

2ej



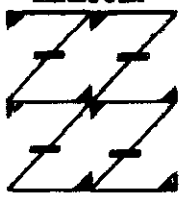
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ZARAGOZA"

GERMINACION Y DESARROLLO POSTEMERGENTE DE TRES ESPECIES DEL GENERO POLIANTHES L. (AGAVACEAE)

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
HECTOR SERRANO CASAS

UNAM
FES
ZARAGOZA



LO HUMANO ES DE NUESTRA REFLEXION

DIRECTOR: M. en C. ELOY SOLANO CAMACHO

MEXICO, D. F.

ENERO 1990

TESIS CON
PALLA DE ORIGEN

271041



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

## AGRADECIMIENTOS

Con toda honestidad agradezco al M. en C. Eloy Solano Camacho por sus acertados comentarios, sugerencias, dedicación y dirección durante la realización del presente trabajo.

A los miembros del jurado: Biól. Ramiro Ríos Gómez, M. en C. Ma. Socorro Orozco Almanza, M. en C. Efraín Angeles Cervantes y Biól. Carlos Castillejos Cruz, por sus acertados comentarios y sugerencias que enriquecieron este trabajo.

A la Biól. Alma Rosa González Becerril por su valioso apoyo y colaboración.

A Gerardo Serrano Farfán por su total disposición y colaboración durante la revisión bibliográfica.

A la Biól. Adelaida Ocampo por su valiosa conducción durante el trabajo de laboratorio.

De manera especial al M. en C. Antonio Valencia Hernández por su invaluable apoyo durante la interpretación estadística y trabajo de cómputo.

A todo el personal del herbario FEZA: M. en C. Alejandrina Ávila Ortiz, Biól. Marco Antonio Hernández Muñoz y Biól. Genoveva Villalobos Contreras por sus valiosos comentarios y sugerencias.

Esta tesis se realizó con apoyo financiero de la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) a través del proyecto FB29/H230/96.

## DEDICATORIAS

A la memoria de mi abuelita "Mary" porque supo vencer la adversidad y alcanzar el éxito.

A la memoria de mi padre por ser un hombre sabio, gracias "Ricardo" . . .

A mi madre "Conchita" que con su amor infinito me ha dado la vida y me ha colmado de ánimo para seguir adelante.

A mi esposa "Alma" por su amor, comprensión y por compartir su vida conmigo.

A mis hermanas; Eloisa, Lourdes y Rosaura porque gracias a sus enseñanzas, su cariño y confianza he alcanzado metas.

A mi hermano Gerardo, por la admiración que siempre le he tenido.

# ÍNDICE GENERAL

Página

Agradecimientos	
Dedicatorias	
Índice general.....	i
Índice de cuadros.....	iii
Índice de figuras .....	iv
Resumen	
Introducción.....	1
<b>I MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>4</b>
1.1 Semilla.....	4
1.2 Semillas ortodoxas y recalcitrantes.....	7
1.3 Función de la semilla.....	8
1.4 Germinación.....	8
1.5 Estudios sobre germinación en Agaváceas y Liliáceas.....	9
1.6 Tipos de germinación.....	10
1.7 Factores que determinan la germinación.....	11
1.8 Latencia.....	13
1.9 Viabilidad.....	14
1.10 Desarrollo postemergente.....	15
1.11 Características taxonómicas de las especies del género <i>Polianthes</i> L. ....	17
1.12 <i>Polianthes geminiflora</i> (La Llave et Lex. ) Rose var. <i>geminiflora</i> .....	19
1.13 <i>Polianthes</i> sp. nov. ....	20
1.13 <i>Polianthes longiflora</i> Rose ( <i>Polianthes michoacana</i> Cedano, R. Delgadillo et Enciso).....	21
<b>II HIPÓTESIS.....</b>	<b>23</b>

<b>III OBJETIVOS.....</b>	<b>24</b>
<b>IV MATERIAL Y MÉTODO.....</b>	<b>25</b>
4.1 Recolecta.....	25
4.2 Caracterización de las semillas.....	25
4.3 Determinación del contenido de humedad.....	26
4.4 Pruebas de viabilidad.....	27
4.5 Tratamientos pregerminativos.....	27
4.6 Preparación de los medios de cultivo para las pruebas de germinación.....	28
4.7 Pruebas de germinación.....	28
4.8 Evaluación del proceso germinativo.....	29
4.9 Emergencia y desarrollo postemergente.....	33
<b>V RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>38</b>
5.1 Caracterización de las semillas.....	38
5.2 Contenido de humedad de las semillas.....	40
5.3 Viabilidad.....	41
5.4 Tratamientos pregerminativos.....	42
5.4.1 Discusión general sobre los tratamientos pregerminativos.....	54
5.5 Descripción del proceso germinativo.....	57
5.5.1 Germinación en agar.....	57
5.6 Emergencia.....	59
5.7 Caracterización de las plántulas.....	59
5.8 Desarrollo postemergente.....	62
<b>VI CONCLUSIONES.....</b>	<b>67</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>69</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1 Contenido de humedad en semillas de tres especies del género <i>Polianthes</i> L. ....	41
2 Viabilidad de las semillas de tres especies del género <i>Polianthes</i> L. ....	42
3 Porcentaje de germinación de tres especies del género <i>Polianthes</i> L. ....	43
4 Índices de germinación del tratamiento remojo en agua a 40 °C durante 12 horas.....	49
5 Índices de germinación del tratamiento remojo en agua a 40 °C durante 6 horas.....	50
6 Índices de germinación del tratamiento remojo en agua a 40 °C durante 3 horas.....	51
7 Índices de germinación del tratamiento remojo en agua a 25 °C durante 12 horas.....	52
8 Índices de germinación del tratamiento remojo en agua a 25 °C durante 6 horas.....	52
9 Índices de germinación del tratamiento remojo en agua a 25 °C durante 3 horas.....	53
10 Índices de germinación de los testigos.....	54
11 Longitudes promedio de la primera hoja en plántulas de tres especies del género <i>Polianthes</i> L. , 35 días después de la siembra..	63
12 Longitudes promedio de la primera hoja en plántulas de tres especies del género <i>Polianthes</i> L. , 75 días después de la siembra..	63
13 Parámetros de Walford-Bertalanffy (1938-1946) obtenidos durante el crecimiento de la primera hoja de las plántulas de tres especies del género <i>Polianthes</i> L. ....	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1 Forma y patrón de reticulación presente en la exotesta de las semillas de <i>P. geminiflora</i> var. <i>geminiflora</i> , <i>P. sp. nov.</i> y <i>P. longiflora</i> .....	38
2 Semillas de <i>P. geminiflora</i> var. <i>geminiflora</i> , <i>P. sp. nov.</i> y <i>P. longiflora</i> .....	40
3 Porcentaje de germinación de tres especies del género <i>Polianthes</i> L. , remojadas en agua a 40 °C durante 12 horas.....	43
4 Porcentaje de germinación de tres especies del género <i>Polianthes</i> L. , remojadas en agua a 40 °C durante 6 horas.....	44
5 Porcentaje de germinación de tres especies del género <i>Polianthes</i> L. , remojadas en agua a 40 °C durante 3 horas.....	45
6 Porcentaje de germinación de tres especies del género <i>Polianthes</i> L. , remojadas en agua a 25 °C durante 12 horas.....	46
7 Porcentaje de germinación de tres especies del género <i>Polianthes</i> L. , remojadas en agua a 25 °C durante 6 horas.....	46
8 Porcentaje de germinación de tres especies del género <i>Polianthes</i> L. , remojadas en agua a 25 °C durante 3 horas.....	47
9 Porcentaje de germinación en los testigos de tres especies del género <i>Polianthes</i> L. ....	48
10 Vaina foliar de la plántula de <i>Leucojum vernum</i> y diferentes formas de la vaina foliar en las tres especies estudiadas del	



género <i>Polianthes</i> L. ....	58
11 Estructuras identificadas en una plántula de <i>Agave</i> .....	60
12 Plántulas de <i>P. geminiflora</i> var. <i>geminiflora</i> , <i>P. sp. nov.</i> y <i>P. longiflora</i> .....	61
13 Valores correspondientes a las tallas de la primera hoja en plántulas de <i>P. geminiflora</i> var. <i>geminiflora</i> .....	64
14 Valores correspondientes a las tallas de la primera hoja en plántulas de <i>P. sp. nov.</i> ....	64
15 Valores correspondientes a las tallas de la primera hoja en plántulas de <i>P. longiflora</i> .....	65

## RESUMEN

Se describe la germinación y desarrollo postemergente de tres especies del género *Polianthes* (*P. geminiflora* var. *geminiflora*, *P. sp. nov.* (Solano, inédito) y *P. longiflora*). Sus semillas registraron una viabilidad de 94 a 100%; su contenido de humedad es inferior al 20% por lo que se clasifican como semillas ortodoxas. Se aplicaron los siguientes tratamientos pregerminativos: remojo en agua a 40 y 25 °C por 12, 6 y 3 horas. A 25 °C y 3 horas, se encontró que el porcentaje, velocidad y uniformidad de germinación se incrementan, pero no fueron estadísticamente significativas en relación con el testigo. Las semillas de *P. geminiflora* var. *geminiflora*, resisten mejor la temperatura a 40 °C, ya que su porcentaje de germinación es superior, comparada con la de *P. sp. nov.* y *Polianthes longiflora*. Se concluye que ninguna de las especies estudiadas requieren de tratamientos pregerminativos para acelerar este proceso.

Las semillas de *P. longiflora* son más sensibles al remojo en agua a 40 °C, con este tratamiento no se registró germinación a 12 y 6 horas de exposición. Las tres especies presentan germinación epígea, poco común en las monocotiledóneas, su cotiledón desarrolla un haustorio que absorbe las reservas del endospermo hacia la plántula en crecimiento. En el tiempo que duró el experimento (79 días), se encontró que en especies estudiadas, existen diferencias significativas en la longitud total de la hoja. *P. longiflora*, registró la mayor longitud e inicia su crecimiento más tempranamente, aunque su tasa es más baja.

Morfologicamente, las semillas, el tipo de germinación y las plántulas de estas especies, son similares; solamente varía la longitud de la primera hoja que está en función de las características genéticas de cada especie. Por lo tanto, la morfología de las plántulas no contribuye a la taxonomía de las especies estudiadas.

## INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la clasificación de Dahlgren *et al.*, (1985), el género *Polygonatum* L. pertenece a la familia Agavaceae. Este género es endémico de México, se distribuye en los estados de Tamaulipas, Chihuahua, Jalisco, Nayarit, Zacatecas, Durango, Aguascalientes, Michoacán, Guanajuato, Colima, Guerrero, Hidalgo, México, Distrito Federal, Puebla, Tlaxcala y Oaxaca; frecuente en bosques de coníferas y pino-encino (Alvarez, 1989; McVaugh, 1989; Galván, 1990; Solano, 1998 Comunicación personal).

Las flores de la mayoría de las especies son fragantes y pueden ser: blancas, amarillas, anaranjadas, rosadas y rojas o combinación de estos colores. Estas características hacen que tengan un valor potencial como plantas ornamentales; por ejemplo, *Polygonatum tuberosum*, ha sido cultivada y comercializada por más de 400 años, además, posee aceites esenciales ampliamente utilizados en la industria de la perfumería (Trueblood, 1973).

Por otro lado, debido a la alta concentración de saponinas en sus bulbos, cormos y raíces contráctiles; *Polygonatum geminiflorum*, *P. graminifolium* y *P. tuberosum*, han sido utilizadas por diferentes grupos étnicos de nuestro país como sustitutos del jabón; razón por la cual, en náhuatl, reciben el nombre de amote, omolixochitl u omilixochitl (flor de jabón) (Rose, 1903; Trueblood, 1973).

La familia Agavaceae tiene su centro de diversidad en nuestro país, en él, se distribuyen la totalidad de sus géneros y el 75% de las especies conocidas a nivel mundial, de las cuales el 55% son endémicas (Dahlgren *et al.*, 1985; Alvarez, 1989; Garcia-Mendoza y Galván, 1995).

Desde que la familia Agavaceae fue propuesta por Endlicher (1841), ha generado polémica en relación con su validez taxonómica debido a que los autores que se han encargado de su estudio, han establecido diferentes criterios para su delimitación. Según Hernández (1994), estas diferencias obedecen a los procesos de convergencia y paralelismo, surgidos durante la filogenia de la familia.

A pesar de que las agaváceas tienen un alto potencial como plantas ornamentales, artesanales y en la producción de materia prima para la elaboración de bebidas, cordeles, perfumes, medicamentos, etc. los estudios anatómicos, morfológicos y de germinación, entre otros, que contribuyan a un mejor aprovechamiento de las mismas, son escasos. En este sentido, se plantea el estudio de la germinación y desarrollo postemergente de tres especies del género *Polygonum*, dicho estudio generará información útil en el manejo de las mismas, con fines de conservación, cultivo y domesticación. Por otro lado, permitirá establecer si ambos procesos difieren entre las especies pues dos de ellas son muy parecidas en sus caracteres vegetativos y reproductivos en estado

adulto, finalmente, se conocerá si la morfología de las plántulas puede servir para delimitar las especies de todo el género. Según Ibarra-Manríquez (1992) tanto la germinación como la morfología de plántulas han mostrado ser una herramienta útil para la distinción entre los taxa de diversas familias de dicotiledóneas. Por otro lado, Hodgson y García (1997) colocan en la categoría de rara a *P. longiflora*. Esta especie es endémica de Jalisco y Michoacán, según Rose (1903) ha sido comercializada localmente desde principios de este siglo, debido a la fragancia y belleza de sus flores; sus poblaciones actualmente están muy localizadas y disminuidas (Solano, 1998 Comunicación personal).

## I MARCO TEÓRICO

### 1.1 SEMILLA

Según Font-Quer (1977) desde un punto de vista botánico; la semilla se interpreta como un óvulo maduro y sus componentes principales son: Testa, endospermo y embrión.

La función básica de la testa es recubrir y proteger las estructuras internas de la semilla, es impermeable al agua, impide la transpiración excesiva y se origina a partir de los tegumentos del óvulo (García, 1993; Fuller y Ritche, 1984). Esta formada por dos capas: exotesta y endotesta. La primera, es la más externa, suele ser un recubrimiento duro y consistente, constituida por una o varias capas de células protectoras con paredes celulares y cutícula gruesas en su parte exterior. Estas características le confieren impermeabilidad al agua y gases, de esta forma, regula el metabolismo de la semilla (Fuller y Ritche, 1984).

En la superficie de la exotesta, se distinguen varias estructuras: el "hilium", hilo o hilio, es una cicatriz de forma y tamaño variable según la especie, en esta porción el óvulo se unía a la placenta por medio del funículo (Cronquist, 1988).

El micrópilo, es un pequeño poro que forma un hueco en un extremo de la semilla, constituye la porción en donde no se unen los tegumentos del óvulo y

permite el paso de las células espermáticas hacia el saco embrionario (Fuller y Ritche, 1984).

El rafe, es una sutura que se forma desde el hilo hasta el ápice del óvulo cuando este es anátropo (Font-Quer, 1977).

La edotesta o tegmen es más interna y se forma a partir del tegumento interno del óvulo, generalmente se desintegra durante el desarrollo de la plántula (García, 1993).

El endospermo, comúnmente está constituido por células  $3n$ , ontogenéticamente se forma por la fusión de dos núcleos polares presentes en el saco embrionario y uno de los dos núcleos espermáticos (Fuller y Ritche, 1984; Pérez y Martínez, 1994). En la mayoría de las angiospermas, el volumen del endospermo es inversamente proporcional al del embrión.

Las funciones del endospermo son: almacenar nutrimentos, proporcionar dureza a la semilla, generar el espacio que después ocupará el embrión, absorber y retener agua durante el proceso germinativo; lubricar la cubierta seminal cuando emerge la radícula, generar (por imbibición) presión para romper la cubierta seminal durante la germinación; sintetizar hormonas y enzimas;



además de sostener al embrión (Bradbeer, 1988; Duffus y Slaughter 1992; Pérez y Martínez, 1994;).

El embrión consta de un eje de crecimiento, formado por el epicótilo e hipocótilo, además de uno o dos cotiledones. Por encima de estos últimos, se localiza el epicótilo, en su ápice se ubica la plúmula que en su proceso de diferenciación dará origen al tallo; el hipocótilo se encuentra por abajo de los cotiledones y tiene un meristemo subapical que originará la radícula. Además, puede funcionar como órgano que almacena reservas nutritivas (Pérez y Martínez, 1994).

Según Danilova *et al.*, (1995) las monocotiledóneas generalmente presentan un cotiledón, sin embargo, a veces carecen de él, cuando lo presentan puede servir como órgano de almacenamiento, o bien como haustorio, en este último caso su función consiste en absorber las sustancias nutritivas del endospermo y traslocarlas hacia la plántula. De acuerdo con Tillich (1995), *Agave*, *Polianthes*, *Allium* y otras monocotiledóneas presentan este tipo de cotiledón.

Los cotiledones se interpretan como hojas embrionarias, pueden ser de tamaño reducido y ocupar una pequeña parte de la semilla, su función principal es la absorción (Bidwell, 1979); digestión de reservas provenientes del

endospermo, o bien, almacenamiento, como sucede típicamente en las monocotiledóneas (Fuller y Ritche, 1984). En este grupo de plantas, inicialmente la semilla contiene gran cantidad de endospermo que permanece después de la germinación y se encarga de la nutrición del embrión en desarrollo. En las semillas endospermicas los cotiledones no almacenan reservas y comúnmente son pequeños, delgados; semejantes a hojas; en cambio, las que carecen de endospermo, son muy voluminosos (García, 1993).

## **1.2 SEMILLAS ORTODOXAS Y RECALCITRANTES**

De acuerdo a su contenido de humedad, Roberts (1973) citado por Vázquez-Yanes y Toledo (1989) clasificó las semillas en dos grupos: ortodoxas y recalcitrantes o tercas. Las primeras constituyen una parte importante de las especies vegetales, producen semillas cuya viabilidad se prolonga al disminuir su contenido de humedad y es posible almacenarlas a bajas temperaturas (-5 °C). Cuando las semillas ortodoxas alcanzan niveles de hidratación inferiores al 5% sobre su peso húmedo, su resistencia a las bajas temperaturas aumenta notablemente y es posible prolongar su viabilidad en almacenamiento a temperaturas bajo 0 °C.

Las especies con semillas ortodoxas predominan entre las plantas anuales y en regiones con estación seca marcada, su período de viabilidad, depende del contenido de humedad y temperatura de almacenamiento, comúnmente, su longevidad puede prolongarse al doble por cada 5.6 °C de disminución en la

temperatura y por cada 1% de disminución en el contenido de humedad, sin embargo, estos parámetros varían según la especie (Vázquez-Yanes y Toledo, 1989).

Las semillas recalcitrantes, son características de plantas tropicales, en donde no hay estación seca marcada, entre otros géneros, pueden mencionarse; *Citrus limonia*, (limón) *Persea americana* (aguacate), *Mangifera indica* (mango), *Theobroma cacao* (cacao); (Bradbeer, 1988; Duffus y Slaughter 1992; García, 1993; Pérez y Martínez, 1994). Son semillas grandes, con un contenido de humedad mayor al 50% sobre su peso fresco, si este porcentaje se disminuye pueden morir por lo que no es posible almacenarlas a baja temperatura.

### **1.3 FUNCIÓN DE LA SEMILLA**

Su función principal es propagar y dispersar la especie, en concordancia con lo anterior, la mayor parte de las semillas son capaces de permanecer durante largos periodos, en un estado donde las actividades vitales se reducen al mínimo, en espera de condiciones ambientales favorables que permitan su germinación (Pérez y Martínez, 1994).

### **1.4 GERMINACIÓN**

Este proceso inicia con la imbibición de agua, posteriormente se incrementa la respiración, se inicia la síntesis de proteínas, se movilizan las sustancias de

reserva, comienza el crecimiento del eje embrionario y culmina cuando emerge la radícula (Bidwell, 1979; Bradbeer, 1988; Botha *et al.*, 1992; García, 1993; Pérez y Martínez, 1994;). A partir de este momento, se origina una plántula capaz de convertirse, en un individuo adulto.

### **1.5 ESTUDIOS SOBRE GERMINACIÓN EN AGAVACEAS Y LILIACEAS**

Existen pocos estudios realizados en estas familias, entre ellos se encuentra el experimento realizado con cinco subespecies de *Yucca whipplei* para determinar las diferencias genéticas en su germinación y crecimiento; los resultados revelan la existencia de diferencias ecotípicas significativas en ambos parámetros evaluados (Keeley y Tufenkian, 1984).

Con el fin de lixiviar los inhibidores presentes en la cubierta seminal de *Gloriosa superba* L. , (Liliaceae), sus semillas fueron sometidas a remojo en agua destilada durante 24 horas, posteriormente fueron tratadas con estimuladores de la germinación, obteniéndose un 67.5% de germinación (Supari *et al.*, 1993).

De acuerdo con la literatura revisada, en el género *Polianthes* no se han realizado estudios sobre germinación.

## 1.6 TIPOS DE GERMINACIÓN

En relación con el sustrato, existen dos tipos de germinación: epígea e hipógea; en la primera, después de emerger la raíz primaria, el hipocótilo se elonga y forma un arco, este alargamiento lleva a los cotiledones y la yema apical por encima del nivel del suelo. A partir de este momento, se diferencian cloroplastos dentro de los cotiledones que se tornan verdes y se expanden; transformándose en los primeros órganos fotosintetizadores del nuevo individuo. Algunas veces parte de la cubierta puede permanecer adherida a los cotiledones. A continuación el epicótilo y brote terminal continúan desarrollándose. Las especies que presentan germinación epígea son, entre otras: *Allium cepa* (cebolla), *Ricinus communis* (ricino), *Phaseolus vulgaris* (frijol), *Lactuca sativa* (lechuga) y *Sinapis alba* (mostaza blanca) (Ellis *et al.*, 1985; Pérez y Martínez, 1994).

En la germinación hipógea, después de que emerge la radícula, los cotiledones permanecen enterrados en el suelo y únicamente la plúmula rebasa la superficie del mismo, el alargamiento del hipocótilo es prácticamente nulo. En este tipo de germinación la hoja primaria desarrollada a partir de la plúmula constituye el primer órgano fotosintético. Algunos ejemplos de semillas que presentan germinación hipógea son; trigo (*Triticum aestivum*), maíz (*Zea mays*), cebada (*Hordeum vulgare*), chícharo (*Pisum sativum*), haba (*Vicia faba*) y encinos (*Quercus spp.*) (Ellis *et al.*, 1985; Pérez y Martínez, 1994).

## 1.7 FACTORES QUE DETERMINAN LA GERMINACIÓN

La germinación está determinada por factores extrínsecos e intrínsecos; Los primeros son: humedad, disponibilidad de oxígeno y temperatura (García, 1993).

Para que una semilla germine, requiere de humedad en abundancia, indispensable durante la digestión de sustancias de reserva y crecimiento del eje embrionario, sin embargo, cuando se encuentra en exceso y en ausencia de oxígeno puede causar pudrición, ya que permite el desarrollo de bacterias anaeróbicas (Fuller y Ritche, 1984). Hasta el momento en que emerge la radícula, el agua llega al embrión a través de las paredes celulares de la cubierta seminal (Pérez y Martínez, 1994), esta movilización ocurre por diferencias de potencial hídrico, entre la semilla y el medio; durante éste proceso puramente físico, los grupos hidrófilos, atraen al dipolo de agua y forman a su alrededor una cubierta hidratante, las macromoléculas portadoras de estos grupos hidrófilos son; proteínas y carbohidratos, quienes provocan aumento en el volumen de la semilla (Hess, 1980).

Para obtener energía, en forma de ATP se requiere de oxígeno, ya que estas moléculas se oxidan durante la respiración. De acuerdo con Fuller y Ritche (1984) comunmente las semillas germinan sin problemas en una atmósfera normal (21% de oxígeno).

La temperatura es un factor decisivo, pues influye sobre los enzimas reguladores del metabolismo que ocurre después de la hidratación. Además, determina la velocidad del consumo de oxígeno por el embrión y afecta inversamente la solubilidad de éste gas en el agua (Pérez y Martínez, 1994).

Generalmente, con temperaturas cercanas al punto de congelación o por arriba de 46 °C las semillas no germinan. El rango más favorable oscila entre 22 y 30 °C (Fuller y Ritche, 1984). Por ejemplo, en semillas frescas de *Allium unifolium* bajo la sombra, el porcentaje de germinación fue entre 70 y 80% cuando se realizaron pruebas a 2, 5 y 10 °C, a 15 °C el proceso se inhibió totalmente. Para el caso de *A. cernuum* en condiciones de luz y oscuridad se obtuvo un porcentaje de más del 90% a 20 y 25 °C. Después de almacenar semillas de esta última especie en ambiente seco por diez meses, el porcentaje de germinación a 20 y 25 °C no se afectó significativamente, pero se redujo drásticamente a 30 °C (Zimmer, 1994).

De una especie a otra, la temperatura ideal de germinación varía, para semillas de especies estenoecias, los límites suelen ser estrechos y amplios para especies euriecias (Pérez y Martínez, 1994). Por ejemplo, las semillas de *Lilium pumilum* tienen su óptimo de germinación (90%) a 20 °C, a 30 °C el proceso se inhibe totalmente (Chojnowski *et al.*, 1992).

Según Rojas (1993) las semillas cuya germinación es estimulada por la luz se conocen como positivamente fotoblásticas, por el contrario, aquellas en las que este proceso se inhibe en presencia de luz, son negativamente fotoblásticas.

En semillas fotoblásticas positivamente, al parecer el fitocromo, estimula la biosíntesis de ácido giberélico (GA), que a su vez genera movilización de reservas y por lo tanto, el consumo del endospermo y otros tejidos circundantes. Los inhibidores presentes disminuyen y el embrión crece (Thomas, 1992; citado por Plumer y Bell, 1995).

En segundo lugar se encuentran los factores intrínsecos, entre ellos destacan: la presencia de auxinas (reguladores del crecimiento) que determinan el crecimiento en longitud, sustancias de reserva, embriones inmaduros, latencia y viabilidad (Fuller y Ritche, 1984).

## **1.8 LATENCIA**

Latencia, letargo, quiescencia o dormacia, se define como un estado de crecimiento y metabolismo suspendidos. Generalmente ocurre como respuesta a las condiciones ambientales, aunque frecuentemente depende de las características intrínsecas de cada especie. Este fenómeno es de gran importancia, ya que una semilla latente tiene alta resistencia al frío o la sequía y permite que permanezca viable por largos periodos. Sin embargo, los factores



internos pueden ocasionar que aun bajo condiciones favorables la semilla no germine, debido a sustancias inhibidoras presentes en su cubierta, cuya concentración está determinada genéticamente (Plumer y Bell, 1995). En algunas plantas del desierto estos inhibidores son lavados durante la época de lluvias, (Bradbeer, 1988; Duffus y Slaughter 1992; Pérez y Martínez, 1994;).

De acuerdo con Espinoza y Engleman (1997) el fenómeno de latencia puede deberse a las siguientes causas:

1. Embriones rudimentarios o fisiológicamente inmaduros
2. Cubiertas seminales mecánicamente resistentes o impermeables.
3. Presencia de inhibidores de la germinación o ausencia de promotores del crecimiento.

### **1.9 VIABILIDAD**

Según Bradbeer (1988) una semilla viable es aquella capaz de germinar bajo condiciones favorables, otro criterio más amplio establece que cuando el embrión de una semilla respira, está vivo y por lo tanto es viable, pero este hecho no implica que necesariamente la germinación tenga que ocurrir (Camacho, 1994).

Al remojar una semilla viable en solución acuosa de cloruro o bromuro 2,3,5-trifenil tetrazolio (TTC), estos compuestos reaccionan con las enzimas

activas producto del proceso respiratorio de las células del embrión, entre ellas la deshidrogenasa y se obtiene como producto final trifenil formazan, un compuesto de color rojo, muy estable e insoluble en agua (Bidwell, 1979; Devlin, 1982; Duffus y Slaughter 1992; Hartman y Kester, 1997; ISTA, 1985), la hidrogenación del cloruro o bromuro de 2,3,5- trifenil tetrazolio indica el grado de actividad general de esta enzima y ocurre tanto en semillas que se encuentran en letargo como en las que no lo están (Duffus y Slaughter, 1992; Hartman y Kester, 1997).

De acuerdo con la ISTA (1985) y Hartman y Kester (1997) cuando se remoja una semilla en solución acuosa de cloruro o bromuro 2,3,5-trifenil tetrazolio (TTC) y se observa que el embrión adquiere un color rojo se comprueba que está vivo y la semilla es viable, por el contrario, si el embrión permanece incoloro indica que no respira. Este análisis es el más recomendado para determinar la viabilidad de semillas, porque los resultados se obtienen en un tiempo máximo de 24 horas, incluso algunas veces en dos o tres horas.

### **1.10 DESARROLLO POSTEMERGENTE**

Cuando una semilla germina, las células del embrión comienzan a multiplicarse, posteriormente se diferencian de manera que el embrión poco a poco se transforma en una plántula que emerge del sustrato, sus hojas se tornan verdes porque comienzan a sintetizar clorofila y continua su desarrollo. Según Font-Quer

(1977) una plántula es un embrión desarrollado como consecuencia de la germinación.

Al periodo comprendido desde que una plántula emerge hasta el inicio de la formación de su primer botón floral, se conoce como periodo vegetativo, durante este último, su crecimiento es logarítmico. Según Rojas (1993), en muchas especies las horas de frío y luz son determinantes para pasar del estado vegetativo al de floración.

El desarrollo postemergente representa un periodo crítico de transición en la fase esporofítica del ciclo de vida de las plantas, por ejemplo; movilizar reservas almacenadas es un evento postgerminativo, necesario para cubrir las necesidades que se generan durante el crecimiento de la plántula hasta que inicia su actividad fotosintética (Bolha *et al.*, 1992).

Otro evento importante durante esta etapa, es el crecimiento. De acuerdo con Rojas (1993) el crecimiento de una planta describe una curva sigmoide, en ella se distinguen tres periodos:

- a) Inicial, correspondiente al estado de plántula, su duración es corta y se registra un crecimiento lento.

b) Central o de crecimiento rápido, que corresponde al periodo vegetativo de la planta.

c) Final, en esta etapa el crecimiento es cada vez menos acelerado hasta hacerse nulo. Comprende desde la floración, hasta la madurez del fruto.

## **1.11 CARACTERÍSTICAS TAXONÓMICAS DE LAS ESPECIES DEL GÉNERO**

### ***Polianthes L.***

De acuerdo con la clasificación de Dahlgren *et al.*, (1985), el género *Polianthes*, pertenece al orden Asparagales, familia Agavaceae, subfamilia Agavoideae. Según McVaugh (1989) y Galván (1990) las especies que conforman el género son hierbas perennes, erectas, carnosas, monocárpicas, con un tallo escapiforme que se origina de un rizoma cilíndrico similar a un cormo. Sin embargo, González (1998) al realizar un estudio morfológico y anatómico del género, llega a la conclusión de que la porción subterránea, esta conformada por dos tipos de tallo: un bulbo y un cormo.

A partir del cormo, se producen raíces contráctiles fibrosas y carnosas de color blanco. Las hojas basales son suaves, verdes o glaucas, generalmente moteadas en su base, dispuestas en roseta, lineares a lanceoladas, comúnmente agudas en el ápice, con márgenes hialinos enteros o con papilas diminutas, usualmente persistentes por una sola estación; inflorescencia bracteada,

espigiforme o racemosa, las brácteas inferiores parecidas a hojas; frecuentemente flores geminadas solitarias únicamente en dos especies sésiles o pediceladas, nudos de la inflorescencia de 3-8 (-20) separados por entrenudos largos; brácteas florales primarias que rápidamente se hacen escariosas, anchas y un poco cóncavas cerca de la base, agudas, acuminadas a caudadas en el ápice; bracteolas, membranáceas, en su mayoría, lanceoladas a subuladas; flores tubulares a ligeramente infundibuliformes, erectas en botón, en anthesis el perianto generalmente se curva hacia fuera usualmente persistente en el fruto, en algunas especies adaxialmente más largo, por lo tanto, la boca del tubo es oblicua, seis lóbulos distinguibles en dos series, generalmente desiguales; seis estambres, unidos al tubo cerca de su base o cerca de la base de los lóbulos del perianto, anteras semiversátiles, lineares erectas, unidas en su parte media o por abajo de esta; estilo después de la anthesis casi tan largo como el tubo, estigma trilobado, los lóbulos generalmente blancos, planos, extendidos o reflexos en la madurez; ovario ínfero trilocular, óvulos numerosos, biseriados en cada lóculo; cápsula anchamente elipsoide a globosa, erecta, loculicida, usualmente coronada por el perianto marchito y curvado; semillas numerosas, planas, deltoides o semicirculares de color negro (McVaugh, 1989 y Galván, 1990).

Este género se distribuye según Solano, (inédito) desde el suroeste de Chihuahua y suoroeste de Tamaulipas en el norte, hasta el norte de Guerrero y noroeste de Oaxaca en el sureste; principalmente sobre la sierra Madre

Occidental, el Eje Neovolcánico Transversal y el macizo montañoso del norte de Oaxaca. En Bosques de *Juniperus*, *Pinus*, *Quercus*, *Pinus-Quercus*, *Quercus-Pinus*, matorral xerófilo, pastizales, selva baja caducifolia y selva mediana subcaducifolia.

**1.12 *Polianthes geminiflora* (La Llave et Lex. ) Rose var. *geminiflora* .**

Hierba perenne de 50 a 90 (-140)cm de alto; cormo cilíndrico carnoso color café claro con raíces contráctiles; bulbo ovoide de (-1.5) 3 a 5 (-9) cm de largo, (-1.0) 2 a 3 cm de diámetro; 2 a 4 hojas basales, de 15 a 30 (-50) cm de largo y (1.5-) 5 a 15 mm de ancho, de color verde, lineares o a veces mucho mas anchas en la parte media, los márgenes delgados usualmente erosos, a veces regularmente papilosos; brácteas de la base de la inflorescencia lineares de 10 a 31(-6) cm de largo por 0.2 a 1 (-2.3) cm de ancho, las superiores reducidas en tamaño; ejes florales de 10 a 20 cm (-40) de largo, 4 a 12 (-16) nudos florales muy espaciados, el entrenudo proximal de 4 a 8 cm de largo, algunas veces abortan los botones terminales; flores tubulares, anaranjadas, rojas a corales, los lóbulos externos del perianto de 2 a 3 mm de largo y 1.5 a 3 mm de ancho, los lóbulos internos 1.5 a 2.5 mm de largo y ancho; pedicelos cuando las flores estan en antesis de 4 a 6 (-8) mm, boca del tubo del perianto regular; anteras lineares, filamentos inclusos, insertos 1.7 a 5 mm por arriba del ovario; estigma trilobado, fruto en cápsula con dehiscencia loculicida, cortamente oblonga a casi orbicular, redondeada en el ápice, de 7 a 10 mm de largo y 7 a 8 mm de diámetro; semillas negras, aplanadas,

semicirculares, de (-2) 3 (-4) por (-1) 2 (-3) mm de largo en su lado recto (McVaugh, 1989; Solano, inédito).

Se distribuye desde Nayarit hasta Tlaxcala y Guerrero, común en bosques de *Juniperus*, *Pinus*, *Quercus*, *Pinus-Quercus*, *Quercus-Pinus*, matorral xerófilo y pastizales; a una altitud de (1000-) 2200 a 2800 metros. Florece de junio-agosto (-noviembre.) y fructifica a partir de agosto (McVaugh, 1989; Solano, inédito).

### **1.13 *Polianthes sp. nov.***

Hierba perenne de 50 a 90 cm de alto; cormo cilíndrico carnoso color café claro con raíces contráctiles; bulbo ovoide de (2-) 3 cm de largo, 1.2-1.7 cm de diámetro; hojas basales 3 a 6, de 14.5 a 17 cm de largo, 1 a 2 mm de ancho, de color verde, lineares; margen finamente denticulado; brácteas basales de la inflorescencia de 11.7 a 15 cm de largo y 1.2 a 2 mm de ancho, lineares; bractéolas generalmente lineares, con el ápice agudo a veces acuminado; ambas disminuyen en tamaño desde la base del pedúnculo floral hacia el ápice; ejes florales de 35 a 65 cm de largo, 2 a 5 nudos fértiles; flores tubulares a ligeramente infundibuliformes, anaranjadas, de 1.5 a 2.1 de largo por 0.15 a 0.30 cm de ancho en la base de los lóbulos del tubo del perianto; pedicelos de 4 a 13 mm de largo; lóbulos externos de 2 (-2.5) mm de largo y 1.0 a 2.0 mm de ancho, ovoides, con el ápice obtuso; anteras lineares de 5 a 6 mm de largo, oblongas, amarillas; estambres inclusos, filamentos de 1.1 a 1.7 cm de largo, insertos (3.5-) 5 mm por

arriba del ápice del ovario; estigma trilobadoestilo de 1 a 1.6 cm de largo; boca del tubo del perianto regular; fruto en cápsula con dehiscencia loculicida, anchamente elíptico a globoso de 1.2 a 1.5 (-1.7) cm de largo por 0.9 a 1.1 cm de diámetro; semillas negras, aplanadas, semicirculares, de (-3) 4 (-5) por (-2) 3 (-4) mm de largo en su lado recto (Solano, inédito).

Hasta el momento se conoce únicamente del estado de Puebla, en los municipios: Puebla, Amozoc, Cuauhtinchan, Valsequillo, San Andrés Azomiatta, San Baltazar Tetela, Totimehuacan y Tepeneme, se le encuentra en bosques de encino, matorral xerófilo, pastizal, selva baja caducifolia, matorral de *Juniperus*. A la orilla de caminos y cultivos a una altitud de (-2150) 2180 a 2260 (-2400) metros. Florece de julio - agosto y fructifica a partir de julio (Solano, inédito).

**1.14 *Polianthes longiflora* Rose (*Polianthes michoacana* Cedano, R. Delgadillo et Enciso).**

Hierba perenne de 60 a 92.5 cm de alto; cormo cilíndrico carnoso color café claro con raíces contráctiles; bulbo ovoide de 4 a 11 cm de largo y de 5 a 5.7 cm de diámetro; hojas basales recurvadas de 19 a 40 cm de largo y 8.5 a 13 mm de ancho, de color verde, lineares, margen entero; la base del eje floral con manchas rojas; brácteas basales de la inflorescencia de 11 a 26 cm de longitud y 6 a 12 mm de ancho largamente atenuadas a linear filiformes hacia el extremo distal del eje floral; bracteolas ovadas o caudado-acuminadas; ejes florales de (-29.5) 52 a



67 (-71) cm de largo, con (-2) 3 a 5 (-8) nudos fértiles; flores sésiles, abiertas, fragantes, de color blanco a rosa al madurar; perianto de 6 a 10 cm de largo, vertical en la porción basal o cerca de ella, estrechamente tubular de 2 mm de diámetro, angostamente infundibuliforme en la parte media o tercio distal, curvado arriba de su parte media, orificio del tubo del perianto oblicuo; lóbulos oblongos o elípticos, obtusos en el ápice, de 1.5 a 2 (-2.6) cm de longitud y 4 a 7 (-10) mm de ancho; anteras oblongas, blancas de 10 a 14 mm de largo, sésiles, sobrepasan escasamente al tubo del perianto; filamentos insertos cerca de la base de los lóbulos del perianto, su parte libre de 1 a 3 mm de longitud; estilo de 8 a 10 cm de largo, los lóbulos no exsertos, lisos, suborbiculares, ciliolados casi de 1.5 mm de largo y ancho; fruto en cápsula con dehiscencia loculicida, elipsoide de 1.8 cm de largo por 1 cm de diámetro; semillas negras, lustrosas en la madurez, aplanadas, semicirculares, de (-3) 4 a 5 (-6) por (-2) 3 (-4) mm de largo en su lado recto (Rose, 1903; McVaugh, 1989; Cedano *et al.*, 1993; Solano, inédito).

Es endémica de Jalisco y Michoacán, se le encuentra en pastizales de altura y bosques de pino con suelos inundados, a una altitud de 1400 a 2700 metros. Florece de julio a septiembre y fructifica a partir de agosto (Rose, 1903; McVaugh, 1989; Cedano *et al.*, 1993; Solano, inédito).

## II HIPÓTESIS

Las tres especies del género *Polianthes* en estudio crecen en diferentes zonas geográficas, climas y tipos de vegetación; *Polianthes geminiflora* var. *geminiflora* comúnmente se encuentra en bosques de *Juniperus* o pastizales a 2640 m, con un clima templado húmedo con lluvias en verano (Cw); *P. sp. nov.* cerca de encinares a 2200 metros en un clima semiseco o estepario con lluvias en verano (Bsw) y *P. longiflora* en pastizales de altura, a 1400 metros con clima cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw) (García, 1977); de este modo, la germinación, desarrollo postemergente así como la morfología de sus plántulas también será diferente entre dichas especies y podrán utilizarse como criterio para su delimitación taxonómica.

Por otro lado, en las semillas de las tres especies, la testa es delgada y permeable al agua, es probable que en ella existan inhibidores de la germinación, los cuales pueden eliminarse remojándolas en agua, si además, se eleva la temperatura de la misma, su capacidad de disolución aumenta y remueve con mayor facilidad estas sustancias, en consecuencia se favorecerá la germinación.

### III OBJETIVOS

#### 3.1 General

Estudiar la germinación y desarrollo postemergente, de tres especies del género *Polygonum* L. (Agavaceae) de habitats diferentes.

#### 3.2 Particulares

Describir la morfología externa de las semillas.

Determinar el tipo de semillas con base en su contenido de humedad así como el peso en las tres especies.

Conocer el efecto de diferentes tratamientos pregerminativos sobre la velocidad y porcentaje de germinación en cada especie.

Evaluar el desarrollo postemergente con base al crecimiento de la primera hoja de la roseta y su relación con la procedencia de las especies.

Valorar la posibilidad de utilizar caracteres morfológicos de las plántulas, como criterio para la separación taxonómica de las especies.

## IV MATERIAL Y MÉTODO

### 4.1 Recolecta

Se recolectó una muestra simple de semillas por especie. Las de *P. geminiflora* var. *geminiflora* fueron recolectadas en el Estado de Tlaxcala, municipio de Nanacamilpa, a una altitud de 2640 metros, en un bosque de *Juniperus*, las de *Polianthes sp. nov.* fueron recolectadas en el estado de Puebla, municipio de Puebla; frente al parque zoológico Africam Safari, a una altitud de 2220 metros, en un bosque de encino perturbado; y las de *P. longiflora*, en Michoacán, municipio de Erongaricuaró a una altitud de 1400 metros en un pastizal de altura.

Para las tres especies se recolectaron cápsulas maduras, secas, de buen tamaño, aparentemente sanas, las cuales fueron almacenadas en bolsas de papel a temperatura ambiente. Posteriormente, en el laboratorio las semillas fueron extraídas de dichos frutos.

Para todos los estudios realizados (morfometría, viabilidad, tratamientos pregerminativos y evaluación del desarrollo postemergente) se trabajó con una muestra de 1195 semillas por especie.

### 4.2 Caracterización de las semillas

En el laboratorio, a 100 semillas de cada especie se les determinaron las siguientes características: largo, ancho y forma; así como, tamaño, localización y

disposición del embrión. La longitud y ancho de las semillas se estimaron mediante promedios en lotes de cien unidades por especie. Posteriormente fueron esquematizadas y observadas con el estereoscopio para determinar de acuerdo con Gunn y Seldin (1978) el tipo, patrón y campo presentes en la reticulación de su exotesta.

#### **4.3 Determinación del contenido de humedad**

Para determinar el contenido de humedad, se utilizaron lotes de cincuenta semillas con tres repeticiones para cada especie. Se pesaron doce cajas metálicas limpias y secas. Enseguida, las semillas se guardaron en estas cajas y se registró su peso. Posteriormente se colocaron en una estufa a 120 °C en donde se mantuvieron durante hora y media. Después se transfirieron a una cámara seca, hasta que igualaron su temperatura con la del ambiente, enseguida se registró nuevamente su peso y por diferencias se estimó su contenido de humedad promedio, el cual se expresó en porcentaje.

La fórmula utilizada fue la siguiente:

$$\% \text{ humedad} = ((\text{PSH} - \text{PSS}) / \text{PSS}) \times 100$$

Donde: PSH = peso de las semillas húmedas

PSS = peso de las semillas secas

#### **4.4 Pruebas de viabilidad**

Para las pruebas de viabilidad se utilizaron lotes de 100 semillas, desinfectadas previamente con hipoclorito de sodio al 2% durante 30 minutos, posteriormente, se colocaron en una solución de cloruro 2,3,5-trifenil tetrazolio (TTC) al 0.5 % con un pH de 7.5 (ISTA, 1985). Después de doce horas, se inició el registro de aquellas semillas cuyos embriones se tiñeron de color rojo, el cual indicaba que las semillas eran viables.

#### **4.5 Tratamientos pregerminativos**

En pruebas preliminares realizadas con semillas del género *Polianthes*, se observó que la cantidad de semillas que germinan, se incrementa en un 2% si son remojadas en agua antes de sembrarlas; en este sentido, no se consideró necesario utilizar ácidos y/o reguladores del crecimiento como tratamientos pregerminativos.

Los tratamientos pregerminativos fueron: remojo en agua a temperatura ambiente (25 °C) por 3, 6 y 12 horas, remojo en agua a 40 °C con los mismos tiempos de exposición que la temperatura anterior; para evaluar sus efectos sobre la germinación. De acuerdo con Plumer y Bell (1995) y Pritchard y Miller (1995), se utilizaron lotes de 25 semillas por especie con tres repeticiones cada uno. El diseño experimental corresponde a un factorial de 2X3X3X3; dos temperaturas,

tres especies, tres tiempos y tres repeticiones que dieron como resultado 54 unidades experimentales.

#### **4.6 Preparación de los medios de cultivo para las pruebas de germinación**

El agar como sustrato, es una buena alternativa para las pruebas de germinación. Es un polisacárido complejo, insoluble en agua fría pero se disuelve lentamente conforme se aumenta la temperatura, al enfriarse forma un gel. Con este método se tiene la ventaja de una mejor disponibilidad de humedad en relación con el papel como sustrato. Por ejemplo, en una prueba de germinación a 20 °C, el agar conserva la humedad hasta por un mes (Ellis *et al.*, 1985).

Con base en lo anterior, se uso como sustrato este polisacárido, el cual fue preparado con agua destilada y agar bacteriológico al 1% (Merck), la solución recién preparada fue esterilizada en autoclave, durante 20 minutos, enseguida, en una campana y con un mechero encendido para evitar la contaminación del cultivo, se vació en cajas Petri y se dejó solidificar.

#### **4.7 Pruebas de germinación**

Después de la desinfestación, se sembraron 25 semillas en cada caja Petri con tres repeticiones por especie (Plumer y Bell, 1995; Pritchard y Miller, 1995), enseguida, se sellaron con masking tape y se colocaron bajo iluminación constante con lámparas luz de día a 25 °C  $\pm$  2 °C.

Se considero como semilla germinada cuando la radícula tenía 1 ó 2 mm de longitud (Ellis *et al.*, 1985; Plummer y Bell, 1995). El conteo de las semillas germinadas se registró cada 48 horas a partir del día de la siembra y concluyó cuando su número igualó al total del lote o al transcurrir 10 días sin que se registrara germinación. Después de la incubación, se aplicó la prueba del 2,3,5-trifenil tetrazolio (TTC) para establecer las posibles causas por las cuales, algunas semillas permanecieron sin germinar.

En este caso, el diseño experimental fue un factorial de 2X3X3; dos temperaturas, tres especies y tres repeticiones que dan un total de 18 unidades experimentales.

#### **4.8 Evaluación del proceso germinativo**

Con los registros obtenidos se realizaron gráficas de germinación acumulada y su evaluación se estimó con base a los cuatro índices propuestos por Camacho (1994). Los cuales reflejan la calidad germinativa:

- a) Capacidad germinativa
- b) Tiempo de germinación
- c) Uniformidad germinativa y
- d) Valor germinativo o Índice de Maguire



a) Capacidad germinativa (CG) o porcentaje de germinación final, es un índice que relaciona el total de plántulas obtenidas con el número de semillas sembradas, es utilizado como uno de los principales indicadores de la calidad germinativa, su estimación se realizó con la siguiente fórmula:

$$CG = (A_e \times 100) / M$$

Donde:

CG = Capacidad germinativa.

$A_e$  = Germinación acumulada hasta la última evaluación.

M = Total de semillas sembradas.

b) Tiempo de germinación, como su nombre lo indica, es un índice que evalúa el tiempo en que las semillas germinan, su cálculo se basa en el tiempo medio de germinación (TMG) y se determinó con la fórmula siguiente:

$$TMG = SPG / SG$$

Donde:

TMG = Tiempo medio de germinación.

SPG = Suma de los puntos medios por germinaciones sencillas =

$$(T_1 + T_0) / 2 \times G_1 + (T_2 + T_1) / 2 \times G_2 + \dots + (T_n + T_{(n-1)}) / 2 \times G_n = \\ P_1 \times G_1 + P_2 \times G_2 \dots P_n \times G_n.$$

SG = Suma de germinaciones sencillas ( $G_1 + G_2 + G_n = A_n$ )

Conforme este índice reduce su valor, el proceso germinativo es más veloz.

c) Uniformidad germinativa, este índice hace referencia al tiempo transcurrido entre la aparición de las primeras germinaciones y el registro del último conteo. Se calcula por medio de la desviación típica del tiempo de germinación (DTG):

$$DTG = [(SCG - ((SPG)^2 / SG)) / SG - 1]^{1/2}$$

Donde:

DTG = Desviación típica del tiempo de germinación.

SCG = Suma de puntos medios al cuadrado por germinaciones

$$\text{sencillas } (P_1)^2 \times G_1 + (P_2)^2 \times G_2 \dots + (P_n)^2 \times G_n.$$

SPG = Suma de puntos medios por germinaciones sencillas  $P_1 \times G_1$

$$+ P_2 \times G_2 \dots P_n \times G_n.$$

SG = Suma de germinaciones sencillas  $G_1 + G_2 + G_n = A_n$ .

Conforme su valor se reduce, la germinación es más uniforme y se favorece el establecimiento de los cultivos.

d) Valor germinativo o índice de Maguire, según Camacho (1994) este representa el total acumulado de las tasas de germinaciones sencillas respecto al tiempo, sus valores van de 0 a 100, conforme se acercan a este último número, la calidad germinativa es mayor. Este valor se calcula mediante la fórmula:

$$MG = (G_1 / T_1 + G_2 / T_2 \dots + G_n / T_n) \times 100 / M$$

Donde:

**MG** = Valor germinativo o índice de Maguire.

**G<sub>i</sub>** = Germinación sencilla obtenida en la evaluación número i.

**T<sub>i</sub>** = Tiempo transcurrido desde la siembra hasta la evaluación número i

**i** = Número de evaluación realizada a partir del inicio de la germinación, toma valores desde 0 hasta "e".

**e** = Número total de evaluaciones realizadas durante la incubación.

**M** = Cantidad de semillas sembradas.

Para determinar la marca de clase que es el punto medio entre dos evaluaciones, se utilizó la fórmula:

$$P_i = (T_i + T_{(i+1)}) / 2$$

Donde:

$P_i$  = Punto medio

$T_i$  = Tiempo transcurrido desde la siembra hasta la evaluación  
número  $i$

$T_{(i+1)}$  = Tiempo transcurrido desde la siembra hasta la evaluación  
número  $(i+1)$

A los índices estimados de acuerdo con Camacho (1994), mediante el programa de cómputo STATGRAPHICS Ver. 5.0 (1985-1991), se les realizó un análisis de varianza y la prueba de Tukey al 95% de confianza.

#### **4.9 Emergencia y desarrollo postemergente**

El sustrato utilizado se preparó con: 60% de suelo de la FES Zaragoza, 20% de tezontle cernido con una malla de yute, para evitar su compactación y 20% de hojarasca de pino (*Pinus patula*) como aporte orgánico. Esta composición permitió que las plántulas obtenidas pudieran extraerse fácilmente para efectuar observaciones de su parte subterránea (bulbo y raíz). El sustrato se vació en

bolsas de plástico, color negro de 1 kg de capacidad y se regó a capacidad de campo, 24 horas después se realizó la siembra; para cada especie, se utilizaron 4 lotes de 10 unidades experimentales cada uno, en cada unidad fueron sembradas tres semillas a una profundidad de 2 mm. Por lo tanto, el lote experimental por especie quedó conformado por 40 bolsas y 120 semillas.

El tratamiento pregerminativo aplicado fue el que registró mayor porcentaje o capacidad de germinación. Una vez concluida la siembra las bolsas fueron colocadas en un bancal de 1.80 m de largo X 1.50 m de ancho, cubiertas con un toldo de plástico y una malla que dejaba pasar el 50% de luz. Para homogeneizar las condiciones experimentales, las bolsas se movieron al azar cada semana, y se regaron con 250 ml de agua de la llave cada tercer día.

A partir de que se observaron las primeras plántulas, se registraron cada día de riego: emergencia, talla de la primera hoja de cada individuo (mm) y temperatura ambiente (°C).

A los datos de longitud de la primera hoja, obtenidos cuando el número de plántulas era constante y cuando la primera hoja ya no registró incremento en longitud se les aplicó un análisis de varianza y la prueba de "t", mediante el programa de cómputo STATGRAPHICS Ver. 5.0 (1985-1991).

El registro de datos, concluyó cuando el crecimiento se detuvo y en el ápice de la primera hoja comenzaron a presentarse signos de marchitez.

El crecimiento de la primera hoja, se evaluó con base al modelo de Ludwig von Bertalanffy (1938) quién estableció que la ganancia en masa corporal de un organismo es proporcional a su tamaño. Según Brown y Rothery (1993), este modelo, ha sido ampliamente utilizado para estimar el crecimiento y su cálculo se realiza por medio de la siguiente ecuación:

$$l_t = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

Donde:

$l_t$  = Longitud en un tiempo  $t$

$L_{\infty}$  = Longitud máxima (teórica)

$K$  = Tasa de crecimiento

$t$  = Tiempo

Con base en esta ecuación, Walford (1946) observó que en muchas poblaciones animales al efectuar una regresión lineal con los valores de sus tallas se obtiene una línea recta con pendiente menor que uno, un coeficiente de

correlación alto y concluyó que estos datos se ajustaban al modelo de crecimiento propuesto por Bertalanffy (1938).

Con el fin de establecer si los datos obtenidos durante el crecimiento de la primera hoja de las tres especies estudiadas describían el mismo comportamiento observado por Walford (1946) en relación con la ecuación de Bertalanffy (1938), se realizó una regresión lineal, para ello se graficó el valor de la primera talla contra la segunda y así sucesivamente, al observar que los puntos obtenidos describían una recta, se procedió a utilizar el modelo de crecimiento antes descrito. De acuerdo con Everhart y Youngs (1989), sus parámetros se calcularon como se describe a continuación.

La longitud máxima ( $L_{\infty}$ ) de la primera hoja de las tres especies, se calculó con la siguiente fórmula;

$$L_{\infty} = b/1-m$$

Donde:

$b$  = Ordenada al origen y

$m$  = Pendiente de la recta obtenida.

La tasa de crecimiento (K) en la ecuación de Bertalanffy (1938), se calculó con la fórmula:

$$K = -\ln m$$

El momento en que se inicia el crecimiento ( $t_0$ ) se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$t_0 = b - \ln L_{\infty} / K$$

Por otro lado, para determinar la existencia de diferencias morfológicas entre las plántulas estudiadas, se procedió a caracterizarlas, treinta días después de la siembra, se tomó al azar, un individuo de cada especie y se midieron: raíz, hoja y longitud total. Posteriormente se esquematizó cada una de ellas.



## V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Caracterización de las semillas

Las semillas de las tres especies, en estado maduro, son de color negro, brillantes u opacas y de acuerdo con Solano y García (1998, en prensa), vistas en perfil, su forma es semicircular, aplanada con uno de los lados recto. Tal como menciona Dahlgren *et al.*, (1985) y Danilova *et al.*, (1995) presentan exotesta, endotesta y fitomelano. Este compuesto es un derivado de los taninos, se encuentra incrustado en las paredes celulares de la exotesta y es característico de las Agaváceas.

De acuerdo con Gunn y Seldin (1978) la reticulación de la exotesta, en las especies analizadas es de tipo tanto primario como secundario, con patrón irregular y campo cerrado o granular (Figura 1).

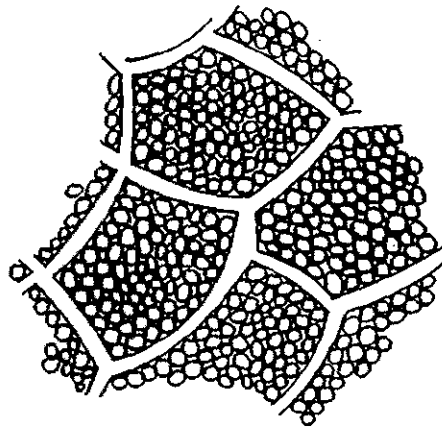


Figura 1. Forma y patrón de reticulación presente en la exotesta de las semillas de *P. geminiflora* var. *geminiflora*, *P. sp. nov.* y *P. longiflora*.

La endotesta es más delgada, papirácea, de color amarillo oro y de acuerdo con Gunn y Seldin (1978) su reticulación es de tipo primario y el campo es abierto.

Son endospermicas, este tejido ocupa más de dos tercios de su volumen total.

Netolitski (1926), Martin (1946) y Corner (1976) citados por Atwater (1980) demostraron que la estructura de las semillas entre los géneros de una misma familia, son muy similares, en el caso de *Polianthes* se observa estrecha similitud entre sus especies así como con las de: *Agave*, *Furcraea*, *Manfreda*, *Prochnyanthes* y *Yucca* (McVaugh, 1989).

El tamaño y peso de las semillas es variable, al calcular los promedios para cada especie, se encontró que *P. geminiflora* var. *geminiflora*, presenta las más pequeñas y ligeras, miden 2.9 mm de largo en su lado recto por 2.2 mm de ancho, su peso es de 0.024 g; en *P. sp. nov.* miden 3.8 mm de largo por 2.7 mm de ancho, pero son las más pesadas (0.055g); *P. longiflora* se registró el mayor tamaño (4.4 mm de largo por 3.1 mm de ancho) y menor peso respecto a la anterior (Figura 2).

De acuerdo con la clasificación de Gunn y Seldin (1978) el embrión es lineal cilíndrico, blanquecino y su volumen es inversamente proporcional al del endospermo.

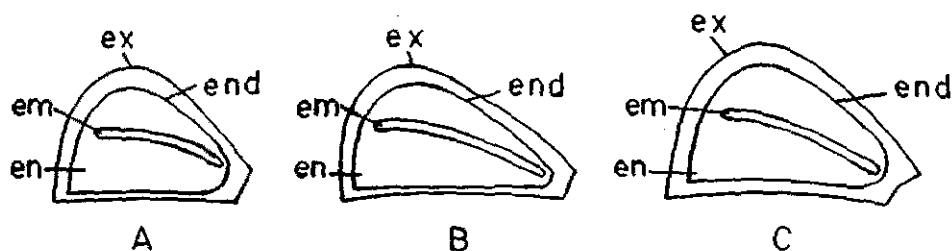


Figura 2. Semillas de tres especies del género *Polianthes*: A. *P. geminiflora* var. *geminiflora*; B. *P. sp. nov.* y C. *P. longiflora*, en donde se muestra la forma y disposición del embrión rodeado del endospermo. (ex exotesta, end endotesta, em embrión, en endospermo).

## 5.2 Contenido de humedad de las semillas

El contenido de humedad, fluctúa entre 17.73 y 19.39% (Cuadro 1), según Vázquez-Yanes y Toledo (1989), las semillas de talla pequeña, que se desprenden de la planta madre con un contenido de humedad generalmente menor del 20%, sobre el peso húmedo, son "ortodoxas". En este sentido, las semillas objeto del presente estudio se clasifican dentro de este grupo, por lo tanto, es posible prolongar su viabilidad en un banco de germoplasma almacenándolas a temperaturas inferiores a 0° C. Ellis *et al.*, (1985) indican que

las especies con este tipo semillas, comúnmente son plantas anuales de regiones con estación seca marcada.

Cuadro 1. Contenido de humedad en semillas de tres especies del género *Polianthes* L.

Especie	Contenido de humedad
<i>P.geminiflora</i> var. <i>geminiflora</i>	19.39%
<i>P. sp. nov.</i>	17.73%
<i>P. longiflora</i>	18.26%

### 5.3 VIABILIDAD

La viabilidad de las especies en estudio es alta (94 al 99%) (Cuadro 2), aunque esta característica está determinada genéticamente, probablemente debido a que deben permanecer en el suelo mucho tiempo, las semillas de estas especies se dispersan al iniciar el otoño, soportan el invierno así como la época de sequía y esperan la temporada de lluvias del año siguiente, para poder germinar.

La prueba de viabilidad únicamente indica que el embrión está vivo y constituye un indicador de la germinación.

Cuadro 2. Viabilidad de las semillas de tres especies del género *Polianthes* L.

Especie	Viabilidad
<i>P. geminiflora</i> var. <i>geminiflora</i>	96%
<i>P. sp. nov.</i>	94%
<i>P. longiflora</i>	99%

#### 5. 4 TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS

Se describen los resultados obtenidos con el remojo en agua a 40 °C. El cuadro 3 y figura 3, muestran que con 12 horas de remojo todos difieren significativamente entre sí ( $p \geq 0.05$ ); *P. geminiflora* var. *geminiflora* registró el más alto porcentaje de germinación (84%), seguido de *P. sp. nov.* (28%). Con este tratamiento, ninguna semilla de *P. longiflora* germinó, la prueba del 2,3,5-trifenil tetrazolio (TTC) realizada después de la incubación tampoco detectó ningún embrión teñido de color rojo, sin embargo, registró una alta viabilidad (99%), esto permitió establecer que el tiempo de exposición (12 horas) a esta temperatura (40 °C), provoca la muerte de los embriones.

De acuerdo con la figura 3, la velocidad de germinación en *P. geminiflora* var. *geminiflora* y *P. sp. nov.*, es muy similar, sin embargo, *P. geminiflora* var. *geminiflora* describe una curva que tiende más a la vertical, esto significa que sus semillas germinan uniformemente. Contrariamente, *P. sp. nov.* presenta una curva

que tiende, a la horizontal, es decir, sus semillas germinan con menor uniformidad.

Cuadro 3. Porcentaje de germinación de tres especies del género *Polianthes* L. Remojo en agua a 40 y 25 °C

Especie	Tiempo (horas) de remojo en agua a 40 °C			Tiempo (horas) de remojo en agua a 25 °C			Testigo
	12	6	3	12	6	3	
<i>P. geminiflora</i> var. <i>geminiflora</i>	84% Aa	44% Ba	90.6% Aa	96% Aa	90.6% Aa	97.3% Aa	96% Aa
<i>P. sp. nov.</i>	28% Ab	49.3% Aa	49.3% Ab	89.3% Ba	92% Ba	90.6% Ba	97.3% Ba
<i>P. longiflora</i>	0% Ac	0% Ab	21.3% Bb	98.6% Ca	98.6% Ca	100% Ca	98.6% Ca

Los tratamientos seguidos por la misma letra entre renglones y columnas no difieren significativamente. ( $p \geq 0.05$ )

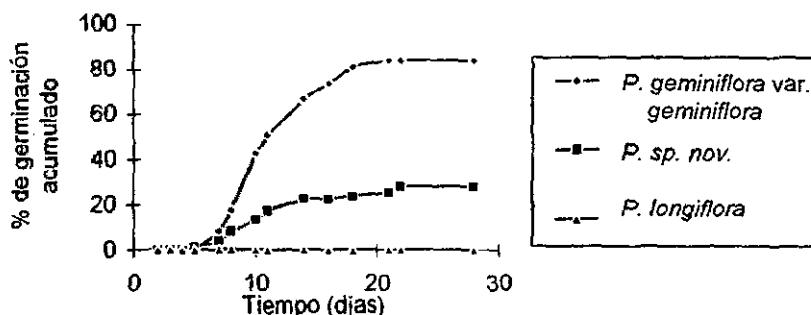


Figura 3. Porcentaje de germinación de tres especies del género *Polianthes* L. remojadas en agua a 40 °C durante 12 horas

Con la temperatura del agua antes referida y 6 horas de remojo (Cuadro 3, figura 4) el porcentaje de germinación en *P. geminiflora* var. *geminiflora* disminuye hasta 44%, el de *P. sp. nov.* aumentó a 49.3%; sin embargo, no difieren

significativamente ( $p \geq 0.05$ ), mientras que las semillas de *P. longiflora*, se mantienen sin germinar. *P. geminiflora* var. *geminiflora* registra mayor velocidad y uniformidad en su germinación que *P. sp. nov.*

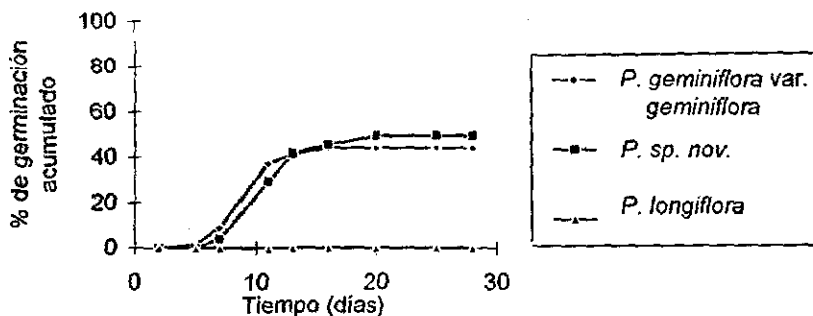


Figura 4. Porcentaje de germinación de tres especies del género *Polianthes* L. remojadas en agua a 40 °C durante 6 horas

A la misma temperatura y 3 horas de remojo (Cuadro 3, figura 5), *P. geminiflora* var. *geminiflora* nuevamente registra el porcentaje de germinación más alto (90.6%), estadísticamente diferente a las otras dos especies; *P. sp. nov.* mantiene el mismo porcentaje que a seis horas y no difiere significativamente ( $p \geq 0.05$ ) con *P. longiflora* que alcanza el 21%. Este último resultado, sugiere que el menor tiempo de exposición a esta temperatura, permite que algunos embriones permanezcan vivos. Esto significa que la especie más resistente a temperaturas altas y al mayor tiempo de exposición, es *P. geminiflora* var. *geminiflora*, por el contrario *P. longiflora*, es más sensible; en este sentido, *P. sp. nov.* presenta un comportamiento intermedio entre las dos especies anteriores.

De acuerdo a la forma que describen sus curvas de germinación (figura 5), *P. geminiflora* var. *geminiflora* y *P. sp. nov.*, presentan una velocidad parecida, que fue superada por *P. longiflora*. Las tres especies muestran uniformidad similar.

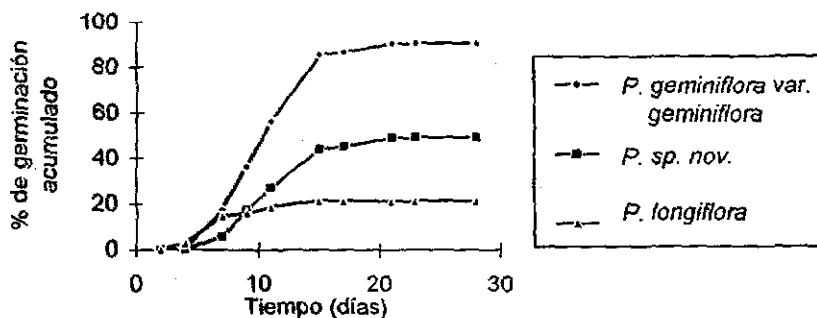


Figura 5. Porcentaje de germinación de tres especies del género *Polianthes* L. remojadas en agua a 40 °C durante 3 horas

Los resultados de germinación obtenidos con el remojo en agua a 25 °C no difieren estadísticamente en ningún caso. En el cuadro 3 y figura 6, para el remojo durante 12 horas, se observa que *P. geminiflora* var. *geminiflora* registra un porcentaje de germinación de 96%, en *P. sp. nov.*, es de 89.3% y el más alto corresponde a *P. longiflora* (98.6%). A esta temperatura, independientemente del tiempo de remojo, las semillas de *P. geminiflora* var. *geminiflora* registran la menor velocidad y uniformidad de germinación, seguida de *P. sp. nov.*, mientras que *P. longiflora* registra la mayor rapidez y uniformidad.



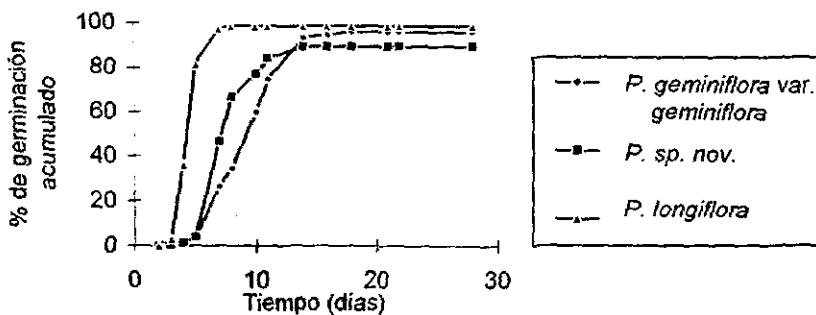


Figura 6. Porcentaje de germinación de tres especies del género *Polianthes* L. remojadas en agua a 25 °C durante 12 horas

A esta misma temperatura y durante seis horas de exposición (Cuadro 3 , figura 7), el porcentaje de germinación en *P. geminiflora* var. *geminiflora* fue de 90.6%, menor que el de *P. sp. nov.* que se incrementó a 92% y *P. longiflora*, nuevamente registra el porcentaje más alto (98.6%).

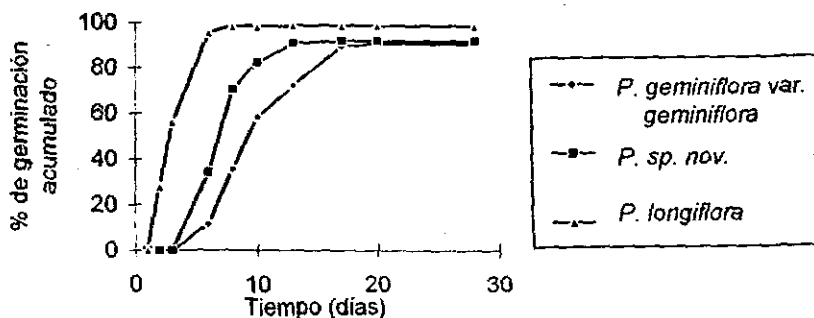


Figura 7. Porcentaje de germinación de tres especies del género *Polianthes* L. remojadas en agua a 25 °C durante 6 horas

Con la misma temperatura y tres horas de remojo (Cuadro 3 figura 8), el porcentaje de germinación de *P. geminiflora* var. *geminiflora* fue del 97.3%, el cual supera al de *P. sp. nov.* (90.6%); de la misma manera, *P. longiflora* continua con el porcentaje de germinación más alto (100%).

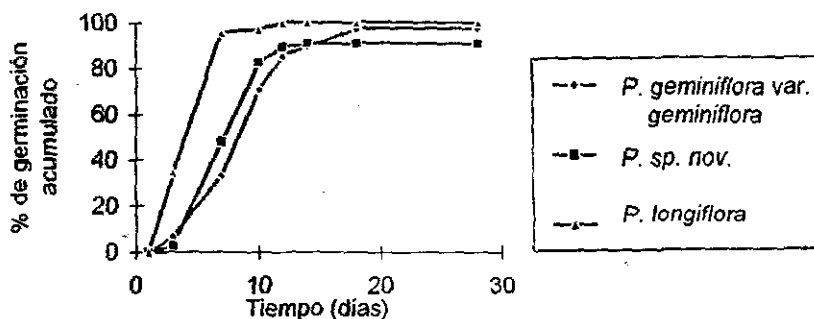


Figura 8. Porcentaje de germinación de tres especies del género *Polianthes* L. remojadas en agua a 25 °C durante 3 horas

Como se observa en el cuadro 3 y figura 9, el porcentaje de germinación del testigo tampoco difiere significativamente ( $p \geq 0.05$ ) entre especies; en *P. geminiflora* var. *geminiflora* es del 96%, para *P. sp. nov.* 97.3 % y 98.6% en *P. longiflora*. Los altos porcentajes obtenidos, permiten establecer que estas semillas no requieren tratamientos pregerminativos.

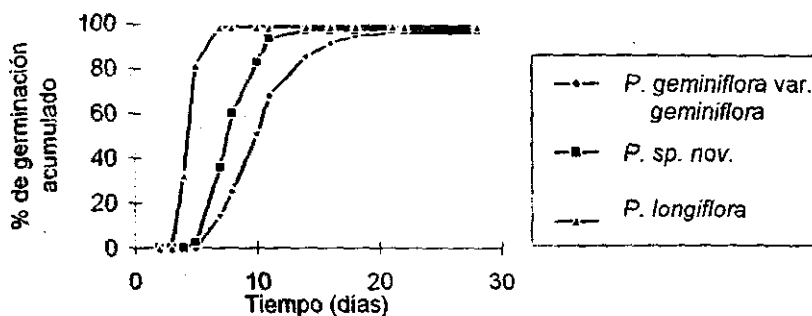


Figura 9. Porcentaje de germinación en los testigos de tres especies del género *Polianthes* L.

A continuación se detallan los resultados de los índices de germinación, propuestos por Camacho (1994).

Para el tratamiento remojo en agua a 40 °C. durante 12 horas, *Polianthes geminiflora* var. *geminiflora*, registró una capacidad germinativa o porcentaje de germinación del 84%, mayor que la de *Polianthes sp. nov.* (28%), estos valores son significativamente diferentes a un 95% de confianza. En *Polianthes longiflora* no hubo germinación (cuadro 4).

En cuanto al tiempo medio de germinación; *Polianthes geminiflora* var. *geminiflora* (10.8 días) presentó un valor menor, respecto al obtenido en *P. sp. nov.* (11.2 días), sin embargo, no difieren significativamente de acuerdo con la prueba de Tukey 0.05. El valor de la desviación típica del tiempo de germinación de *P. geminiflora* var. *geminiflora* (3.5) indica que el proceso germinativo de esta

especie es más uniforme que el de *P. sp. nov.* (4.9). Respecto al índice de Maguire, en *P. geminiflora* var. *geminiflora* (7.6) es mayor que en *P. sp. nov.* (2.6), debido a que son más resistentes a este tratamiento.

Cuadro 4. Índices de germinación del tratamiento; remojo en agua a 40 °C durante 12 horas. (CG. Capacidad germinativa, TMG. Tiempo medio de germinación, DTG. Desviación típica del tiempo de germinación y MG. Valor germinativo o índice de Maguire).

ESPECIE	CG (%)	TMG (días)	DTG	MG
<i>Polianthes geminiflora</i> var. <i>geminiflora</i>	84.0 a	10.8 a	3.5	7.6 a
<i>Polianthes sp. nov.</i>	28.0 b	11.2 a	4.9	2.6 b
<i>Polianthes longiflora</i>	0.0 c	0.0 b	0.0	0.0 c

Los valores seguidos por la misma letra entre renglones, no difieren significativamente. Tukey 0.05

A esta misma temperatura y seis horas de remojo (Cuadro 5), la capacidad germinativa de *P. geminiflora* var. *geminiflora* (44%), es menor que en *P. sp. nov.* (49.3%), pero no difieren significativamente ( $p \geq 0.05$ ). Las semillas de *P. longiflora* tampoco germinaron con este tratamiento.

Por lo que se refiere al tiempo medio de germinación *P. geminiflora* var. *geminiflora* registró 8.9 días, *P. sp. nov.* 10.4 días, y no difieren significativamente ( $p \geq 0.05$ ). La desviación típica del tiempo de germinación es menor en *P. geminiflora* var. *geminiflora* (2.2) comparada con *P. sp. nov.* (3.0). El valor germinativo para ambas especies es bastante parecido, 4.3 para la más uniforme

(*P. geminiflora* var. *geminiflora*) y 4.2 para *P. sp. nov.* Cabe señalar que tanto el tiempo medio de germinación, así como la desviación típica del mismo y el valor germinativo pueden verse afectados por la cantidad de semillas germinadas.

Cuadro 5. índices de germinación del tratamiento; remojo en agua a 40 °C durante 6 horas (CG. Capacidad germinativa, TMG. Tiempo medio de germinación, DTG. Desviación típica del tiempo de germinación y MG. Valor germinativo o índice de Maguire.)

ESPECIE	CG (%)	TMG (días)	DTG	MG
<i>Polianthes geminiflora</i> var. <i>geminiflora</i>	44 a	8.9 a	2.2	4.3 a
<i>Polianthes sp. nov.</i>	49.3 a	10.4 a	3.0	4.2 a
<i>Polianthes longiflora</i>	0.0 b	0.0 b	0.0	0.0 c

Los valores seguidos por la misma letra entre renglones, no difieren significativamente. Tukey 0.05

Como se observa en el cuadro 6, con tres horas de remojo y 40 °C de temperatura, *P. geminiflora* var. *geminiflora* presenta mayor capacidad de germinación con respecto a las otras dos especies (90.6%), seguida de *P. sp. nov.* (43.9%) y *P. longiflora* (21.3%). El tiempo medio de germinación de *P. geminiflora* var. *geminiflora* es 10.2 días y el de *P. sp. nov.* 10.7 días. El tiempo medio de germinación de *P. longiflora* es corto puesto que el número de semillas germinadas es pequeño. De igual manera la desviación típica para las tres especies, en el orden antes citado, es muy similar: 3.4, 3.6 y 3.0 respectivamente. Por lo que se refiere al valor germinativo el de *P. geminiflora* var. *geminiflora* (8.5)

es mas alto, seguido de *P. sp. nov.* (4.3) y finalmente se encuentra el de *P. longiflora* (2.9).

Cuadro 6. Índices de germinación del tratamiento; remojo en agua a 40 °C durante 3 horas (CG. Capacidad germinativa, TMG. Tiempo medio de germinación, DTG. Desviación típica del tiempo de germinación y MG. Valor germinativo o índice de Maguire.)

ESPECIE	CG (%)	TMG (días)	DTG	MG
<i>Polianthes geminiflora var. geminiflora</i>	90.6 a	10.2 a	3.4	8.5 a
<i>Polianthes sp. nov.</i>	49.3 b	10.7 a	3.6	4.3 b
<i>Polianthes longiflora</i>	21.3 b	6.3 b	3.0	2.9 b

Los valores seguidos por la misma letra entre renglones, no difieren significativamente. Tukey 0.05

Los resultados obtenidos para el remojo en agua a temperatura ambiente (25 °C), se detallan a continuación:

Con 12 horas de remojo a esta temperatura (Cuadro 7) *P. geminiflora var. geminiflora* registró 90.6% de capacidad germinativa, *P. sp. nov.* 89.3% y *P. longiflora* 98.6%. El tiempo medio en *P. geminiflora var. geminiflora* es el más largo (9 días), comparado con el de *P. sp. nov.* (7.3 días), mientras que *P. longiflora* registró el tiempo más corto (4.3 días). A esta temperatura, germina con menor uniformidad *P. geminiflora var. geminiflora* (2.7), seguida por *P. sp. nov.* (2.0) y la más uniforme es *P. longiflora* (0.9). En términos del valor germinativo; *P. geminiflora var. geminiflora* presenta 10.4, *P. sp. nov.* 11.4 y *P. longiflora* 20.7

Cuadro 7. Índices de germinación del tratamiento; remojo en agua a 25 °C durante 12 horas (CG. Capacidad germinativa, TMG. Tiempo medio de germinación, DTG. Desviación típica del tiempo de germinación y MG. Valor germinativo o índice de Maguire.)

ESPECIE	CG (%)	TMG (días)	DTG	MG
<i>Polianthes geminiflora</i> var. <i>geminiflora</i>	96.0 a	9.0 a	2.7	10.4 a
<i>Polianthes</i> sp. nov.	89.3 a	7.3 b	2.0	11.4 a
<i>Polianthes longiflora</i>	98.6 a	4.3 c	0.9	20.7 b

Los valores seguidos por la misma letra entre renglones, no difieren significativamente. Tukey 0.05

Con seis horas de remojo (Cuadro 8), el porcentaje de germinación para *P. geminiflora* var. *geminiflora* es de 90.6%, en *P. sp. nov.* 92% y *P. longiflora* el 98.6%, sus tiempos medios de germinación fueron; 9.4, 6.7 y 3.1 días, respectivamente. Los valores de la desviación típica del tiempo medio de germinación fueron: 3.5 para *P. geminiflora* var. *geminiflora*, 2.3 en *P. sp. nov.* y *P. longiflora* 1.4. Sus valores germinativos fueron: 9.3 , 12.1 y 30.3 en el mismo orden antes señalado.

Cuadro 8. Índices de germinación del tratamiento; remojo en agua a 25 °C durante 6 horas (CG. Capacidad germinativa, TMG. Tiempo medio de germinación, DTG. Desviación típica del tiempo de germinación y MG. Valor germinativo o índice de Maguire.)

ESPECIE	CG (%)	TMG (días)	DTG	MG
<i>Polianthes geminiflora</i> var. <i>geminiflora</i>	90.6 a	9.4 a	3.5	9.3 a
<i>Polianthes</i> sp. nov.	92.0 a	6.7 b	2.3	12.1 a
<i>Polianthes longiflora</i>	98.6 a	3.1 c	1.4	30.3 b

Los valores seguidos por la misma letra entre renglones, no difieren significativamente. Tukey 0.05

En cuanto a capacidad germinativa Al someter las semillas a tres horas de tratamiento (Cuadro 9); *P. geminiflora* var. *geminiflora* alcanzó el 97.3%, *P. sp. nov.* 90.6% y *P. longiflora* 100%. El tiempo medio de germinación en el mismo orden señalado anteriormente para cada especie, fue: 9.3 , 7.5 y 4.3. Del mismo modo sus desviaciones estimadas fueron: 3.2 , 2.2 y 1.7 y sus valores germinativos: 9.8, 10.2 y 20.6. Por lo tanto, las semillas de *P. longiflora*, germinan en un tiempo más corto.

**Cuadro 9. Índices de germinación del tratamiento; remojo en agua a 25 °C durante 3 horas (CG. Capacidad germinativa, TMG. Tiempo medio de germinación, DTG. Desviación típica del tiempo de germinación y MG. Valor germinativo o índice de Maguire.)**

ESPECIE	CG (%)	TMG (días)	DTG	MG
<i>Polianthes geminiflora</i> var. <i>geminiflora</i>	97.3 a	9.3 a	3.2	9.8 a
<i>Polianthes sp. nov.</i>	90.6 a	7.5 a	2.2	10.2 a
<i>Polianthes longiflora</i>	100.0 a	4.3 b	1.7	20.6 b

Los valores seguidos por la misma letra entre renglones, no difieren significativamente. Tukey 0.05

Con relación a los testigos, como se registra en el cuadro 10. El porcentaje de germinación en *P. geminiflora* var. *geminiflora* es el más bajo (96%), el de *P. sp. nov.*, intermedio (97.3%) y el mayor corresponde a *P. longiflora* (98.6%). En ese mismo orden se encuentran sus tiempos medios de germinación cuyos valores fueron: 10.0 , 7.7 y 4.4 días, respectivamente, con relación a la uniformidad, se mantiene esta misma tendencia, los valores de desviación típica



calculados son: 3.0 , 1.8 y 0.8. De igual forma los resultados del índice de Maguire fueron: 9.3 ,11.7 y 20.3. En este sentido, *P. longiflora*, es la especie que registra mayor calidad germinativa.

Cuadro 10. Índices de germinación de los testigos (CG. Capacidad germinativa, TMG. Tiempo medio de germinación, DTG. Desviación típica del tiempo de germinación y MG. Valor germinativo o índice de Maguire.)

ESPECIE	CG (%)	TMG (días)	DTG	MG
<i>Polygonum geminiflora</i> var. <i>geminiflora</i>	96.0 a	10.0 a	3.0	9.3 a
<i>Polygonum</i> sp. nov.	97.3 a	7.7 b	1.8	11.7 b
<i>Polygonum longiflora</i>	98.6 a	4.4 c	0.8	20.3 c

Los valores seguidos por la misma letra entre renglones, no difieren significativamente. Tukey 0.05

#### 5.4.1. DISCUSIÓN GENERAL SOBRE LOS TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS

Las semillas de *P. geminiflora* var. *geminiflora* registran viabilidad alta (96%), su contenido de humedad (19.39%) es el mayor respecto a las otras dos especies, son las más pequeñas y cuando se someten a remojo en agua a una temperatura de 40 °C, en los tres tiempos estudiados, su porcentaje de germinación, siempre supera a las otras especies trabajadas. Se desarrolla en áreas abiertas de bosques templados o pastizales. El tratamiento pregerminativo más favorable fue el remojo en agua a 25 °C por tres horas.

En el caso de *P. sp. nov.*, sus semillas, presentan también viabilidad alta (94%), su contenido de humedad, es el menor de las tres especies (17.73%), el tamaño es intermedio (3.85 mm de largo por 2.79 mm de ancho) y también su porcentaje de germinación con remojo en agua a 40 °C.

A 25 °C su capacidad germinativa es alta (89.3 a 92%). Esta especie es originaria de lugares más áridos que las otras dos. De acuerdo a los resultados obtenidos, es probable que en condiciones naturales, al presentarse las primeras lluvias, se dispare el proceso germinativo.

Finalmente, las semillas de *Polianthes longiflora* registran la mayor viabilidad (99%). Su contenido de humedad tiene un valor intermedio comparado con las otras dos especies y son las de mayor tamaño. Del mismo modo, su sensibilidad al remojo en agua a 40 °C durante 12 y 6 horas es muy alta, en estas condiciones, las semillas no germinaron. Su alta viabilidad y el resultado de la prueba del 2,3,5-trifenil tetrazolio (TTC) indican que los embriones murieron por efecto de estos tratamientos. En cambio registraron un 100% de germinación cuando se sometieron a remojo en agua por tres horas y 25 °C. Este comportamiento probablemente obedece a que en los lugares donde crece el clima es más frío y húmedo en donde la disponibilidad de agua no es un factor limitante por lo que además su contenido de humedad es bajo. Estas semillas se

dispersan cuando los suelos permanecen todavía inundados por efecto de la temporada de lluvias.

Es posible que en las tres especies, la capacidad germinativa guarde relación directa con el tamaño y peso de las semillas, en este sentido, las más grandes y pesadas almacenan mayor cantidad de reservas.

Al aplicar como tratamiento pregerminativo para las tres especies, el remojo en agua a temperatura ambiente por 3 horas, la calidad germinativa fue mayor que a 40 °C.

Antes de establecer la siembra para evaluar el desarrollo postemergente y de acuerdo con los resultados obtenidos en los tratamientos pregerminativos, las semillas de *P. geminiflora* var. *geminiflora* y las de *P. longiflora* se remojaron en agua a 25 °C durante 3 horas y las de *P. sp. nov.*, no recibieron ningún tratamiento. Cabe señalar que de acuerdo con los resultados de la prueba de Tukey 0.05, no existen diferencias significativas entre el valor de la capacidad germinativa obtenida con los tratamientos citados y los testigos correspondientes, con este tratamiento pregerminativo.

## 5.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO GERMINATIVO

### 5.5.1 GERMINACIÓN EN AGAR

Entre dos y cuatro días después de la siembra, las semillas de las tres especies se hincharon debido a la imbibición de agua, la testa por su parte, adquirió mayor brillo y casi enseguida a través de ella brotó la radícula. En dicha estructura se observaron rizoides y por abajo de su ápice una corona de tricomas, los cuales probablemente contribuyen a la absorción de agua y sales minerales. A partir de esta radícula se forma la raíz primaria que desaparece, al desarrollarse el corno y en su lugar aparecen las raíces contráctiles. Enseguida, el hipocótilo comenzó a crecer y en su extremo más cercano al remanente seminal se curvó.

Hacia el lado opuesto, se diferenció otra estructura que paulatinamente se ensanchó en forma moderada; al mismo tiempo se formó una abertura, en su parte central, que según Tillich (1995), constituye la vaina cotiledonar (Figura 10). Esta última, en las tres, especies estudiadas, puede ser abierta o cerrada, aún entre individuos de la misma edad. En medio de la vaina surgió la primera hoja verdadera.

En las plántulas estudiadas, la vaina es muy parecida a la de *Leucojum vernum* (Figura 10) descrita por Tillich (1995), esta última especie corresponde a

la familia *Amaryllidaceae*, mientras que *Polianthes* es una *Agavaceae*, ambas familias cercanamente emparentadas.

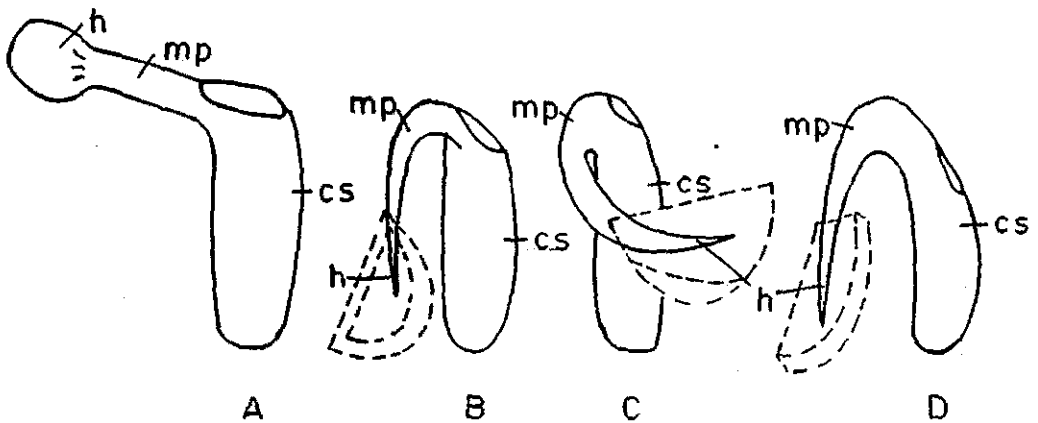


Figura 10. A. Vaina foliar de la plántula de *Leucojum vernum*, (*Amaryllidaceae*) tomada de Tillich (1995). B-D. Diferentes formas de la vaina foliar en las tres especies de *Polianthes* (*Agavaceae*). h haustorio cubierto por la testa, mp parte media del cotiledón, cs vaina del cotiledón.

El remanente de la semilla permaneció unido al epicótilo, mucho tiempo después de que había aparecido la primera hoja. En el extremo apical del cotiledón y como parte del mismo, se formó un haustorio (Figura 10), de forma cónica alargada, encargado de traslocar reservas nutritivas del endospermo hacia el eje de crecimiento del embrión. Esta estructura, también se presenta en plántulas de *Lilium dauricum* (*Liliaceae*) aunque la germinación en esta especie es hipógea (Zhang *et al.*, 1994).

## 5.6 EMERGENCIA

Como resultado de la germinación epigea, 10 días después de la siembra, el remanente seminal empezó a emerger del sustrato, el hipocótilo continuó elongándose al tiempo que se curvó hasta que este remanente quedó por encima del sustrato, sin desprenderse de la plántula, en ese momento, ya se había formado la vaina del cotiledón. A los 11 días brotó el ápice de la primera hoja.

Del mismo modo ocurre en *Allium cepa*, perteneciente a la familia Liliaceae cercanamente emparentada con Agavaceae.

Setenta y dos días después de la siembra las reservas del endospermo se agotaron, la testa aún entera y vacía se desprendió de las plántulas.

## 5.7 Caracterización de las plántulas

Las plántulas de las tres especies estudiadas son muy parecidas morfológicamente a las del género *Agave*, descritas por Tillich (1995), en las que reconoce las siguientes estructuras; raíz primaria, hiperfilo, cotiledón, haustorio y la hoja primaria (Figura 11).

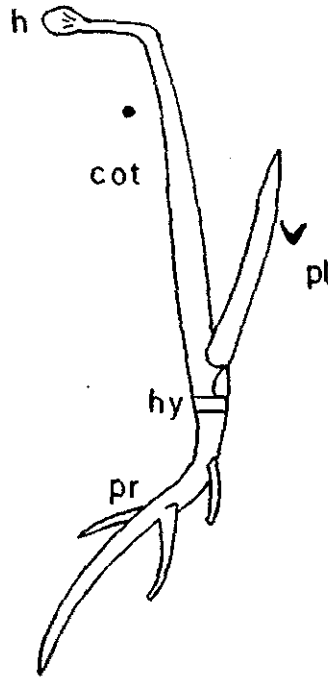


Figura 11. Estructuras identificadas en una plántula de *Agave*; h. haustorio, cot. cotiledón, pl. hoja primaria, hy. hiperfilo, pr. raíz primaria. En corte transversal el cotiledón y la hoja primaria tienen forma circular (●) y conduplicada (∇) respectivamente (Tomado de Tillich, 1995).

De acuerdo con este autor y las observaciones realizadas (Figura 12), en las plántulas de las tres especies estudiadas, treinta días después de la siembra, se identificaron las siguientes estructuras: raíz primaria, cotiledón, vaina del cotiledón, haustorio y primera hoja verdadera. Es importante señalar que hasta el momento en que esta última estructura citada se marchitó por completo, los caracteres morfológicos entre las tres especies fueron homogéneos.

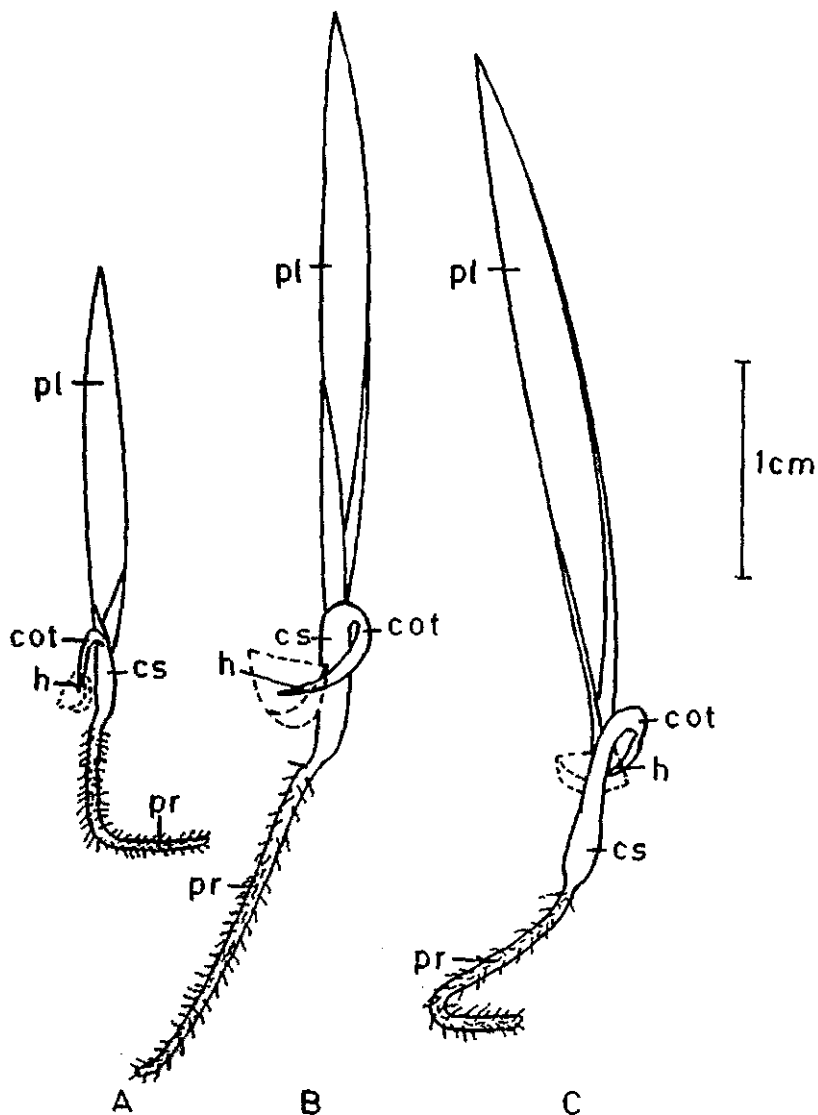


Figura 12. Plántulas de tres especies del género *Polianthes*. A. *Polianthes geminiflora* var. *geminiflora* B. *Polianthes* sp. nov. y C. *Polianthes longiflora*. h. haustorio, (cubierto por la testa de la semilla) cot. cotiledón, cs. vaina del cotiledón, pl. primera hoja, pr. raíz primaria.



En las especies estudiadas, sus estructuras y el tiempo de diferenciación son iguales, tanto en la germinación y emergencia como en las plántulas, además, hasta el momento en que la primera hoja se marchitó por completo, sus caracteres morfológicos fueron homogéneos, por lo que carecen de valor taxonómico. En este sentido Atwater (1980), señala que dentro de una misma familia si las semillas y frutos son muy parecidos entre sí, las plántulas obtenidas también serán morfológicamente similares.

### **5.8 DESARROLLO POSTEMERGENTE**

En su desarrollo vegetativo, las plantas del género *Polianthes*, diferencian primeramente un bulbo y posteriormente un cormo; este último, crece y acumula biomasa durante un período muy largo, en el cual la primera hoja de la roseta funciona como fuente de fotosintatos (Solano, 1997 Comunicación personal). Cabe señalar que estas plántulas presentaron solamente una hoja, la cual se marchitó al iniciar la temporada desfavorable de crecimiento, bajo el sustrato permaneció un bulbo incipiente y al año siguiente, brotó una hoja nueva que seguramente también contribuirá al crecimiento del bulbo y a la diferenciación del cormo.

De acuerdo con lo anterior, el desarrollo postemergente, fue evaluado mediante el crecimiento de la primera hoja. En *P. geminiflora* var. *geminiflora*, 35 días después de la siembra (Cuadro 11) esta hoja registró la menor longitud

promedio (14.3 mm) y la mayor uniformidad, respecto a las otras dos especies estudiadas, tal como lo indican sus valores de desviación estandar (6.3) y varianza (39.8). A los 75 días (Cuadro 12), después de la siembra, también se presentó la misma tendencia. En la prueba estadística realizada, esta variable, mostró diferencias significativas entre las especies, estas diferencias probablemente guarden relación con la procedencia de las especies; *P. geminiflora* var. *geminiflora* y *P. sp. nov.* crecen en lugares donde la sequía es mas aguda que en donde se desarrolla *P. longiflora*.

Cuadro 11. Longitudes promedio de la primera hoja en plántulas de tres especies del género *Polygonum*. 35 días después de la siembra. n = número de datos evaluados,  $\bar{X}$  = media,  $\sigma_{n-1}$  = desviación estandar y  $(\sigma_{n-1})^2$  = varianza.

Especie	n	$\bar{X}$	$\sigma_{n-1}$	$(\sigma_{n-1})^2$
<i>P. geminiflora</i> var. <i>geminiflora</i>	71	14.3a	6.3	39.8
<i>P. sp. nov.</i>	87	25.2b	14.1	201.6
<i>P. longiflora</i>	101	33.8c	14.0	198.2

Los valores seguidos de la misma letra entre renglones, no difieren significativamente ( $p \geq 0.05$ ).

Cuadro 12. Longitudes promedio de la primera hoja en plántulas de tres especies del género *Polygonum*. 75 días después de la siembra. n = número de datos evaluados,  $\bar{X}$  = media,  $\sigma_{n-1}$  = desviación estandar y  $(\sigma_{n-1})^2$  = varianza.

Especie	n	$\bar{X}$	$\sigma_{n-1}$	$(\sigma_{n-1})^2$
<i>P. geminiflora</i> var. <i>geminiflora</i>	78	26.5a	7.3	53.6
<i>P. sp. nov.</i>	89	44.5b	16.0	257.0
<i>P. longiflora</i>	94	54.8c	16.9	287.9

Los valores seguidos de la misma letra entre renglones, no difieren significativamente ( $p \geq 0.05$ ).

Al realizar la regresión lineal con los valores de las tallas registradas, se obtuvo una línea recta con pendiente menor a uno (figuras 13, 14 y 15), con alto coeficiente de correlación; por lo tanto, se decidió aplicar el modelo de crecimiento propuesto por Bertalanffy (1938); con el valor de la pendiente y la ordenada al origen de las rectas correspondientes a cada especie, se calculó: la longitud máxima de la primera hoja ( $L_{\infty}$ ), la tasa de crecimiento ( $K$ ) y el tiempo en que se inició el crecimiento ( $t_0$ ) (Cuadro 13).

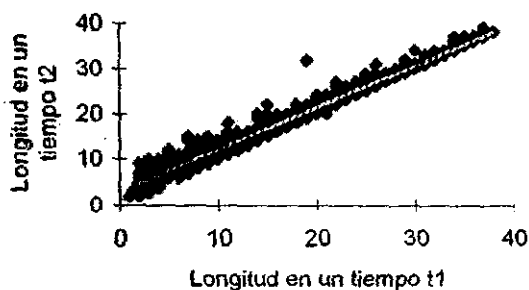


Figura 13. Valores correspondientes a las tallas de la primera hoja en plántulas de *P. geminiflora* var. *geminiflora*

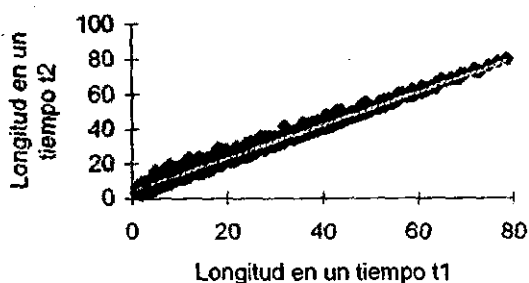


Figura 14. Valores correspondientes a las tallas de la primera hoja en plántulas de *P. sp. nov.*

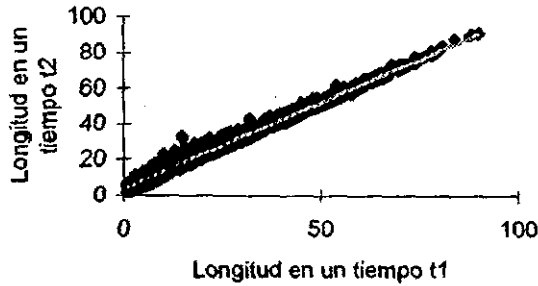


Figura 15. Valores correspondientes a las tallas de la primera hoja en plántulas de *P. longiflora*

*P. geminiflora* var. *geminiflora*, registró la menor longitud máxima calculada de la primera hoja, (37.3 mm), *P. sp. nov. intermedia* (91.6 mm) y *P. longiflora*, la mayor (119.8mm). Las longitudes máximas estimadas con este modelo son mayores que las reales, sin embargo, describen la misma tendencia, por lo tanto, el modelo es consistente con los resultados obtenidos (Cuadro 13).

La tasa de crecimiento en la primera hoja de *P. geminiflora* var. *geminiflora* fue 0.078, la más alta de las tres especies, 0.044 para *P. sp. nov.* y 0.030 en *P. longiflora*. Los tiempos de inicio del crecimiento, para cada especie en el mismo orden citado fueron -10.2, -11.5 y -38.3, es decir, las plántulas de *P. geminiflora* var. *geminiflora* tardaron más en iniciar su crecimiento; enseguida se presentó en las de *P. sp. nov.* y las de *P. longiflora* comenzaron su crecimiento más tempranamente (Cuadro 13).

Cuadro 13. Parámetros de Walford-Bertalanffy (1938-1946) obtenidos durante el crecimiento de la primera hoja en tres especies del género *Polianthes* L. b. ordenada al origen, m. pendiente,  $L_{\infty}$  longitud máxima, K. tasa de crecimiento y  $T_0$ . tiempo de inicio de crecimiento.

Especie	b	m	$L_{\infty}$	K	$T_0$
<i>P. geminiflora</i> var. <i>geminiflora</i>	2.8	0.9	37.3	0.078	-10.2
<i>P. sp. nov.</i>	4.0	0.9	91.6	0.044	-11.5
<i>P. longiflora</i>	3.6	0.9	119.8	0.030	-38.1

## VI CONCLUSIONES

La viabilidad de las semillas de las tres especies estudiadas del género *Polianthes* es alta.

Por su contenido de humedad las semillas de estas especies se clasifican como ortodoxas.

En las tres especies estudiadas, no existen inhibidores de la germinación en su cubierta, por lo tanto, ninguna de las especies estudiadas requiere de tratamientos pregerminativos.

Las semillas de *Polianthes longiflora* presentan mayor sensibilidad al remojo en agua a 40 °C, proceden de lugares más fríos y húmedos comparadas con *P. sp. nov.* y *P. geminiflora* var. *geminiflora*, que provienen de lugares más secos y cálidos, por lo tanto, la resistencia de estas últimas dos especies a este tratamiento es mayor.

Las semillas de las tres especies estudiadas, presentan germinación epigea y un cotiledón que se diferencia en un haustorio encargado de traslocar las reservas del endospermo al eje de crecimiento del embrión.

Debido a su alto porcentaje de germinación, en condiciones naturales, existe la posibilidad de propagar por semilla cualquiera de las tres especies estudiadas aunque su crecimiento sería muy lento.

En las tres especies, el tipo de germinación, así como los caracteres morfológicos de las semillas y las plántulas hasta la pérdida de la primera hoja, son muy homogéneos, por lo tanto, carecen de valor taxonómico para su separación.

## LITERATURA CITADA

- Alvarez, A. 1989. Distribución geográfica y posible origen de las agaváceas. *Revista del Jardín botánico Nacional*. 10:25-35.
- Atwater, B. R. 1980. Germination, dormancy and morphology of the seeds of herbaceous ornamental plants. *Seed Science and Technology*. 8:523-573.
- Bertalanffy, L. Von. 1938. A quantitative theory of organic growth. *Human Biology*. 10:181-213.
- Bidwell, R. G. S. 1979. *Fisiología Vegetal*. AGT editores, S. A. México.
- Botha, F. C., G. P. Potgieter and A. M. Botha. 1992. Respiratory metabolism and gene expression during seed germination. *Plant Growth Regulation*. 11:211-224
- Bradbeer, J. W. 1988. *Seed Dormancy and Germination*. Chapman and Hall. New York. U.S.A.
- Brown, D. and P. Rothery. 1993. *Models in biology: Mathematics, statistics and computing*. (Eds.) John Wiley and Sons. New York. U.S.A.
- Camacho, M. F. 1994. Fisiología de la germinación. págs. 12-31 *In: Semillas Forestales*, Intituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, División forestal. Centro de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales. Publicación especial No.2 México D.F.
- Cedano, M. M., R. R. Delgadillo y I. P. Enciso. 1993. Una nueva especie de *Polianthes* (AGAVACEAE) del estado de Michoacán y nota complementaria sobre *Polianthes longiflora* Rose. *Boletín Instituto de Biología. Universidad Autónoma de Guadalajara*. 1:521-530.
- Chojnowski, M; K. Mynett; M. Sanjewski; J. C. M. Beijersbergen and W. Bogatko. 1992 Germination of *Lilium pumilum* seeds. *Acta. horticola*. 325:235-238.
- Cronquist, A. 1988. *The Evolution and Classification of Flowering Plants*. 2ª ed. New York Botanical Garden. New York. U.S.A.
- Dahlgren, R. M. T., H. T. Clifford and P. F. Yeo. 1985 *The Families of the Monocotyledons. Structure, Evolution, and Taxonomy*. Springer-Verlag. New York. U.S.A.



- Danilova, M. F., E. N. Nemirovich-Danchenko, G. A. Komar and M. M. Lodkina. 1995. The seed structure of monocotyledons. págs. 461-472 *In*: P. J. Rudall, P. J. Cribb, D. F. Cutler and C.J. Humphries (eds.) *Monocotyledons; systematics and evolution*, Royal Botanic Gardens Kew.
- Devlin, M. R. 1982. *Fisiología Vegetal* Ediciones Omega, S. A. Barcelona. España.
- Duffus, C. and C. Slaughter. 1992. *Las semillas y sus usos*. AGT editores, S. A. México.
- Ellis, R. H., F. D. Hong and E. H. Roberts. 1985. págs. 100-114 *In*: Handbook for Genebanks No. 2 Handbook of seed technology for genebanks. Vol. 1. Principles and methodology. International Board for plant genetic resources. Rome. Italy.
- Endlicher, S. 1841. *Enchiridion botanicum*. Leipzig: Engelman.
- Espinoza, O. G. y E. M. Engleman. 1997. Anatomía de semillas (Notas del curso) Programa de botánica (IRENAT). Colegio de Postgraduados Montecillos Edo. de México.
- Everhart, H. W. and W. D. Youngs. 1989. Principles of fishery science 2ª ed. Comstock Pub. Assoc. Ithaca and London. England.
- Font-Quer, P. 1977. Diccionario de botánica. 6ª reimpresión. Ediciones Labor, Barcelona. España.
- Fuller, H. J. y D. D. Ritche. 1984. Botánica General. 11ª reimpresión Traducción de la 5ª edición. C.E.C.S.A. México.
- Galván, V. R. 1990. Amaryllidaceae. págs. 305-320 *In*: Rzedowski J. y G. C. Rzedowski (eds.). Flora Fanerogámica del Valle de México Vol III. Instituto de Ecología. Pátzcuaro, Michoacán. México.
- García-Mendoza, A. y R. Galván, V. 1995. Riqueza de la Familias Agavaceae y Nolinaceae en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 56:7-24.
- García, M. E. y D. F. Zaida 1977 Nuevo atlas Porrua de la República Mexicana 3ª edición. Porrua. México.
- García, P. 1993. Germinación de las semillas. págs. 419-433 *In*: Fisiología y bioquímica vegetal Azcon, J. B. y M. Talón (eds.) Interamericana McGraw-Hill. México.

- González, B. A. 1998. Descripción morfológica y anatómica del tallo de *Polygonum* L. (Agavaceae). Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. México.
- Gunn, Ch. R. and M. J. Seldin. 1978. Seed and Fruits of North American Papaveraceae. Technical Bulletin No. 1517. Agricultural Research Service. United States Department of Agriculture. U. S. A.
- Hartman, H. T. and D. E. Kester. 1997. Plant Propagation, Principles and Practices. 6<sup>a</sup> ed. Prentice Hall. New Jersey. U.S.A.
- Hernández, S. L. 1994. Análisis filogenético de Agavaceae y Nolinaceae con base en su morfología. Memorias Primer Simposium Internacional sobre Agaváceas. Instituto de Biología, UNAM. México.
- Hess, D. 1980. Fisiología Vegetal. Fundamentos moleculares y bioquímico-fisiológicos del metabolismo y desarrollo. Omega. Barcelona. España.
- Hodgson, W. and A. García M. 1997. Members of the Agavaceae with restricted distribution. pág. 156-158. In: Sara Oldfield (Ed.). Status Survey and Conservation Action Plan. Cactus and Succulent Plants. IUCN. England.
- Ibarra-Manríquez, G. 1992. Las plántulas de *Ficus*, subgénero *Pharmacosycea* (Moraceae), en Veracruz, México. *Acta Botánica Mexicana*. 18:55-69
- International Seed Testing Association (ISTA). 1985. International rules for seed testing. Rules and Annexes. 1985. págs. 327-328, 464-483 In: *Seed Sci. and Technol.* Zürich. Switzerland 13: 299-515
- Keeley, E. J. and D. A. Tufenkian. 1984. Garden comparison of germination and seedling growth of *Yucca wipplei* subspecies (Agavaceae). *Madroño* 31:24-29
- McVaugh, R. 1989. Flora Novo-Galiciana. Vol. 15 Bromeliaceae to Dioscoreaceae. The University of Michigan Herbarium Ann. Arbor. U.S.A.
- Pérez, G. F. y J. B. Martínez, L. 1994. Introducción a la fisiología vegetal. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España.
- Plummer, A. J. and D. T. Bell. 1995. The effect of temperature, light and gibberellic acid (GA<sub>3</sub>) on the germination of Australian everlasting daisies. (Asteraceae, Tribe Inuleae). *Australian Journal of Botany*. 43:93-102
- Pritchard, H. W. and A. P. Miller. 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

- Rojas, G. M. 1993. *Fisiología Vegetal Aplicada*. 4ª ed. Interamericana Mc Graw-Hill. México.
- Rose, J. N. 1903. Studies of Mexican and Central American Plants. *Contribution Natural Herbarium*. 3:1-55
- Solano, C. E. y A. Garcia-Mendoza. 1998 Una nueva especie de *Polygonum* del estado de Oaxaca, México. *Sida* 18: 97-101
- Supari, M. R; A. A. Farooqi and T. G. Prasad, 1993. Influence of various pre-sowing treatments and growth regulators on seed germination in *Gloriosa superba* L. *Indian Journal of Forestry*. 16: 123-126
- Tillich, H. J. 1995. Seedlings and Systematics in Monocotyledons. págs. 303-352  
In: P.J. Rudall, P. J. Cribb. D. F. Cutler and C. J. Humphries (Eds.) *Monocotyledons; systematics and evolution*. Royal Botanic Gardens Kew.
- Trueblood, E. 1973. "Omitxochitl"-the tuberose. (*Polygonum tuberosum*). *Ecology Botany*. 27:157-173
- Vázquez-Yanes, C. y J. R. Toledo. 1989. El almacenamiento de semillas en la conservación de especies vegetales. Problemas y aplicaciones. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 49:61-69
- Walford, L. A. 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. *Biology Bulletin*. 90: 141-147
- Zhang, X. F., L. X. Dong. and L. H. Wei. 1994. Reproductive biology of *Lilium dauricum* (IV) Dynamic anatomy of germination of the seed. *Journal of Northeast Forestry University*. 22:49-53
- Zimmer, K. 1994. Germination of two american *Allium* species. *Gartenbauwissenschaft* 59:125-126