

EVALUACION DE SEIS AGENTES OSMOTICOS Y DOS MEDIOS DE GERMINACION EN DOS CULTIVARES DE ESPARRAGO (Asparagus officinalis L.)

Por

*José Francisco de León Régil Zierlein*

TESIS

PRESENTADA A LA

ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

PARA OPTAR AL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

RECORRIDO DE REGISTRO  
SAC. HONDURAS  
AGRICOLA PANAMERICANA  
APR 23 1975  
TEGUIGALPA, HONDURAS

NUMERO 6,435  
FECHA 9/508/75  
LUGAR VILLASERRA

El Zamorano, Honduras

Evaluación de Seis Agentes Osmóticos y Dos  
Medios de Germinación en Dos Cultivares  
de Espárrago (Asparagus officinalis L.)

Por: José Francisco de León Régil Zierlein.

El autor concede a la Escuela Agrícola  
Panamericana permiso para reproducir y  
distribuir copias de este trabajo para  
los usos que considere necesarios.



---

José Francisco de León Régil Z.  
Marzo - 1993.

DEDICATORIA

A mis padres  
Blanca y Paco,  
a mis hermanos  
y a Carol,  
por todo su apoyo y cariño.

### AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Alfredo Montes por su valiosa ayuda y orientación en la realización de esta tesis.

Al Dr. Daniel Meyer por sus consejos y ayuda en todo el desarrollo de la tesis.

Al Ing. Odilo Duarte por sus consejos y amistad que nos demostró en clases y en el campo.

## INDICE GENERAL

TITULO.....	i
DERECHOS DEL AUTOR.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
INDICE GENERAL.....	v
INDICE DE CUADROS.....	vi
RESUMEN.....	vii
I. INTRODUCCION.....	1
II. ANTECEDENTES.....	3
III. MATERIALES Y METODOS.....	16
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	20
V. CONCLUSIONES.....	28
VI. RECOMENDACIONES.....	29
VII. LITERATURA CITADA.....	30
ANEXOS.....	33

## INDICE DE CUADROS

- Cuadro 1. Comparación de medias prueba múltiple de Duncan de número de días al 50% de emergencia en semillero.....21
- Cuadro 2. Comparación de medias prueba múltiple de Duncan en porcentaje final de emergencia en semillero.....23
- Cuadro 3. Comparación de medias prueba múltiple de Duncan de número de días al 50% de emergencia en bandejas.....25
- Cuadro 4. Comparación de medias prueba múltiple de Duncan en porcentaje final emergencia.....27

## RESUMEN

Se realizó un ensayo con el objetivo de identificar el reactivo más adecuado para osmacondicionar la semilla de dos cultivares espárrago (Asparagus officinalis L.), para mejorar significativamente la uniformidad, tiempo y porcentaje de germinación; en dos medios diferentes de germinación. Se uso un diseño completamente al azar factorial 2:2, con cuatro repeticiones y catorce tratamientos.

Las semillas de los dos diferentes cultivares se trataron por una semana, en el "Sistema de Pregerminar Semillas" (SPS). Las soluciones osmóticas que se utilizaron, fueron: Polietileno Glicol (PEG),  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$  y KCL.

Las semillas luego de tratadas se sembraron en semilleros y bandejas. Cada unidad experimental fue de 75 semillas, que después de ser sembradas se regaron para activar el proceso de germinación.

Las evaluaciones de emergencia se hicieron diariamente tomando los datos de número de días al 50% de emergencia y porcentaje final de emergencia (PFE).

El efecto del pregerminado en semillas de espárrago a número de días al 50% de emergencia fue significativo entre soluciones osmóticas, pero con un mínimo de diferencia de dos días con respecto al testigo. El efecto fue más marcado entre cultivares que entre tratamientos osmóticos.

En porcentaje final de emergencia (PFE) no hubo un efecto

significativo entre tratamientos osmóticos, pero si entre cultivares.

## I. INTRODUCCIÓN

En el cultivo de hortalizas hay especies que presentan dificultades a la germinación de la semilla, principalmente debido a su latencia y a las cubiertas duras de algunas especies. Esto dificulta la uniformidad, tiempo y porcentaje de germinación; atrasando, por ende, los demás procesos del ciclo productivo.

Para mejorar la calidad de la semilla, se pueden utilizar varios métodos. La hibridación o la selección son en su mayor parte fundamentales y casi se acercan a lo ideal, pero estos métodos son bastante caros y consumen demasiado tiempo. Los tratamientos de las plantas durante la producción de semillas solo tienen un efecto incidental en el mejoramiento de la semilla. Por lo tanto la pregerminación de la semilla por medio de soluciones osmóticas es hasta la fecha lo mejor para aumentar la calidad de semillas.

En Centro América, no han referencias estadísticamente válidas, que evalúen productos y dosis para estimular la germinación. Es importante realizar investigación en este sentido, ya que, al encontrar productos adecuados para este fin, las empresas productoras de semilla y el mismo agricultor, se beneficiarían al asegurar una germinación más rápida y uniforme, logrando como resultado, una reducción en el ciclo del cultivo.

El presente trabajo intenta mejorar el tiempo, uniformidad y porcentaje de germinación, por medio de una práctica conocida como "osmocondicionamiento de semillas".

En el desarrollo del experimento, las semillas de espárrago fueron expuestas a soluciones conteniendo agentes osmóticos. Estos permiten un hidratado parcial de las semillas, induciendo la activación de la germinación o pregerminado de la semilla pero sin provocar la salida de la radícula.

El objetivo del presente trabajo fue identificar el reactivo más adecuado para "osmocondicionar" la semilla de espárrago (Asparagus officinalis L.), para mejorar la uniformidad, tiempo de germinación y porcentaje de germinación.

### III. ANTECEDENTES

#### A. La germinación de la semilla y factores que la afectan

Una semilla es una planta en embrión provista de alimento de reserva y rodeada de cubiertas protectoras, y en algunos casos, de otras estructuras que la envuelven. La semilla separada de la planta madre, permanece por cierto período en un estado aparente de inactividad. El proceso en el cual se reanuda la actividad de la semilla, transformándose el embrión en una nueva planta, se llama germinación. A la planta joven se le denomina plántula. (Hartmann y Keeter, 1988.)

La germinación tiene tres requisitos básicos:

Primero: la semilla debe ser viable, esto es, el embrión debe estar vivo y con capacidad para germinar.

Segundo: la semilla debe estar sometida a condiciones ambientales favorables de agua, temperatura apropiada y suministro de oxígeno.

Tercero: la semilla no debe estar en letargo. Para superar esas condiciones, se hacen necesarios tratamientos pregerminativos. (Hartmann y Keeter, 1988)

El proceso de la germinación es una serie compleja de cambios bioquímicos y fisiológicos que implican la iniciación del crecimiento y la movilización de reservas dentro de la semilla para ser utilizadas por el embrión en su crecimiento. El primer paso es la absorción de agua por la semilla. A medida que se ablandan sus cubiertas y el protoplasma se

hidrata, las semillas generalmente se hinchan, rompiendo sus envolturas. Luego aumenta la actividad enzimática de la semilla y los procesos de la respiración. Estos cambios son seguidos por el alargamiento de las células y la salida de la radícula a través de las cubiertas de la semilla.

Estos hechos se encuentran asociados con la iniciación de la germinación. Para que continúe la germinación, los complejos compuestos insolubles de reserva deben ser dirigidos enzimáticamente para formar materias solubles más simples y trasladarlos a las regiones de crecimiento, donde son asimilados para proveer energía en el crecimiento o para conversión en nuevo material celular. La planta crece por el proceso usual de división, aumento y diferenciación de las células en los puntos de crecimiento (Spross, 1988).

La plántula depende de los materiales de reserva de la semilla para su desarrollo, continuando hasta llegar el momento en que las hojas puedan funcionar adecuadamente en la fotosíntesis. En resumen, la germinación se lleva a cabo en los siguientes pasos: absorción del agua, actividad enzimática y respiratoria, digestión, transporte de alimentos, asimilación y crecimiento (Hartmann y Kester, 1988).

A medida que avanza la germinación, se hace aparente la estructura de la plántula. El embrión consiste en un eje hipocotílico radicular que lleva una o más hojas ó cotiledones. El punto de crecimiento de la raíz, la radícula, emerge de la posición inferior del eje hipocotílico radicular

abajo de los cotiledones. El tallo de la plántula se divide en la sección que se encuentra debajo de los cotiledones, el hipocotilo, y la sección encima de los cotiledones, el epicotilo. En la práctica, los términos epicotilo y plúmula con frecuencia se usan intercambiabilmente. El crecimiento inicial de las plántulas sigue dos formas: en un tipo, la germinación epígea, el hipocotilo se alarga y levanta los cotiledones por encima de la tierra. En el otro tipo, la germinación hipógea, la elongación del hipocotilo no levanta los cotiledones sobre el suelo y solo emerge el epicotilo (Hartmann y Kester, 1988).

#### 1. Letargo de la semilla

Bidwell (1987) dice, que el letargo tiene una gran importancia en la supervivencia de la semilla o de las plantas, las cuales tienen mecanismos que han evolucionado para poder alcanzar este fin; y que pueden ser: un período de baja actividad metabólica, bajo contenido de agua y un nulo crecimiento en el cual la semilla es resistente a rigores de frío y de sequía. Además, han evolucionado mecanismos que impiden que la semilla pueda germinar después de haber caído al suelo, aunque las condiciones sean ideales para la germinación. Se pueden mencionar varios mecanismos de letargo en las semillas:

a) Factores ambientales, tales como:

- Exigencias de luz para la germinación: positiva y negativa.

- Altas temperaturas.
- Ausencia de agua.

b) Factores internos:

- Testa de la semilla, ya que impide el intercambio gaseoso.
- Testa de la semilla, cuando hay efectos mecánicos.
- Inmadurez del embrión.
- Baja concentración de etileno.
- Presencia de inhibidores.
- Ausencia de promotoras del crecimiento.

Weaver R. (1989) menciona dos tipos de letargo: quiescencia, controlado por factores exógenos (ej.: la inhibición del agua), y el de reposo, controlado por factores endógenos. Estos se pueden romper si la semilla es expuesta a alguna condición ambiental especial. Estas condiciones incluyen exposición a frío prolongado, humedad en presencia de oxígeno (estratificación), calor fresco (incluso fuego), movimiento a través del intestino de un mamífero o ave, abrasión física (escarificación) o por ataque de hongos.

Cuando ocurren las condiciones ideales para romper el letargo, se comienza a producir giberelinas y citocininas, que son necesarias para contrarrestar la acción de los inhibidores del crecimiento; como el ácido abscísico y a desarrollar el proceso de la germinación. En esta etapa, si se le agrega agua a la semilla, ésta germinará (Bidwell, 1979).

## B. Mecanismos Fisiológicos que implican el Pregerminado o el Osmoacondicionamiento de las Semillas

El alto grado de mecanización en los modernos sistemas de cultivo de plantas, demanda o exige una rápida, uniforme y completa germinación de la semilla. Los gradientes de dormancia o letargo que existen en varias semillas de hortalizas, causan una desuniforme germinación. La semilla pregerminada, resulta ser hasta la fecha, la mayor promesa como método para mejorar la calidad de la semilla, rompiendo el letargo. (Taylorson , 1989).

### 1. Osmoacondicionamiento

Se sabe que existen varios métodos para mejorar la germinación de la semilla y uno de estos es el "osmoacondicionamiento o pregerminado de la semilla". Esta técnica está basada en el control de la hidratación de la semilla hasta un nivel que permite una iniciación de la actividad metabólica de la germinación y previniendo la actual emergencia de la radícula (Bradford, 1986).

El pregerminado osmótico, consiste en la incubación de las semillas por un período específico de tiempo, a una determinada temperatura y a una concentración dada de un

agente osmótico (como polietileno glicol o alguna sal). Esto es generalmente seguido por el secado, almacenamiento y manejo (Taylorson, 1989).

Frett et al (1991) reportaron que el osmoacondicionamiento de la semilla, implica exponer semillas quiescentes a una solución que permita que la misma se hidrate parcialmente antes de la germinación; y a esto lo llamamos pregerminado.

Un obstáculo sobrante para la aplicación comercial del osmoacondicionamiento o pregerminado de la semilla es la variabilidad de los resultados entre especies y cultivares (Bradford, 1986).

El pregerminado de las semillas es una técnica donde se observa un incremento de la velocidad de germinación y emergencia en varios cultivos como lechuga, zanahoria y tomate. Al pregerminado se le valora como incrementador de la calidad de las semillas no viables del lote que se va a eliminar (Hill et al, 1989).

Al mejorar el tiempo y la sincronización de la germinación de semillas pregerminadas por vía osmótica; se mejoran también parámetros tales como: incremento del peso fresco e incremento de la producción en varios cultivos, esto se explica como la ganancia en tiempo a problemas de malezas; ya que estas compiten por nutrientes en el suelo. Otros beneficios de la semilla pregerminada es que se acelera la germinación en condiciones de altas temperaturas, que

dificultan la germinación en ciertas especies como la lechuga; ya que la semilla al ser expuesta a temperaturas altas entra en un letargo de germinación. Mejora la planta antes de la cosecha, acelera la maduración y mejora la germinación a altas y bajas temperaturas (Samfield, Zajicek y Cobb 1991).

## 2. Mecanismos del Pregerminado

Es necesario antes de entrar a estudiar los mecanismos del pregerminado, entender las relaciones que tiene el agua en la germinación y la expansión de las células en este proceso.

El aprovisionamiento de agua por las semillas, es esencial para activar un número de procesos metabólicos necesarios para la germinación. La deficiencia tiene un profundo efecto en el metabolismo de la planta, incluyendo la síntesis de paredes celulares y crecimiento celular (Khademi et al, 1991).

El crecimiento expansivo de las células de las plantas; resulta de la producción de la pared celular y de la absorción de agua por las células. Esta expansión es iniciada con una producción de las paredes celulares y continúa bajo los efectos de turgor (Taylorson, 1989).

El proceso de absorción de agua por la semilla consta de tres fases:

Fase I. Imbibición, La cual es una consecuencia de fuerzas matrices.

Fase II. En esta fase la semilla entra en un retraso que depende del potencial osmótico, ya que en algunas especies esta fase no se presenta, pasando así a la siguiente, donde un mayor metabolismo prepara a la semilla al brotamiento o emergencia de la radícula.

Fase III. Ocurre el alargamiento de la radícula. El tiempo que va a durar esta fase depende en cierta parte de las condiciones inherentes a la semilla y de la suplementación de agua a la misma.

La fase II es importante en el tiempo o duración en que se llevará a cabo el proceso de la germinación. Hay que tomar en cuenta que en algunas especies las semillas no demuestran o presentan la fase II; un ejemplo de esto es la habichuela de jardín, en la cual la radícula se desarrolla inmediatamente después de la imbibición del agua. Otras especies se preparan para llevar a cabo el proceso de toma de agua durante la fase II. También hay que tomar en cuenta el caso de las semillas que presentan dormancia, ya que estas requieren condiciones ambientales que remuevan los bloqueadores de la germinación. En este caso, durante la fase II la semilla es sensible a los cambios de temperatura en todas las especies. Eventualmente, el control de la relación del agua es esencial en el control de la germinación (Taylorson, 1989; Khademi et al., 1991).

Taylorson (1989) dice que el pregerminado osmótico previene el inicio de la fase III y de este modo permite prolongar el tiempo de reacción para los procesos durante la

fase II y mejorar así la calidad de la semilla. Los beneficios de la pregerminación se ven después de la reimpibición. Y a estos beneficios los podemos dividir en los siguientes:

- 1) Por lo general, el pregerminado produce un acortamiento de las fases, porque ya parte de la fase III se hizo y no se vuelve a repetir.
- 2) En las semillas ya ha sido impulsado el desarrollo de la radícula y por lo tanto, éstas ya están sincronizadas para la emergencia de la misma.
- 3) El ritmo de los procesos tal vez se pueda incrementar.
- 4) Por lo anterior, la cantidad de semillas que germinen puede ser mayor. Hay que tomar en cuenta que en ciertos casos se ha tomado como un instrumento de interrupción de la dormancia, lo cual necesita condiciones específicas de temperatura.
- 5) En algunos estudios, se presentaron casos de mejora en el vigor de la semilla de baja calidad, debido al pregerminado.

### C. Agentes Osmóticos

Para efectuar el pregerminado de las semillas, es necesario que éstas sean expuestas a una solución que permita su hidratación parcial.

Spross (1988) menciona que actualmente existen varios productos para estimular la germinación como el etileno, la thiourea, las giberelinas y la cinetina, los cuales han mostrado buenos resultados. A la vez pone al  $KNO_3$  como uno de los más empleados en el tratamiento de semillas.

Hayman y Yokoyama (1990) emplearon un regulador del crecimiento llamado DCPTA, para tratar semilla de una planta productora de hule llamada "guayule", en esta especie se observaron incrementos en el peso seco de la semilla y mayor supervivencia a condiciones adversas a la germinación.

Otros métodos para aumentar la calidad de la semilla incluyen lavar o humedecer las semillas en tratamientos de hormonas, sales, difusión de solventes orgánicos y saturarlas en condiciones de un medio osmótico a bajas temperaturas (Yaklich, 1977).

Frett et al, (1991) utilizaron en tomate (Lycopersicon esculentum Mill.) y en espárrago (Asparagus officinalis L.) agentes osmóticos como Polietileno glicol (PEG) con peso molecular de 8000. El PEG es inerte por lo tanto no es fitotóxico y por el tamaño de sus moléculas coloidales, suficientemente viscoso para poder inhibir la aeración, ya que reducen el potencial hídrico.

También se utilizaron sales inorgánicas tales como  $KNO_3$ ,  $KH_2PO_4$ ,  $K_2PO_4$ ,  $KCl$ ,  $CaCl_2$ ,  $NaCl$  y agua sintética de mar. Las concentraciones de los agentes osmóticos que estos autores utilizaron en el tratamiento de las semillas, fueron determinadas por curvas estandares, relacionadas con las concentraciones de potencial osmótico determinadas con un Osmómetro de Presión de Vapor Wescor Modelo 5500XR.

Bradford (1986) presenta una tabla de cultivos hortícolas en que se usan diferentes agentes osmóticos para el

pregerminado de sus semillas, dando las dosis, tiempo de tratamiento con temperatura a la cual se trabajó y el efecto que se obtuvo en las pruebas de germinación y emergencia. Aparte de los agentes que utilizo Frett et al (1991), se menciona el uso de Glicerol en zanahoria (Daucus carota L.), Manitol y PEG + Fusicoccin en tomate (Lycopersicon esculentum Mill.), y en soya (Glycine max (L.) Merrill) la combinación de PEG + 0.2% de Thiram + 1200 U de Penicilina G. donde se aceleró la germinación a 10°C.

#### 1. Sistemas de Pregerminado

El sistema de pregerminado de semillas o sistema de osmocondicionamiento de semillas (SPS), es un sistema de bombeo de aire húmedo a través de unas columnas que contienen las semillas mezcladas con el agente osmótico. este a la vez se mantiene a una temperatura constante dada por el agua que rodea las columnas. Esto proporciona un mejor ambiente para el pregerminado de las semillas. (Akers y Holley, 1986)

Bradford (1986) cita que las semillas en un medio osmótico para pregerminado como el PEG 6000, deben ser aireadas.

#### D. Pregerminado en Semillas de Espárrago

La semilla de espárrago tiene una lenta germinación, ya que tarda de 2 a 6 semanas para hacerlo, a una temperatura

entre 24°C a 30°C. La germinación puede ser acelerada por medio del remojo en agua, por un lapso de 3 a 5 días a una temperatura de 30 a 35°C antes de la siembra (Montes, 1991).

Frett et al (1991) presentan resultados del pregerminado de semillas de espárrago; donde se obtuvo una reducción en el número de días al 50% de germinación, aquí el  $\text{NaNO}_3$  presentó una significancia superior a los demás tratamientos de sales inorgánicas en el número de días a 50% de germinación. Cuando se tomó los datos de germinación del rango del 10% al 90% no se obtuvo ninguna diferencia significativa contra el testigo. El agua de mar, (se utilizó una concentración de  $\text{NaCl}$  similar a la del mar) resultó tan eficiente como el PEG en reducir los días para alcanzar 50% de germinación.

Semillas de espárrago, zanahoria, apio y cebolla pregerminadas, que fueron secadas antes de ser sembradas en el medio de emergencia tuvieron un retraso en la nueva imbibición de agua (Pill et al, 1991).

Pill et al (1991) evaluaron la germinación y la emergencia de semillas de espárrago y tomate con diferentes soluciones osmóticas y diferentes temperaturas (10°, 20° y 30°C) y dos concentraciones de salinidad en el medio de germinación y emergencia (sin salinidad y con salinidad). En el ensayo, se probó primero el efecto de PEG, Agua instantánea de mar,  $\text{NaNO}_3$  y sin tratamiento osmótico, midiendo los resultados en días para alcanzar el 50% de germinación y porcentaje final de germinación. En espárrago los resultados

revelaron una influencia entre los tratamientos que contenían una concentración de sales y diferentes temperaturas. El porcentaje final de germinación en tomate o en espárrago en 0 concentración de sales, a 20°C, no presentó incremento en el pregerminado. Con concentración de sales; a la misma temperatura en ambas especies el el porcentaje final de germinación si presentó un incremento por efecto del pregerminado.

Francois (1987), notó que el porcentaje de germinación de semillas de espárrago UC-157 se vió afectado por concentraciones salinas solubles en agua superiores a 26.88 ppm, donde no se tuvo ningún efecto significativo en germinación, comparado con semillas de espárrago que no tenían ninguna concentración en su medio de germinación. Adicionalmente, en concentraciones superiores de 46.08 ppm se tuvo una reducción en el porcentaje de germinación del 1.5%, por cada vez que se elevó la concentración de la salinidad en el medio. Esto indica cuales niveles de sales inorgánicas podemos utilizar en el tratamiento de las semillas con agentes osmóticos. A la vez muestra que efecto daría aplicar al medio de germinación cierta concentración de sales; sea esta beneficiosa o no.

#### IV. MATERIALES Y METODOS

Este experimento se llevó a cabo entre enero y marzo de 1993, en los terrenos correspondientes al Departamento de Horticultura de la Escuela Agrícola Panamericana, "El Zamorano", Honduras, situados a una elevación de 800 msnm.

Las semillas de los cultivares "Martha Washington" y el híbrido "UC-157 F2" se obtuvieron por donación de la compañía Harris Moran.

Las semillas fueron pregerminadas en soluciones osmóticas, como se detalla a continuación:

- Polietileno Glicol (PEG) de uso comercial, (anticongelante en radiadores) con una dosis de 310.0 g/l de agua destilada.
- $\text{NaNO}_3$ , a razón de 13.4 g/l de agua destilada.
- $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , a razón de 25.8 g/l de agua destilada.
- $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , a razón de 20.4 g/l de agua destilada.
- $\text{CaCl}_2$ , a razón de 19.0 g/l de agua destilada.
- $\text{KCl}$ , a razón de 13.4 g/l de agua destilada.

Hubo dos testigos; el cultivar híbrido y el de polinización libre, sin el uso de agentes osmóticos. Estos fueron sembrados directamente a los diferentes medios de germinación.

Las concentraciones de los diferentes agentes osmóticos que se utilizaron fueron tomadas de Frett et al, (1991).

Se utilizó un diseño completamente al azar, factorial 2\*2 (DCA 2\*2), con 14 tratamientos de 4 repeticiones cada uno.

Cada unidad experimental constó de 75 semillas de espárrago.

Las semillas se trataron con el "Sistema para Pregerminar Semillas" (SPS), tomado de Akers y Holley (1986)(anexo #3).

Este sistema consta de las siguientes partes:

- bomba de aire
- Mangueras conductoras del aire de 1/8"
- Recipiente humidificador
- Acuario o pecera de 25 litros.
- Columnas de osmocondicionamiento, que son tubos de PVC de 1/2" de diámetro.
- Bandeja para sostener las columnas
- Tapones de hule de 1/2" de diámetro
- Embudos de plástico de 1/2" de diámetro
- Esponja
- Calentador de agua graduable a 25°C

El sistema bombea aire a través de las mangueras de 1/8", este aire adquiere humedad al pasar por el recipiente humidificador y es conducido hacia las columnas de osmocondicionamiento.

Cada columna de osmocondicionamiento contiene un embudo que está conectado a la manguera que conduce el aire. El embudo tiene la función de esparcir uniformemente el aire por la columna. Al orificio interior del embudo; que es, por donde salen las burbujas de aire, se le coloca un trozo de esponja para hacer las burbujas de aire más pequeñas y de esta manera lograr una buena distribución de la aireación de las semillas

que se encuentran dentro del agente osmótico.

Las columnas de osmocondicionamiento se encuentran sostenidas por una bandeja, sumergida en agua dentro del acuario.

El acuario sirve para mantener a temperatura estable (25°C) todas las columnas de osmocondicionamiento. (Ver Anexo #3)

Las semillas de los cultivares híbrido "UC-157 F2" y "Martha Washington" estuvieron por 7 días a 25°C en tratamiento osmótico con una semana de diferencia por cultivar. Esta diferencia fue debida a que la capacidad del SPS era de 6 columnas solamente y fue necesario tratar primero las semillas del híbrido y luego las del "Martha Washington".

Las pruebas de germinación se efectuaron en dos lugares diferentes: a) semillero, zona II de Horticultura y b) bandejas plásticas de 96 posturas en el invernadero Quonset de Horticultura.

En los semilleros, el medio de emergencia utilizado consistió en: 2 partes de aserrín, 2 de compost y 1 de arena. Antes de ser utilizado, el medio se desinfectó con bromuro de metilo durante 3 días para prevenir el ataque de malezas, plagas y enfermedades.

En semillero la preparación del medio, la desinfección con bromuro de metilo y la siembra se realizó en camas de 15 metros de largo por 1.2 metros de ancho. Cada repetición se sembró en dos hileras a una distancia entre plantas de 1.5 cm

y 3 cm entre hileras. Estas fueron regadas cuatros veces todos los días durante todo el experimento. No hubo una aleatorización en el campo por considerar que el medio en la cama era homogéneo.

En bandejas, el medio de emergencia utilizado consistió en: 3 partes de casulla de arroz, 3 de aserrín, 1 de compost y 1 de arena. El medio antes de ser utilizado para la siembra fue pausterizado con vapor de agua. En cada bandeja se sembró 75 semillas que representaban cada unidad experimental. Al igual que en semillero, se regaron todos los días.

Fue necesario deshierbar manualmente un poco de maleza que emergió pese a la desinfección del medio.

El registro de datos se efectuó diariamente a partir del primer día de emergencia del las plántulas (salida del epicotilo o hipocotilo del espárrago). Se registró el número de plántulas que emergieron cada día; durante un período de 23 días, en ambas pruebas.

Los datos tomados fueron el número de semillas germinadas por día despues de la siembra; que luego fueron transformados a número de días al 50% de emergencia y a porcentaje final de emergencia (PFE), respectivamente.

El análisis de los datos se hizo por medio del programa estadístico MSTAT-C de la Universidad de Utah. Los datos se archivaron como días al 50% de emergencia y porcentaje final de emergencia (PFE); a este último se le hizo una transformación angular, para reducir el coeficiente de

variación y aumentar la precisión de las pruebas. La fórmula utilizada en el programa fue la siguiente:  $ASIN=(SQRT(Vx/100))*57.2956$ . Los datos archivados en el programa fueron analizados como un diseño completamente al azar (DCA) factorial 2\*2. Se sacó las pruebas de comparación de medias de Duncan.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los resultados se efectuó por separado en los dos aspectos investigados: semillero y bandejas. Cada experimento se analizó en base a los dos cultivares; "Martha Washington" y el híbrido "UC-157 F2", utilizando el diseño completamente al azar (DCA) factorial 2\*2.

### A. Semillero

#### 1. Días al 50% de emergencia

Los resultados revelados por el ANDEVA fueron significativos ( $P=0.01$ ) entre tratamientos (agentes osmóticos) y entre factores (cultivares). Hubo una reducción en el tiempo de emergencia de la semilla de espárrago en el número de días al 50% de emergencia. La comparación de medias (Cuadro 1) reveló que en el híbrido UC-157 F2 se redujo el número de días al 50% de emergencia comparándolo con su testigo, sin tratamiento osmótico y los demás tratamientos del cultivar "Martha Washington". Lo mismo mostró el cultivar "Martha Washington" con respecto a su testigo. Al la vez, no hubo ninguna diferencia entre el tratamiento de Polietileno Glicol (PEG) y los tratamientos de sales inorgánicas en ambos cultivares.(ver Anexo #1)

Esto concuerda con los resultados obtenidos por a Frett et al (1991) y Pill et al (1991) quienes concluyeron que las sales inorgánicas reducen el tiempo de germinación en espárrago. Sin embargo, no concuerdan con los resultados para PEG que en este experimento fueron similares al los de las sales inorgánicas y normalmente el PEG es inferior.

Cuadro 1: Comparación de medias prueba Múltiple de Duncan en el número de Días al 50% de emergencia en Semillero.

Cultivar	Tratamiento	Días al 50% Emer.	Duncan 5%
Martha Washington	Testigo	16.50	a
Martha Washington	NaNO <sub>3</sub>	15.00	b
Martha Washington	CaCl <sub>2</sub>	14.75	bc
Martha Washington	KCl	14.50	bcd
Martha Washington	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	14.25	bcd
Martha Washington	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	13.50	bcd
UC-157 F2	Testigo	13.25	cd
Martha Washington	PEG	13.00	d
UC-157 F2	NaNO <sub>3</sub>	11.00	e
UC-157 F2	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	11.00	e
UC-157 F2	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	11.00	e
UC-157 F2	KCl	10.75	e
UC-157 F2	PEG	10.75	e
UC-157 F2	CaCl <sub>2</sub>	10.00	e

El coeficiente de variación del ANDEVA de 3.95% fue apropiado por ser bajo.

## 2. Porcentaje Final de Emergencia

El ANDEVA sobre porcentaje final de emergencia (PFE) en semillero, resultó ser significativo ( $P=0.01$ ), entre tratamientos y entre factores. El coeficiente de variación también resultó bajo, 7.38% lo cual indica la poca variación que hubo entre estos datos. La comparación de medias que se hizo por la prueba Múltiple de Duncan (Cuadro 2) y dió como resultado una diferencia significativa en el porcentaje final de emergencia entre los "Martha Washington" y el híbrido "UC-157 F2", pero no entre tratamientos (agentes osmóticos), en donde no hubo efecto en ningún tratamiento, ya que el testigo se comportó en forma similar a los tratamientos con los agentes osmóticos. La emergencia del "UC-157 F2" fue mejor que la de "Martha Washington". Esto es contrario a lo que se presentó en el experimento de Pill et al (1991) de un aumento en el porcentaje final de germinación y porcentaje final de emergencia. Ellos evaluaron las semillas pregerminadas bajo tres diferentes temperaturas y dos niveles de salinidad en el medio de crecimiento, que fue muy diferente al que se utilizó en este ensayo, ya que usaron a nivel de laboratorio un medio de crecimiento muy homogéneo. (ver Anexo #2)

Cuadro 2: Comparación de Medias Prueba Múltiple de Duncan en Porcentaje Final de Emergencia (PFE) en Semillero.

Cultivar	Tratamiento	Días al 50% Emer.	Duncan 5%
UC-157 F2	$\text{KH}_2\text{PO}_4$	68.79	a
UC-157 F2	Testigo	66.89	a
UC-157 F2	$\text{CaCl}_2$	68.70	a
UC-157 F2	PEG	66.89	a
UC-157 F2	KCl	65.74	ab
Martha Washington	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	64.23	ab
Martha Washington	$\text{KH}_2\text{PO}_4$	63.90	ab
Martha Washington	PEG	63.17	ab
UC-157 F2	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	62.54	ab
UC-157 F2	$\text{Na}_2\text{NO}_3$	62.43	ab
Martha Washington	Testigo	57.87	ab
Martha Washington	KCl	55.28	ab
Martha Washington	$\text{CaCl}_2$	54.79	ab
Martha Washington	$\text{NaNO}_3$	50.56	b

Los porcentajes de germinación que se obtuvieron se encuentran en el rango aceptable que da la literatura que es de 60 a 70%, aunque en esta prueba se dieron rangos un poco más bajos.

## B. Bandejas

### 1. Días al 50% de Emergencia

Al igual que el experimento de semillero, el de las bandejas el de número de días al 50% de germinación presentó una diferencia significativa ( $P=0.01$ ) entre tratamientos (agentes osmóticos) y entre factores (cultivares). La comparación de medias (Cuadro 3) demostró que el híbrido "UC-157 F2" emerge a menos días que "Martha Washington". Aunque el tratamiento de PEG en "Martha Washington" dió resultados similares al testigo del híbrido "UC-157 F2". Del mismo modo algunos tratamientos de "Martha Washington" no mostraron ninguna diferencia significativa con algunos del híbrido. Por otro lado, no hubo diferencia significativa entre tratamientos del mismo cultivar. Lo cual es diferente a lo descrito por Pill et al (1991) que encontraron una diferencia significativa entre tratamientos de semilla pregerminada. En el experimento tenían varias variantes como: diferentes temperaturas de tratamiento, medio con salinidad o sin salinidad y semilla secada y sin secar. (ver Anexo 1)

Cuadro #3: Comparación de Medias Prueba Múltiple de Duncan a número de días a 50% de emergencia en Bandejas.

Cultivar	Tratamiento	Días al 50% Emer.	Duncan 5%
Martha Washington	Testigo	20.75	a
Martha Washington	NaNO <sub>3</sub>	17.75	ab
Martha Washington	KCl	17.75	ab
Martha Washington	CaCl <sub>2</sub>	17.75	ab
Martha Washington	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	15.50	bc
Martha Washington	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	15.00	bc
UC-157 F2	Testigo	14.50	bc
Martha Washington	NaNO <sub>3</sub>	13.75	bc
UC-157 F2	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	12.75	c
UC-157 F2	PEG	12.00	c
UC-157 F2	KCl	11.75	c
UC-157 F2	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	11.50	c
UC-157 F2	CaCl <sub>2</sub>	11.50	c
UC-157 F2	NaNO <sub>3</sub>	11.00	c

## 2. Porcentaje Final de Emergencia

En bandejas hubo una diferencia significancia ( $P=0.01$ ) entre tratamientos (agentes osmóticos) y entre cultivares. Y la prueba múltiple de Duncan (Cuadro 4) dió una significancia a favor de los tratamientos con soluciones osmóticas en semillas del híbrido "UC-157 F2" sobre "Martha Washington". Algunos tratamientos del híbrido tuvieron resultados similares al cultivar "Martha Washington". Lo que se puede decir en general; es que hubo un efecto de cultivar; o sea que el híbrido respondió mejor que el de polinización libre y no necesariamente por el efecto de los agentes osmóticos, en porcentaje final de emergencia. (ver Anexo #2)

Los porcentajes de germinación que se obtuvieron en esta prueba, estuvieron en el rango dado por la literatura que es de 60 a 70%.

Cuadro #4: Comparación de Medias de Prueba Múltiple de Duncan en Porcentaje Final de Emergencia en Bandejas.

Cultivar	Tratamiento	Días al 50% Emer.	Duncan 5%
UC-157 F2	CaCl <sub>2</sub>	72.61	a
UC-157 F2	Testigo	69.13	ab
UC-157 F2	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	68.94	ab
UC-157 F2	KCl	67.84	ab
UC-157 F2	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	65.53	abc
UC-157 F2	NaNO <sub>3</sub>	64.61	abc
Martha Washington	PEG	61.44	abcd
UC-157 F2	PEG	59.61	abcde
Martha Washington	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	58.89	abcde
Martha Washington	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	56.45	bcde
Martha Washington	KCl	52.63	cde
Martha Washington	CaCl <sub>2</sub>	52.13	cde
Martha Washington	Testigo	47.74	de
Martha Washington	NaNO <sub>3</sub>	46.29	e

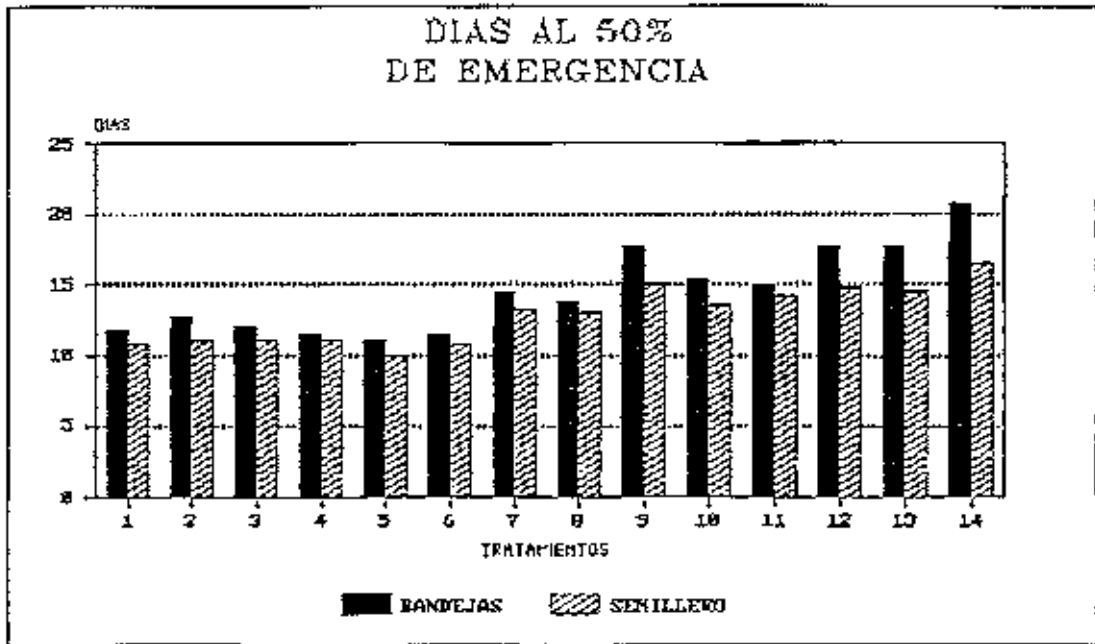
## VI. CONCLUSIONES

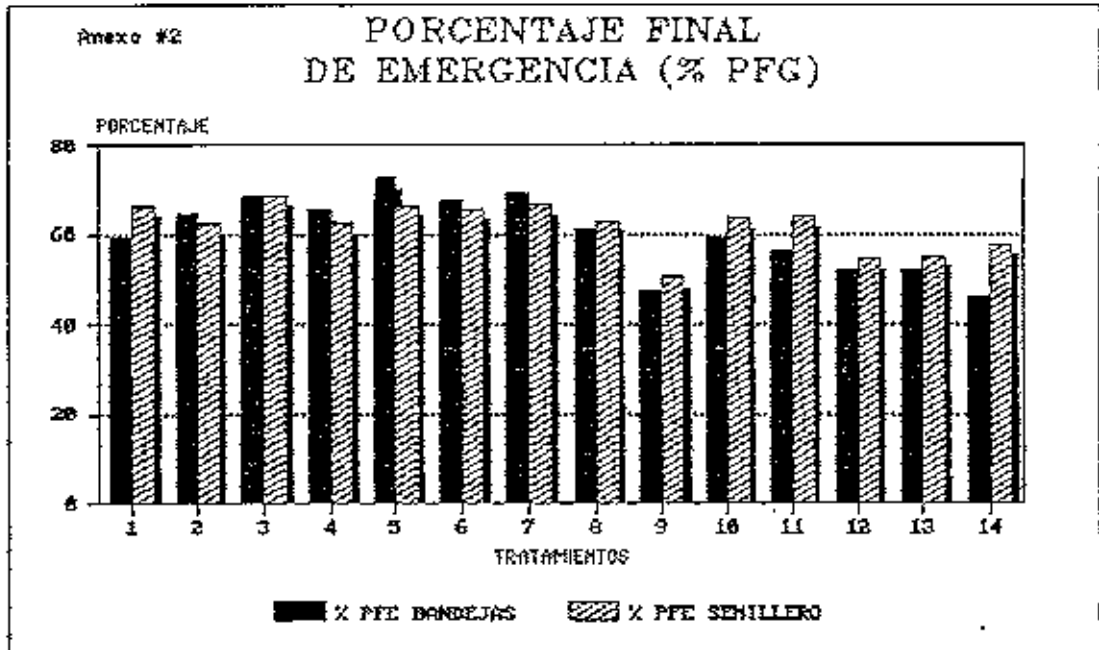
Bajo las condiciones en que se realizó este experimento, pueden enunciarse las siguientes conclusiones.

1. El efecto del pregerminado en semillas de espárrago en semillero fue más notable entre los cultivares. El "UC-157 F2" presentó una germinación más temprana que "Martha Washington". El pregerminado en soluciones osmóticas fue superior al testigo con dos días de diferencia.
2. No hubo un efecto significativo en el porcentaje final de emergencia (PFE), entre tratamientos de soluciones osmóticas, ni entre cultivares. Aunque la germinación en bandejas tuvo una diferencia en porcentaje final de emergencia entre cultivares.
3. No hubo diferencia significativa entre tratamientos de semillas en soluciones osmóticas. Sí hubo diferencia significativa en el número de días para que germinara el 50% de las semillas entre cultivares, siendo el mejor el cultivar híbrido debido posiblemente al vigor que produce la hibridación.
4. No hubo diferencia significativa en el porcentaje final de emergencia (PFE) en bandejas entre los tratamientos con soluciones osmóticas. Sí hubo diferencia significativa entre cultivares, siendo el mejor el híbrido.
5. No se observó ningún efecto vigorizante en las semillas de espárrago por la utilización del sistema de pregerminado de semillas (SPS).

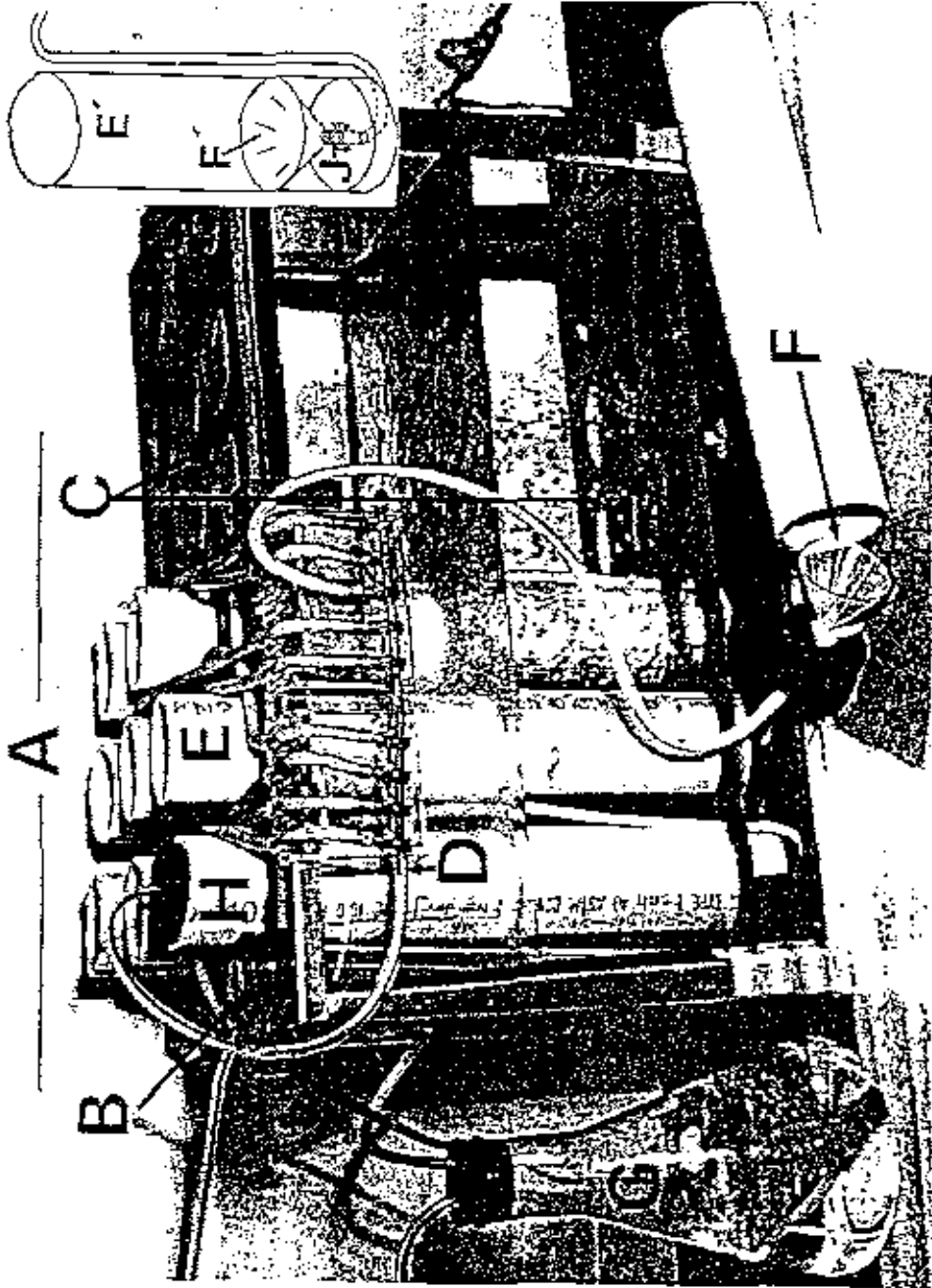
## VII. RECOMENDACIONES

1. Llevar a cabo ensayos, emplando diferentes temperaturas al tratar las semillas en el SPS. Ya que puede causar un mejor efecto en el pregerminado de la semilla.
2. Hacer ensayos, donde en vez de utilizar siete días de tratamiento, se pruebe con más o menos días en tratamiento.
3. Hacer ensayos donde el medio de emergencia se trate con diferentes concentraciones de salinidad, con el propósito de medir su efecto en la emergencia.
4. Intentar secar la semilla de espárrago después de hacer el tratamiento de pregerminado en el SPS y guardarla por algún tiempo determinado; evaluar de esta manera algún efecto vigorizante del osmoacondicionamiento de semillas en espárrago.
5. Evaluar la temperatura del medio de emergencia, porque puede tener efecto en la germinación y emergencia de la semilla de espárrago.





ANEXO #3:



Sistema de Pragerminado de Sementes (SPS): Aquário(A), Calentador(B), Parte columnar(C), Difusor de sementes(D), Coluna de pragerminado(E), Embudo(F), Humidificador de sementes(G) y Eaponja(H)

#### VIII. LITERATURA CITADA

- BIDWELL R.G.S. 1987. Fisiología vegetal. Primera edición en español. Agt editor. México D.F. 784 p.
- BRADFORD K.J. 1986. Manipulation of Seed Water Relations Via Osmotic Priming to Improve Germination Under Stress Conditions. HortScience. Vol 21. 1105-1112 p.
- FRANCOIS L. 1987. Salinity effects on asparagus yield and vegetative growth. HortScience. Vol.112. 432-436 p.
- FRETT J.J.; PILL W.G.; MORNEAU D.C. 1991. A Comparason of Priming Agents for Tomato and Asparagus Seeds. HortScience. Vol. 26. 1158-1159 p.
- HARTMANN H., KESTER D. 1988. Propagación de plantas. Principios y prácticas. Trad. de la 3<sup>ra</sup>. edición en ingles por Antonio Ambrocio. Mexico, CECSA. 795 p.
- HAYMAN E. Y YOKOYAMA H. 1990. Enhanced germination rates and growth of DCPTA-treated guayule seed. HortScience. Vol. 25. p. 1614-1615.
- HILL H., TAYLOR A., MIN T. 1989 Density separation of imbibed and primed vegetable seeds. J. Amer. Soc. Hort. Sci. Vol. 114. p. 661-665

- KHADEMI M. Y ET AL. 1991. Water stress and storage-protein degradation during germination of impatiens seed. J. Amer. Sci. p. 302-306
- MONTES A. 1991. Olericultura I. Escuela Agrícola Panamericana. Honduras.
- PILL W.; FRETT J.; MORNEAU D. 1991. Germination and seedling emergence of primed tomato and asparagus seeds under adverse conditions. HortScience. Vol. 26. 1160-1162 p.
- SAMFIELD D.M., ZAJICEK J. Y COBB B. 1991. Rate and uniformity of herbaceous perennial seed germination and emergence as affected by priming. J. Amer. Soc. Hort. Sci. p. 10 - 13.
- SPROSS E. 1988. Evaluación del efecto de cinco dosis de nitrato de potasio (KNO<sub>3</sub>) como estimulación de siete especies florales. Tesis Ing. Agr. Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala. 46 p.
- AKERS W Y HOLLEY K.E. 1988. SPS: A System for Priming Seeds Using Aerated Polyethylene Glycol or Salt Solutions. HortScience. Vol. 21. 529-531 p.

TAYLORSON R., comp. 1989. Recent advances in the development and germination of seeds. Plenum Press, New York y Londres. Publicado en cooperación con NATO Scientific Affairs Division. 295 p.

WEAVER R. 1989. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. Editorial Trillas. México. 622 p.

ANEXO