20.00	
	13. <i>M. mexicana</i>	2.43	
	2	15. <i>E. polystachya</i>	0.00
		14. <i>K. mollis</i>	38.64**
	3	5. <i>E. ingens</i>	0.00
		8. <i>B. schleschtendallii</i>	0.00
4	1. <i>A. bilimekii</i>	24.80	
	6. <i>A. striata</i>	29.09	

* La separación dentro de los grupos indican subgrupos que se pueden apreciar en el dendrograma.

** A pesar del alto valor observado, ya se apuntó que el daño al interior de la semilla es prácticamente nulo.

Se puede apreciar que existe una relación estrecha entre los grupos formados con base en la presencia de metabolitos secundarios y la depredación observada. Los grupos 2 y 3 se componen de dos semillas cada uno y se encuentran prácticamente libres de depredación (ver nota sobre *K. mollis*). El grupo 4 ambas semillas presentan alrededor de 20% de herbivoría. El grupo 1 es el que presenta ligeras discrepancias sobretodo en el segundo subgrupo; las especies que lo conforman son en las que no se han detectado metabolitos secundarios, tal vez estas discrepancias se podrían explicar si las semillas presentan otros metabolitos secundarios.

De las 15 especies estudiadas solamente 7 tuvieron alguno o algunos de los metabolitos secundarios más comunes en la naturaleza, quizá puedan tener algunos más no detectados en el presente trabajo como lactonas sesquiterpénicas o aminoácidos no protéicos u hormonas juveniles de insectos que no pudieron ser

determinados. Tal parece ser el caso de *C. biflora* que, a pesar de tener un alto porcentaje de nitrógeno (12.53%), no aparece con ninguno de los metabolitos secundarios reportados, y a su vez tiene bajos porcentajes de depredación, por lo cual se puede considerar la posibilidad de que presente otros metabolitos secundarios que limiten el desarrollo de insectos en su interior.

Resulta interesante notar que aquellas semillas con alto potencial nutritivo, presentan también metabolitos secundarios que limitan la digestibilidad de éstos como son los taninos y fenoles en el caso de *A. bilimekii*.

También llama la atención especies como *K. mollis* y *E. polystachya* que presentan dos (y quizá más) metabolitos secundarios, teóricamente lo que permitiría pensar que pueden defenderse contra varias especies de depredadores (harborne 1988). Muy claro es el caso de *B. schlechtendallii* que tiene alto contenido de monosacáridos y minerales y presenta flavonoides y taninos o quizá taninos derivados de flavonoides que es el mismo caso de *E. polystachya*.

Conjuntamente se puede decir que aquellas semillas que presentan alta calidad nutricional, presentan también al menos un mecanismo químico de defensa, salvo el caso de *P. laevigata* que, además de ser altamente nutritiva, no parece tener ningún compuesto de defensa, por lo que resulta ser altamente depredada, tanto por invertebrados, como por vertebrados e incluso por el hombre.

Es fácil caer en la tentación de atribuir un alto valor ecológico a las pruebas químicas que demuestran algún tipo de defensa de las plantas contra sus enemigos, sin embargo, se debe estar conciente de que solamente se ha abierto una puerta hacia la comprensión del funcionamiento de los ecosistemas (Dirzo 1985). Los datos aquí presentados indican que, salvo excepciones, las semillas que pueden tener un alto valor nutritivo pueden ser también altamente tóxicas.

Discusión y Conclusiones

A) Relación entre los grupos de variables

Uno de los objetivos del presente estudio consiste en determinar la relación que existe entre los grupos de variables consideradas (mrfométricas, de valor nutricional y la presencia de metabolitos secundarios). El análisis de correlación canónica permiten relacionar dos grupos de variables a través de una serie de modelos matemáticos, de manera a las correlaciones simples.

Las correlaciones canónicas presentan varios modelos de correlación entre los pares de variables, cada uno de los cuales explica un porcentaje de variación total. Los modelos, o variables canónicas son presentados en en orden decreciente en cuanto al porcentaje de variabilidad explicada.

En el cuadro 4.1 se presentan las primeras funciones canónicas para las tres relaciones entre los grupos de variables

Cuadro 4.1 valores de valor propio, índice de correlación χ^2 , grados de libertad y significancia para la priemera función canónica en cada par de variables consideradas.

Grupos de Variables Consideradas	Valor propio	Correlación	χ^2	G.L.	Sign.
Nutri. Met. Sac.	.8768	.9364	30.15	20	.0674
Nutri. Morfom.	.8721	.9339	39.07	30	.1240
Met. Sec. Morfom.	.8689	.9321	26.15	20	.1608

Se puede apreciar que la relación entre los grupos de variables es bastante pequeña, pues a pesar de que los índices de correlación se encuentran por arriba del 0.90 y la significancia de la relación es mayor a la cota de 0.05.

La única correlación que se acerca al nivel de significancia habitualmente considerado es la relación existente entre las

variables nutritivas y la presencia de compuestos secundarios; en esta se puede apreciar que aquellas especies que tuvieron altos valores en las variables nutricionales son los que presentan metabolitos secundarios.

En otras especies se ha reportado la relación existente entre la presencia de altos valores de material nutritivo con presencia o altos valores de metabolitos secundarios que reducen la digestibilidad como en el caso del frijol (duffus y Slaughter, 1980).

A pesar de la tentación de interpretar esta relación en el sentido de que las plantas nutritivas están protegidas por metabolitos secundarios, se debe tomar en cuenta que el metabolismo del nitrógeno puede derivar hacia la presencia de proteínas o a algún metabolito secundario; mientras que el metabolismo de los azúcares también pueden derivar hacia carbohidratos o hacia la generación de alcaloides (ver fig 3.1) (Howe y Wstley, 1988).

B) Relación de las variables en conjunto con la depredación observada:

En los capítulos precedentes se ha discutido las relaciones de las variables con los porcentajes de depredación observados en las colectas de campo. Resulta evidente que se explore la relación entre todas las variables consideradas en conjunto con la depredación observada.

Para realizar este análisis se corrió un análisis de correlación múltiple, considerando como variables independientes las variables morfométricas y las variables nutricionales (se usaron las variables que se tienen una escala continua de medición y que además tuvieran valores para todas las semillas).

En el cuadro 4.2 se presentan los coeficientes (que

pueden interpretarse como la relación existente entre las variables independientes y la dependiente. La constante es el (llamado término independiente) de la regresión múltiple ente las variables y la deprecación observada.

Cuadro 4.8 Coeficientes para la correlación múltiple de las variables nutritivas y morfométricas contra la deprecación predispersión

Variable	Coefficiente
CONSTANTE	- 25.510
Proteínas	0.658
Carbohidratos Sol. Totales	22.346
Oligosacáridos	- 19.970
Almidón	- 7.376
Cenizas	- 6.397
Humedad	14.146
Largo	- 8.544
Ancho	- 11.869
Grueso	48.184
Peso	- 42.158
No. semillas /fruto	0.241

Esta regresión tiene un coeficiente de determinación (r^2) de 0.9751, es decir 97.51 % de la variación que tiene la variable independiente es explicada por el modelo de regresión, y un error estándar del estimador de 4.60% de deprecación. En el cuadro 4.3 se presenta el análisis de varianza para esta regresión.

Cuadro 4.3 Análisis de varianza para la regresión múltiple.

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	Cuadrado Medio	F	P
Regresión	11,832.1	11	1,075.65	50.81	0.004
Error	63.5	3	21.17		
Total	11,895.6	14			

Los cuadros 4.2 y 4.3 ratifican que la deprecación

predispersión puede ser explicada, satisfactoriamente, con la combinación de las variables morfométricos y las variables de calidad nutricional; a pesar de que en las regresiones considerando cada variable aislada la relación fue pobre o poco significativa (ver capítulos 2 y 3).

Janzen (1969) reconoce que el análisis de la depredación de semillas es un fenómeno multidimensional que no puede ser explicada exclusivamente por un tipo de variables, ya que detrás de ella se encuentran las historias evolutivas de las especies que intervienen en este tipo de interacción planta-animal.

En los análisis realizados en el capítulo 3 se aprecia que la depredación predispersión tiene alta relación con los grupos formados partir de la presencia de de los metabolitos secundarios, esta relación puede interpretarse como una explicación de la depredación sin embargo tamoco es completa.

En otro tipo de grupos y otro tipo de herbivoría, también ligada a la presencia de metabolitos secundarios, éstos aparecen como importantes pero no como únicos capaces de explicar la selección del alimento por la "chechena" (una ave folívora de Sudamérica).

C) Impacto sobre las especies particulares.

En el presente trabajo se ha abordado la depredación desde el punto de vista de la comunidad, pero el análisis particular de las especies puede resultar interesante; por tanto a continuación se presentan brevemente las características más relevantes de las semillas estudiadas:

A. bilimekii: es una especie grande, con altos contenido de almidón y una depredación del 20%.

P laevigata: es una semilla de mediano tamaño, cuyos

valores en las variables nutricionales estan entre los intermedios, pero no se le encontraron metabolitos secundarios y presenta la más alta depredación (94.43%).

A. farnesiana: es una semilla de tamaño medio y su contenido nutricional solo sobrepasa el porcentaje de proteína, tampoco se encontraron metabolitos secundarios y presenta 77.81% de semillas depredadas.

S. wislizenii: tiene valores altos valores de carbohidratos, es muy pequeña y no presenta compuestos secundarios, pero solo presenta un 12% de depredación.

E. ingens: presenta valores bajos en todas las variables nutricionales excepto almidón, presenta flavonoides y su semilla es muy pequeña. y la depredación es nula.

A. striata: es muy pequeña, presenta valores nutricionales altos y tiene saponinas, sus porcentajes de depredación son intermedios (29.09%).

M. lacerata: es de las más pequeñas semillas de las consideradas en el estudio, presenta altos valores de humedad pero no de otros atributos nutricionales, sin metabolitos secundarios (de los analizados) y una depredación muy baja del 10%.

B. schlechtendallii: presenta altos contenidos de minerales y humedad, no presenta depredación y tiene flavonoides y taninos.

Leguminosa No. de colecta MAAV 365, esta especie (probablemente otra especie de *Calliandra*) tiene altos contenidos de almidón y valores intermedios de carbohidratos, sin compuestos secundarios y una depredación del 43%

P. multifolium: sus valores de calidad nutricional es bajo y presenta compuestos fenólicos y no presenta depredación.

C. biflora: presenta los más altos valores de nitrógeno protéico, carece de metabolitos secundarios (de los estudiados) y tiene casi un 44% de depredación.

P. aculeata. Destaca, también su contenido de proteínas y no se le encontraron compuestos secundarios y tiene un 20% de depredación.

H. mexicana: posee un 19.43% de almidón, y no tiene metabolitos secundarios, sin embargo los niveles de depredación encontrados son de los más bajos.

K. mollis: esta entre las que tienen mayor contenido de cenizas y humedad, presenta glucósidos cardiotónicos y flavonoides y a pesar de que muchas de sus semillas están dañadas (38%) este daño es tan solo en la testa.

E. polystachya: es una especie de las más pequeñas, carece de depredación y presenta tres tipos de metabolitos secundarios.

La interpretación en cada especie de los niveles de depredación es, además de compleja, riesgoza (Dirzo 1985) tanto desde el punto de vista ecológico como evolutivo.

D) Impacto en la comunidad

Mucho se ha escrito sobre el impacto que puede tener la depredación y dispersión (ver Harper, 1977; Silvertown, 1982) de manera general, el impacto de los depredadores puede convertirse en una presión de selección sobre algunas especies y, como se ha

demostrado, sobre otras no; lo que en periodos largos de tiempo puede alterar la estructura de la comunidad, sería de sumo interés establecer relaciones entre la depredación y los índices de dominancia en la comunidad.

Janzen (1969) reconoce que la depredación de semillas puede jugar un papel muy importante en la composición y estructura de la comunidad, alterando los patrones de reclutamiento de las especies atacadas.

En el caso particular de la Barranca de Metztitlán, se presenta una zona, que si bien ha sido más o menos bien conservada presenta reducción en el número de otros posibles depredadores, ya sea por disminución de las poblaciones por cacería o captura o bien porque la cercanía de las zonas de cultivo favorecen la migración de posibles depredadores de semillas como roedores y aves (Armella datos no pub.). Esta defaunación puede alterar la composición de la comunidad (Dirzo, 1990) y conferir a los depredadores predisposición, como los brúquidos, lepidópteros etc. juegan un papel básico en la evolución de las especies.

Resulta muy posible que las especies de depredadores reportadas en este trabajo tengan interacción con las zonas de cultivo que no están a más de 20 m de algunas de las zonas de colea, ya sea que las plantas silvestres sirvan como reservorio de las especies depredadoras que puedan atacar semillas cultivadas (maíz, trigo, frijol) o que la baja diversidad de depredadores encontrada se deba a que éstos son migraciones de insectos plaga en los cultivos.

Literatura Citada

- Aguilar, A. y C. Zolla. 1992. Plantas Toxicas de México. Ed. Inst. Mexicano del Seguro Social.
- Andrade, O. 1989. Cultivo de Insectos Depredadores de Propágulos de Arboles Tropicales en los Tuxtias, Veracruz. Tesis de Licenciatura, Fac. de Ciencias, U.N.A.M.
- Barbault R., y G. Halfter. 1981. A comparative and Dynamic Approach to the Vertebrate Community Organization of The Desert of Mapimi. México. pp 11-19 in Barbault, R., y G. Halfter eds. Ecology of the Chihuahuan Desert. Ed. Instituto de Ecología. México.
- Beatley, J. C. 1969. Dependence of Desert Rodents on Winter Annuals and Precipitation. Ecology 50: 721-724.
- Beatley, J. C. 1974. Phenologicals Events and Their Environmental Triggers in Mojave Desert Ecosystem. Ecology 55: 856-863.
- Bock, C. E. y J. H. Bock. 1978. Response of Birds, Small Mammals, and Vegetation to Burning Sacaton Grassland in Southeastern Arizona. Journal of Range Management 31: 296-299.
- Bowers, M. A. 1982. Foraging Behaviour Evidence of Heteromyd Rodents. Field Evidence of Resource Partioning. Jour. Mamm. 63: 361-367.
- Brown, J. H. y D. W. Davison. 1977. Competition Beteen Seed Eating Rodents and Ants in Desert Ecosystems. Science 196: 880-882.
- Brown, J. H. y G. A. Liberman. 1973. Resource utilization and Coexistence of seed eating rodents in sand dune habitat. Ecology 54: 787-797.
- Brown, J. H., O. J. Reichman y D. W. Davison. 1979. Granivory in Desert Ecosystems. Ann. Rev. Ecol. Syst. 10:201-227.
- Campbell, B. M. 1986. Plant spinescence and hebivory in a nutrient poor ecosystem. Oikos 47: 168:172.
- Casper, B. B. 1988. Postdispersal seed predation may select for wind dispersal but not seed number per dispersal unit in *Cryptantha flava*. Oikos 52: 27-30.
- Crawley, M. J. 1983. Herbivory. University of California Press Berkeley.
- Davison, D. W. 1977a. Species Diversity and Community organization in deser seed eating ants. Ecology 58: 725-737.
- Davison, D. W. 1977b. Foraging Ecology and Community Organization

- in Desert seed-eating ants. Ecology 58: 725-737.
- Davison, D. W., R. S. Inouye and J. H. Brown. 1984. Granivory in a Desert Ecosystem: Experimental Evidence for Indirect Facilitation of Ants by Rodents. Ecology 65: 1780-1786.
- Dirzo, R. 1983. Sobre el significado del "co" en coevolución. Bol. Soc. Bot. Mex 44: 91-94.
- Dirzo, R. 1984. Herbivory: a Phytocentric Overview pp 141 -165 in Dirzo, R. y J. Sarukhán Perspectives on Plant Population Ecology. Ed. Sinauer.
- Dirzo, R. 1985a. Insect-Plant Interactions: Some Ecophysiological Consequences of Herbivory. in Medina E. H. A. Mooney y C. Vazquez-Yanes eds. Physiological ecology of Plants in the wet tropics. Dr. W. Junk Publisher Co. The Hague.
- Dirzo, R. 1985b. Metabolitos Secundarios en las plantas: Atributos Pánglossianos? o de caracter adaptativo. Ciencia 36: 137-145.
- Dirzo, R. 1990 Herbivoros y conservación de los bosques tropicales. V Congreso Latinoamericano de Botánica. La Habana. Cuba.
- Dominguez, X. A. 1973. Metodos de Investigación en Fitoquímica. Ed. Limusa. México. 273 pp.
- Duffus, C. y C. Slaughter. 1980. Las Semillas y sus usos. Ed. A.G.T. Editor. México. 188 pp.
- Feeny, P. y H. Bostock. 1968. Seasonal Changes in the Tannin content of oak leaves. Phytochemistry. 7:871-880.
- Pont Quer, P. 1982. Plantas Medicinales: El dioscóridos en renovado Ed. Labor. México. 8ª ed. 1780 pp.
- Freeland, W.J. y D.H. Janzen. 1974. Strategies in herbivory by mammals the role of secondary plant compounds. Amer. Natur. 108:269-289.
- García E. 1964. Modificaciones al Sistema de clasificación climática de Köpen (para adaptarlo a las condiciones de la republica mexicana. Ed. U.N.A.M. México.
- Grenot, C. and V. Serrano. 1981. Ecological Organization of Small Mammals Communities at the Bolson de Mapimi (México) in Barbault R., y G. Halfter eds. Ecology of the Chihuahuan Desert. Ed. Instituto de Ecología. México.
- González E. M. 1983. Seed Predation on Semiarid Region of Central Mexico. Ph D. Thesis University of Michigan.
- Harper J. L. 1977. Population biology of plants. Academic Press. New York.

- Hallett, J. G. 1982. Habitat Selection and the Community Matrix of a Desert Small-Mammal fauna. *Ecology* 63: 1400-1410.
- Harborne, J. B. 1988. Introduction to Ecological Biochemistry. 3rd ed. Ed. Academic Pres. inc. San Digo U.S.A. 356 pp.
- Heithaus, E. R. 1981. Seed Predation by Rodents on three ant-dispersal plant. *Ecology* 62: 136-145.
- Howe, H. F. y L. C. Westley. 1988. Ecological Relationship of Plants and Animals. Oxford University Press. New York. U.S.A. 273 pp.
- Janzen, D. H. 1969. Seed Eaters vs Seed size, Seed Numbers Toxicity and Dispersal. *Evolution* 23: 1-27.
- Janzen, D. H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forest. *Am. Nat.* 104: 501-528
- Janzen, D. H. 1971. Seed Predation by Animals. *Ann. Rev. Ecol. and Syst.* 2: 465-492.
- Janzen, D. H. Specificity of seed attacking beetles in a Costa Rican Desiduos Forest. *Journal of Ecology.* 68: 929-952.
- Janzen, D. H. and P. Martin. 1982. Neotropical Anachronisms: What the Gamphotheres ate. *Science* 215:19-27.
- Jenkins, S. H. 1988. Comments on relationships between native seed preferences of shrub-stepe granivores and sed nutritional characteristics.
- Kelrick, M. J., J. A. MacMahon, R.R. Parmenter y D. V. Sisson. 1986. Native seed preference of shrub-steppe rodents, birds and ants: the relationship of seed sttributes and seed use. *Oecologia* 68: 327-337.
- Kotler, B. P. y J. S. Brown. 1988. Enviromental Heterogenity and Coexistence of Desert Rodents. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 19: 281-307.
- McAuliffe, J. 1990. Paloverses, Pocket Mice, and Bruchid Beetles Interrelationship of Seed, Dispersers and Seed Predators. *Soutwestern Nat.* (en prensa).
- Mares, M. A. y M. L. Rozenswig. 1978. Granivory in North and South American Desert Rodents Birds and Ants. *Ecology* 59: 235-241.
- Martinez, M. 1979. Catalogo de nombres cientificos y vulgares de plantas mexicanas. Ed. Fondo de Cultura Económica. 1247 pp.
- McCloskey, R. T. 1976 Niche separation and assambley in four species of sonoran desert rodents. *Amer. Natur.* 112 (1986): 683-694.
- McCloskey, R. T. 1980. Spatial Patterns in Sizes of Seeds

Collected by Four Species of Heteromyd Rodents. Ecology. 61
(3): 486-489.

- McCready, R. M., J. Guggloz, V. Silveira y H. S. Owens. 1950. Determination of Lurach and Amylose in Vegetables: application to peas. Am. Chem. 22: 1156-1160.
- Meer van der, H. H. 1979. Hoarding Behaviour of Captive *Heteromys desmarestianus* (Rodentia) on fruits of *Walfia georgii* a Rain Forest Dominant palm in Costa Rica.
- Mittelbach, G. G., y R. L. Gross. 1984. Experimental Studies of Seed Predation in old fields. Oecologia 65: 7-13.
- Morton, S. R. 1985. Granivory in Arid Regions: Comparison of Australia with North and South America. Ecology 66: 1859-1866.
- Niembro R., A. 1988. Las semillas de los árboles y arbustos de México. Ed. Limusa wiley. México.
- Orozco-Segovia, A., C. Vazquez-Yanez, M. A. Armella, N. Correa. 1985. Interacciones Entre una Población de Murciélagos Frugívoros de la Especie *Artibeus jamaicensis* y la Vegetación del Area Circundante, en la Región de los Tuxtlas, Veracruz, in Gomez-Pampa, A. y S. del Amo eds. Investigación Sobre la Regeneración de Selvas Altas en Veracruz, México. ed. Instituto Nacional de Investigación sobre Recursos Bióticos.
- Parmenter, R. R., J. A. McMahon and S. B. Vanderwall. 1984. The medurement of Granivory by Desert Rodents Birds and Ants: a comparison of an energetic aproach. and seed-dish technics. Jour. Arid. Env. 7:75-92.
- Pijl van der, N. 1972. Principles of Dispersal in Higher Plants. 2 nd ed. Ed. Spring Verleug. Holanda.
- Price, M. V. 1978. The Role of Microhabitat in Structuring Desert Rodents Communities. Ecology 59: 910-921.
- Price, M. V. y N. M. Waser. 1985. Microhabitat use by Heteromyid Rodents: Effects of Artificial Seed Patches. Ecology 66: 211-219.
- Price, M. V. y K. M. Heinz. Effects of Body size, seed density and soil characteristics on rates of seed harves by heteromyid rodents. Oecologia. 61: 420-425.
- Ranganna, S. 1977. Manual of Analysis of Fruit an Vegetable Products Ed. Tata McGraw Hill Pub. Co. Ltd. New Delhi. India.
- Reichman, O. J. 1979. Desert Granivore Foraging and its Impact on Seed Densitis and Distributions. Ecology. 60: 1085-1092.
- Reichman, O. J. 1984. Spatial and Temporal variation of seed distributions in Sonoran Desert soils. Journal of Biogeography 11: 1-11.

- Reichman, O. J., y D. Oberstein. 1977. Selected of Seed Distribution by *Dipodomys merriami* and *Perognathus amplus*. Ecology 58:636-643.
- Reichman, O. J. y C. Rebar. 1985. Seed preferences by desert rodents based on levels of mouldiness. Anim. Behav. 33: 726-729.
- Reichman, O. J., A. Fataey & K. Fattaey. 1986. Management of sterile and mouldy seeds by desert rodent. Anim. Behav. 34: 221-225.
- Romo de Vivar, A. 1985. Productos Naturales de la floram Mexicana. Ed. Limusa Wiley. México. 220 pp.
- Rosenthal, G. A. y D. H. Janzen. Herbivores: The interaction with Secondary Plant Metabolites. Academic. Press. N. Y.
- Rosenthal, G. A., C. G. Hughes y D. H. Janzen. 1982. L-Canavanine, a dietary nitrogen source for the seed predator *Carydus brasiliensis* (Bruchidae) Science 217: 353-355.
- Rosenzweig, M. L. 1973. Habitat Selection Experiments with a Pair of Coexisting Heteromyid Rodent Species. Ecology 54: 111-117.
- Rzedowski, J. 1978. Tipos de Vegetación de México. Ed. Limusa. México.
- Sánchez-Mejorada, H. 1978. Manual de Campo de las Cactáceas y Suculentas de la Barranca de Metztitlán. Ed. Soc. Mex. Cactología 132 pp.
- Silvertown, J. W. 1982. Introduction to Plant Population Ecology, Ed. Longman, Londres, 209 pp.
- Tempel, A. S. 1981. Field Studies of the Relationship Between Herbivore Damage and Tannin Concentration in Braken (*Pteridium aquilinum* Ruhn).
- Thiollay, J. M. 1981. Structure and Seasonal Changes of Bird Populations in Desert scrub of Northern Mexico. pp 143-167 in Barbault R. y G. Halfter eds. Ecology of the Chihuahuan Desert. Ed. Instituto de Ecología. México.
- Thompson, S. D. 1982. Microhabitat Utilization and Foraging Behaviour of Bipedal and Quadrupedal Heteromyid Rodents. Ecology 63: 1303-1312.
- Torres-Sorando, L. 1990. Caracterización de los compuestos Secundarios de los componentes de la dieta de la Chechena (*Opisthocomus hoazin*), (Aves cuculiformes) V Congreso Latinoamericano de Botánica. La Habana. Cuba.
- Vazquez-Yanez, C., A. Orozco, G. Francois y L. Trejo. 1975. Observation on Seed Dispersal by Bats in a Tropical Humid

Region in Veracruz. Méxuco. Brenesia 7: 73-76.

Venable, L., A. Búrquez, G. Corral. E. Morales y F. Espinoza. 1987
The ecology of seed heteromorphism in *Heterosperma pinnatum*
in Central. Mexico. Ecology 68: 65-76.