



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

VIABILIDAD Y RESPUESTA GERMINATIVA DE  
TRES ESPECIES VEGETALES EN UN MATORRAL  
XEROFILO.

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**B I O L O G O**  
P R E S E N T A :  
**ALEJANDRO ASTUDILLO BARRERA**



**FACULTAD DE CIENCIAS  
UNAM**

DIRECTORA DE TESIS: DRA. SILVIA CASTILLO ARGÜERO





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ**  
**Jefe de la División de Estudios Profesionales de la**  
**Facultad de Ciencias**  
**Presente**

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:

"Viabilidad y respuesta germinativa de tres especies vegetales en un matorral xerófilo."

realizado por Alejandro Astudillo Barrera

con número de cuenta 9311628-6 , quien cubrió los créditos de la carrera de: Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis  
Propietario

Dra. Silvia Castillo Argüero

Propietario

Dra. Guillermina Murguía Sánchez

Propietario

M. en C. Mariana Hernández Apolinar

Suplente

M. en C. Irene Sánchez Gallén

Suplente

Biol. Yuriana Martínez Orea

Consejo Departamental de Biología

M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez

FACULTAD DE CIENCIAS



UNIDAD DE ENSEÑANZA  
DE BIOLOGÍA

*En memoria.*  
*Arg. José Caridad Mateo*  
*Por su amor y ejemplo de rectitud*

*DEDICATORIA*

*A Margarita Barrera Cabrera, mi madre, por su amor,  
fortaleza y perseverancia.*  
*Abel Astudillo Vargas, mi padre por su cariño y apoyo.*  
*Ya que sin ellos no habría sido posible llegar hasta el final.*

*A José Ángel, mi pequeño bebé, por ser mi faro de esperanza*

*GRACIAS*

## AGRADECIMIENTOS

Un especial agradecimiento a la Dra. Silvia Castillo, por haberme permitido trabajar en su grupo.

Y por supuesto muchas, pero muchas gracias a Patricia Guadarrama, Irene, Yuriana, Diego y Oswaldo, porque siempre estuvieron para ayudarme, aconsejarme y por supuesto por su amistad.

Agradezco a todas las personas que en algún momento me acompañaron al campo y cuya ayuda fue de gran importancia y sobre todo por su amistad. A mi esposa Noemí, Ingrid, Gaby Santibáñez, Edgar alias el "Perro" Francisco alias "el indiana" y Guillermo Coronas, muchas gracias.

Por último pero no por eso menos importante gracias a la Dra. Maria Elena Calderón por su acertado y oportuno comentario, gracias.

## INDICE

Resumen.....	1
I. Introducción.....	2
II: Antecedentes.....	4
II. 1. Germinación.....	4
II. 2. Latencia.....	4
III. Objetivos.....	7
III.1. General.....	7
III. 2. Particulares.....	7
IV. Hipótesis .....	7
V. Método.....	8
V. 1. Sitio de estudio.....	8
V. 2. Clima.....	8
V. 3. Topografía.....	10
V. 4. Vegetación.....	10
V. 5. Descripción de especies de estudio.....	12
V. 6. Colecta de achenios.....	15
V. 7. Germinación bajo condiciones de laboratorio.....	15
V. 8. Longevidad en el campo.....	18
V. 9. Análisis de resultados.....	18
VI. Resultados.....	20
VI. 1. Porcentajes de germinación en condiciones de oscuridad.....	20
VI. 2. Porcentajes de germinación y coeficientes de velocidad en condiciones de temperaturas constantes.....	22
VI. 3. Pre-tratamiento de estratificación.....	25

VI. 4. Longevidad en condiciones de almacenamiento.....	27
VII. Discusión.....	30
VII. 1. Condiciones optimas de temperatura.....	30
VII. 2. Factor oscuridad.....	32
VII. 3. Condición de estratificación.....	34
VII. 4. Viabilidad de aquenios.....	35
VIII. Conclusión.....	37
IX. Bibliografía.....	39

## RESUMEN

Con el objeto de conocer la respuesta germinativa de las semillas de *Senecio praecox*, *Tagetes lunulata* y *Tithonia tubaeformis* en condiciones de laboratorio, se aplicaron diferentes tratamientos de temperatura, luz/oscuridad y pretratamientos de estratificación, para evaluar su porcentaje y velocidad de germinación. La viabilidad de las semillas de las tres especies se observó en condiciones de campo, dentro de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, fueron colocados aquenios de las tres especies en sitios planos y abruptos, cada trimestre se colectaron y se evaluó su porcentaje en condiciones constantes de temperatura (25° C). En laboratorio, el factor luz tuvo un efecto significativo sobre el porcentaje de germinación, para las tres especies, fue menor a 50% al mes de almacenamiento en oscuridad pero después de un año aumentaron los porcentajes. Tanto el porcentaje como la velocidad de germinación, en las tres especies, presentaron valores menores del 20% en el tratamiento de 35° C, siendo su óptimo el tratamiento de 25° C. En cuanto al pretratamiento de estratificación, los porcentajes más bajos de germinación fueron para *S. praecox*. Las tres especies son ortodoxas ya que permanecen viables al menos un año. En campo, las tres especies alcanzaron sus porcentajes más altos de germinación en sitios abruptos o con sombra, con dos picos, en el primer y cuarto trimestre. *S. praecox* presenta porcentajes bajos de germinación tanto en laboratorio como en campo.



## I. INTRODUCCIÓN

La dinámica de las comunidades vegetales, en especial su regeneración está por mucho, determinada por la disponibilidad de estructuras vegetativas, tales como rizomas y bulbos así como frutos y semillas (Dalling, 2002), estas últimas pueden constituir una reserva sobre y dentro del suelo denominada banco de semillas (Salmerón, 1984). La importancia de las semillas, sobre las estructuras vegetativas radica en que las primeras son producto de la reproducción sexual, lo que permite una variabilidad entre lotes de la misma especie (Camacho, 1994).

Las semillas han desarrollado evolutivamente la capacidad de mantenerse vivas por un cierto periodo a través de una baja actividad metabólica, reducido contenido de agua y disminuyendo su crecimiento, han podido resistir al frío y a la sequía o evitar su germinación, inmediatamente después de caer al suelo. A este estado, se le da el nombre de latencia e implica la incapacidad de una semilla viable para germinar bajo condiciones desfavorables, de tal forma que puedan germinar en un tiempo posterior (Wong, 1991). La latencia tiene un papel importante en la adaptación de las plantas al medio ambiente. Rodríguez y Álvarez (1992), comentan que la presencia de la latencia obedece a mecanismos fisiológicos que varían con la especie y tienen la función de repartir en el tiempo y el espacio la germinación de la población de semillas, ocurriendo esto cuando las condiciones ambientales permitan el establecimiento y desarrollo de la plántula (Kozłowski, 1972).

Actualmente, se manejan diferentes clasificaciones de las semillas relacionadas con el periodo durante el cual pueden permanecer viables. La longevidad ecológica que es la capacidad de las semillas para permanecer vivas y viables por un periodo de tiempo en el suelo y la otra con lo denominado longevidad potencial que son aquellas semillas con la capacidad de permanecer viables en condiciones de almacenamiento artificial, (Vázquez-Yanes *et al* 1997). En función de la clasificación anterior las semillas se clasifican de acuerdo a su capacidad de tolerancia a la desecación en semillas ortodoxas o recalcitrantes (Vázquez-Yanes *et al* 1997).

Las semillas recalcitrantes son las que no pueden ser desecadas a niveles muy bajos de humedad, ya que esto llevaría a perder su viabilidad (Bewley y Black, 1994; Vázquez-Yanes *et al* 1997). Debido a esto son incapaces de presentar un estado de latencia y por lo tanto tienden a germinar inmediatamente una vez desprendidas de la planta madre. Las semillas ortodoxas, presentan algún tipo de latencia, ya que pueden ser desecadas hasta niveles muy bajos de humedad sin sufrir daños y pueden permanecer viables por un periodo prolongado (Bewley y Black, 1994; Vázquez-Yanes *et al* 1997).

Reyes (1997) menciona que la edad de las semillas es un factor que se relaciona con la germinación, latencia y viabilidad. De acuerdo con Raven *et al.*, (1992) la germinación de la semilla y el crecimiento del embrión, depende de muchos factores tanto externos como internos, los cuales interactúan entre sí provocando la ruptura de la latencia y la emergencia de la radícula. Entre los factores externos, los ambientales son los más importantes como: agua, temperatura, luz y nutrientes. Existen varios trabajos que revelaron las condiciones necesarias para que germine una semilla como: Viabilidad (Anacleto, 1996); Agua (Bradbeer, 1988); Temperatura (Mayer y Poljakoff-Mayber, 1978); Oxígeno (Bradbeer, 1988).

Las características de la latencia, viabilidad y germinación de las semillas reflejan la naturaleza del ambiente en que ocurre el establecimiento de las plantas que las producen, asegurando su supervivencia por el condicionamiento de la germinación al momento más propicio para que ocurra el establecimiento (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1984, Cervantes, 1986 y Ruedas *et al.*, 2000).

Por ello, es indispensable estudiar las condiciones de viabilidad que permiten a la semilla romper su latencia y germinar cuando las condiciones se vuelvan favorables para este proceso.

## **II. ANTECEDENTES**

### **II.1. Germinación**

Para que una semilla de origen a un plántula es necesario que se cumplan las siguientes condiciones (Camacho, 1994):

- a) viabilidad: se define como la capacidad de una semilla para permanecer viva.
  
- b) Quiescencia: implica que la semilla no haya germinado anteriormente, debido a que el medio ambiente se lo impide, como poca humedad y temperaturas extremas.
  
- c) Temperatura y humedad adecuados: se requieren contenidos de humedad mayores al 30%, para que las semillas se embeban y una temperatura entre 10 y 30° C lo que permite el crecimiento vegetal.
  
- d) Ausencia de latencia: se necesita que no exista un mecanismo fisiológico que impida la germinación en condiciones adecuadas.

### **II. 2. Latencia**

En las comunidades vegetales Harper (1977) clasifica a la latencia con base en el comportamiento fisiológico de las semillas en las comunidades naturales y establece tres tipos de latencia: Innata, inducida y obligada. En el primer caso hay un desarrollo incompleto, que previene la germinación durante el desarrollo y maduración de la semilla en la planta madre y una parte de las semillas que componen la población permanecen mucho tiempo firmes después de la cosecha, esperando el tiempo suficiente para que las condiciones ambientales sean favorables (Martínez, 1988). Inducida, es un estado de latencia que se desarrolla después de que la semilla se ha separado de la planta madre, debido a que las condiciones ambientales no son favorables para la germinación, esta latencia se rompe fácilmente en el momento en que cuenta con las condiciones que requiere (Mayer y Poljakoff-Mayber, 1978). La latencia obligada, se presenta en semillas que a pesar

de estar aptas para germinar, incluso en condiciones adecuadas de humedad y temperatura media la germinación se encuentra detenida. En este caso el embrión para su germinación requiere de algún estímulo externo como luz o temperatura (Vleeshouwers, *et al.*, 1995).

El tiempo durante el cual las semillas pueden mantenerse viables depende de las condiciones de almacenamiento, así como del tipo de semilla. En general, se sabe que la viabilidad se mantiene mejor en condiciones en que la actividad metabólica de las semillas se encuentra reducida es decir a bajas temperaturas y altas concentraciones de bióxido de carbono (Pérez, 1985). Además de los factores ambientales como luz, temperatura y humedad, el periodo de viabilidad de las semillas también está determinado genéticamente.

Los mecanismos causantes de la latencia son:

a) Fotoperiodo (Bidwell, 1979). Las semillas cuya respuesta a la luz se conoce, se han dividido básicamente en tres grupos de semillas; fotoblásticas positivas, que no germinan en la oscuridad y constituyen el 70% de las especies, fotoblásticas negativas, que su germinación es inhibida por la luz y constituyen el 25% de las especies y por último las especies indiferentes a la luz siendo el 5% de las especies (Orozco-Segovia, 1986). La sensibilidad de las semillas a la luz opera a través del sistema del fitocromo, este pigmento en las semillas existe en dos formas intercambiables. La forma P660 (fisiológicamente inactivo) es convertida a P730 (fisiológicamente activo), cuando las semillas son expuestas a la luz roja (660nm). Tanto en semillas fotoblásticas positivas, como en fotoblásticas negativas la luz roja estimula la germinación, mientras que la luz roja lejana las inhibe (Orozco-Segovia, 1999). El fitocromo es muy eficiente como detector ambiental, ya que a través del las semillas responden germinando, a un cambio favorable del medio ambiente, se puede llegar a producir de forma inmediata. lo cual es ventajoso en los ambientes recién abiertos ya que son las primeras en colonizarlos (Vázquez-Yanes y Orozco Segovia, 1984).

b) Cubiertas impermeables al agua. Ya que impide que se realice el primer paso requerido para que se efectúe la germinación, es decir la imbibición de las semillas (Villiers, 1979 y Baskin y Baskin, 1998).

c) Baja permeabilidad de las cubiertas a los gases. Generalmente inhibe la germinación al no permitir la entrada de oxígeno y dificultando la expulsión del bióxido de carbono, el cual puede actuar como inhibidor (Villiers, 1979 y Baskin y Baskin, 1998).

d) La resistencia mecánica de las cubiertas al crecimiento del embrión. Lo cual puede ser ejercido por toda una cubierta o por la parte de ésta que está en contacto con la radícula (Kozłowski, 1972 y Villiers, 1979);

e) Presencia de inhibidores en las cubiertas de las semillas más expuestas al ambiente. La falta de germinación en este caso resulta de sustancias que impiden el crecimiento del embrión debido por su potencial osmótico o por su efecto fisiológico. Por su ubicación en el exterior de la semilla, estos inhibidores se pueden perder por lixiviación (Kozłowski, 1972 y Bidwell, 1979).

f) Bloqueos metabólicos (Kozłowski, 1972) estos bloqueos ocurren, debido a la producción de ácido abscísico, cuando hay cortas exposiciones de luz (Bidwell, 1979).

g) Embriones inmaduros para la germinación, el embrión tiene que completar su crecimiento y desarrollo. Hay dos casos, en algunas especies los embriones tienen cierta diferenciación y sólo requieren de crecer un poco más para que ocurra la germinación, y la otra consiste en que los embriones carecen de diferenciación, por lo que además del crecimiento del embrión, se requiere que desarrollen cotiledones, radícula y plúmula (Kozłowski, 1972 y Villiers, 1979).

### III. OBJETIVOS

#### III.1. General

- ❖ Analizar la respuesta germinativa de *Senecio praecox*, *Tagetes lunulata* y *Tithonia tubaeformis* (Asteraceae), bajo condiciones controladas y diferentes tiempos de almacenamiento en laboratorio y campo .

#### III. 2. Particulares

- ❖ Conocer las condiciones óptimas de germinación de las especies seleccionadas bajo periodos de luz-oscuridad, estratificación y temperatura.
- ❖ Determinar si la relación entre el tiempo de almacenamiento y las diferentes condiciones microambientales modifican la viabilidad de las semillas.

### IV. HIPÓTESIS

- La respuesta germinativa de las semillas se verá favorecida bajo diferentes condiciones óptimas de luz y temperatura.
- A mayor tiempo de almacenamiento, la viabilidad de las semillas disminuirá tanto en laboratorio como en condiciones ambientales naturales.

## V. MÉTODO

### V. 1. Sitio de estudio

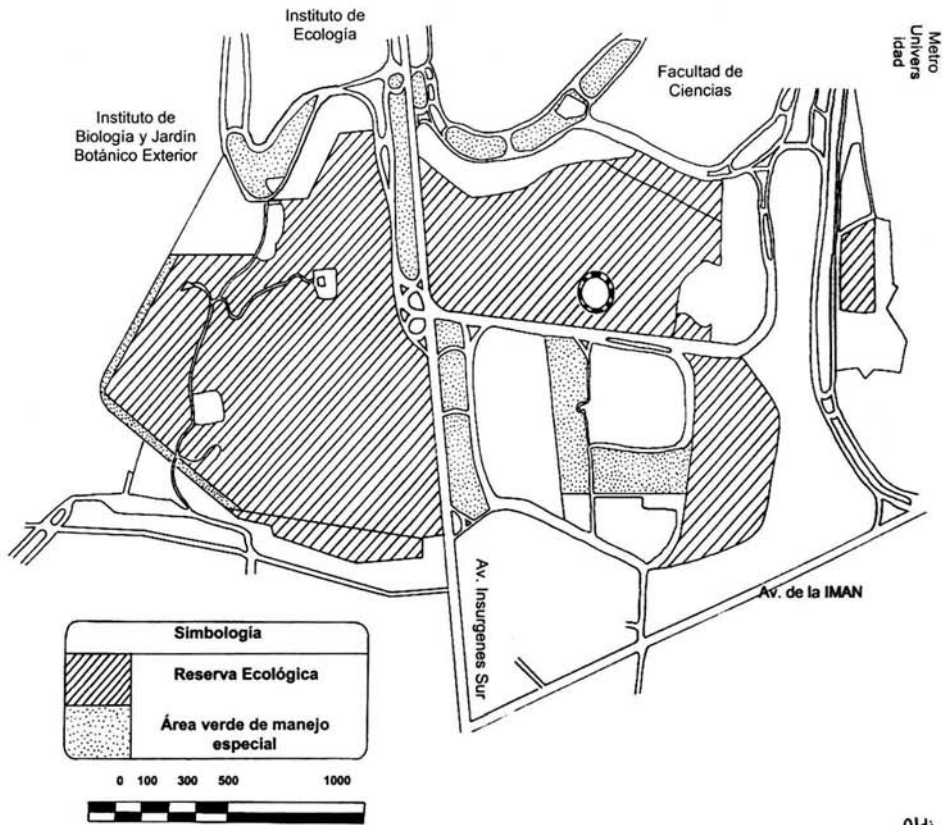
El Pedregal de San Ángel se originó partir del derrame del volcán Xitle hace más de dos mil años (Martín del Pozzo, 1995). El flujo de lava cubrió un área de unos 80 km<sup>2</sup> (Carrillo, 1995); distribuidos en un gradiente altitudinal de 2250 a los 3100 m (Álvarez *et al.*, 1989).

Debido al enfriamiento de la lava y posterior formación de una capa de roca, con el paso del tiempo se ha presentado una gran heterogeneidad espacial, en su composición florística debida a (1) la existencia de numerosas grietas, cuevas, promontorios rocosos y hondonadas, (2) variación altitudinal, (3) exposición diferencial a la luz y al viento, (4) forma, superficie, grosor y textura de la roca. (5) la cantidad de suelo acumulado (Rzedowski, 1954; Álvarez *et al.*, 1989; Cano-Santana y Meave 1996).

La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel se encuentra localizada en la parte suroeste de la Ciudad de México, dentro de los límites del campus principal de la Universidad Nacional Autónoma de México. Está localizado entre los 19° 18' 31" y 19° 19' 17" latitud N y los meridianos 99° 10' 20" y los 99° 11' 52" longitud oeste y una altitud entre los 2200 y los 2700 m (Castillo *et al.*, 2004) (Figura 1); actualmente ocupa una extensión de 1.77 km<sup>2</sup> (Sarukhán, 1997),

### V. 2. Clima

Este sitio presenta un clima templado subhúmedo, con régimen de lluvias en verano Cb(w<sub>i</sub>)(w), según el sistema modificado de clasificación climática de Köppen modificado por García(1988), su temperatura media anual es de 15.5° C con variaciones extremas que van desde -6° C hasta los 34.6° C (Valiente-Banuet y De Luna, 1990). La precipitación promedio es de 870mm anuales, se puede distinguir una temporada lluviosa de junio a octubre y una temporada seca de noviembre a mayo (Rzedowski, 1954; Meave *et al.*, 1994 ).



Aldi

Figura 1. Mapa de Localización de la Reserva Ecológica del "Pedregal de San Ángel" (Sarukhán, 1997, modificado por Aldi de Oyarzábal)



### V. 3. Topografía

Los suelos que presenta la Reserva son principalmente de origen eólico y orgánico, con un espesor de pocos centímetros (Martínez-Mateos, 2001; Rzedowski, 1954). La profundidad promedio del suelo es de 4.5 +/- 0.27 cm con una tasa de formación del suelo de 426 años / cm (Cano-Santana y Meave, 1996). Rzedowski (1954) reporta que todos los suelos sobre la lava para la zona de Ciudad Universitaria son arenoso-limosos y moderadamente ácidos (pH 6.1).

La topografía de la Reserva es en general, accidentada, en donde se pueden encontrar dos tipos de sitios contrastantes, 1) sitios planos o abiertos que se localizan en áreas con terrenos completamente planos o con promontorios rocosos de menos de 1.5 m de altura o con hondonadas poco pronunciadas de menos de 1.5 m de profundidad y 2) sitios abruptos o cerrados, distribuidos en áreas con una topografía marcadamente accidentada, con grietas, hondonadas profundas y con altos promontorios rocosos, con variaciones del terreno mayores a 1.5m. (Cano-Santana, 1994; Figueroa, 2001).

### V. 4. Vegetación

El tipo de vegetación que presenta la reserva es un matorral xerófilo. Esta comunidad se encuentra constituida predominantemente por un estrato herbáceo bien desarrollado, uno arbustivo de menor importancia y pocos elementos arbóreos (Rzedowski, 1978). Castillo *et al.*, 2004, indican que la flora de la Reserva se encuentra constituida por 74 familias, 193 géneros y alrededor de 337 especies de flora, siendo la familia Asteraceae la que tiene un mayor número de especies, con 74, seguida de Poaceae con 23, Fabaceae con 22, y Euphorbiaceae con 13.

La selección de especies utilizadas para este estudio estuvo en función de su dominancia, importancia ecológica y disponibilidad de propágulos suficientes para montar los diferentes experimentos, por lo tanto se decidió trabajar con las asteraceas la familia más representada (Castillo *et al.*, 2004, Herrera y Almeida, 1994; Martínez-Mateos, 2001 y Martínez-Orea, 2001), eligiéndose a *Senecio praecox*, arbusto dominante de esta comunidad (Rzedowski, 1954), *Tagetes lunulata* herbácea de gran importancia en la productividad primaria neta aérea (Cano-Santana, 1994) y finalmente *Tithonia tubaeformis*, herbácea ruderal con una amplia distribución en el Valle de México (Calderón y Rzedowski, 2001).

Cabe mencionar que una característica distintiva de la familia Asteraceae es que las semillas, no se observan directamente, ya que estas se encuentran dentro de un aquenio el cual es un fruto seco indehiscente unispermo, El pericarpio se presenta soldado solamente por el funículo con la semilla (Figura 2).

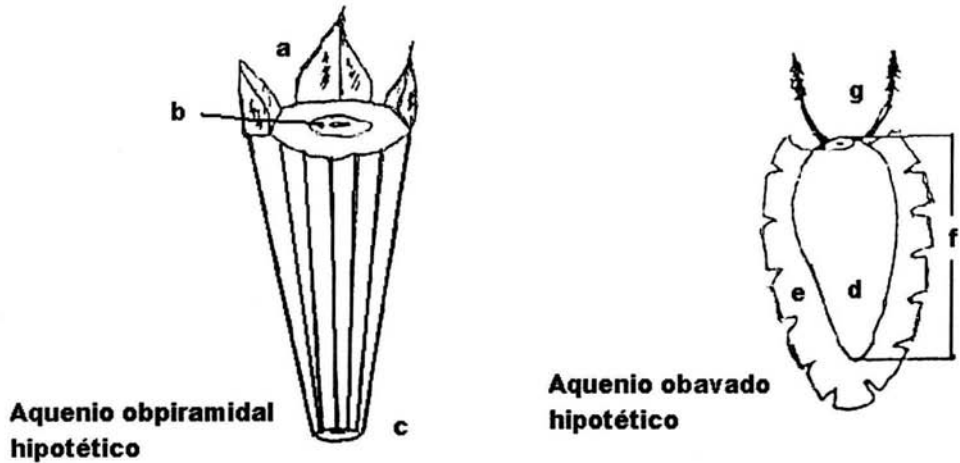


Figura 2. Parte de aquenios de asteráceas: a) escama, b)rodete, c) callo ariforme, d)callo comiforme, e) ala, f) cuerpo del aquenio y g) arista.  
(Espinosa y Sarukhán, 1997)

## V. 5. Descripción de las especies de estudio

### *Senecio praecox* (Cav.) DC.

Arbusto o planta arborescente caducifolia, de 1 a 5 m de alto presenta tallos, erectos, succulentos, quebradizos huecos y tabicados, corteza de color gris claro, hojas dispuestas en fascículos y aglomeradas en el extremo de las ramas, con pecíolos hasta 17.5 cm de largo, hojas ovadas, subpalmatinerves, de 2 a 18 cm de largo y de 2 a 14 cm de ancho. Inflorescencia en forma de cimas corimbiformes, con un mechón de pelillos cortos en la base de los pedicelos y de las bractéolas; cabezuelas radiadas, de 10 a 15 mm de alto, involucre cilíndrico o ligeramente campanulado flores liguladas 5 o 6 de color amarillo, sus laminas oblongo-elípticas de 6 a 15 mm de largo. Presenta como frutos aquenios maduros claviformes a subcilíndricos de 3 a 4 mm de largo, estriados y glabros de color café, las cerdas del vilano de color blanco de 6 a 8 mm de largo. Se localiza preferentemente en matorrales xerófilos de lugares rocosos basálticos (Calderón y Rzedowski, 2001) (Figura 3).



a)

b)

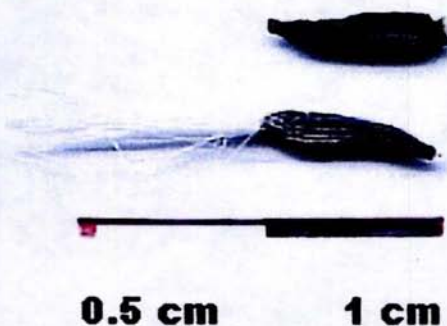


Figura 3. a) *Senecio praecox* en la Reserva Ecológica del "Pedregal de San Ángel";  
b) aquenio de *Senecio praecox*

*Tagetes lunulata* Ortega

Planta anual, hasta de 80 cm de alto, aromática presenta tallos ramificados, a menudo rojizos o morados; hojas hasta de 8 cm de largo pinnadas, foliolos de 9 a 23 lineares o lanceolados, cabezuelas sobre pedúnculos hasta de 10 cm de largo, provistos de brácteas pinnadas. Invólucro cilíndrico o angostamente campanulado, de 10 a 14 mm de alto, flores liguladas, de amarillas a naranjas, con una marca oscura en forma de V o W en la base, presentan láminas ovadas a obovadas de 7 a 10 mm de largo; las flores del disco en cantidades de 20 a 40 de corolas amarillas de 6 a 8 mm de largo; los frutos son aquenios lineales de 7 a 9 mm de largo, finamente puberulentos, vilano de 1 a 2 escamas aristiformes de 5 a 6 mm de largo y de 3 a 4 escamas romas de 2 a 3 mm de largo. Ubicada principalmente en pastizales, matorrales, bosques de *Quercus*, de *Pinus* y *Juniperus*, a menudo en sitios perturbados (Calderón y Rzedowski, 2001) (Figura 4).

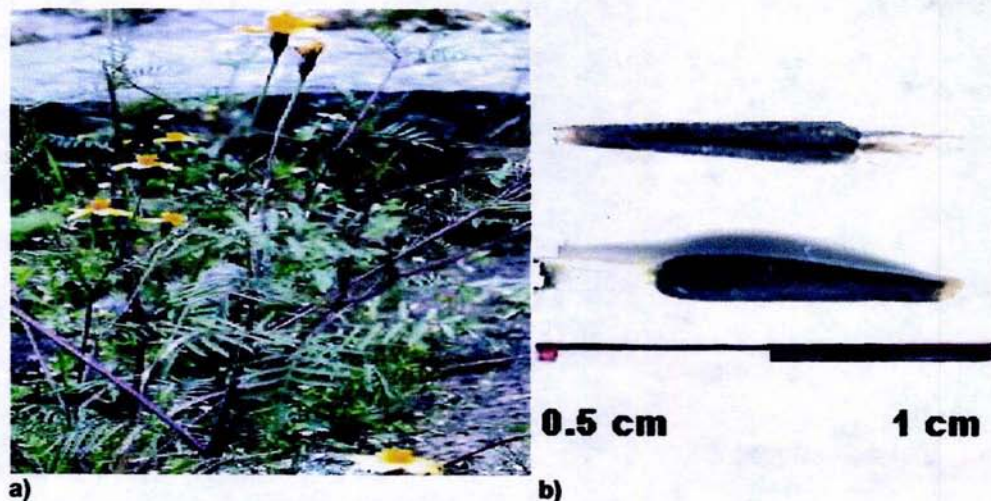


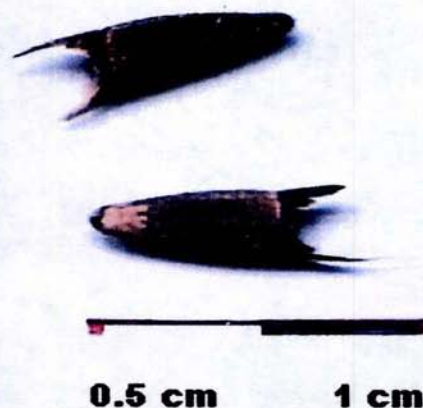
Figura 4. a) *Tagetes lunulata* en la Reserva Ecológica del "Pedregal de San Ángel";  
b) aquenio de *Tagetes lunulata*

*Tithonia tubaeformis* (Jacq.) Cass.

Planta anual, robusta, hasta 4 m de alto; tallo más o menos ramificado, densamente hispido - piloso; hojas alternadas con pecíolos de 1.5 a 11 cm de largo, láminas ovadas a triangular - ovadas, hasta de 25 cm de largo y 17 cm de ancho, ápice acuminado, margen crenado - aserrado, con una base a menudo truncada o subcordada; cabezuelas solitarias o agrupadas por varias en el extremo de las ramas, sobre pedúnculos fistulosos, pubescencia larga y densa, hasta de 45 cm de largo; involucre anchamente campanulado, brácteas oblongas a lanceoladas de 1.5 a 3.5 cm de largo, hispido - pilosas; receptáculo convexo a hemisférico, páleas ovadas de 10 a 18 mm de largo, cuspidadas o aristadas y a menudo oscuras en el ápice, presenta flores liguladas, con corolas amarillas a anaranjadas, las láminas elípticas, hasta de 5 cm de largo, las flores del disco son de 5 a 7 mm de largo, con la corola de color amarillo a anaranjado, el tubo de 0.5 mm de largo; los frutos son aquenios oblongo-cuneados, gruesos de 4 a 6 mm de largo, de color pálido, vilano de 2 aristas anchas, desiguales, hasta de 3.5 mm de largo y 12 a 14 escamas desiguales, lacerado - fimbriadas de 0.3 a 1.2 mm de largo. Maleza arvense y ruderal frecuente y vistosa, distribuida en la parte baja del Valle de México (Calderón y Rzedowski, 2001) (Figura 5).



a)



b)

Figura 5. a) *Tithonia tubaeformis* en la Reserva Ecológica del "Pedregal de San Ángel";  
b) aquenio de *Tithonia tubaeformis*

## **V. 6. Colecta de aquenios**

La colecta de los aquenios se realizó en la Reserva del Pedregal de San Ángel en el año 2002. A finales de marzo y principios de abril en el caso de *Senecio praecox* y durante la tercera semana del mes de noviembre a la segunda de diciembre para *Tithonia tubaeformis* y *Tagetes lunulata*. Durante la colecta se seleccionaron aleatoriamente 15 individuos de cada especie, cosechándose 15 cabezuelas por individuo.

El trabajo experimental se dividió en dos etapas, laboratorio y campo(Figura 6).

## **V. 7. Germinación bajo condiciones de laboratorio**

Se probó el efecto de los tratamientos, luz-oscuridad, temperaturas constantes y fluctuantes sobre la capacidad germinativa de las semillas. Se utilizaron aquenios de un mes y de un año de colectados. En todos los casos los tratamientos se aplicaron a cuatro repeticiones con 25 aquenios cada una y se sembraron en cajas Petri de 10 cm de diámetro con papel absorbente de poro mediano y se regaron con agua destilada. La experimentación se realizó en las Cámaras de ambiente controlados de la Facultad de Ciencias, UNAM, donde se reguló automáticamente la cantidad y calidad de la luz, así como, la temperatura.

Los tratamientos de germinación consistieron en las siguientes condiciones:

### **a) Testigo**

Los aquenios no fueron sometidos a ningún tratamiento pregerminativo, simplemente se sembraron con agua destilada y papel absorbente de poro mediano como sustrato y se mantuvieron en una cámara de germinación con temperaturas fluctuantes de 18 - 32° C con un fotoperíodo de 12: 12; coincidiendo las altas temperaturas con las horas de luz. Este tratamiento fue contra el cual se compararon los resultados de los demás tratamientos.

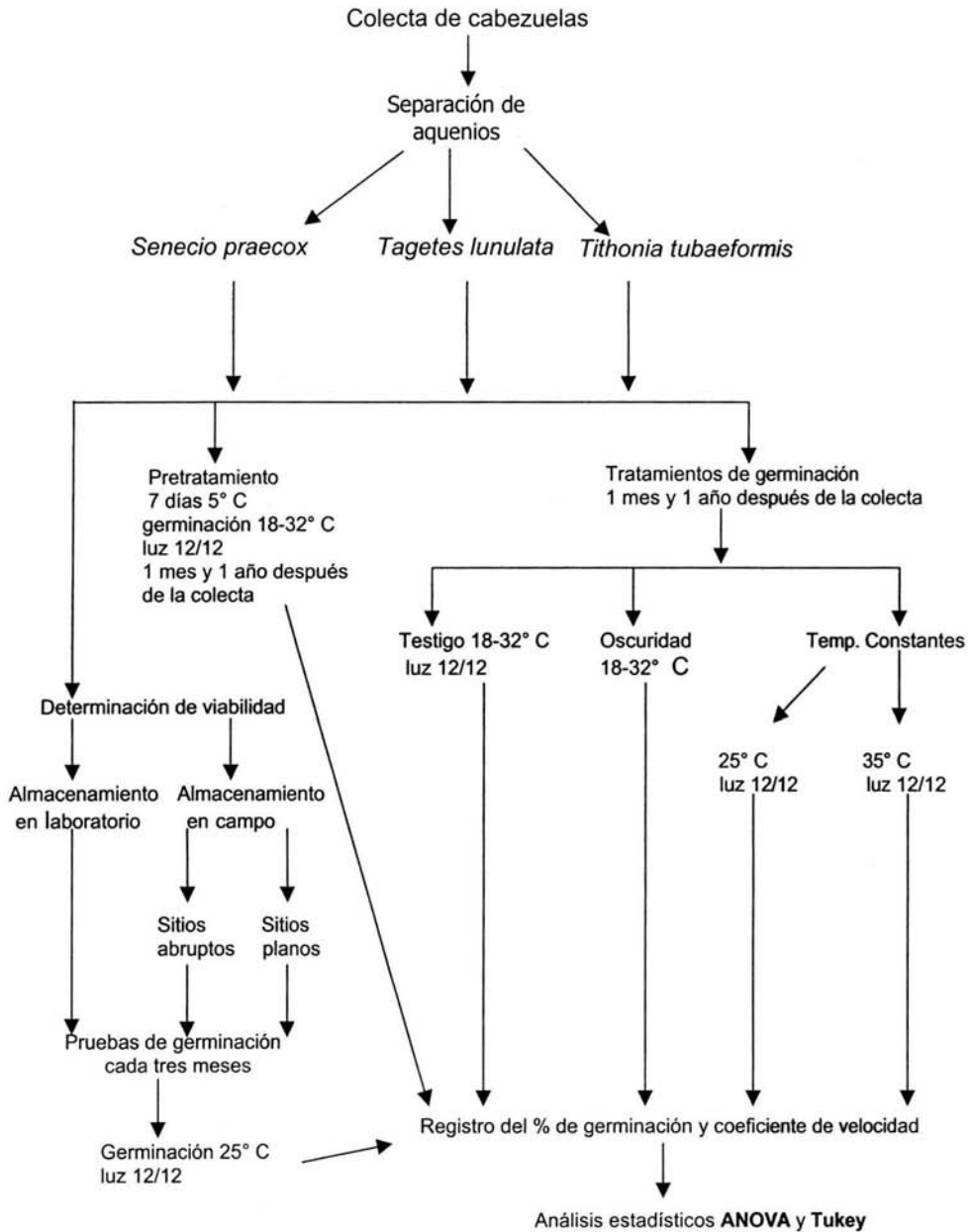


Figura 6. Resumen diagramático de las actividades realizadas en este trabajo.

b) Condiciones de oscuridad.

Con la finalidad de determinar como afecta la ausencia o presencia de la luz a la germinación, se cubrieron las cajas con papel aluminio, colocándose a la misma temperatura del tratamiento testigo, la cuantificación de achenios germinados se realizó después de veinte días.

c) Estratificación.

Los achenios se mantuvieron a 5° C en un refrigerador por siete días antes de la siembra; posteriormente se pusieron a germinar bajo las condiciones del tratamiento testigo.

d) Temperaturas constantes.

Los achenios se colocaron en dos cámaras de temperaturas constantes 35° y 25° C, con fotoperíodo de 12 : 12. Esto con la finalidad de comparar los resultados del lote testigo y así determinar si los achenios de las tres especies requieren o no de fluctuaciones de temperatura para poder germinar.

Para fines prácticos de este trabajo es conveniente señalar, que se considera que una semilla ha germinado cuando la radícula emerge a través de las cubiertas y que la emergencia se da cuando una plántula emerge del suelo (Wong, 1991; Reyes, 1997).

Estos tratamientos se realizaron con achenios almacenados por un mes y un año después de la colecta. Todos los tratamientos exceptuando el que se encontraba en condiciones de oscuridad se revisaron diario para verificar la presencia de semillas germinadas. El experimento se detuvo cuando ya no se observaron nuevas semillas germinadas en un periodo de cinco días consecutivos. Para el caso del factor de oscuridad, sólo fue posible contabilizar la germinación final en este tratamiento a los veinte días.



## V. 8. Longevidad en el campo

Para estudiar la germinación durante un año en condiciones de almacenamiento naturales, el experimento se realizó en dos ambientes distintos, sitios denominados abruptos y sitios planos, estos últimos divididos en sitios planos con cobertura vegetal y sin cobertura vegetal (Cano-Santana, 1994). En todos los sitios se colocaron para cada especie, bolsas de malla Nyctal (10x10 cm), con lotes de 25 achenios en cuarenta de estos lotes se colocaron en sitios abruptos y los otros 80 en sitios planos, divididos entre sitios planos libres de vegetación y sitios planos con vegetación.

Cada tres meses durante un año, se colectaron aleatoriamente diez bolsas por cada uno de los sitios topográficos, cubriendo un total de treinta bolsas por especie. Los achenios extraídos de cada bolsa se trasladaron a las cámaras de germinación en cajas Petri con una temperatura constante 25° C y un fotoperíodo de 12 :12, evaluando el porcentaje final de germinación.

Como tratamiento testigo, se almacenaron en oscuridad 16 cajas Petri con 25 achenios cada una por especie. Cada tres meses se destaparon cuatro cajas Petri y se pusieron a germinar a 25° C y fotoperíodo de 12:12. Los achenios fueron revisados diario.

## V. 9. Análisis de resultados

Para evaluar el efecto de los tratamientos, se tomaron dos variables de respuesta: el porcentaje final de germinación y el coeficiente de velocidad de Kotowoski. Esta última medida evalúa la velocidad de germinación en una escala de valores que va de 0 a 100; mientras más cerca esté de 100, el coeficiente indica una mayor velocidad de germinación (González - Zertuche y Orozco- Segovia, 1996). Calculado con la siguiente fórmula:

$$CV = (\sum n_i / \sum (n_i t_i)) 100$$

Donde CV = coeficiente de velocidad,  $n_i$  = número de semillas germinadas el día  $i$ ,  $t_i$  = número de días después de la siembra.

Análisis estadísticos.

Dado que los datos de porcentaje final de germinación presentaron una distribución binomial, se transformaron el arcoseno de la raíz para ajustarlos a una distribución normal (Zar, 1996).

Se hizo un análisis de varianza de dos vías en donde se evaluó el efecto de los tratamientos, así como del tiempo de almacenamiento y la interacción de ambos factores sobre la variable de respuesta (porcentaje final de germinación). Cuando el ANdeVA indicó un efecto significativo de cualquiera de estos factores, se realizó una prueba de Tukey .

El coeficiente de velocidad de germinación se calculó para cada una de las repeticiones por tratamiento, realizándose también un ANdeVA de dos vías, con el fin de evaluar si existían diferencias significativas debidas al efecto del tratamiento, edad y la interacción de ambos, si se encontraron se utiliza la prueba de Tukey para detectar grupos de cada factor.

#### NOTA

Los resultados de las pruebas de Tukey realizadas por especie a cada uno de los tratamientos, se muestran en las tablas correspondientes, en donde diferentes letras junto a los porcentajes indican diferencias significativas entre ellos.

## VI. RESULTADOS

### VI. 1. Porcentajes de germinación en condiciones de oscuridad

En este experimento los aquenios de *Senecio praecox* que fueron almacenados durante un mes, alcanzaron porcentajes promedio de germinación del 23%, para el tratamiento testigo, así como para los aquenios germinados en condiciones de oscuridad con un 6% de germinación promedio. Las pruebas realizadas muestran que el efecto del tratamiento no fue significativo en el porcentaje final de germinación ( $F_{(1,12)}=2.72$ ,  $p=0.12$ ). Más no así el efecto de la edad de almacenamiento ( $F_{(1,12)}=23.61$ ,  $p=0.0003$ ), observándose que en los aquenios de un año de almacenamiento, bajo condiciones de oscuridad su porcentaje de germinación fue del 51% (Tabla 1).

Los aquenios de *Tagetes lunulata*, almacenados durante un mes, tuvieron un porcentaje de germinación promedio de 26%, mientras que para el tratamiento testigo el porcentaje de germinación alcanzado fue de 58%. En aquenios de un año de almacenados, los porcentajes de germinación fueron del 74%. Para ambas condiciones existe un efecto significativo tanto del tratamiento ( $F_{(1,12)}=13.63$ ,  $p=0.003$ ), como de la edad ( $F_{(1,12)}=48.47$ ,  $p=0.00001$ ) y la interacción de ambos fue significativa ( $F_{(1,12)}=20.05$ ,  $p=0.0007$ ) (Tabla 1).

En *Tithonia tubaeformis* los aquenios de un mes de colecta, la germinación en oscuridad fue del 46%, siendo estadísticamente similar al del lote testigo. En aquenios de un año a partir de la colecta bajo la condición de oscuridad, se presentó un aumento en el porcentaje de germinación siendo del 80%, el cual resultó ser estadísticamente igual al tratamiento testigo de la misma edad. El tratamiento muestra que es la edad la que tiene un efecto significativo sobre la germinación ( $F_{(1,12)}=30.53$ ,  $p=0.0001$ ) (Tabla 1).

**Tabla 1.** Efecto de la oscuridad sobre el porcentaje de germinación de aquenios de *Senecio praecox*, *Tagetes lunulata* y *Tithonia tubaeformis* almacenados durante un mes y un año ( $X \pm E. E.$ ). Ambos tratamientos se mantuvieron a temperaturas fluctuantes de 18-32° C. El lote testigo se mantuvo a la misma temperatura y con un fotoperíodo de 12:12.

Especies	% germinación			
	Tratamientos			
	Oscuridad		Testigo (luz)	
	1 mes de colecta	1 año de colecta	1 mes de colecta	1 año de colecta
<i>Senecio praecox</i>	6 $\pm$ 0.95a	51 $\pm$ 1.25b	23 $\pm$ 1.18ab	47 $\pm$ 3.11b
<i>Tagetes lunulata</i>	26 $\pm$ 0.86a	74 $\pm$ 1.5b	58 $\pm$ 0.86b	70 $\pm$ 1.19b
<i>Tithonia tubaeformis</i>	46 $\pm$ 1.84ab	80 $\pm$ 0.4bc	39 $\pm$ 2.49a	94 $\pm$ 0.5c

## VI. 2. Porcentajes de germinación y coeficientes de velocidad en condiciones de temperaturas constantes

En *Senecio praecox* se observó que el tratamiento a 25° C presenta un porcentaje de germinación mayor al 85%, tanto para aquenios de un mes de almacenamiento como para de un año de colecta; en cambio la condición de 35° C resultó no importando su edad, con porcentajes de germinación de 0%. La condición testigo exhibió un incremento en el porcentaje de germinación en aquenios de un año de edad con un 47% de germinación promedio (Tabla 2). EL análisis estadístico indicó que existe un efecto significativo del tratamiento ( $F_{(2,18)}=194.91$ ,  $p < 0.0001$ ), pero no existe efecto significativo de la edad, la interacción tratamiento edad si fue significativa ( $F_{(2,18)}=2.77$ ,  $p =0.08$ ) (Tabla 2). Respecto a los datos del coeficiente de velocidad, para el tratamiento de 25° C la velocidad de germinación aumenta en aquenios de un año de edad, mientras que para la condición testigo la velocidad de germinación es mayor en aquenios con un mes de almacenados, en donde el efecto del tratamiento es significativo ( $F_{(2,18)}=745.52$ ,  $p <0.0001$ ) y su interacción con la edad ( $F_{(2,18)}=25.51$ ,  $p <0.0001$ ), sin embargo, no existe efecto significativo de la edad (Tabla 3).

Para *Tagetes lunulata*, se observa un efecto significativo del tratamiento ( $F_{(2,18)}= 72.14$ ,  $p <0.0001$ ). En aquenios con un mes de haber sido colectados las condiciones de 25° C y testigo son estadísticamente similares con porcentajes de germinación de 54%, para el porcentaje final de germinación del tratamiento a 35° C el porcentaje de germinación es del 2%. El efecto de la edad también fue significativo sobre el porcentaje de germinación ( $F_{(1,18)}=9.88$ ,  $p =0.005$ ), sin embargo la interacción de ambos no presentó un efecto significativo ( $F_{(1,18)}=0.72$ ,  $p = 0.49$ ), los resultados para las condiciones de 25° C y testigo son de 73%, en la condición de 35° C el porcentaje de germinación fue de 11% (Tabla 2). Referente a los datos del coeficiente de velocidad, existe un efecto significativo tanto del tratamiento ( $F_{(2,18)}=13.52$ ,  $p =0.0002$ ), así como de la edad ( $F_{(1,18)}=82.46$ ,  $p <0.0001$ ) y su interacción entre ambos ( $F_{(2,18)}=5.58$ ,  $p =0.01$ )(Tabla 3).

**Tabla 2.** Porcentaje de germinación  $\pm$  E. E., en aquenios de *Senecio praecox*, *Tagetes lunulata* y *Tithonia tubaeformis* de un mes y un año de almacenamiento sometidas a diferentes tratamientos de temperatura. Todos los tratamientos se mantuvieron en cámaras de ambientes controlados con fotoperíodo de 12:12.

Especies	% germinación					
	Tratamientos					
	25° C		35° C		Testigo (18-32° C)	
	1 mes de colecta	1 año de colecta	1 mes de colecta	1 año de colecta	1 mes de colecta	1 año de colecta
<i>Senecio praecox</i>	85 $\pm$ 1.49 c	86 $\pm$ 0.86 c	0 a	0 a	23 $\pm$ 1.18 b	47 $\pm$ 3.11 b
<i>Tagetes lunulata</i>	54 $\pm$ 3.37b	73 $\pm$ 1.65b	2 $\pm$ 0.28a	11 $\pm$ 0.85a	58 $\pm$ 0.86b	70 $\pm$ 1.19b
<i>Tithonia tubaeformis</i>	59 $\pm$ 2bc	75 $\pm$ 1.37bc	16 $\pm$ 1.87a	11 $\pm$ 0.85a	39 $\pm$ 2.49ab	94 $\pm$ 0.5c

**Tabla 3.** Coeficiente de velocidad  $\pm$  E. E., en aquenios de *Senecio praecox*, *Tagetes lunulata* y *Tithonia tubaeformis* de un mes y un año de almacenamiento sometidas a diferentes tratamientos de temperatura. Todos los tratamientos se mantuvieron en cámaras de ambientes controlados con fotoperíodo de 12:12.

Especies	Coeficiente de velocidad					
	Tratamientos					
	25° C		35° C		Testigo (18-32° C)	
	1 mes de colecta	1 año de colecta	1 mes de colecta	1 año de colecta	1 mes de colecta	1 año de colecta
<i>Senecio praecox</i>	31.8 $\pm$ 1.8d	39.1 $\pm$ 1e	0a	0a	21.7 $\pm$ 0.5c	15.9 $\pm$ .51b
<i>Tagetes lunulata</i>	21.6 $\pm$ 2.8ab	44.5 $\pm$ 2.2c	17.1 $\pm$ 2ab	23.07 $\pm$ 4.7b	7.3 $\pm$ 0.3a	43.9 $\pm$ 2.2c
<i>Tithonia tubaeformis</i>	45.2 $\pm$ 2.3c	43.05 $\pm$ 1.3c	11.5 $\pm$ 1.3a	19.9 $\pm$ 2.9b	20.9 $\pm$ 9.9ab	43.8 $\pm$ 1.3c

En *Tithonia tubaeformis*, al observar el % final de germinación se observó que existe un efecto significativo tanto del tratamiento ( $F_{(2,18)}=29.89$ ,  $p<0.0001$ ), así como de la edad ( $F_{(1,18)}=7.24$ ,  $p=0.01$ ) y la interacción entre ellos ( $F_{(2,18)}=4.11$ ,  $p=0.03$ ). En aquenios con un mes de colectados se observa que el porcentaje de germinación más alto se obtuvo a 25° C con 59%, mientras que para el tratamiento de 35° C el porcentaje fue de 16%. En aquenios de un año de almacenamiento el tratamiento que alcanzó un mayor porcentaje de germinación es el testigo con 94%, sin embargo, resulto ser similar estadísticamente al porcentaje de germinación encontrado bajo la condición de 25° C (Tabla 2).

Para el coeficiente de velocidad se puede observar que también existe un efecto significativo del tratamiento ( $F_{(2,18)}=77.96$ ,  $p<0.0001$ ), la edad ( $F_{(1,18)}=36.39$ ,  $p<0.0001$ ) y de igual forma la interacción entre ambos ( $F_{(2,18)}=17.60$ ,  $p<0.0001$ ). Para los aquenios que tienen un mes de almacenamiento el valor más alto corresponde al tratamiento de 25° C y el más bajo al tratamiento de 35° C. Para los aquenios de un año de haber sido colectados la condición de 25° C resulto ser estadísticamente igual al testigo y la condición de 35° C presentó diferencias significativas con un valor de 19.9 de C. V (Tabla 3).

### VI. 3. Pre-tratamiento de estratificación

Para *Senecio praecox*, los resultados del porcentaje de germinación obtenidos bajo el pre-tratamiento de estratificación en aquenios de un mes fueron de 22%, pero no hubo diferencias significativas con el testigo, ni de la edad. En cuanto al coeficiente de velocidad la estratificación si generó diferencia significativa ( $F_{(1,12)}=16.72$ ,  $p =0.001$ ), obteniéndose valores inferiores al 12% para los aquenios de un mes de almacenamiento, bajo la condición de estratificación, mientras que para los aquenios de la misma edad bajo la condición testigo, se observo un valor del 21%. Ni la edad ni la interacción edad-tratamiento presentaron efectos significativos en el porcentaje de germinación (Tabla 4).

Bajo este pre-tratamiento se observa que para aquenios de *Tagetes lunulata* de un mes de haber sido colectados, se alcanzaron porcentajes de germinación de 45%, sin embargo la condición testigo el porcentaje de germinación fue mayor al 58%. Para la germinación de aquenios con un año de colectados los porcentajes de germinación alcanzados por ambos tratamientos son estadísticamente idénticos, con valores del 70%. Con lo que se ve un efecto significativo de la edad sobre el porcentaje de germinación ( $F_{(1,12)}=13.62$ ,  $p =0.003$ ). En el coeficiente de velocidad, se aprecia un efecto significativo tanto del tratamiento( $F_{(1,12)}=13.78$ ,  $p =0.002$ ), la edad ( $F_{(1,12)}=56.42$ ,  $p <0.0001$ ) y la interacción de los dos ( $F_{(1,12)}=20.01$ ,  $p =0.0007$ ) (Tabla 4).

Para *Tithonia tubaeformis* la edad presentó un efecto significativo sobre el porcentaje de germinación ( $F_{(1,12)}=44.78$ ,  $p =0.00002$ ), más no así del tratamiento, ni de la interacción de ambos. En los aquenios de un mes de almacenamiento el porcentaje de germinación más alto es el obtenido por el tratamiento testigo, el cual fue similar estadísticamente al pre-tratamiento. Se aprecia un aumento en el porcentaje de germinación en aquenios de un año de almacenamiento alcanzando porcentajes de 94% para la condición testigo, el cual resultó ser nuevamente igual a la condición de estratificación. Respecto al coeficiente de velocidad, se aprecia que es la edad la que tuvo un efecto significativo ( $F_{(1,12)}=50.63$ ,  $p =0.0001$ ), contrario al tratamiento el cual no presentó un efecto significativo. Observándose un incremento en la velocidad de germinación en aquenios de un año de haber sido colectados



**Tabla 4.** Porcentaje de germinación y coeficiente de velocidad  $\pm$  E. E., en aquenios de *Senecio praecox*, *Tagetes lunulata* y *Tithonia tubaeformis* de un mes y un año de almacenamiento sometidas a un pre-tratamiento de estratificación. Todos los tratamientos se mantuvieron en cámaras de ambientes controlados con fotoperíodo de 12:12.

Especies	% germinación						Coeficiente de Velocidad					
	Tratamientos											
	Pre-tratamiento de estratificación		Testigo (18-32° C)		Pre-tratamiento de estratificación		Testigo (18-32° C)					
	1 mes de colecta	1 año de colecta	1 mes de colecta	1 año de colecta	1 mes de colecta	1 año de colecta	1 mes de colecta	1 año de colecta	1 mes de colecta	1 año de colecta	1 mes de colecta	1 año de colecta
<i>Senecio praecox</i>	22 $\pm$ 1.32a	26 $\pm$ 2.66a	23 $\pm$ 1.18 a	47 $\pm$ 3.11 a	11.1 $\pm$ 2.9a	11.1 $\pm$ 2.9a	21.7 $\pm$ 0.5b	15.9 $\pm$ 0.51ab	21.7 $\pm$ 0.5b	15.9 $\pm$ 0.51ab	21.7 $\pm$ 0.5b	15.9 $\pm$ 0.51ab
<i>Tagetes lunulata</i>	45 $\pm$ 1.31a	71 $\pm$ 1.65b	58 $\pm$ 0.86ab	70 $\pm$ 1.19b	32.3 $\pm$ 5.4b	41.6 $\pm$ 1.5b	7.3 $\pm$ 0.3a	43.9 $\pm$ 2.2b	7.3 $\pm$ 0.3a	43.9 $\pm$ 2.2b	7.3 $\pm$ 0.3a	43.9 $\pm$ 2.2b
<i>Tithonia tubaeformis</i>	20 $\pm$ 1.91a	77 $\pm$ 0.62b	39 $\pm$ 2.49a	94 $\pm$ 0.5b	24.3 $\pm$ 3.6a	35.8 $\pm$ 2.2b	20.9 $\pm$ 9.9a	43.8 $\pm$ 1.3b	24.3 $\pm$ 3.6a	35.8 $\pm$ 2.2b	20.9 $\pm$ 9.9a	43.8 $\pm$ 1.3b

#### VI. 4. Longevidad en condiciones de almacenamiento

Para *Senecio praecox* se observa un efecto significativo del tratamiento ( $F_{(3,115)}=528.76$ ,  $p =0$ ), más no así de la edad, ni de la interacción edad-tratamiento (Tabla 5). En almacenamiento en campo, los tres distintos microambientes presentaron porcentajes de germinación por debajo del 10% en el primer trimestre, con una disminución mayor de la viabilidad en los sitios planos a partir del noveno mes y perdiendo completamente la viabilidad a los doce meses. Mientras que para el sitio abrupto el porcentaje baja hasta 0.6 % en el segundo trimestre volviendo a subir en el tercero y cuarto trimestre con un porcentaje de 6.1%. En el almacenamiento en laboratorio, el porcentaje de germinación fue de 86% en los tres primeros meses, aumentó por arriba del 90% entre los seis y nueve meses y disminuyó hasta un 86% a los doce meses (Tabla 5).

En *Tagetes lunulata* el efecto del tratamiento ( $F_{(3,118)}=92.19$ ,  $p =0$ ) la edad ( $F_{(3,118)}=69.14$ ,  $p <0.0001$ ) y la interacción de ambos ( $F_{(9,118)}=6.28$ ,  $p <0.0001$ ), fueron significativos. Para el almacenamiento en condiciones naturales se observan porcentajes de germinación superiores al 70%, en los primeros seis meses. Para el sitio abrupto el porcentaje de germinación desciende a menos del 1% en el tercer trimestre y sube nuevamente en el cuarto trimestre alcanzando valores mayores al 16%. En el sitio plano con sombra, la viabilidad disminuye en el tercer trimestre a un 12% y se observa que durante el cuarto trimestre el porcentaje de germinación alcanza valores del 16%. Para el sitio plano sin sombra los porcentajes de germinación tienden a disminuir en el tercer trimestre hasta un 28%, y esta tendencia se observó hasta el cuarto trimestre en donde la viabilidad disminuyó a 14%. En el almacenamiento en laboratorio, el porcentaje de germinación se mantuvo superior al 70% durante los primeros seis meses, disminuyendo a 63%, durante el noveno mes y aumentó nuevamente hasta el 73% en el cuarto trimestre (Tabla 5).

En el caso de *Tithonia tubaeformis* se pudo observar que existe un efecto significativo tanto del tratamiento ( $F_{(3,118)}=128.09$ ,  $p=0$ ), como de la edad ( $F_{(3,118)}=36.75$ ,  $p<0.0001$ ), así como la interacción de ambos ( $F_{(9,118)}=9.71$ ,  $p<0.0001$ ) sobre el porcentaje de germinación final de aquenios. En el primer trimestre los aquenios almacenados en laboratorio presentaron el menor porcentaje de germinación (57%), siendo los sitios naturales de almacenamiento los que presentaron porcentajes de germinación mayores a 75%. La viabilidad de los aquenios se ve afectada por el tiempo de almacenamiento, ya que para los aquenios almacenados en laboratorio sus porcentajes de germinación aumentan hasta 75% a partir del tercer trimestre siendo estos porcentajes significativamente diferentes a los que presentan los otros sitios naturales de almacenamiento. Para el caso del sitio abrupto la viabilidad disminuye a 62% a partir del segundo trimestre, aumentando en el tercer trimestre a poco más de 77% y disminuyendo nuevamente en el cuarto trimestre hasta 42%. Para los sitios planos en el segundo trimestre los porcentajes bajaron a 18%, para el tercer trimestre el sitio plano con sombra presentó un porcentaje de 8.6% de germinación, siendo éste el porcentaje más bajo entre los tres sitios naturales, después de doce meses el porcentaje de germinación llegó a 48%, con lo cual es el porcentaje más alto para los tres sitios naturales en el mismo periodo de tiempo. El sitio plano sin sombra, también presentó disminución de su porcentaje de germinación en el tercer trimestre, con un 16% y aumenta nuevamente en el cuarto trimestre hasta 33% (Tabla 5).

**Tabla 5.** Porcentaje de germinación en aqueños de *Senecio praecox*, *Tagetes lunulata* y *Tithonia tubaeformis* sometidas a diferentes condiciones ambientales a lo largo de un año (X ± E. E.).

		<b>% germinación</b>						
<b>Especies</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>1er Trimestre Julio 2002</b>	<b>2do Trimestre Octubre 2002</b>	<b>3er Trimestre Enero 2003</b>	<b>4to Trimestre Abril 2003</b>			
<i>Senecio praecox</i>	Laboratorio	86 ± 1.32b	92 ± 1.08b	93 ± 0.23b	86 ± 0.86b			
	Abrupto	9.8 ± 0.87a	0.6 ± 0.1a	5.3 ± 0.42a	6.1 ± 0.42a			
	Plano con sombra	1.5 ± 0.21a	0.48 ± 0.1a	0a	0a			
	Plano sin sombra	7.3 ± 0.89a	1.9 ± 0.15a	0a	0a			
<i>Tagetes lunulata</i>	<b>Tratamientos</b>	<b>1er Trimestre Marzo 2003</b>	<b>2do Trimestre Junio 2003</b>	<b>3er Trimestre Septiembre 2003</b>	<b>4to Trimestre Diciembre 2003</b>			
	Laboratorio	73 ± 0.85e	75 ± 0.47e	63 ± 0.62de	73 ± 1.65e			
	Abrupto	70 ± 1.21c	79 ± 1.18cd	0.53 ± 0.1a	16.4 ± 0.71ab			
	Plano con sombra	80 ± 1.4cd	82 ± 0.63cd	12.6 ± 0.74ab	16.4 ± 0.78ab			
<i>Tithonia tubaeformis</i>	Plano sin sombra	85 ± 0.76cd	83 ± 1.36cd	28.7 ± 1.12b	14.6 ± 0.83ab			
	Laboratorio	57 ± 1fg	69 ± 0.47g	75 ± 0.85g	75 ± 1.37g			
	Abrupto	84.6 ± 1.12ef	62.7 ± 1.2de	17.6 ± 0.95ab	42.9 ± 0.49cd			
	Plano con sombra	77 ± 1.03ef	19.3 ± 0.52abc	8.6 ± 0.66a	48 ± 0.64de			
	Plano sin sombra	81.3 ± 1.11ef	18.6 ± 0.85ab	16.8 ± 1.15ab	33 ± 0.73bcd			

## VII. DISCUSIÓN

### VII. 1. Condiciones óptimas de temperatura

La germinación de *Senecio praecox* presentó un óptimo de temperatura a 25° C ya que bajo este tratamiento alcanzó un porcentaje de germinación mayor al 80%. El alto porcentaje de germinación bajo este tratamiento, así como una alta velocidad de germinación, lo cual indica de forma indirecta una viabilidad alta en aquenios recién colectados, sugiriendo que ésta especie puede formar bancos de semillas que sólo permanecen durante la temporada de dispersión que ocurre entre los meses de abril a junio (Hernández, 1984), cuando la disponibilidad de agua es alta a partir de junio y la probabilidad de establecimiento de plántulas es alta (figura 7).

En muchas especies de zonas áridas, así como de muchas asteráceas es bastante común que puedan germinar en un amplio intervalo de temperaturas, que oscila entre 17 y 34° C (Nobel, 1988). Los resultados obtenidos en este trabajo indican que los aquenios de *Tagetes lunulata* y *Tithonia tubaeformis* pueden germinar bajo dicho intervalo de temperaturas, lo que coincide con los resultados obtenidos en trabajos realizados con asteráceas y especies de matorrales xerófilos (Baskin *et al*; 1995a, Baskin *et al*; 1999, Walck *et al*; 1997a, Walck *et al*; 1997b y Pritchard, 1995).

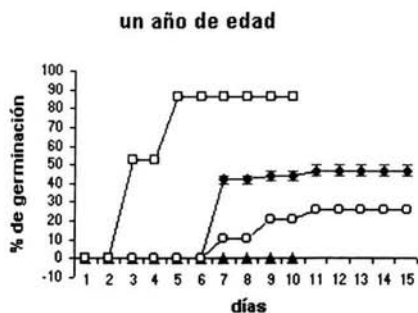
Ruedas (1999) indica que la plasticidad de respuesta a diferentes temperaturas puede favorecer la amplia distribución de las especies principalmente en zonas donde existen fluctuaciones de temperatura importantes, como en el Pedregal de San Ángel en donde las temperaturas diurnas a nivel del suelo pueden oscilar de 12 a 39° C (Martínez- Mateos, 2001).

Dado que en el Pedregal de San Ángel se pueden presentar temperaturas ambientales de hasta 39° C en verano (Martínez- Mateos, 2001), es probable que las semillas en este ambiente se vean expuestas después de la dispersión y antes de la germinación a altas temperaturas que pueden provocar que se modifique la permeabilidad de las membranas, lo que facilita la filtración de aminoácidos reduciendo su capacidad de germinación (Hilhorst, 1998).

a



a'



b



b'



c



c'



Figura 7. Porcentaje acumulado de germinación de *Senecio praecox* de a) un mes, a') un año de almacenamiento. *Tagetes lunulata* de b) un mes, b') un año de almacenamiento. *Tithonia tubaeformis* de c) un mes, c') un año de almacenamiento sometidas a diferentes tratamientos según se indica en la simbología que corresponde a cada par de gráficas.

Los resultados obtenidos en este trabajo concuerdan con lo anterior, ya que la germinación de las tres especies estudiadas se vio afectada por el tratamiento de 35° C constantes.

En donde los porcentajes de germinación obtenidos fueron de cero para *Senecio praecox*, tanto en aquenios de un mes y de un año de almacenamiento. Mientras que en el caso de *Tagetes lunulata* los porcentajes de germinación no superaron el 11%, tanto en aquenios de un mes y como para los de un año de almacenados y *Tithonia tubaeformis* mostró porcentajes inferiores a 16% en aquenios almacenados durante un mes y un año.

Respecto a la velocidad de germinación, esta mostraron un ligero aumento en aquenios con un año de almacenamiento, tanto para *T. lunulata* y *T. tubaeformis*, esto se debe a que la permeabilidad de la membrana se modifica al derretirse la capa suberizada de células que recubre a las semillas y por lo tanto puede aumentar su tasa de imbibición (Vázquez-Yanes y Orozco- Segovia, 1993).

## VII. 2. Factor oscuridad

Orozco Segovia (1999) menciona que cuando las semillas son almacenadas en seco en laboratorio, pueden tener cambios en la respuesta fotoblástica y en la viabilidad de las semillas, para los resultados del presente trabajo esto se observa con un aumento en el porcentaje de germinación en aquenios de un año de almacenamiento en condiciones de oscuridad, en comparación con los bajos porcentajes de germinación obtenidos en aquenios de un mes de almacenamiento. Los aquenios de *Senecio praecox* se consideran como fotoblásticos indiferentes ya que no se observaron diferencias significativas en el porcentaje de germinación entre el lote en oscuridad y el lote testigo, en ninguna de las dos edades, pero no en su fotoperíodo ya que sí existe un efecto del almacenamiento, ya que los porcentajes de germinación en aquenios con un año de almacenamiento, llegan a ser mayores al 50%, porcentaje que es mayor al obtenido por aquenios de un mes de almacenados (Tabla 1). *Tagetes lunulata* presentó un fotoblastismo positivo en aquenios de un mes de almacenamiento al presentar porcentajes de germinación de 26% bajo la condición de oscuridad. Los resultados obtenidos para *Tithonia tubaeformis* muestran que los aquenios son fotoblásticos indiferentes, ya que tanto para los resultados obtenidos al mes

de almacenamiento y con un año, en condiciones de oscuridad son estadísticamente iguales a los del tratamiento testigo, para esta especie el almacenamiento de los aquenios favorece la germinación (Tabla 1).

La pérdida del requerimiento de luz en semillas almacenadas en seco y oscuridad se ha reportado como un fenómeno bastante común (Orozco-Segovia, 1986).

Debido a que las semillas pequeñas poseen menor cantidad de reservas alimenticias, tienden a necesitar mayor cantidad de luz, en cambio semillas grandes al tener más nutrientes pueden ser insensibles a la luz (Fenner, 1985). Los resultados de Corkidi Abud (1989) concuerda con estos resultados ya que sus experimentos con *Bidens odorata* demostraron que los aquenios pequeños son fotoblásticos positivos. En este sentido, se esperaría que los aquenios de *Senecio praecox* con un tamaño de alrededor de 4 mm de largo, tenderían a ser fotoblásticos positivos, sin embargo estos son indiferentes a la luz.

*Tagetes lunulata* al tener aquenios pequeños de unos 8 mm de largo y 1 mm de ancho, presentaron porcentajes de germinación de 26%, al mes de edad, mientras que *Tithonia tubaeformis* al presentar los aquenios más grandes de las tres especies, resultaron ser indiferentes a la luz, ya que presenta porcentajes de germinación similares a los obtenidos por el tratamiento testigo (Tabla 1). Todo esto tiene una implicación ecológica, ya que el tamaño de la semilla es un indicativo de la cantidad de nutrientes que posee y el tiempo en que la plántula pueda depender de sus reservas, ya que si una semilla pequeña se encuentra enterrada las probabilidades de emergencia y que sobreviva son bajas en comparación con una de mayor tamaño, la cual puede sostener a la plántula hasta que esta esté más grande y pueda emerger a la superficie (Fenner, 1985). En *Tagetes lunulata* el fotoblastismo positivo presente en aquenios almacenados durante un mes responde en campo a la necesidad de las bajas temperaturas de invierno, con lo que se evita que estas germinen a principios de la primavera.



### VII. 3. Condición de estratificación

Algunas especies de la familia Asteraceae requieren de las bajas temperaturas de invierno para poder romper la latencia y de esta forma germinar (Baskin y Baskin, 1988). De hecho existen varios trabajos realizados con asteráceas en los que se ha demostrado que la estratificación favorece la germinación (Baskin y Baskin, 1999; Flores Gallardo, 1986; Lerck *et al*; 1994; Walck *et al*; 1997a; Reyes, 1997; Walck *et al*; 1997b y Viviar Evans, 2002); lo que permite la maduración del embrión y por lo tanto el que las semillas germinen en condiciones más favorables para el establecimiento de las plántulas, dichas especies son consideradas como anuales de verano (Baskin y Baskin, 1988). *Senecio praecox*, al no considerarse como anual de verano, se esperaba que su porcentaje de germinación bajo el pre-tratamiento de estratificación fuera menor al del tratamiento testigo, sin embargo su porcentaje de germinación fue similar al obtenido bajo el tratamiento testigo, tanto en aquenios de un mes como un año de almacenamiento (Figura. 7). La velocidad de germinación sólo se vio afectada por el tratamiento testigo en aquenios con un mes de almacenamiento. *Tagetes lunulata* y *Tithonia tubaeformis* podrían considerarse como anuales de verano, por lo que se esperaba que ambas especies presentaran un aumento en el porcentaje de germinación bajo el tratamiento de estratificación. Sin embargo los resultados obtenidos en este trabajo demostraron que los aquenios de ambas especies, presentaron porcentajes de germinación estadísticamente iguales al tratamiento testigo, en aquenios de un mes y un año de almacenamiento (Tabla 4). El aumento en la tasa de germinación de los aquenios de *Tagetes lunulata* y *Tithonia tubaeformis* almacenados por un año podría estar relacionado con la maduración del embrión y no por la estimulación de las bajas temperaturas (Figura. 7).

#### VII. 4. Viabilidad de aquenios

En condiciones de laboratorio, las semillas de las tres especies estudiadas pueden considerarse como ortodoxas, al no perder su viabilidad con el almacenamiento, mantenidas en oscuridad y con bajo contenido de humedad. En el Pedregal de San Ángel es común encontrar sustratos de roca basáltica, con nula o escasa acumulación de suelo menor de 5 cm al año, en donde la cobertura vegetal es escasa o nula. En dichos sitios los altos niveles de radiación pueden provocar temperaturas sumamente elevadas a nivel del suelo hasta de 39° C en julio (Martínez Mateos, 2001). Esto podría indicar que las altas temperaturas tienen efecto sobre la dinámica de la germinación en condiciones naturales influyendo de manera significativa en la pérdida de humedad de las semillas.

Los resultados de la duración de la viabilidad de cada especie en condiciones naturales son muy variables para cada sitio topográfico durante el transcurso del año. En los meses donde el porcentaje de germinación es bajo, puede existir una interacción entre los aquenios y la gran variedad de factores ambientales. Los resultados obtenidos en campo para *S. praecox* reafirman esto al presentar en los sitios planos porcentajes de germinación menores a 8% y para los últimos dos trimestres correspondientes a la época de secas, los porcentajes de germinación en sitios planos disminuyeron hasta cero (Tabla 5), lo cual concuerda con las altas temperaturas y baja humedad de esos meses (Martínez Mateos, 2001). Por otra parte se ha observado que la limitada cantidad de reservas que poseen las semillas pequeñas como los aquenios de *S. praecox*, las inhibiría de producir una plántula capaz de atravesar una capa de hojarasca muy gruesa (Molofsky y Auspurger, 1992). Esto concuerda con lo que se observa en los aquenios colocados en sitios abruptos, los cuales presentaron porcentajes de germinación menores al 10% y un mínimo de 0.6%. Estos resultados indican que los aquenios de *S. praecox* presentan una latencia exógena, ya que a pesar de que los aquenios se encuentran aptos para germinar y que se encuentran incluso en condiciones adecuadas de humedad y temperatura media, estos continúan en estado de latencia. La baja respuesta de germinación probablemente sea debido a la presencia de mecanismos detectores de condiciones adecuadas de luz o de termoperíodo (Vázquez -Yanes, 1999). Es posible que el bajo porcentaje de germinación de aquenios en sitios abruptos, puede ser el resultado de un distinto grado de vulnerabilidad al ataque de patógenos y depredadores y no tanto el producto de un mecanismo fisiológico destinado a regular la duración del período de

latencia (Vázquez -Yanes y Orozco Segovia, 1993), de igual forma el medio ambiente puede influir para que parte de la población se deteriore o pierda la viabilidad.

Baskin y Baskin (1988), denominaron a las especies que germinan al principio de la primavera como anuales de verano, las cuales necesitan de las bajas temperaturas de invierno para romper la latencia innata y de esta forma poder germinar. Tanto *Tagetes lunulata*, como *Tithonia tubaeformis* en campo presentaron porcentajes de germinación mayores a 70% en los tres sitios topográficos durante los dos primeros trimestres, coincidiendo con el inicio de primavera esto concuerda con otros estudios realizados en campo con especies de la familia Asteraceae en donde las especies anuales de verano germinan en primavera, con el inicio de las primeras lluvias (González *et al.*, 2000 y Hernández, 1984).

Los resultados obtenidos para *Tithonia tubaeformis* indican que se presenta una latencia secundaria a partir del segundo trimestre al mostrar porcentajes de germinación inferiores al 20% en sitios planos tanto en sombra como sin ella. Con respecto al sitio abrupto, el porcentaje de germinación disminuyó hasta 62% a partir del segundo trimestre y durante el tercer trimestre el porcentaje bajó aún más hasta llegar a 17.6%, lo que coincide con las altas temperaturas de verano. Baskin y Baskin (1995b) indican que muchas de las especies de la familia Asteraceae, que germinan al final del invierno como *T. tubaeformis* entran en latencia debido a las altas temperaturas de verano. Este comportamiento se observó a partir del segundo trimestre el que se mantiene hasta el tercer trimestre (Tabla 5). Dicha latencia se rompe en el cuarto trimestre, con las bajas temperaturas del mes de diciembre, en donde los porcentajes de germinación vuelven a ser altos. *Tagetes lunulata* presentó dicho comportamiento a partir del tercer trimestre, lo que coincide con el final del verano.

## VIII. CONCLUSIÓN

### *Senecio praecox*

Presenta un óptimo de germinación a una temperatura de 25° C constantes, el tratamiento de 35° C presenta un efecto negativo sobre la germinación de los aquenios de esta especie. Los aquenios son fotoblásticos indiferentes, el pre-tratamiento de estratificación no tuvo un efecto significativo en la tasa de germinación.

En laboratorio presenta una viabilidad superior al 80% tanto en aquenios con un mes y de un año de colectados, las semillas pueden considerarse como ortodoxas, al no perder su viabilidad con el almacenamiento, en oscuridad y con bajo contenido de humedad.

Las semillas pueden permanecer viables en el suelo de sitios abruptos del Pedregal al menos un año. En sitios abiertos las semillas de *S. praecox* permanecen viables durante seis meses.

### *Tagetes lunulata*

*No presenta una temperatura específica de germinación, está se expresa dentro de un intervalo de temperatura de 18 a 32° C. EL tratamiento a 35° C tiene un efecto significativo negativo sobre la germinación. Los aquenios de esta especie son fotoblásticos positivos recién colectados, condición que se pierde a medida que pasa el tiempo; el pre-tratamiento de estratificación no presenta un efecto significativo sobre el porcentaje de germinación.*

En laboratorio los aquenios de esta especie tienen una viabilidad superior al 50% al mes como al año de colecta, se consideran como ortodoxas, sus semillas al no perder su viabilidad con el almacenamiento.

Sus semillas pueden permanecer viables en el suelo de los sitios abruptos, así como sitios planos con y sin sombra del Pedregal al menos un año.

*Tithonia tubaeformis*

Los achenios pueden germinar bajo una variedad amplia de condiciones ambientales que va de los 18 a 32° C. A 35° C su tasa de germinación se reduce significativamente. Sus achenios son fotoblásticos indiferentes. La estratificación previa no afectó la respuesta germinativa de los achenios.

El comportamiento germinativo de esta especie indica una viabilidad alta con almacenamiento de un mes, así como de un año de colectados. En laboratorio, las semillas pueden considerarse como ortodoxas, al no perder su viabilidad.

Pueden permanecer viables en el suelo de los tres sitios topográficos presentes en el Pedregal al menos un año.

## IX. BIBLIOGRAFIA

- Álvarez S. F. J; Carabias J., Meave L. J, Moreno-Casasola C. P., Nava D. F, Rodríguez Tovar F. Z. C .G. y Valiente-Banuet A. 1989. **Proyecto para la creación de una Reserva en el Pedregal de San Ángel**. Facultad de Ciencias. UNAM. 54p.
- Anacleto Andrés M. 1996. **Germinación del palo loco (*Senecio praecox*), en relación con la disponibilidad de la luz, temperatura, substrato y profundidad de siembra**. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 62p.
- Baskin C. y Baskin J. 1988. Germination ecophysiology of herbaceous plant species in a temperate region. **American Journal of Botany** **75**(2): 286-305.
- Baskin C., Baskin J. y van Auren W. 1995a. Temperature requeriments for dormancy break and germination in achenes of the winter annual *Lindheimeria texana* (Asteraceae), **The Southwestern Naturalist** **40**(3): 268-272.
- Baskin C., Baskin J. y Chester E. W. 1995b. Role of temperature in the germination ecology of summer annual *Bidens polylepis* Blacke (Asteraceae). **Bulletin of the Torrey Botanical Club** **122**(4): 275-281.
- Baskin C. y Baskin J. 1998. **Ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination**. Academic Press. San Diego. 666p.
- Baskin C., Baskin J. y van Auren W. 1999. Dormancy-breaking and germination requeriments in seeds of the summer annual *Palafoxia gallosa* (Asteraceae) from central Texas. **Southwestern Naturalist** **44**(3): 272-277.
- Bewley D. y Black M. 1994. **Seeds. Physiology of Development and Germination**. Plenum Press. Nueva York. 445p.

Bidwell R.G.S. 1979. **Plant Physiology**. Macmillan Publishing. Nueva York . 726p.

Bradbeer J, W. 1988. **Seed Dormancy and Germination**. Chapman and Hall. Nueva York. 146p.

Calderón de Rzedowski G. y J. Rzedowski. 2001. **Flora fanerogámica del Valle de México**. Instituto de Ecología A. C. Pátzcuaro Michoacán. 1406p.

Camacho Morfín F. 1994. **Dormición de semillas: causas y tratamientos**. Ed. Trillas. México D .F. 125p.

Cano-Santana Z. 1994. **Flujo de energía a través de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera Acrididae) y productividad primaria neta aérea, en una comunidad xerófila**. Tesis de Grado (Doctor en Ciencias). Facultad de Ciencias, UNAM, México. 198p.

Cano-Santana Z. y J.C.Meave. 1996. Sucesión primaria en derrames volcánicos: el caso del Xitle. **Ciencias 41**: 58-68.

Carrillo Trueba C. 1995. EL Pedregal de San Ángel. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 177p.

Castillo-Argüero S, Montes Cartas G. , Romero-Romero M. A., Martínez-Orea Y., Guadarrama-Chávez P., Sánchez-Gallén I. Y Núñez-Castillo O. 2004. Dinámica y conservación de la flora del matorral xerófilo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (D. F. México). **Boletín de la Sociedad Botánica de México 74**: 51-75.

Cervantes Gutiérrez M. V. 1986. **Aspectos ecofisiológicos de la germinación y de las primeras etapas de crecimiento de algunas especies pioneras de la selva tropical**. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 64p.

- Corkidi Abud L. 1989. **Ecofisiología de la germinación de semillas heteromórficas de *Bidens odorata* Cav.** Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 76p.
- Dalling James W. 2002. Ecología de semillas. En Guariguata M., R. y G., H, kattan (editor). **Ecología y conservación de Bosques Neotropicales.** Libro Universitario Regional. Costa Rica. Pp. 345-375.
- Espinosa García F. J. Y Sarukhán J. 1997. **Manual de malezas del valle de México.** UNAM, Fondo de Cultura Económica. México D. F. 407p.
- Fenner M. 1985. **Seed Ecology.** Chapman y Hall. Gran Bretaña. 151p.
- Figueroa Castro D. M. 2001 **Efecto de la Herbivoría floral sobre el éxito reproductivo de *Dahlia coccinea* (Asteraceae) en el Pedregal de San Ángel.** Tesis de Grado (Maestría en Ciencias). Facultad de Ciencias, UNAM. 95p.
- Flores Gallardo D. M. 1986. **Contribución al estudio de algunos aspectos fisiológicos de la germinación de las especies *Lepidium virginicum* L. y *Amaranthus hybridus* L.** Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 49p.
- García, E. 1988. **Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen.** México. 217p.
- González–Astoroga, J. y Núñez Farfán J. 2000. Variable demography in relation to germination time in the annual plant *Tagetes micrantha* Ca. (Asteraceae). **Plant Ecology** 151: 253-259.
- González–Zertuche, L y Orozco–Segovia A.. 1996. Métodos de análisis de datos de la germinación de semillas un ejemplo *Manfreda brachystachya*. **Boletín de la Sociedad Botánica de México** 58: 15-30.



- Harper J. L. 1977. **Population biology of plants**. Academic press. Londres. 892 p.
- Hernández Islas J. L. 1984. **Variación estacional del contenido de semillas en suelo de tres hábitats**. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias UNAM. México. 100p.
- Herrera, A, L; y Almeida L. L.. 1994. Relaciones fitogeográficas de la flora vascular de la Reserva del Pedregal de San Ángel México, D. F. En Rojo, A. (comp.). **Reserva Ecológica el Pedregal de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo**. UNAM. México. Pp 83-89.
- Hilhorst Henk W. 1998. The regulation of secondary dormancy. The membrane hypothesis revisited. **Seed Science Research**. 8: 77-90.
- Kozlowski, T. 1972. **Seed Biology**. Academic Press. Nueva York. 416p.
- Leck M. A., Baskin C. y Baskin J..1994. Germination ecology of *Bidens laevis* (Asteraceae) from a tidal freshwater wetland. ). **Bulletin of the Torrey Botanical Club** 121(3): 230-239.
- Martín del Pozo A. L. 1995. La edad del Xitle. En: Carrillo T. C. **El Pedregal de San Ángel**. p. 48. Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F.
- Martínez Mateos A. E. 2001. **Regeneración natural después de un disturbio por fuego en dos macroambientes contrastantes de la Reserva Ecológica "El Pedregal de San Ángel"**. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 66p.
- Martínez Orea Y. 2001. **Efecto del fuego sobre el banco de semillas de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel**. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 62p.

- Martínez Vázquez M. L. 1988. **Estudios sobre la germinación de gramíneas de dunas costeras del estado de veracruz**. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 151p.
- Mayer, M. A. y Poljakoff-Mayber A. 1978. **The Germination of Seeds**. Pergamon Press. Oxford. 192p.
- Meave, J., Carabias J., Arriaga V. y Valiente-Banuet A. 1994. Observaciones fonológicas en el Pedregal de San Ángel. En Rojo, A. (comp.). **Reserva Ecológica el Pedregal de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo**. UNAM. México. Pp. 91-102.
- Molofsky, J. y Augspurger C., K.. 1992. The effect of leaf litter on early seedling establishment in a tropical forest. **Ecology** 73 (1): 68-77.
- Nobel P.S. 1988. **Environmental Biology of Agaves and Cacti**. Cambridge University Press. U.S.A. 270p.
- Orozco- Segovia, A. D. 1986. **Fisiología Ecológica del Fotoblastismo en Semillas de Cuatro Especies del Genero Piper L.** Tesis de Grado (Doctor en Ciencias), Facultad de Ciencias, UNAM, México. 111p.
- Orozco-Segovia, A. D. 1999. Procesos ecofisiológicos que intervienen en la germinación de semillas de especies tropicales. Papel de los Fitocromos. En Orellana, R. (editor). **Ecofisiología vegetal y conservación de recursos genéticos**. CICY. Mérida, México. Pp. 59-66.
- Pérez Nasser N. 1985. **Viabilidad en el suelo de las semillas de once especies de la vegetación de los Tuxtlas, Ver.** Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 76p.

- Pritchard Hugh W. y Miller A. P. 1995. The effects of constant temperatures, light and seed quality on the germination characteristics of *Agave Americana*. **Boletín de la Sociedad Botánica de México**. 57:11-14.
- Raven H., Evert F. y Eichhorn E. 1992. **Biology of Plants**. Worth Publishers. Nueva York. 790p.
- Reyes Ortega M. I. 1997. **Estudio sobre la germinación de semillas de tres especies de Lamiaceas del Sur del valle de México**. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM, México. 84p.
- Rodríguez Lucatero A. y Alvarez Añorve L. I . 1992. **Tratamientos para estimular la germinación en semillas con problemas de latencia**. Tesis de licenciatura Facultad de Ciencias, UNAM, México. 301p.
- Ruedas Medina M. 1999. **Germinación y crecimiento temprano de *Mammillaria magnimamma***. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 79p.
- Ruedas M., Valverde T. y Castillo Argüero S. 2000. Respuesta germinativa y crecimiento de plántulas de *Mammillaria magnimamma* (Cactaceae) . Bajo diferentes condiciones ambientales. **Boletín de la Sociedad Botánica de México** 66: 25-35.
- Rzedowski, J. 1954 Vegetación del Pedregal de San Ángel (D. F., México) **Anuales de la Escuela de Ciencias Biológicas I.P.N México** 8: 59-129.
- Rzedowski, J. 1978. **Vegetación de México**. Ed. Limusa. México 432p.
- Salmerón R. 1984. **Germinación de semillas acumuladas en el suelo de una selva húmeda tropical "Los Tuxtlas" Veracruz**. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM, México. 76p.

- Sarukhán J, 1997. Acuerdo por el que se reestructura e incrementa la zona de la Reserva Ecológica y se declaran las Áreas Verdes de manejo especial de la Ciudad Universitaria. Gaceta No. 3070, 13 de enero, pp. 15-17. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Valiente-Banuet, A. y de Luna E. G. 1990. Una Lista florística para la Reserva del Pedregal de San Ángel, México, D. F. **Acta Botánica Mexicana** 9: 13-30.
- Vázquez-Yanes, C. y Orozco Segovia, A. 1984. Fisiología ecológica de las semillas de árboles de la selva tropical. **Ciencia** 35: 191-2001.
- Vázquez-Yanes, C. y Orozco Segovia, A. 1993. Patterns of seed longevity and germination in the tropical rainforest. **Annual Review of Ecology and Systematics**. 24: 69-87.
- Vázquez-Yanes, C., A. Orozco, M. Rojas, M. Sánchez y Cervantes V. 1997. **La Reproducción de las plantas: Semillas y Meristemos**. SEP. FCE. CONACYT. México D. F. 167p.
- Vázquez-Yanes C. 1999. Ecología fisiológica de las semillas y su relación con la conservación. En Orellana, R. (editor). **Ecofisiología vegetal y conservación de recursos genéticos**. CICY. Mérida, México. Pp. 51-56.
- Villiers, T. 1979. **Reposo y supervivencia de las plantas**. Ediciones Omega. Barcelona. 77p.
- Vivar Evans E. 2002. **Ecofisiología de la germinación de Dahlia cocinea**. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 78p.
- Vleeshouwers M., Bouwmeester J. y Karssen M. 1995. Redefining seed dormancy: an attempt to integrate physiology and ecology. **Journal of Ecology**. 83: 1031-1037.

- Walck, J., Baskin J. y Baskin C. 1997a. Comparative Achene germination requirements of the rockhouse endemic *Ageratina luciae-brauniae* and its widespread close relative *A. altissima* (Asteraceae). **The American Midland Naturalist**. 137 (1): 1-11.
- Walck, J., Baskin J. y Baskin C. 1997b. A comparative study of the seed germination biology of a narrow endemic and two geographically-widespread species of *Solidago* (Asteraceae). 1. Germination phenology and effect of cold stratification on germination. **Seed Science Research** 7: 47-58.
- Wong José G. R. 1991. **Influencia de la temperatura en la ruptura de la latencia de semillas de las Arvenses *Ipomoea purpurea* (Convolvulaceae) y *Sicyos deppei* (Cucurbitaceae)** . Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México. 68p.
- Zar J. 1996. **Biostatistical analysis**. Prentice Hall. New Jersey. 121 p.