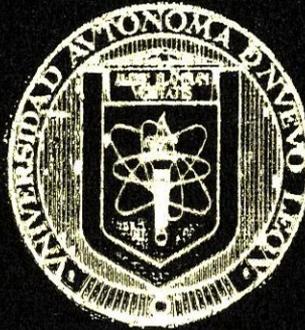


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



APLICACION DE  $Ag^3$  VIA ACONDICIONAMIENTO OSMOTICO  
EN SEMILLAS DE CHILE SERRANO (Capsicum annuum L.)  
CV. TAMPIQUENO 74.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA  
PRESENTA

MYRTHALA MONCIVAIS DIAZ

MARIN, N. L.

DICIEMBRE DE 1990





1080062831

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



APLICACION DE AG<sup>s</sup> VIA ACONDICIONAMIENTO OSMOTICO  
EN SEMILLAS DE CHILE SERRANO (Capsicum annuum L.)  
CV. TAMPIQUEÑO 74.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA  
PRESENTA

MYRTHALA MONCIVAIS DIAZ

MARIN, N. L.

DICIEMBRE DE 1990

10542<sup>m</sup>

T  
SB35  
.C5  
M65

040.635

FA9

1990

C.5



Departemen  
Ilmu Sains



Tesis

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA

TESIS

APLICACIÓN DE AG<sub>8</sub> VÍA ACONDICIONAMIENTO OSMÓTICO  
EN SEMILLAS DE CHILE SERRANO (Capsicum annuum L.)  
CV. TAMPIQUEÑO 74.

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

MYRTHALA MONCIVAIS DIAZ

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA

TESIS

APLICACIÓN DE AG<sub>2</sub> VÍA ACONDICIONAMIENTO OSMÓTICO  
EN SEMILLAS DE CHILE SERRANO (Capsicum annuum L.)  
CV. TAMPIQUEÑO 74.

ELABORADA POR:

MYRTHALA MONCIVAIS DIAZ

ACEPTADA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR  
EL TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

COMITE SUPERVISOR DE TESIS:



ING. M. SR. FERMIN MONTES CAVAZOS  
ASESOR PRINCIPAL



ING. CESARIO GUZMAN FLORES  
ASESOR AUXILIAR



DRA. ELIZABETH CARDENAS CONTRERAS  
ASESOR AUXILIAR

## DEDICATORIA

### A DIOS

Por que siempre iluminó mi camino  
y despejó mis dudas en el trayecto  
de mi carrera.

### A MIS PADRES

Francisco Moncivais Aguilar  
De quien obtuve un apoyo moral  
incondicional para ver terminados  
mis estudios.

Maria Diaz Perez  
Quien nunca ha cedido ante la  
adversidad forjando en mi un  
espíritu de lucha y superación  
constante.

A ambos con todo cariño.

### A MIS HERMANOS

Profra. Ma. Graciela M. D.  
Ing. J. Oswaldo M. D.  
Lic. Ma. Lucina M.D.  
Profr. José de Jesús M. D.  
Q.B.F. Ofelia M. D.

De quienes obtuve un ejemplo de  
disciplina y dedicación.

## A MIS SOBRINOS

Ofelia Elizabeth  
Juan Francisco  
Judith  
Paul Oswaldo  
Walter Wiston  
Karla Gabriela Graciela  
Elvis Alejandro

Quienes a cada momento alegran mi corazón  
con su pequeña sonrisa.

## A MI ABUELITO

Saturnino Diaz Hernandez (†)

A quien no tuve la dicha de conocer,  
pero considero una de las personas  
más maravillosas que pudieron existir  
en el mundo, ya que siempre en vida  
luchó por la justicia y la igualdad de  
los hombres, mostrando así su inmenso  
amor a la humanidad.

## A MI NOVIO

Benjamín Alonso Torres

A la persona que siempre ha celebrado  
conmigo mis triunfos y ha sabido consolarme  
en mis fracasos, con quien espero cimentar  
mi existencia en un futuro de amor y lucha  
continua.

A TODOS CON AMOR.

## AGRADECIMIENTOS

### ESPECIALMENTE A:

**Ing. Austreberto Martínez Graciano**

Por la desinteresada y paciente ayuda que me brindó durante todo el desarrollo del experimento.

**Ing. M. Sc. Fermín Montes Cavazos**

Por sus acertados consejos para la elaboración de este trabajo.

**Ing. Cesáreo Guzmán Flores**

Por su valiosa colaboración en la revisión del presente trabajo.

**Dra. Elizabeth Cardenas Contreras**

Por su ayuda en en la revisión de este trabajo.

**AL PROYECTO DE PRODUCCION DE SEMILLAS DE HORTALIZAS**

Por su apoyo financiero para la realización de este trabajo de investigación.

**A la Sra. Ma. de Jesus Molina Guerra**

Por su sincera amistad y valiosos consejos (Dios la bendiga).

**A los maestros de Desarrollo Rural en especial a:**

**Lic. Mauro Saldaña Quiñones**

**Ing. J. Alfonso Fernandez Delgado**

A mis compañeros y amigos (donde quiera que estén):

Sandra E. Mejía Loyo, Ing. Rosa María Márquez Jiménez, María del Roble Molgado Solís, Hortensia Rojas Borjas, José Alfredo Moreno Vega, Ing. Francisco Javier Polina Martínez, Ing. Pablo López Sanchez, Emma Aguilar, Ruben Rodríguez.

Ing. Jesús Vázquez Zúñiga, Ing. Oscar Alcalá Pardo, Ing. Ruperto Monsivais Lozano, Francisco Vázquez Delgado, Ing. Sergio A. Pérez Domínguez, Ing. Francisco López Martínez, Ing. Marcelo Corona López, Ing. Francisco Resendez Luna, Ing. Mario Martínez Reyna, Pedro F. Huerta Mendoza, Ing. Luis Alberto Moreno Esparza.

A Josefa Ambriz Gutiérrez por ser como es.

A toda la Generación 84-89 por su afectuosa compañía que hicieron inolvidable la estancia en esta Facultad.

A todos aquellos maestros que brindaron un poco de sí para formar alumnos concientes de sus alcances y limitaciones.

## INDICE

	Pag.
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	3
1.0.- Germinación.....	3
1.1.- Proceso y Fases de la Germinación de las Semillas...	3
Fase I: Imbibición.....	3
Fase II: Activación de las enzimas.....	4
Fase III: Iniciación del crecimiento embrionario....	4
Fase IV: Ruptura de la cubierta seminal y emergencia de la plántula.....	5
1.2.- Factores que Afectan la Germinación.....	5
Factores intrínsecos.....	5
Factores extrínsecos.....	8
2.0.- Técnica del Acondicionamiento Osmótico (AO) para Estimular la Germinación.....	14
2.1.- Antecedentes de estudio.....	14
Acondicionamiento osmótico en Chile.....	16
2.2.- Polietilenglicol (PEG) como Agente Osmótico.....	18
Ventajas del uso de PEG.....	18
Propiedades del PEG.....	19
Resultados obtenidos con el uso de PEG.....	21
2.3.- Mecanismos de Acción del AO en la Germinación.....	22
Relaciones hídricas de la semilla y el AO.....	22
Bases para mejorar la germinación y respuesta a frío	24
El almacenamiento de semillas y el AO.....	26
2.4.- Ventajas y Perspectivas Comerciales del uso del AO..	27
3.0.- Giberelinas.....	29
3.1.- Naturaleza Química.....	29
3.2.- Biosíntesis.....	30
3.3.- Efectos Biológicos.....	31
En la germinación.....	31
Respuestas vegetativas.....	31
En el crecimiento reproductivo.....	32

3.4.- Mecanismos de Acción en la Germinación.....	33
3.5.- Giberelinas Promoviendo la Germinación del Chile....	34
III. MATERIALES Y METODOS.....	36
IV. RESULTADOS.....	45
V. DISCUSION.....	64
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65
VII. RESUMEN.....	66
VIII. BIBLIOGRAFIA.....	68

## INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLA	CONTENIDO	PAG.
1	Condiciones climáticas prevalecientes durante el desarrollo del experimento en campo sobre Aplicaciones de AG <sub>9</sub> vía Acondicionamiento Osmótico en semillas de chile serrano ( <u>Capsicum annuum</u> L.) cv. Tampiqueño 74.....	38
2	Fungicidas e insecticidas proporcionados en almácigo durante el desarrollo del experimento en campo sobre Aplicaciones de AG <sub>9</sub> vía Acondicionamiento Osmótico en semillas de chile serrano ( <u>C. annuum</u> L.) cv. Tampiqueño 74.....	41
3	Análisis de varianzas de las variables Porcentaje de germinación y Velocidad de germinación obtenidos en la prueba estandar de laboratorio del experimento sobre aplicaciones de AG <sub>9</sub> vía AO en semillas de chile serrano.....	45
4	Análisis de varianzas de las variables Porcentaje de germinación (27 y 40 días) y Velocidad de germinación obtenidos en la PRST del experimento sobre aplicaciones de AG <sub>9</sub> vía AO en semillas de chile serrano.....	51
5	Análisis de varianzas de las variables Velocidad de crecimiento y Longitud de hipocotilo obtenidos en la PRST del experimento sobre aplicaciones de AG <sub>9</sub> Vía AO en semillas de chile serrano.....	52

6	Comparación de medias de las variables Porcentaje de germinación (27 días), Velocidad de germinación y Longitud de hipocotilo obtenida en la PRST del experimento sobre aplicaciones de AG <sub>9</sub> vía A0 en semillas de chile serrano.....	53
7	Análisis de varianzas de las variables Porcentaje de emergencia, Velocidad de emergencia y Velocidad de crecimiento obtenidos en la prueba de almácigo tradicional (con túnel) del experimento sobre aplicaciones de AG <sub>9</sub> vía A0 en semillas de chile serrano.....	54
8	Comparación de medias de las variables Porcentaje de emergencia y Velocidad de emergencia obtenida en la prueba de almácigo tradicional (con túnel) del experimento sobre aplicaciones de AG <sub>9</sub> vía A0 en semillas de chile serrano.....	57
9	Análisis de varianzas de las variables Número de hojas y Longitud de tallo obtenidos en la prueba de almácigo tradicional (con túnel) del experimento sobre aplicaciones de AG <sub>9</sub> vía A0 en semillas de chile serrano.....	58
10	Desarrollo de las plantas en almácigo con túnel de polietileno.....	58
11	Análisis de varianzas de las variables Porcentaje de emergencia y Velocidad de emergencia obtenidos en el almácigo expuesto al ambiente del experimento sobre aplicaciones de AG <sub>9</sub> vía A0 en semillas de chile serrano.....	59

12	Comparación de medias de la variable Porcentaje de emergencia obtenida en la prueba de almácigo expuesto al ambiente del experimento sobre aplicaciones de AG <sub>3</sub> vía AO en semillas de chile serrano.....	62
----	---	----

FIGURAS

1	Efectos de la temperatura y concentración de las soluciones de PEG-6000 en el potencial osmótico, medido por dos técnicas. Michel y Kaufmann (1973); Plant Physiol. (51)914-916.....	20
2	Porcentajes de germinación bajo dos regímenes de temperatura obtenidos en el experimento sobre aplicaciones de AG <sub>3</sub> vía AO en semillas de chile serrano.....	46
3	Velocidad de germinación observada en la prueba estandar de laboratorio del experimento sobre aplicaciones de AG <sub>3</sub> vía AO en semillas de chile serrano.....	47
4	Comportamiento en laboratorio con régimen de temperatura subóptimo en el experimento sobre aplicaciones de AG <sub>3</sub> vía AO en semillas de chile serrano.....	49
5	Velocidad de germinación observada en la prueba de PRST de laboratorio del experimento sobre aplicaciones de AG <sub>3</sub> vía AO en semillas de chile serrano.....	50

6	Comportamiento de tratamientos en sistema de almácigo tradicional en el experimento sobre aplicaciones de AG <sub>9</sub> vía AO en semillas de chile serrano.....	55
7	Velocidad de emergencia observada en el almácigo tradicional (con túnel) del experimento sobre aplicaciones de AG <sub>9</sub> vía AO en semillas de chile serrano.....	56
8	Porcentajes de emergencia en pruebas de campo en el experimento sobre aplicaciones de AG <sub>9</sub> vía AO en semillas de chile serrano.....	60
9	Velocidad de emergencia observada en el almácigo expuesto al ambiente del experimento sobre aplicaciones de AG <sub>9</sub> vía AO en semillas de chile serrano.....	61

## I. INTRODUCCION

Es frecuente en el Estado de Nuevo León que para la producción de cultivos, buscando alcanzar un mejor momento de mercado, se haga la siembra en condiciones distintas a las fisiológicamente apropiadas; tal es el caso de la producción comercial de chile serrano (*C. annuum* L.). Esto implica una siembra temprana de almácigos, efectuándose ésta del 15 de Diciembre al 15 de Enero, período durante el cual prevalecen temperaturas que en lo general son subóptimas para el cultivo. En dicho período es frecuente que se registren las temperaturas más bajas, causando que la germinación sea escasa y lenta, y la emergencia desuniforme (9,35). Como consecuencia es de interés la aplicación de técnicas que pudieran mejorar la velocidad y uniformidad de la germinación, sobre todo bajo un régimen de temperaturas subóptimas para el cultivo.

A lo largo de los años se han probado distintas técnicas de pregerminación con diversos grados de éxito. De éstas la más difundida por muchos años fué la de preinmersión, técnica que consiste en dejar embeberse las semillas en agua con el fin de activar los procesos de germinación requiriendo esta semilla ser sembrada inmediatamente, como es el caso de la semilla de arroz (*Oryza sativa* L.).

En años recientes se han estudiado los beneficios obtenidos de una técnica denominada Acondicionamiento Osmótico (AO). En ésta las semillas son inmersas en soluciones osmóticamente activas, hidratándolas en forma controlada para activar así su metabolismo, pero impidiendo la emergencia visible de la radícula por algunos días o semanas. Entre otros beneficios que presuntamente ocasiona el AO se incluyen: a) una rápida y más uniforme germinación; b) mejora la germinación, aún a temperaturas subóptimas o supraóptimas; y c) un incremento en la longevidad de la semilla, al reducir el ritmo de los cambios deteriorantes que ocurren durante el almacenamiento.

Por otra parte, es posible añadir durante este proceso

algunos nutrientes o sustancias promotoras del crecimiento (fito hormonas, minerales, vitaminas, enzimas, etc.) (9) mejorando así los resultados con este método.

De esta manera, conociendo los efectos acelerantes del  $AG_2$  sobre la germinación y lo práctico del uso del AD, el cual permite aplicar a la semilla tratamientos que de otra forma resultan complicados de administrar. En el presente experimento se hace una combinación de dichas técnicas con el objetivo de obtener una semilla fisiológicamente superior, buscando con ello obtener un mejor comportamiento de la germinación y del establecimiento de la plántula bajo temperaturas subóptimas.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 1.0.- Germinación.

#### 1.1.- Proceso y Fases de la Germinación de las Semillas.

La germinación es la activación de un embrión que se encuentra previamente en un estado de quiescencia o reposo. El término implica la transformación de ese embrión en una plántula lista para su crecimiento (13,51).

Se entiende por germinación en laboratorio la emergencia y desarrollo de aquellas estructuras esenciales que provienen del embrión y que manifiestan la habilidad de la semilla para producir una plántula normal bajo condiciones favorables de suelo (10).

Los eventos principales en la germinación de las semillas son: imbibición, activación de las enzimas, iniciación del crecimiento del embrión, ruptura de la cubierta seminal y emergencia de la plántula (13).

#### \* Fase I : Imbibición

Durante esta fase el agua es absorbida a través de aberturas naturales en la cubierta seminal y difundida "a través" de los tejidos de la semilla; esto causa turgencia en las células y crecimiento en el volumen de las semillas, y la cubierta seminal se vuelve más permeable al oxígeno y al bióxido de carbono. A medida que ocurre el hinchamiento, la cubierta seminal se rompe, facilitando el intercambio gaseoso y la emergencia de los puntos de crecimiento; así, la respiración antes de la germinación de las semillas embebidas ha resultado ser anaeróbica, quizás debido a la restricción del aporte de oxígeno a través de las cubiertas seminales (13,51).

## **\*\* Fase II : Activación de las enzimas**

El agua absorbida en los tejidos activa varias enzimas del sistema, las cuales sirven para: 1) Desdoblar las moléculas complejas presentes en los tejidos de almacenamiento, 2) Ayudar en la transferencia de nutrientes desde el área de almacenamiento en los cotiledones o endospermo a los puntos de crecimiento, y 3) Disparar reacciones químicas, las cuales utilizan productos desdoblados en las síntesis de materiales nuevos (13).

Durante esta fase deben tener lugar una amplia gama de procesos metabólicos. Dado que, siguiendo a la hidratación del embrión, en el caso de las gramíneas, las giberelinas se sintetizan y liberan, éstas se dirigen a la capa de aleurona, la cual es estimulada a producir una serie de enzimas hidrolíticas, incluyendo la  $\alpha$ -amilasa para la digestión del almidón, las proteasas para las proteínas y las nucleasas para los ácidos nucleicos. Estas enzimas penetran en el endospermo donde se forman azúcares, aminoácidos y nucleótidos, atravesando estos productos nutricios el escutelo para dirigirse al embrión. La mayor parte de estas enzimas hidrolíticas no se encuentran en la capa de aleurona, sino que realmente se sintetizan "de novo" en respuesta a la giberelina (37,51).

Esta fase incluye las síntesis de proteína y de ARN así como la transformación de otras sustancias para la preparación de tejidos a la germinación, que es la parte más activa de toda la vida de la planta (51).

## **\*\*\* Fase III: Iniciación del crecimiento embrionario**

Siguiendo la activación de las enzimas, el nuevo material que empezó a ser sintetizado, induce un incremento en el tamaño del eje embrionario (epicotilo, hipocotilo y radícula). Dependiendo de la especie, el crecimiento puede ser por división celular o por elongación. Generalmente el embrión forma citocininas que estimulan la división de las células de los meristemos apicales, y luego, a partir de las reservas de la

aleurona, se forman aminoácidos y ácido indolacético bajo cuya inducción las células se alargan mientras el tallo y la raíz crecen presentando polaridad (13,42).

El crecimiento del eje embrionario prosigue al consumirse los tejidos de almacenamiento. Cuando se forma la plántula joven será capaz de sintetizar su propio alimento, pues el tejido de almacenamiento se habrá agotado (13).

#### \*\*\* Fase IV: Ruptura de la cubierta seminal y emergencia de la plántula.

Durante el estado de imbibición, la expansión de la semilla puede romper la cubierta seminal. Sin embargo, la ruptura es usualmente causada por la presión interna al desplegarse el eje embrionario. En dicotiledóneas, la presión puede desarrollarse también entre los cotiledones, forzándolos a que se aparten entre si y rompiendo la cubierta seminal, permitiendo la emergencia de los puntos de crecimiento.

Frecuentemente, la raíz primaria es la primera estructura que emerge, conectándose la raíz nueva con la humedad del suelo dando a la plántula un afortunado establecimiento (11).

### 1.2.- Factores que Afectan la Germinación.

Para que una semilla germine, debe disponer de condiciones tanto extrínsecas como intrínsecas.

#### \* Factores intrínsecos.

##### Viabilidad

El término viabilidad de las semillas se usa como sinónimo de capacidad de germinación, y en este sentido, significa que una semilla es capaz de germinar y producir una plántula normal, y dependiendo de esta habilidad, una semilla es viable o no. Por otro lado, viabilidad denota el grado que una semilla esta viva,

metabólicamente activa, y posee enzimas capaces de catalizar las reacciones necesarias para la germinación y el crecimiento de la plántula. La semilla puede contener tejido vivo y tejido muerto (10).

### Longevidad

Es el período que una semilla es viable y esta determinado por sus características genéticas. El verdadero período de longevidad de la semilla de una especie cualesquiera es prácticamente imposible de determinar, solo sería posible si se pudiera colocar esas semillas en condiciones ideales de almacenamiento (11).

Las semillas que se consideran con longevidad intermedia son aquellas que permanecen con vida por períodos de 2 a 3 hasta 15 años en almacenamiento óptimo. Las semillas de la mayoría de las coníferas y de las hortalizas, flores y cereales cultivados comercialmente pertenecen a este grupo (22).

La longevidad es una función de los siguientes factores:

a) Características genéticas de la planta progenitora.

Especies y cultivares diferentes tienen distintos períodos de longevidad, bajo las mismas condiciones ambientales.

b) El vigor de las plantas progenitoras y de la semilla misma.

Vigor según la Asociación de Analistas de Semillas comprende aquellas propiedades de la semilla que determinan el potencial de una rápida y uniforme emergencia y el desarrollo de las plántulas normales bajo un amplio rango de condiciones en el campo. Las semillas de poco vigor pueden no ser capaces de resistir condiciones desfavorables en la cama de siembra y sucumbir por ataques de organismos patógenos, o bien carecer de fuerzas para emerger en cualquier condición del suelo (11,22,44).

c) Condiciones climáticas predominantes durante la maduración de semillas.

El clima predominante durante la maduración de las semillas ejerce una influencia muy grande sobre su longevidad, sobre todo con el agobio hídrico. Por lo menos en dos circunstancias, cuando la primera ocurre en la fase que la semilla está rápidamente acumulando materia seca, ya que en esta fase la poca disponibilidad de agua llega a formar semilla de baja densidad. Otra fase muy sensible es la etapa de deshidratación de la semilla, en la cual la precipitación pluvial ocasiona germinación prematura y deterioro acelerado de la semilla en el campo (11).

d) Grado de daño mecánico.

Este daño es, probablemente, el factor más importante que ocurre para reducir la longevidad de las semillas. El daño puede ocasionar la muerte de las semillas, como provocar rajaduras en la cubierta que faciliten el acceso de microorganismos patógenos a su interior, que al germinar puedan matar o reducir el vigor, observándose que la planta emerge muy débil, por lo que puede morir al existir condiciones adversas (11).

e) Condiciones ambientales de almacenamiento.

El período de almacenamiento es un factor muy importante en la conservación de los productos agrícolas. Los principales factores que determinan y acentúan las pérdidas de granos y viabilidad en semillas almacenadas en la mayoría de las áreas del mundo, son las siguientes (7):

-La carencia de almacenes adecuados para el manejo y conservación.

-El alto contenido de humedad e impureza de los granos y semillas al momento del almacenamiento.

-La presencia de plagas (insectos, hongos, bacterias y roedores) en el almacén.

-Desconocimiento de los principios de almacenamiento.

Tales condiciones de almacenamiento pueden ser suficientes para incrementar el metabolismo de las semillas, aunque raras veces llegan a provocar la germinación de éstas. Si la semilla activa su metabolismo, más no consigue germinar, la tasa de deterioración se acelera a medida que son estimuladas sus actividades metabólicas. La deterioración puede ocasionar la pérdida gradual de viabilidad en la semilla, incluso su muerte (11).

f) Otros factores :

Durante la preparación para el almacenamiento, y posterior comercialización de las semillas, frecuentemente tienen que ser secadas y tratadas químicamente. Sin embargo, un pobre manejo de tales operaciones puede repercutir en la pérdida de su viabilidad y vigor (11,).

★ Factores extrínsecos.

La germinación de las semillas depende de una serie de factores extrínsecos, que son principalmente el agua, temperatura favorable, oxígeno y en algunos casos presencia de luz (27).

Disponibilidad de agua

El agua es considerada como el factor que ejerce la más determinante influencia sobre el proceso de germinación.

Una curva de absorción de agua por las semillas tiene tres partes : a) Una absorción inicial rápida, en la cual la mayor parte es de adsorción. La absorción del agua en esta parte ocurre como consecuencia del potencial matricial de los tejidos de la semilla, independientemente que ésta sea latente o no (con excepción de latencia por impermeabilidad de la testa al agua) y de estar viva, b) Un período lento en el cual la semilla prácticamente no absorbe agua, y c) Un segundo incremento de absorción activa del agua (en semillas sin latencia y viables).

En este estado el eje embrionario ya inició su crecimiento, de manera que las nuevas células en formación y con crecimiento exigen agua; es por eso que el conjunto cotiledones-eje de crecimiento vuelve a absorber grandes volúmenes de ésta (11,22).

La rapidez de absorción de agua por las semillas depende de los siguientes factores :

a) Especie.- Algunas especies absorben más que otras, esto se encuentra relacionado principalmente con la composición química de las semillas; cuanto mayor es el contenido de proteína, más rápidamente la semilla absorbe agua (11,16).

b) Permeabilidad de la cubierta seminal.- Entre mayor sea la permeabilidad de la cubierta seminal mayor velocidad de imbibición se observará. En algunas clases de semillas, ciertas regiones son más permeables que otras; por ejemplo: el hilio en semillas de leguminosas.

c) Área de contacto.- Considerando otros factores constantes, la tasa de absorción de agua es proporcional a la magnitud del área en contacto de las semillas con el agua (16).

d) Potencial hídrico.- En general, la imbibición es más rápida cuando la semilla está en contacto con agua pura que cuando ésta contiene solutos.

Desde el punto de vista osmótico, la célula es un sistema semipermeable, por lo tanto, el agua entrará por ósmosis, restringiéndose el paso de los solutos.

Las semillas absorben agua más lentamente en suelos secos o salinos, debido al bajo potencial hídrico del suelo (16,42).

e) Potencial de turgencia.- Conforme el agua penetra en la semilla, ésta provoca un aumento de volumen de las células debido a la presión sobre las paredes celulares. Pero al irse hidratando, se va desarrollando una fuerza que tiende a contrarrestar el potencial osmótico, dicha fuerza es provocada

por la resistencia que oponen las paredes celulares, denominada presión o potencial de turgencia. La entrada de agua cesa cuando el potencial osmótico queda equilibrado con el potencial de turgencia, disminuyendo así la tasa de absorción de agua por la semilla (42).

f) Fuerzas intermoleculares.- El efecto de estas fuerzas es más evidente en el suelo, ya que cuando éste presenta un bajo contenido de humedad, ésta última es fijada por las partículas de suelo mediante dichas fuerzas intermoleculares. Cuanto mayor sea la resistencia al flujo de agua presentada por éste, menor será la tasa de absorción de la misma por la semilla (16).

g) Temperatura.- El calor es una forma de energía; cuando se calienta el agua que está en contacto con la semilla, parte de la energía suministrada se invierte en aumentar la difusión del agua, por lo tanto, aumenta la tasa de absorción de ésta (16). Burch y Delouche, citados por Carvalho (11), mencionan que hasta cierto límite, cuanto mayor sea la temperatura, mayor será la velocidad de absorción.

Cuando la germinación se efectúa a temperatura baja ( $9^{\circ}\text{C}$ ), requiere más agua que cuando lo hace en temperaturas más elevadas ( $>18^{\circ}\text{C}$ ) (14).

h) Absorción diferencial de órganos en la semilla.- La absorción de agua no se extiende de igual manera por los diferentes tejidos de la semilla. Se ha encontrado que la cubierta seminal más que absorber agua funciona como tejido de transporte de ésta, y a fin de poder ser rasgada se expande menos que los tejidos internos para facilitar la salida de la plántula emergente. La cubierta seminal debe, no obstante, absorber humedad para facilitar la difusión de oxígeno a los tejidos internos.

El tejido de reserva absorbe agua lentamente; sin embargo, actúa como reservorio de agua y no como estructura activa de absorción. De manera diferente al anterior el tejido meristemático o eje embrionario absorbe agua rápida y

continuamente, ya que solo así logrará su expansión (11,16).

i) Algunos factores intrínsecos que afectan la velocidad de absorción.

-Madurez: Se ha demostrado que semilla de maíz en estado "lechoso" absorbe agua más rápidamente que semillas en estado más avanzado de madurez.

-Edad: Conforme avanzan en edad las semillas almacenadas tienden a absorber agua más rápidamente. Este fenómeno se considera asociado a la pérdida de integridad de las membranas celulares (16).

### Temperatura

El proceso de germinación, como todo proceso fisiológico, está afectado por la temperatura. La cual actúa de tres maneras distintas:

- a) Sobre el total de germinación.
- b) Sobre la velocidad de germinación.
- c) Sobre la uniformidad de germinación.

Asimismo, la germinación ocurrirá dentro de determinados límites de temperatura; arriba o abajo de los límites superior e inferior, respectivamente, la germinación no ocurrirá. Temperaturas cardinales de germinación se les denomina a las temperaturas anteriores (11,16,22).

Para cada clase de semilla existe una temperatura mínima y una máxima, y también un punto en que se obtiene una máxima y más rápida germinación; a este punto se le llama temperatura óptima.

### Rango de temperatura óptima de germinación

Este se puede definir como la temperatura en la cual se da el porcentaje máximo de germinación en un mínimo de tiempo.

Los cambios que se observan a temperaturas superiores e

inferiores a la temperatura óptima se describen a continuación (16):

a) En el rango de temperatura mínima-óptima los porcentajes de germinación no son sustancialmente diferentes, pero la velocidad de germinación es mayor conforme nos desplazamos hacia la temperatura óptima. Por otro lado al someter la semilla a temperaturas abajo de la óptima y reducirse, de este modo, el proceso, se expone a la plántula naciente por un mayor tiempo a los factores adversos del ambiente, lo que al final lleva también a una reducción en el total de la germinación. Gulliver y Heydecker, mencionados por Carvalho (11), verificaron que las temperaturas abajo de la óptima tienden a distribuir la germinación a lo largo de un período relativamente amplio; por lo que la uniformidad de germinación se ve afectada.

b) Considerando el segmento temperatura óptima-máxima los porcentajes de germinación tienden a disminuir conforme se aproxime a la temperatura máxima. La velocidad de germinación también disminuye en las cercanías de la máxima (16).

#### Presencia de oxígeno

La degradación de las sustancias de reserva en la semilla para la provisión de nutrientes y energía al embrión es un proceso de "quema" de los productos, en el cual, juega un papel fundamental el oxígeno, por lo que éste es otro factor importante para que la germinación ocurra (11,22).

A pesar de la gran importancia del oxígeno en la germinación, las exigencias de este elemento son usualmente bajas. En la fase inicial de la germinación, debido a la dificultad de su absorción de  $O_2$ , se utiliza energía obtenida por la respiración anaeróbica, por lo que se empieza a acumular alcohol en la semilla pudiendo llegar a inhibir la germinación. Pero después de la hidratación de los tejidos sigue un proceso que permite al oxígeno que se está disolviendo en el agua se

difunda hasta el tejido meristemático, convirtiéndose la respiración en aeróbica (22).

Carvalho (11), menciona que según Siegel y Rosen la mayoría de las especies no exige una concentración superior al 10% de oxígeno en el sustrato para germinar.

Por otra parte, la tasa de absorción de oxígeno es un indicador del avance de la germinación general; la absorción de oxígeno es proporcional a la cantidad de actividad metabólica que se está efectuando (22).

### Luz

La exposición a la luz "estimula" la germinación de semillas de muchas especies silvestres y agrícolas.

En un gran número de especies la necesidad por luz puede ser reemplazada por tratamientos con Acido Giberélico (AG<sub>3</sub>) (16).

No se ha encontrado evidencias de que este factor sea relevante a la germinación de chile.

## 2.0.- Técnica del Acondicionamiento Osmótico (AO) para Estimular la Germinación.

Para cultivos anuales, el tiempo desde la plantación hasta el establecimiento de ella es una fase crucial en el ciclo de producción. La semilla, desde que es depositada en el suelo afronta condiciones adversas para su desarrollo, tales como temperaturas extremas, exceso o déficit de humedad, salinidad o suelos encostrados; y un agobio biológico. Estos problemas se reflejan en una lenta germinación y un porcentaje de emergencia muy bajo (9).

Por lo anterior, se hace imperativo buscar la forma en que la semilla adquiera la capacidad de emerger más pronto, con mayor vigor y con cierta uniformidad. Tal parece que estas respuestas se han encontrado con tratamientos de presiembra a las semillas. Uno de estos tratamientos es el Acondicionamiento Osmótico (AO) u Osmoacondicionamiento, técnica cuyos pormenores y beneficios se describen a continuación.

### 2.1.- Antecedentes de estudio.

Levitt y Hamm, citado por Akers y Kevin (2), en 1943 emplearon la técnica de AO en semillas por vez primera; no obstante fue hasta 1975 en que Heydecker et al (24), desarrollaron un procedimiento para este objetivo. Colocaron semillas bajo condiciones aeróbicas, por un período específico (una o más semanas) y a una temperatura dada, en contacto con una solución químicamente inerte pero osmóticamente activa de PEG-6000 a una concentración definida, dichas semillas fueron secadas de nuevo a su contenido original de humedad y almacenadas por semanas con pequeñas pérdidas del efecto de tratamiento. Cuando estas semillas fueron sembradas presentaron una mejor y más alta germinación que el testigo.

A partir de este estudio, se acentuaron las investigaciones del AO de semillas para obtener las condiciones necesarias de

óptima germinación con esta técnica.

El principio en el cual se basaron todas las investigaciones consiste en que al tratar semillas por cierto tiempo en una solución osmóticamente activa se presenta una eventual transferencia de humedad llegando a un nivel de hidratación que permite iniciar la actividad metabólica, pero que impide la emergencia de la radícula. Este nivel se establece cuando los potenciales hídricos de la solución y de las semillas llegan a un equilibrio.

En el equilibrio la semilla no puede continuar hidratándose y en consecuencia, no completa todo el requerimiento hídrico, deteniéndose el proceso de germinación y evitando, de este modo, la aparición de la radícula. La semilla queda, sin embargo, en un estado germinativo muy avanzado; durante el período de espera con la barrera osmótica, las semillas "lentas" tienden a alcanzar a las "rápidas" y de este modo la subsecuente germinación es más uniforme. Así, cuando fueron sembradas las semillas tratadas, germinaron más rápida y uniformemente, siendo más evidente el efecto a temperaturas bajas o contenidos de humedad adversos (4,9,24).

Trabajando con diversos cultivos se encontraron diferentes respuestas, inclusive, los distintos lotes de semilla de una misma especie respondieron en forma variable a los tratamientos, a la duración en que se aplicó una específica temperatura y al potencial hídrico de las soluciones osmóticas (1).

Jain y Patel (26), estudiaron el tratamiento en variedades de mijo perla (Pennisetum americanum (L.) Loek) en varios niveles de potencial osmótico de PEG-6000. Demostrando que existen marcadas diferencias entre ellas al variar el potencial osmótico de la solución.

Haigh y Barlow (21), observaron la germinación en semillas de tomate, zanahoria, cebolla y sorgo dentro de una gama de soluciones osmóticas. Utilizaron soluciones salinas y PEG; ellos concluyeron que las especies difieren en su respuesta individual y que tienen preferencia por alguno de ambos tipos de soluciones; incluso estas pueden ser letales para las semillas,

como fue el caso de las soluciones salinas para las semillas de sorgo.

También se ha probado el AO con otras técnicas, como el estudio efectuado por Wolf y Sims (55), en el que observó los efectos del AO y Siembra Líquida (SL), sobre la tasa de emergencia y producción final de tomate. Encontraron que la SL adelanta dos días la velocidad de emergencia, el AO adelanta por otros 2.8 días y la combinación de ambos por cuatro días adicionales. En la producción resultó un mayor porcentaje de fruto maduro con este tratamiento (AO) que el testigo.

Otro estudio interesante fué el efectuado por Khan y Taylor (29), en el cual incorporaron PEG-8000 a "pellets" de betabel variedad Ruby Queen. Resultando que de las semillas "pellets" con PEG se cosecharon 18 raíces comerciales por metro lineal comparado con 11 raíces de semillas "pellets" sin contener PEG.

En otro cultivo de valor comercial como es la lechuga, se encontraron resultados positivos con esta técnica, ya que el problema de la latencia por temperatura de estas semillas puede ser superado. Según lo aseguran Guedes y Cantliffe (20) y Valdes et al (50), al someter a dichas semillas a un tratamiento osmótico se indujo en la siembra porcentajes de emergencia mayores a los del testigo.

Por otra parte, se han realizado múltiples trabajos para conocer a fondo los mecanismos de acción del AO, tales trabajos serán revisados más adelante en el punto 2.3.

#### \* Acondicionamiento osmótico en Chile.

Las semillas de Chile (Capsicum annuum L.) requieren para su germinación óptima una temperatura de 25°C (45). Frecuentemente en siembras tempranas se presentan en el campo condiciones subóptimas para la germinación y el desarrollo de la plántula, dando como resultado que la emergencia de éstas sea escasa y lenta. Por lo cual es de interés aplicar técnicas que puedan mejorar la velocidad y uniformidad de la germinación sobre todo en condiciones adversas al desarrollo.

La técnica del AO se ha aplicado en estas semillas con diversos grados de éxito, empero alentadores, que hacen de esta técnica una opción para la estimulación de la germinación en semillas de Chile.

Yaklich y Orzolez (56) probaron la técnica en estas semillas para sembrarlas posteriormente en campo e invernadero, encontrando un incremento en la tasa de germinación y emergencia de las plántulas en invernadero, pero no en campo.

Rivas et al (41), encontraron que es posible acelerar la germinación de plántulas de Chile con la técnica de AO, secando superficialmente las semillas tratadas e inmediatamente sembradas en un semillero, y sugieren que dichas semillas aceleran el desarrollo del cultivo.

Aljaro y Martínez (4), estudiando efectos sobre el comportamiento germinativo de las semillas de Chile, bajo distintas temperaturas encontraron que el AO mejoró sustancialmente la velocidad, uniformidad y tasa del proceso germinativo y amplió los rangos térmicos óptimos requeridos para la semilla. Además, como lo había mencionado Heydecker (24), el tratamiento permitió niveles significativos de germinación a temperaturas subóptimas (5 y 10°C) y supraóptimas (40°C) en contraste con la semilla testigo.

Martínez y Aljaro (32), en sus estudios en almácigo consignan una calidad superior de la plántula (mayor número de hojas y altura) y un 30% de mayor rendimiento en material apto para transplantar, en relación al testigo.

Aljaro y Martínez (5), observaron que las plantas provenientes de semillas tratadas mostraron una precocidad de floración y adelanto de la cosecha de 7 días de diferencia al testigo.

Sissay et al (46), acondicionaron osmóticamente en una solución de KNO<sub>3</sub> semillas de Chile (*C. annuum* L.) cv. California Wonder, en combinación con tratamientos de AG<sub>3</sub>, haciendo germinar a dichas semillas en suelo frío, obteniéndose una germinación precoz y uniformidad en emergencia, y aunque los tratamientos con giberelinas también estimularon la germinación,

sus efectos fueron muy pequeños.

Polina (39) trabajó con semillas de chile serrano (*C. annuum* L.) cv. Tampiqueño 74 a las cuales sometió a remojo de agua, A0 solo, AG<sub>1</sub> solo y la combinación de los dos últimos; el A0 lo realizó a 6 y 10 días. Estos tratamientos fueron probados en campo y en condiciones controladas de laboratorio a temperaturas óptimas y subóptimas. Se encontraron mejores resultados con la combinación de A0 por 10 días + AG<sub>1</sub> 100 ppm tanto bajo condiciones controladas de laboratorio como a temperaturas subóptimas de germinación (12°C). No encontró efecto en campo ni en laboratorio a temperaturas óptimas de germinación.

## 2.2.- Polietilenglicol (PEG) como Agente Osmótico.

### \* Ventajas del uso de PEG

Soluciones de sales inorgánicas, tales como Fosfato de potasio ( $K_2HPO_4$  o  $K_2PO_4$ ) y Nitrato de potasio ( $KNO_3$ ) son tan efectivas como el PEG en el acondicionamiento de semillas. No obstante, existen algunas evidencias de que ciertas de estas soluciones tienen efectos tóxicos sobre las plantas de algunas especies (2,21 23).

Sin las propiedades indeseables de las sales inorgánicas, el PEG ha sido usado en varios trabajos con variación en los resultados obtenidos.

Los polímeros del PEG no son fácilmente desdoblados por organismos vivos y han mostrado no ser tóxicos en muchos casos. Además sus moléculas no son absorbidas fácilmente por las plantas. Los pesos moleculares altos de PEG han sido reportados tóxicos debido a las altas concentraciones de aluminio e iones de magnesio requeridos para la síntesis del mismo. Más las respuestas tóxicas vinculadas a los más bajos pesos moleculares han sido atribuidos a las moléculas del PEG *per se*. Por lo cual, para trabajar con plantas y evitar la posibilidad de tales efectos fué escogido el PEG-6000 en vez de otros PEG'S de más

bajos pesos moleculares (33, 34).

También posibles vestigios de daño pueden resultar por una sustancial reducción de oxígeno disponible debido a la adición de PEG en la solución acuosa. Pero tal desventaja puede ser superada si se oxigena la solución como lo efectuaron Heydecker *et al* (24), cuando desarrollaron la técnica del AD y como lo recomiendan Akers y Holey (2), que propusieron un sistema de columnas aeradas para lograr mayor germinación en semillas tratadas con esta técnica.

### \*\* Propiedades del PEG

El criterio para elegir el soluto a utilizar no es necesariamente si penetra o no a la semilla, pero sí tener el efecto deseable: no debe ser tóxico bajo las condiciones de uso y debe prevenir la germinación por el período que se requiera almacenar la semilla para ser sembrada (23).

El PEG es considerado fisiológicamente como "el más inerte" comparado con los otros posibles solutos. Además, los polímeros con alto peso molecular (mayores de 4000) pueden ser altamente confiables por su posición fuera de los tejidos de la semilla; son tan viscosos que las moléculas seriadas interfieren con la toma de oxígeno de las semillas. Por lo cual es posible que algunos de los principales efectos tóxicos mencionados por otros autores, deben en realidad estar asociados con la reducción de la disponibilidad de oxígeno, ésta puede ser inversamente proporcional al peso molecular y a la concentración del PEG. En el PEG-6000 cuando la solubilidad del oxígeno es de 50%, la movilidad es únicamente 10%, disminuyendo así la disponibilidad relativa del oxígeno a un orden del 5% (23,33).

La concentración y la temperatura determinan el potencial osmótico de la solución con PEG (Fig. 1). Cuando la temperatura aumenta, probablemente afecta al reducir el número de enlaces de hidrógeno entre el PEG y el agua (34).

Para calcular el potencial osmótico de concentraciones

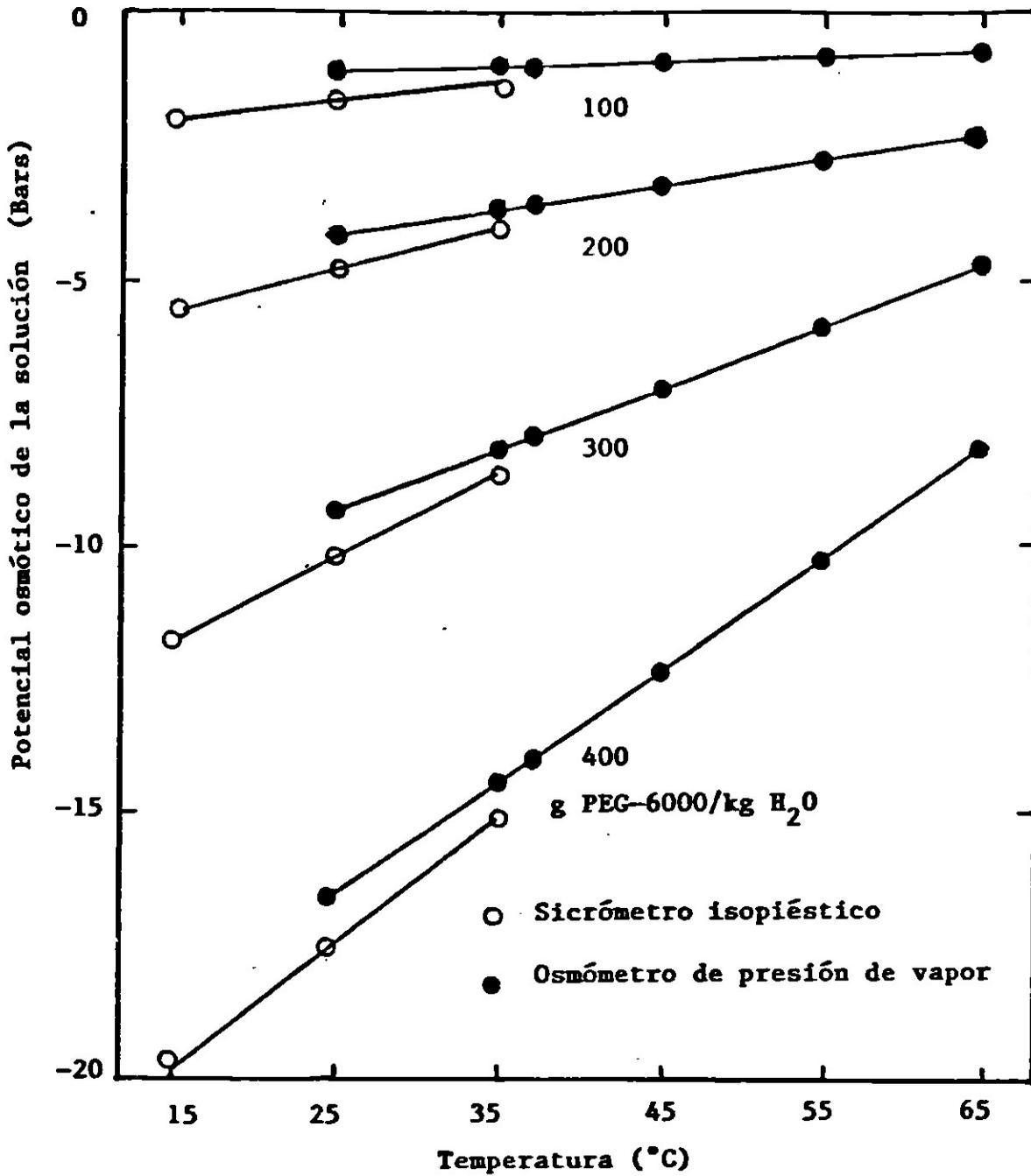


Figura 1.- Efectos de la temperatura y concentración de las soluciones de PEG-6000 en el potencial osmótico, medido por dos técnicas. Michel y Kaufmann (1973); Plant Physiol. (51)914-916.

conocidas de PEG-6000, Michel y Kaufmann (34) proporcionan una ecuación empírica tomando en cuenta un rango de temperaturas de 15 a 35°C.

$$\psi_0 = -(1.18 \times 10^{-2})C - (1.18 \times 10^{-4})C^2 + (267 \times 10^{-4})CT + (8.39 \times 10^{-7})C^2T$$

Donde:

C = Concentración de PEG-6000 en  $g.kg^{-1}$  de agua.

T = Temperatura en grados centígrados.

### \*\*\* Resultados obtenidos con el uso del PEG

Los resultados obtenidos hasta la fecha al utilizar tratamientos con PEG pueden resumirse de la manera siguiente (23):

a) Pocas generalizaciones se pueden hacer sobre las condiciones óptimas de pretratamiento.

b) El grado de aceleración en la germinación difiere con la especie e incluso con el lote de semillas.

c) La semilla secada después del tratamiento, comparada con aquella a la que solo se elimina el agua de la superficie, reduce el grado de avance del proceso de la germinación y/o sincronización de la misma más o menos drásticamente. Sin embargo, Khan et al (28) encontraron que los beneficios del AO con PEG no se perdieron por secar de nuevo las semillas, coincidiendo con Alvarado et al (6). Estos consignan que bajo condiciones de laboratorio, las semillas de tomate acondicionadas con  $KNO_3$  o PEG pueden ser secadas de nuevo después del pretratamiento y aún exhibir una reducción significativa del tiempo de germinación comparado con las semillas no tratadas. Como dato adicional, Guedes y Cantliffe (20) recomiendan que es mejor secar de nuevo lentamente al aire libre que rápidamente con estufa, ya que este último método puede romper más fácilmente las membranas de la semilla.

d) Si lleva mucho tiempo el tratamiento, puede afectar

individuos susceptibles debido a la variación genética de la población y puede extender el tiempo de germinación.

e) La variación del tiempo en germinar dentro del lote de semillas puede ser, en efecto, apreciablemente reducida; esto es de importancia agronómica. Aunque la germinación uniforme no es posible determinarla con exactitud, esto induce a un crecimiento uniforme del cultivo.

f) Existe evidencia de que pretratamientos a temperaturas favorables de germinación, facilitan la posterior germinación a temperaturas subóptimas, siendo ésta una característica potencialmente importante (23).

### 2.3.-Mecanismos de Acción del AO en la Germinación.

El tratamiento osmótico en semillas antes de la siembra ha mostrado resultados en a) Una rápida y más uniforme germinación; b) Un más amplio rango de temperatura; c) Un incremento en la longevidad de las semillas durante el almacenamiento. Sin embargo, los mecanismos de este AO son generalmente oscuros, pero es cierto que interfiere con los mecanismos de germinación y con las modificaciones bioquímicas y biofísicas implicadas en ésta, especialmente en sus estados tempranos (48).

Basado en estudios preliminares, en los siguientes apartados se resúmen las conclusiones de los estudios sobre el mecanismo que ocurre en el AO de semillas.

#### \* Relaciones hídricas de la semilla y el AO

Una semilla seca en equilibrio con el aire que contenga una humedad relativa del 50%, tendría un potencial hídrico ( $\psi$ ) de alrededor de  $-100$  MPa, lo cual proporciona un alto gradiente para la toma de humedad cuando la semilla es colocada en agua pura ( $\psi = 0$ ) o en una solución acondicionadora ( $\psi$  generalmente mayor que  $-2$  MPa).

El bajo potencial hídrico es atribuido a las fuerzas matriciales ( $\psi_m$ ) resultado de las interacciones interfaciales

del agua con los constituyentes moleculares de la semilla. A medida que el potencial hídrico se incrementa a un gamma fisiológico (mayor que  $-8$  MPa) durante la imbibición ocurre una transición a una mayor dependencia a la toma de humedad con respecto al potencial osmótico o potencial de soluto ( $\psi_s$ ) y al potencial de turgencia o potencial de presión ( $\psi_p$ ); en los potenciales donde la actividad metabólica ocurre, el potencial matricial del  $\psi$  total es insignificante y el  $\psi = \psi_s + \psi_p$ .

En semillas embebidas en agua, el flujo alcanza un valor estable, entonces ocurren cambios muy pequeños justo antes de emerger la radícula. Cuando el potencial hídrico se reduce, el contenido de humedad decae y el inicio de la germinación se retrasa. El crecimiento de la radícula se evita en un potencial hídrico suficientemente bajo y el contenido de humedad de la semilla se mantiene en el nivel estable indefinidamente. El contenido de humedad alcanza el equilibrio en cualquier potencial hídrico dado, dependiendo del  $\psi_s$  y  $\psi_p$  de las células del embrión.

Las células con menores potenciales de soluto, generan fuerzas mayores para la absorción de agua debido a que acentúan el gradiente de potenciales hídricos. La resistencia de las paredes celulares a la expansión originada a medida que entra el agua se convierte en presión de turgencia, la cual incrementa el potencial hídrico de las células y reduce la fuerza que conduce a la absorción de agua.

En los niveles del equilibrio de humedad entre la célula y la solución externa, partiendo de que no hay movimiento neto de agua, el potencial hídrico de la solución externa ( $\psi_o$ ) es igual al potencial hídrico de la célula ( $\psi_c$ ), el cual es la suma de  $\psi_s$  y  $\psi_p$ . Durante el AD de semillas, el  $\psi_o$  de la solución es, o bien, puesto a un nivel suficientemente bajo para que la expansión de la radícula no pueda ocurrir; o bien, que la duración del AD a un mayor  $\psi_o$  sea limitada al momento en que puede suceder la expansión de los tejidos radiculares.

Las semillas acondicionadas son vueltas a secar antes de la siembra en la mayoría de las aplicaciones agronómicas. Sin

embargo, muchas veces el daño resulta al ocurrir la deshidratación si el crecimiento de la raíz ha empezado. La efectividad de los tratamientos osmóticos está por lo tanto relacionada con el hecho de alcanzar y mantener un equilibrio aproximado entre el potencial hídrico externo y el potencial de la célula (9).

**\*\* Bases para mejorar la germinación y respuesta a frío.**

Durante el AD, la semilla es impedida de germinar pero no de embeber una cantidad limitada de agua. Esta parcial hidratación es realizada por la semilla en una solución de bajo potencial hídrico, tal como una solución de PEG a -8.6 bar, permitiendo realizar mucho de sus cambios requeridos para una rápida y sincronizada germinación y aumento en transferencia de agua (o potencial hídrico) o cualquier otro medio conveniente (tal como el suelo). Entre los cambios que han sido observados durante el AD de semillas estan (47):

a) Activación de ciertas enzimas, tal como esterasas y ácido fosfatásico. Estas participan en la movilización de las reservas de la semilla, para servir de sustrato en el incremento de la germinación y el vigor. Además, Fu et al (18) reportaron que después de la imbibición se incrementó la actividad de la ATPasa destinada a las membranas de las células en semillas de alto vigor.

Sin importar el grado de vigor, por efecto de los tratamientos osmóticos, con soluciones de PEG, se incrementó la actividad de la ATPasa. También consignaron que el contenido de ATP en semillas acondicionadas decrece como resultado de la rápida elongación de la radícula en germinación temprana. Al progresar la germinación, el contenido de ATP aumenta nuevamente teniendo un máximo más temprano que el testigo. Como la utilización del ATP fué más rápida, el nivel de ATP disminuye rápidamente.

Coolbear et al (12) mencionan a Wilson y Hanson, quienes

encontraron incremento en la actividad de la  $\alpha$ -amilasa en Agrospirum crestatum (L.) Gaerth y semillas de trigo, inducida por pretratamientos osmóticos.

b) Mejora la capacidad para la síntesis del RNA y proteína presumiblemente requerida para una rápida diferenciación celular. Fu et al (18) demostraron que la tasa de síntesis de RNA en ejes embrionarios y cotiledones fué altamente incrementada con los tratamientos osmóticos. Coolbear et al (12), por su parte, observaron que el aumento de ácido nucleico durante el pretratamiento osmótico fué casi exclusivamente de RNA, ya que como complemento no encontraron significancia en el incremento del DNA.

c) Decrece la conductividad de lixiviados indicando reparación y arreglo de la estructura en la membrana celular (47).

Se ha sugerido que durante el secado en la maduración de las semillas, las membranas de las células pierden su integridad. Cuando las semillas secas son puestas a embeber grandes cantidades de soluto salen de las células, mostrando mayor deterioro de las membranas cuanto más sean éstos (30).

El mecanismo en que se basa el AO en la reparación de las membranas implica la absorción inicial de humedad por la semilla a una velocidad muy lenta que permita a las membranas celulares volver a la condición normal de una manera ordenada, sin los daños consecuentes. De esta manera se hace más eficiente la movilización de enzimas y reservas mejorando la germinación y crecimiento del eje embrionario (18,30).

Fu et al (18) encontraron que la permeabilidad de las membranas celulares es aumentada por el daño de heladas y que la conductividad eléctrica medida en las células de la radícula de semillas acondicionadas tuvieron los más bajos valores comparadas con el testigo. De esta manera, concluyeron que el AO tiene algunos efectos en la reparación del daño inducido por frío a membranas.

### \*\*\* El almacenamiento de semillas y el AO.

Se han estudiado muchos cambios bioquímicos detectados durante el almacenamiento de semillas, los cuales provocan el deterioro de ésta. Dichos cambios ocurren tanto en la actividad enzimática, en respiración, en la tasa de síntesis y en los diferentes procesos químicos, en la permeabilidad de las membranas, en hormonas endógenas y daño cromosomal. Entre éstos las propiedades fundamentales de la membranas son dañadas y aberrado el DNA.

Durante el tratamiento osmótico, se reparan las membranas trayendo la reactividad a las enzimas. Por lo cual, la energía y productos intermedios son abastecidos para la síntesis, implicando tanto ácidos nucleicos como proteínas. Hasta el daño del DNA puede ser reparado con la ayuda de las enzimas al suprimir posibles aberraciones (18).

Thanos, Georghiu y Passam (49) reportaron que era preferible hacer un tratamiento osmótico de pre-almacenamiento que unicamente hacerlo después de éste. Ellos suponen que haber obtenido un alto nivel de germinación total y una emergencia más rápida en semillas que han sido AO antes de almacenarlas, es debido a que el pretratamiento pudo haber causado un retraso en los procesos de envejecimiento de las semillas. También aseguran que las semillas que son AO dos veces (antes y después de almacenarse) germinan en forma similar que aquellas que han sido AO solo una vez.

Las condiciones ideales de almacenamiento para semillas AO no son conocidas, aunque experiencias acumuladas hasta ahora indican bajas temperaturas y baja humedad para preservar el efecto acondicionante un año (50). Sobre esto Thanos et al (49) reporta que los beneficios del AO pueden ser conservados por un tiempo tan largo como 3 años a 5°C, de esta manera, indica un uso práctico en semillas almacenadas.

## 2.4.- Ventajas y Perspectivas Comerciales del Uso del AO.

El desarrollo comercial de métodos para la siembra aún no es muy extensa. Sin embargo, la investigación se ha dado la tarea de obtener mejores técnicas para hacerlas efectivas a escala comercial, de esta manera el utilizar semilla tratada seca, tal que pueda ser confiablemente almacenada y manipulada con el equipo existente, resulta ser un gran logro para la agricultura, ya que al momento de sembrarla se obtendrá una germinación más alta y uniforme en menos tiempo.

Tales ventajas pueden ser logradas, entre otras técnicas, con el uso de tratamientos osmóticos a semillas con PEG o sales inorgánicas. Pero existen ciertos obstáculos para su aplicación comercial como es la persistencia en la variabilidad de resultados obtenidos entre especies, variedades y aún lotes de semillas; además de la poca información disponible y de la que se dispone no presta facilidades para medir los parámetros que puedan correlacionarse con el éxito de los tratamientos osmóticos en el campo. También existe el problema de aereación en el tratamiento y la supresión de microorganismos en las semillas tratadas (9,24,25).

Una vez resueltos estos problemas la técnica promete ser provechosa en un gran número de diferentes consideraciones, tales como :

a) Semillas sembradas en estación temprana a condiciones ambientales, no quedarán en el suelo sujetas al ataque de plagas y enfermedades, y a la deterioración física de éste, como las semillas no tratadas.

b) El AO adecuadamente administrado puede permitir a las semillas germinar a temperaturas más bajas o más altas que aquellas a las cuales habrían sido capaces de germinar de no ser tratadas.

c) Por la emergencia temprana, las plántulas son capaces de competir más eficientemente con malezas y permite la aplicación de un herbicida post-emergente para malezas con crecimiento largo y resistente.

d) La germinación sincronizada es una evidencia preliminar de que las plantas en la población del cultivo serán de tamaño final uniforme.

e) En climas calientes la evaporación es rápida y el agua puede disiparse por la capa superficial de un semillero inicialmente humedo antes que la semilla halla tenido tiempo para germinar. El AO de semillas al provocar una germinación casi instantánea después de sembrarla, puede ofrecer una solución a este problema.

f) En cultivos que utilizan invernadero o cuartos con medio controlado, se puede incrementar sus tasas de venta con el uso de AO.

g) Fisiologicamente repara mecanismos y permite detener el envejecimiento de las semillas.

h) Deteniendo la germinación en diferentes estados en medio de una serie de concentraciones, puede permitir estudiar los componentes de los procesos de la germinación más eficientemente, dado lo prolongado del proceso bajo estas condiciones (24).

i) Esta técnica puede ser usada en laboratorio para la identificación y mejoramiento de líneas superiores que posteriormente puedan tolerar condiciones de agobio hídrico en el campo (26).

### 3.0.- Giberelinas.

El descubrimiento de estas sustancias surgió de los estudios realizados por el investigador japonés Kurosawa, en 1926, en una enfermedad del arroz (Oryza sativa L.) ocasionada por el hongo Gibberella fujikuroi (en su estado imperfecto Fusarium moniliforme). El síntoma característico de esta enfermedad es que las plantas se tornan altas y delgadas, denominándola con el nombre de "bakane" que significa "plántula estúpida". Con el tiempo se aislaron del hongo sustancias específicas que aceleraban considerablemente el crecimiento de los tallos de las plántulas. Estas y otras sustancias obtenidas de otras fuentes, pero con efectos similares, han recibido el nombre de giberelinas (17,37).

En la actualidad existen cuando menos cincuenta y dos giberelinas conocidas y la lista crece cada vez más. Algunas de éstas se encuentran solo en el hongo G fujikuroi, otras están presentes solo en plantas superiores y unas más se encuentran en ambas. Por lo menos 16 de las giberelinas conocidas se han aislado del hongo ( $AG_1$  a  $AG_4$ ,  $AG_7$ ,  $AG_9$  a  $AG_{16}$ ,  $AG_{24}$ ,  $AG_{25}$  y  $AG_{36}$ ) y 27 de plantas superiores ( $AG_1$  a  $AG_9$ ,  $AG_{18}$ ,  $AG_{17}$  a  $AG_{23}$ ,  $AG_{26}$  a  $AG_{35}$ ). Al menos 7 giberelinas ( $AG_1$  a  $AG_4$ ,  $AG_7$ ,  $AG_9$  y  $AG_{12}$ ) aparecen tanto en el hongo como en plantas superiores (54).

### 3.1.- Naturaleza Química.

Moore (36) menciona la definición que dió Paleg a las giberelinas, las que señala como unos compuestos que tienen un esqueleto ent-gibberelano y una actividad biológica que estimula la división celular, la elongación celular o ambas, u otra actividad que pueda ser asociada específicamente con este tipo de sustancias.

De acuerdo con su ocurrencia en la naturaleza, se clasifican en tres estados (36):

a) Giberelinas libres.- Tienen entre 19 y 20 átomos de

carbono, presenta ácidos mono, di o tricarbónicos disociados. Las diferencias entre las giberelinas implica la presencia o ausencia de una configuración de lactona en el anillo A (Ver fig. 2), del número o posición de los grupos carboxílicos.

Moore también menciona a Brian *et al*, los cuales hicieron estudios en 134 compuestos que tenían  $AG_1 - AG_p$ , de los que se concluyó lo siguiente:

- Ningún rasgo particular de los compuestos activos debe observarse como esenciales para la actividad, pero éstos aparentemente son requeridos para altos grados de actividad.

- Para la mayor actividad se requiere de los anillos completos de la giberelina.

- El grupo carboxílico de C-7 es esencial para la actividad.

- Las giberelinas más activas probadas, todas poseen un anillo de lactona en el anillo A.

b) Giberelinas conjugadas.- Son otras formas relativamente polares que se encuentran en estado natural principalmente en la semilla, están conjugadas con  $\beta$ -D-glucosa.

En estudios realizados con semillas inmaduras de Pharbitis nil, fueron aislados 6 glucósidos de giberelina; también fueron aislados 4 glucosil-ésteres de la giberelina (43).

c) Giberelinas enlazadas o solubles en agua.- Estas son una forma química aún hipotética. Son sustancias más polares que las giberelinas, y se han encontrado en los extractos dentro de los cuales se han identificado giberelinas libres (36).

### 3.2.- Biosíntesis.

Las giberelinas parecen sintetizarse en diversas partes de la planta, pero especialmente en las áreas de activo crecimiento como son los embriones o los tejidos meristemáticos; se mueven en forma basipétala, pero también pueden moverse hacia el ápice. La síntesis del  $AG_1$  en la planta se hace a partir del ácido mevalónico.

En el caso de las semillas que requieren estratificación, la rápida producción de giberelinas que ocurre en la germinación,

probablemente es una liberación de giberelinas ligadas y que fué sintetizada mucho antes del período de frío.

Hay evidencias de que también son sintetizadas en la raíz en algunas plantas, pues están presentes en la savia que "lloran" las plantas cuyo tallo es cortado (8,42,43).

### 3.3.- Efectos Biológicos.

Las giberelinas afectan a las plantas en diversas formas, las cuales son mostradas enseguida:

#### \* En la germinación.

Las giberelinas pueden terminar con el reposo de las semillas de muchas especies al reanudar la actividad sintética, la cual sigue de la imbibición; esta actividad ocurre después de un incremento en la cantidad de ácido giberélico y/o sustancias parecidas a giberelinas.

En los primeros trabajos, las semillas de algunas especies no fueron afectadas por la aplicación de giberelinas exógenas; ciertas investigaciones posteriores indicaron que la causa frecuente era el hecho de que la sustancia no penetraba las cubiertas de las semillas (37,54).

#### \*\* Respuestas vegetativas.

a) Alargamiento del tallo.- El efecto más sorprendente de asperjar plantas con giberelinas es la estimulación del crecimiento. Los tallos de las plantas asperjadas se vuelven generalmente más largos de lo normal. Se estimula el crecimiento de los entrenudos más jóvenes y frecuentemente se incrementa la longitud de los entrenudos individuales, mientras el número de éstos permanece constante (15,54).

Las giberelinas estimulan el crecimiento de los brotes, principalmente acelerando las tasas de elongación y división de las células en la región subapical del meristemo donde se están

desarrollando los entrenudos jóvenes. De esta manera, pueden provocar el crecimiento rápido de muchas plantas que normalmente poseen un estado de roseta, como la col, pues el tratamiento con giberelinas alarga los entrenudos y rompe con ese hábito (15,40, 42).

También pueden superarse algunas enfermedades que detienen el desarrollo de las plantas por efecto de virus mediante la aplicación de giberelinas (54).

b) En el crecimiento de la raíz.- Se ha observado que a bajas concentraciones las giberelinas han estimulado la iniciación de la raíz en estacas de chícharo (Pisum sativus L.). Sin embargo, en concentraciones relativamente elevadas han inhibido, de manera consistente, la formación de raíces adventicias. Esta inhibición es un efecto local directo que impide la división temprana de células que intervienen en la transformación de tejidos de tallos maduros a una condición meristemática.

Las giberelinas tienen una función en la regulación de la síntesis de ácido nucléico y proteínas, mediante la interferencia de estos procesos puede suprimirse la iniciación de raíces.

La disminución de los niveles naturales de giberelinas en los tejidos debe estimular la formación de raíces adventicias en las estacas. Por lo cual, al aplicar un inhibidor natural de las giberelinas, como es el ácido abscísico, se ha podido estimular la formación de raíces en estacas de varios vegetales (22,42).

\*\*\* En el crecimiento reproductivo.

a) Inducción floral.- La aplicación de giberelinas puede provocar la floración de muchas especies que requieren temperaturas frías, como son las zanahorias, la escarola, la col y el nabo. Igualmente, las giberelinas pueden inducir la floración de varias plantas de día largo en fotoperíodos cortos, con lo que suplen a las horas de luz.

Por otra parte, también tienen efectos en la sexualidad de varias especies, al aumentar el porcentaje de flores masculinas, durante la floración (42,54).

b) Partenocarpia y crecimiento de frutos.- Las giberelinas aplicadas exógenamente actúan también sobre la floración, induciendo partenocarpia y buen desarrollo del fruto cuando las plantas no tratadas fallan en fructificar (42). Probablemente sustituyen la función que realizan en la formación del fruto y semilla la cual sintetiza giberelinas durante su desarrollo.

### 3.4.- Mecanismo de Acción en la Germinación.

Es bien conocido que la germinación de semillas produce enzimas hidrolíticas que digieren las grasas, carbohidratos y proteínas de los tejidos de reserva; al investigar la procedencia de estas enzimas, el control de su producción y liberación se obtuvo valiosa información de los mecanismos de acción de las giberelinas.

Moore (36) menciona que Paleg, en Australia, y Yomo, en Japón, mostraron independientemente que cuando el Acido Giberélico ( $AG_3$ ) es añadido al endospermo de grano de cebada, inicia la aparente producción de ciertas enzimas aminolíticas, incluyendo  $\alpha$ -amilasa, la liberación de azúcares y estimulantes de la germinación. También menciona a Brigg, el cual, extendió estas observaciones al incluir otras enzimas hidrolíticas (proteasa, fosfatasa y  $\beta$ -glucanasa).

El  $AG_3$  puede reemplazar a un factor productor de la  $\alpha$ -amilasa, generado mediante la germinación de semillas de cebada. Los embriones producen una giberelina natural que se translada al interior de la capa de aleurona en los endospermos, donde se produce la síntesis de enzimas, las cuales, incluyendo amilasas, proteasas y lipasas descomponen rápidamente la paredes celulares de los endospermos e hidrolizan después los almidones y proteínas, liberando así los nutrientes y energía necesarios para el desarrollo de los embriones. Se ha

demostrado, que el AG<sub>1</sub> provoca la síntesis "de novo" de la  $\alpha$ -amilasa en las células de la aleurona. Así, la actividad enzimática resultante de las giberelinas no se debe a la liberación de enzimas en alguna forma de enlace, sino al incremento de la actividad celular debido a la formación de nuevas enzimas (54).

En adición a la formación de enzimas, en los tratamientos con giberelinas, la aleurona mantiene el incremento en la síntesis de RNA. Esto lo indican experimentos basados en la incorporación de radioactividad a nucleótidos dentro del RNA mensajero específico para la síntesis de  $\alpha$ -amilasa y, presumiblemente, para las otras enzimas hidrolíticas. Hasta ahora, sin embargo, estos experimentos no han dado sustanciales esperanzas en esta dirección (37).

En la actualidad se cree que las giberelinas modifican el RNA producido en los núcleos y así pueden ejercer su control sobre la expansión celular, así como sobre otras actividades de crecimiento y desarrollo vegetal (54).

### 3.5. - Giberelinas Promoviendo la Germinación de Chile.

Las semillas de chile (Capsicum annuum L.) tienen un endospermo de 7 a 8 células de espesor, las cuales están directamente enfrente de la radícula.

Watkins et al (53), estudiando la germinación del chile al tratarlo con giberelinas, encontraron que el AG<sub>(4+7)</sub> redujo el tiempo para la aparición de la protuberancia del endospermo. En las células de la pared la actividad degradativa fué detectada durante los estados tempranos de germinación y llegó a ser extremadamente alta después de la emergencia de la radícula. Concluyeron que la giberelina disminuye la resistencia impuesta por el endospermo (resistencia que se incrementa especialmente bajo agobio de temperatura y oxígeno) aumentando la tasa de germinación de las semillas de chile.

Watkins y Cantliffe (52) investigaron el posible control hormonal de la germinación en semillas de chile a temperaturas

óptimas y subóptimas. Encontraron que la síntesis de AG puede no ser un prerrequisito para la germinación, pero sí permitir la protusión de la radícula avanzando así, rápidamente. Al añadir AG se estimuló la germinación a 15 y 25 °C, posiblemente ésto fué efecto de la presencia de disparadores en alguno de los procesos de la germinación.

Se han reportado más trabajos en esta especie, manifestando resultados positivos; empero, cabe señalar lo que indican Randler y Honma, citados por Maroto (31), que en la rapidez y homogeneidad de la germinación de semillas de chile tratadas con AG, además de determinados agentes físicos (temperatura y humedad principalmente), tienen también influencia otros aspectos como la variedad, la edad del fruto del que se ha tomado la semilla, así como las condiciones de conservación de las mismas durante el almacenamiento.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### Localidad.

a) Ubicación.- El experimento se realizó en el Campo Agrícola Experimental y los laboratorios de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, localizada en el municipio de Marín N. L., cuya ubicación geográfica es 25°53' de Latitud Norte y 100°03' de Longitud Oeste, con una elevación de 375 msnm.

b) Clima.- El clima de la región, según la clasificación de Köppen modificada por García (19), es de tipo semiárido BSi(h')hx'(e'). Con temperaturas medias anuales de 22°C. En los meses más fríos (Diciembre y Enero) las temperaturas medias son menores de 18°C y en los meses más calientes (Julio y Agosto) se presentan temperaturas hasta de 40°C; la oscilación anual de las temperaturas medias mensuales es mayor de los 14°C.

Las heladas tempranas se presentan en el mes de Noviembre y las tardías hasta Marzo; las más severas (3 ó 4 en promedio) se registran normalmente en el mes de Enero.

La precipitación pluvial promedio anual es de 510 mm, con una máxima de 600 mm y una mínima de 200 mm, distribuyéndose principalmente en los meses de Agosto a Octubre, aunque también se presentan lluvias ocasionales en los meses restantes.

Durante el desarrollo del experimento en campo se presentaron las condiciones climáticas que se muestran en la tabla 2.

#### Materiales.

Se utilizó semilla de chile serrano del cultivar Tampiqueño 74, la cual fué obtenida en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la U. A. N. L., por el Proyecto de Hortalizas en el ciclo Primavera-Verano de 1988; fué escogido

por sus características agronómicas que le dan a esta variedad mejor aceptación en el mercado.

El acondicionamiento a la semilla se efectuó con Polietilenglicol-6000 (PEG-6000) y Acido Giberélico (AG<sub>3</sub>). Además, el material que se utilizó para este procedimiento constó de balanza analítica, matraz de aforación, pipetas, vasos de precipitado de 100 cc, papel secante, agua destilada, Hipoclorito de Sodio (NaOCl) al 2%, papel vitafilm, cámara de incubación y termómetro de máximas y mínimas.

Para las pruebas de laboratorio se utilizaron cámaras de germinación, termómetros de máximas y mínimas, fungicida, cajas de petri y papel absorbente.

Las pruebas de campo se establecieron con la construcción de almácigos, los cuales estaban formados de arena, tierra y estiércol en iguales proporciones. También se utilizó para esto cribas, palas, carretillas, fungicidas, plásticos, surcadores, rastrillos, alizadores y azadones.

#### Métodos.

El experimento constó de dos etapas, la primera consistió en el Acondicionamiento Osmótico (AO) de las semillas. Estas se almacenaron para posteriormente realizar la segunda etapa.

En la segunda etapa se evaluó el efecto de los tratamientos aplicados en la primer etapa. En campo se hicieron dos pruebas, una en almácigo tradicional (cubierto con polietileno) y otra en almácigo expuesto al ambiente. En laboratorio también se realizaron dos pruebas una a temperatura óptima (25°C) y la otra a subóptima de germinación (12°C).

Tabla 1.- Condiciones climáticas prevalecientes durante el desarrollo del experimento en campo sobre Aplicaciones de AG, vía Acondicionamiento Osmótico en semillas de chile serrano (Capsicum annuum L.) cv. Tampiqueño 74.

	M E S E S		
	Diciembre	Enero	Febrero
Temperatura Media Máxima (°C)	17.0	23.0	25
Temperatura Media Mínima (°C)	4.3	10	11
Temperatura Media Mensual (°C)	10.5	16.5	18
Temperatura Extrema Máxima (°C)	29.0	32.0	34.0
Temperatura Extrema Mínima (°C)	-8.0	0	5
Precipitación Total (mm)	41.2	2.1	4.5

Fuente: Estacion Meteorologica de la FAUANL

#### a) Modelo experimental

Los tratamientos estudiados fueron los siguientes:

- T1: Testigo, semilla sin tratamiento previo
- T2: Semilla AD en PEG-6000\*
- T3: Semilla AD en PEG-6000\* + AG<sub>3</sub> 100 ppm
- T4: Semilla AD en PEG-6000\* + AG<sub>3</sub> 200 ppm
- T5: Semilla AD en PEG-6000\* + AG<sub>3</sub> 500 ppm
- T6: Semilla AD en PEG-6000\* + AG<sub>3</sub> 1000 ppm
- T7: Semilla AD en PEG-6000\* + AG<sub>3</sub> 2000 ppm

\* 240 g.l<sup>-1</sup> (-8.0 MPa) por 10 días a 15°C

En cada una de las cuatro pruebas, los siete tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones, logrando así, 28 unidades experimentales por prueba.

El modelo estadístico que corresponde al diseño completamente al azar es:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Observación de la variable bajo estudio

$\mu$  = Media general

$\tau_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$E_{ij}$  = Error experimental aleatorio

Las hipótesis estadísticas fueron las siguientes:

$H_0$  : No existe evidencia significativa de que al menos un tratamiento es diferente de los demás, para la variable de estudio.

VS.

$H_a$  : Existe evidencia significativa de que al menos un tratamiento es diferente de los demás, para la variable de estudio.

La regla de decisión utilizada fué la siguiente:

- i) Si  $F$  calculada  $>$   $F$  tabulada, se rechaza  $H_0$  y se concluye que existe evidencia de diferencia entre tratamientos.
- ii) Si  $F$  calculada  $\leq$   $F$  tabulada, se acepta  $H_0$  y se concluye que no existe evidencia de diferencia entre tratamientos.

#### b) Manejo del experimento

Primer etapa.

El manejo que se llevó a cabo en la primera etapa del experimento se describe enseguida:

#### \* Preparación de soluciones.

Para la administración de los tratamientos se procedió primeramente a formular una solución de PEG-6000 con una concentración de  $240 \text{ g.kg}^{-1}$  de agua, la cual al ser sometida a una temperatura de  $15^\circ\text{C}$  alcanza un potencial osmótico de  $-8.0$

MPa. De ésta se tomaron 6 muestras de 30 cc, a las cuales se les añadió Activol (AG, 10%) en concentraciones de 0, 100, 200, 500, 1000 y 2000 ppm.

#### \*\* Administración de tratamientos.

Para el AD de las semillas se tomaron siete lotes de 30 g cada uno. Estos se desinfectaron por inmersión en una solución de Hipoclorito de sodio (NaOCl 2%) por 3 minutos; posteriormente se lavaron en agua corriente por 30 segundos, se les eliminó el exceso de agua y fueron puestos sobre papel absorbente para eliminarles el agua adherida.

Cada lote fué colocado en un vaso de precipitado de 100 cc y se le administró la solución correspondiente; los vasos una vez preparados fueron envueltos en en plástico Vitafilm para evitar contaminación o evaporación de la solución. Los vasos fueron introducidos en una cámara a temperatura controlada a  $15 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$  permaneciendo ahí por 10 días al término de los cuales se retiró la película envolvente y se lavó la semilla en agua corriente por 30 segundos para finalmente secarla en papel absorbente al ambiente, se almacenó por un período de 14 días al término de los cuales se dió inicio al análisis de la semilla.

#### Segunda etapa.

El manejo efectuado en la segunda etapa se describe a continuación:

#### \* Evaluación de laboratorio.

Se elaboraron dos pruebas, una llamada "estandar" la cual recomienda el I.S.T.A. sea a temperatura constante de  $25^{\circ}\text{C}$  y otra en la cual se sometió la semilla a temperaturas subóptimas de germinación ( $12^{\circ}\text{C}$ ) que se le llamó "Prueba a Régimen Subóptimo de Temperatura (PRST)". Se consideró esta última prueba como la más importante en laboratorio, ya que a esta temperatura se advierte mejor la capacidad de cada semilla para

germinar, observación difícil de hacer a temperaturas normales de germinación (prueba estandar).

La duración de la PRST tuvo un período de 40 días, mientras que la prueba estandar solo 14 días. Las temperaturas durante la PRST oscilaron de 24 a 28°C, y las de la prueba estandar fueron de 10 a 14°C.

El procedimiento para sembrar las semillas fue el mismo para ambas pruebas. Se colocaron las 100 semillas de cada tratamiento en su caja de petri respectiva, repitiendo esto cuatro veces logrando así las 28 unidades experimentales por prueba. Las semillas fueron colocadas entre tres discos de papel absorbente (dos como base y una cubriéndolas). Cada caja petri fué identificada y sus semillas regadas con 7 ml de agua destilada; posteriormente fueron colocadas aleatoriamente en charolas e introducidas en una cámara germinadora para cada prueba.

#### \*\* Evaluación de campo.

En el campo se hicieron dos pruebas, una en almácigo tradicional (cubierto con túnel de polietileno) y otra en almácigo expuesto al ambiente. La primera se prolongó a 55 días ya que en esta prueba se evaluaron variables que solo era posible apreciar en plantas aptas para el transplante; la segunda tuvo una duración de 34 días únicamente.

Tabla 2.- Fungicidas e insecticidas proporcionados en almácigo durante el desarrollo del experimento en campo sobre Aplicaciones de AG<sub>2</sub> vía Acondicionamiento Osmótico en semillas de chile serrano (*C. annuum* L.)cv. Tampiqueño 74.

FECHA	PRODUCTO QUIMICO	DOSIS/LITRO DE AGUA
Dic.27,1989	Captan 50 PH	5 g
Ene.15,1990	Ridomil MZ 58	5 g
Ene.19,1990	Ridomil MZ 58	4 g
Feb.14,1990	Lannate	1.5 ml

El procedimiento para la siembra de ambas pruebas fué idéntico. Consistió en la construcción de dos almácigos de 9.0 m de largo por 1.0 m de ancho, y una profundidad de 15 cm; formados de arena, tierra y estiércol en iguales proporciones. Se nivelaron y se trazaron surquitos transversales al almácigo con ayuda del surcador. Tales surquitos tenían un distanciamiento entre sí de 10 cm y una profundidad de 1.5 cm, en éstos se sembró 100 semillas por surco, utilizando tres surquitos por tratamiento con cuatro repeticiones cada uno, se obtuvo 28 unidades experimentales, un total de 84 surquitos por prueba.

Después de la siembra se aplicó en aspersion un fungicida para la prevención de enfermedades en el almácigo. Finalmente se aplicó un riego pesado para ambos almácigos. Se dejó al descubierto el almácigo expuesto al ambiente y cubriendo con polietileno, de 500 micras de espesor, en forma de túnel al almácigo tradicional.

Se les dieron 7 y 5 riegos al descubierto y al tradicional respectivamente. La aplicación de químicos para la prevención al ataque de plagas y enfermedades se muestran en la tabla 3.

### c) Variables estudiadas

#### \* Pruebas de laboratorio.

- Porcentaje de germinación. Es el número de semillas germinadas de un total de 100 semillas sembradas, que en el caso de la prueba estandar fué a los 14 días, en tanto que para la PRST fué a los 27 y 40 días; estos datos fueron sometidos a la transformación de:

$$\text{arcoseno} \sqrt{\frac{\text{núm. de semillas germinadas}}{\text{núm. de semillas evaluadas}}}$$

- Velocidad de germinación. Número de días promedio que tarda en germinar un lote de semillas, utilizando la fórmula:

$$VG = \frac{\sum P_i N_i}{\sum P_i} \quad i=1, 2, \dots, n$$

Donde:

$P_i$  = Número de plántulas normales que aparecieron en el  $i$ -ésimo día después de iniciada la prueba.

$N_i$  = Días transcurridos después de iniciada la prueba.

- **Peso seco.** Corresponde al peso seco de la plántula expresado en  $g \cdot 10^{-4}$ . Esta característica solo se evaluó en la PRST a los 35 días de sembrada la semilla.

- **Longitud del hipocotilo.** Consiste en la longitud comprendida desde el cuello de la plántula hasta la inserción de los cotiledones. Se evaluó al término de la prueba de germinación únicamente en la PRST.

#### \*\* Pruebas de Campo

Para las pruebas de campo se realizó la observación de las variables que se describen a continuación:

- **Porcentaje de emergencia.** Consiste en el porcentaje de plántulas emergidas, cuando se observa el despliegue de los cotiledones; en el caso del almácigo tradicional se realizó a los 23 días, en tanto que en el almácigo expuesto al ambiente fué a los 34 días. Estos datos fueron transformados de manera similar a las de porcentaje de germinación.

- **Velocidad de emergencia.** Consiste en los días promedio que tardan en emerger las plántulas provenientes de una muestra. Para evaluar esta variable se utilizó la misma fórmula que la empleada en la variable velocidad de germinación.

- **Peso seco.** Corresponde al peso seco de la plántula expresada en  $g \cdot 10^{-8}$ ; esta prueba solo se aplicó en la evaluación del almácigo tradicional (cubierto con polietileno).

- **Altura de planta.** Es la altura promedio observada en las plantas a 55 días después de la siembra. Fue medida desde el cuello de la planta hasta el ápice del tallo. Se estimó únicamente en el almácigo tradicional (cubierto con polietileno).

- **Número de hojas.** Corresponde al número de hojas verdaderas totalmente expandidas observadas en las plantas a 55 días después de la siembra; esta variable se cuantificó solo en el almácigo tradicional. Se transformaron los datos cuantitativos con la fórmula:

$$NH = \sqrt{\text{Número de hojas por planta} + 1}$$

#### IV. RESULTADOS

##### \* Pruebas de laboratorio.

##### a) Prueba estandar.

##### - Porcentaje de germinación.

El análisis de varianza no indicó un efecto significativo de los tratamientos (Tabla 3), por lo cual no se realizó la comparación de medias.

La fig. 2 muestra los porcentajes de germinación bajo dos regímenes de temperatura.

##### - Velocidad de germinación.

Los resultados del análisis estadístico de esta variable, para la prueba estandar, no apuntaron diferencia entre tratamientos (Tabla 3). Por consiguiente no se hizo necesaria la comparación de medias.

Tabla 3.- Analisis de varianzas de las variables Por ciento de germinación y Velocidad de germinación cuantificados en la Prueba Estandar de laboratorio del experimento sobre aplicaciones de AG<sub>9</sub> vía AO en semillas de chile serrano.

F.V.	G.L.	% DE GERM.		VEL. DEGERM.	
		S U M A	D E C U A D R A D O S		
TRATAMIENTOS	6	45.734375	N.S.	0.485107	N.S.
ERROR	21	396.890625		0.698975	
TOTAL	27	442.62500		1.184082	
C.V. (%)		5.97		2.17	

N. S = NO SIGNIFICATIVO

En la fig. 3 podemos observar como los tratamientos resultaron muy uniformes al germinar la mayoría de las semillas aproximadamente a los 10 días de sembradas, lo cual puede considerarse satisfactorio.

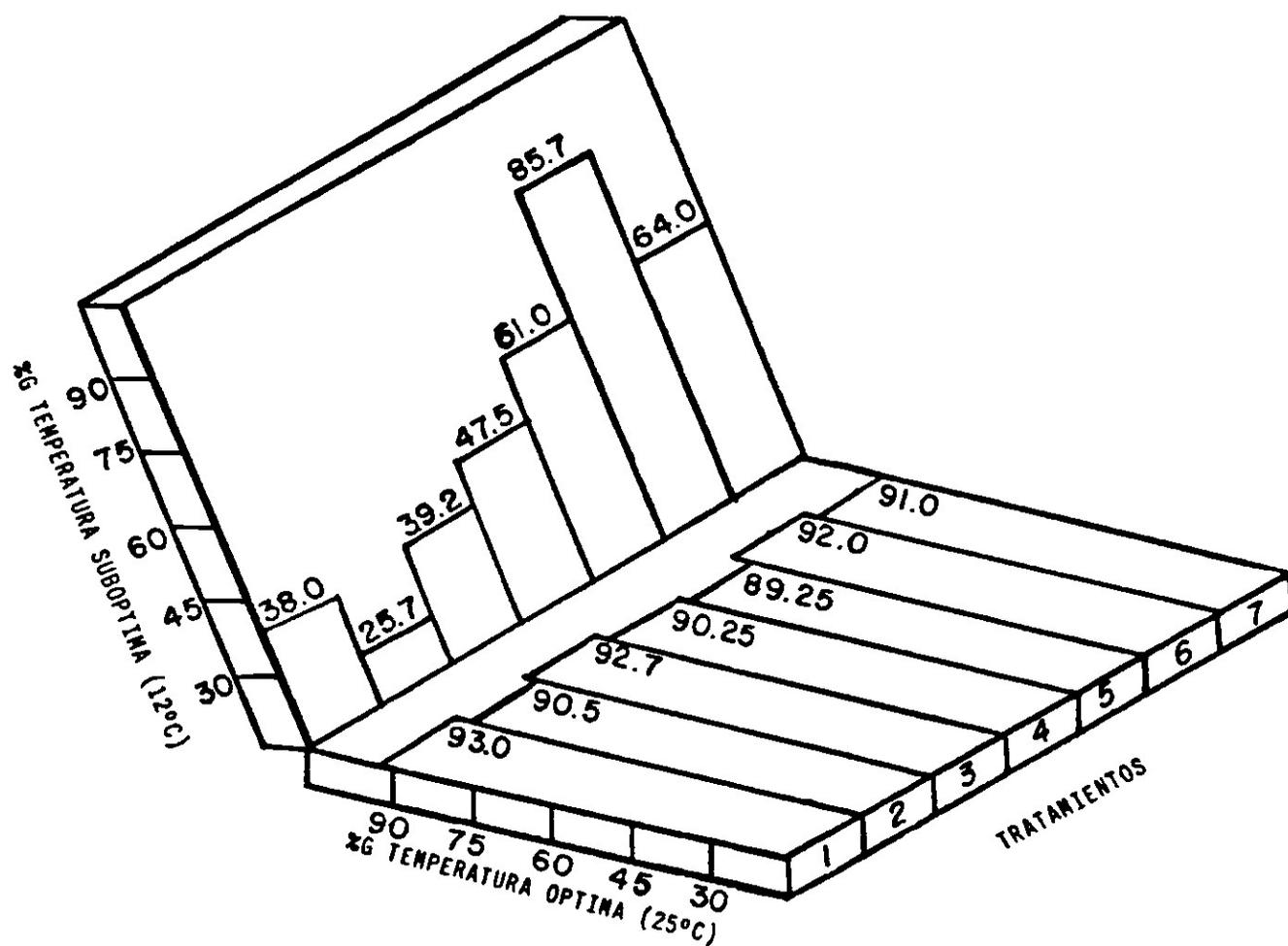


Figura 2.- Porcentajes de germinación bajo dos regímenes de temperatura obtenidos en el experimento sobre aplicaciones de AGa vía AD en semillas de chile serrano.

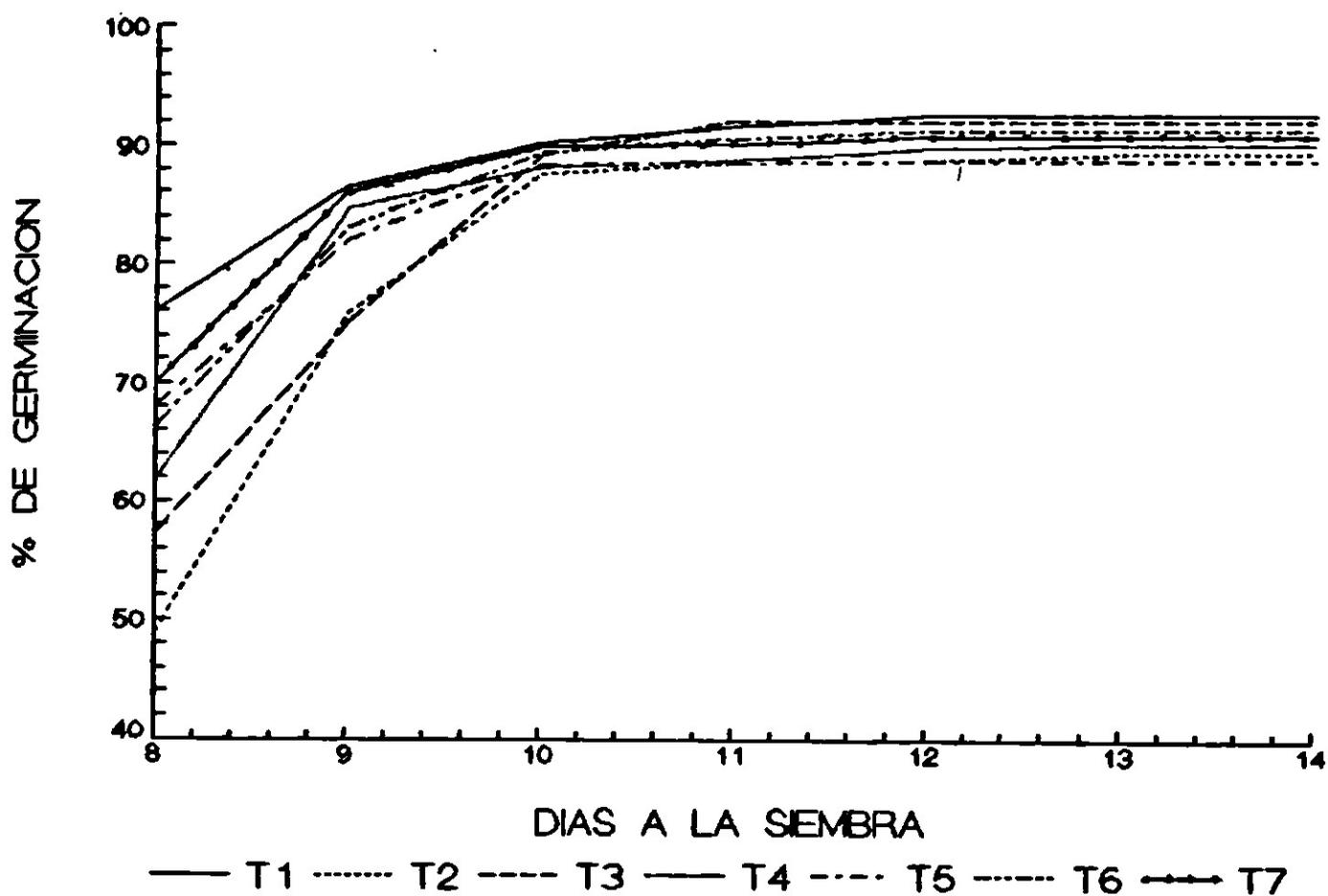


Figura 3.- Velocidad de germinación observada en la prueba estandar de laboratorio del experimento sobre aplicaciones de AGs vía AD en semillas de chile serrano.

## b) Prueba a régimen Subóptimo de Temperaturas.

### - Porcentaje de germinación (27 días).

El análisis estadístico de esta variable (Tabla 4) mostró un efecto significativo ( $\alpha = 0.05$ ) de los tratamientos.

La comparación de medias (Tabla 6), efectuada mediante el método de Diferencia Mínima Significativa (DMS), mostró que el tratamiento 6, semilla tratada con PEG + AG<sub>1000</sub> ppm, manifestó la más alta germinación, con 85.7% y fué estadísticamente similar a los tratamientos 5 y 7; los más bajos valores los tuvieron los tratamientos 1 (testigo) y 2 (semilla tratada con PEG + AG<sub>0</sub> ppm) con 38.0 y 27.7 % de germinación, respectivamente.

Como puede observarse, los tratamientos 5, 6 y 7 son los que respondieron mejor a la prueba de temperaturas subóptimas de germinación; estos tratamientos consisten en AD con PEG y las dosis más altas de AG<sub>500</sub>, 1000 y 2000 ppm respectivamente. La fig. 4 ilustra los efectos de los tratamientos a temperaturas subóptimas de laboratorio.

### - Porcentaje de germinación (40 días).

El análisis de varianza para esta variable no mostró evidencia de diferencia entre tratamientos (Tabla 4). Por consiguiente no se realizó la comparación de medias.

No obstante, se pudo apreciar que la media general de los tratamientos fué superior en esta prueba que en la estandar (93.5 vs. 91.25% respectivamente).

El mayor porcentaje de germinación lo obtuvo el T1 (testigo) con 96.5%, siguiéndole en forma descendente los tratamientos 6, 2, 7, 5 y 4. El menor porcentaje de germinación lo obtuvo el tratamiento 3 (semilla AD con PEG + AG<sub>100</sub> ppm) con 84.5% .

### - Velocidad de germinación.

Los análisis de varianza de esta variable mostraron un efecto entre tratamientos altamente significativo ( $\alpha = 0.01$ ) (Tabla 4). La comparación de medias se hizo por el método DMS

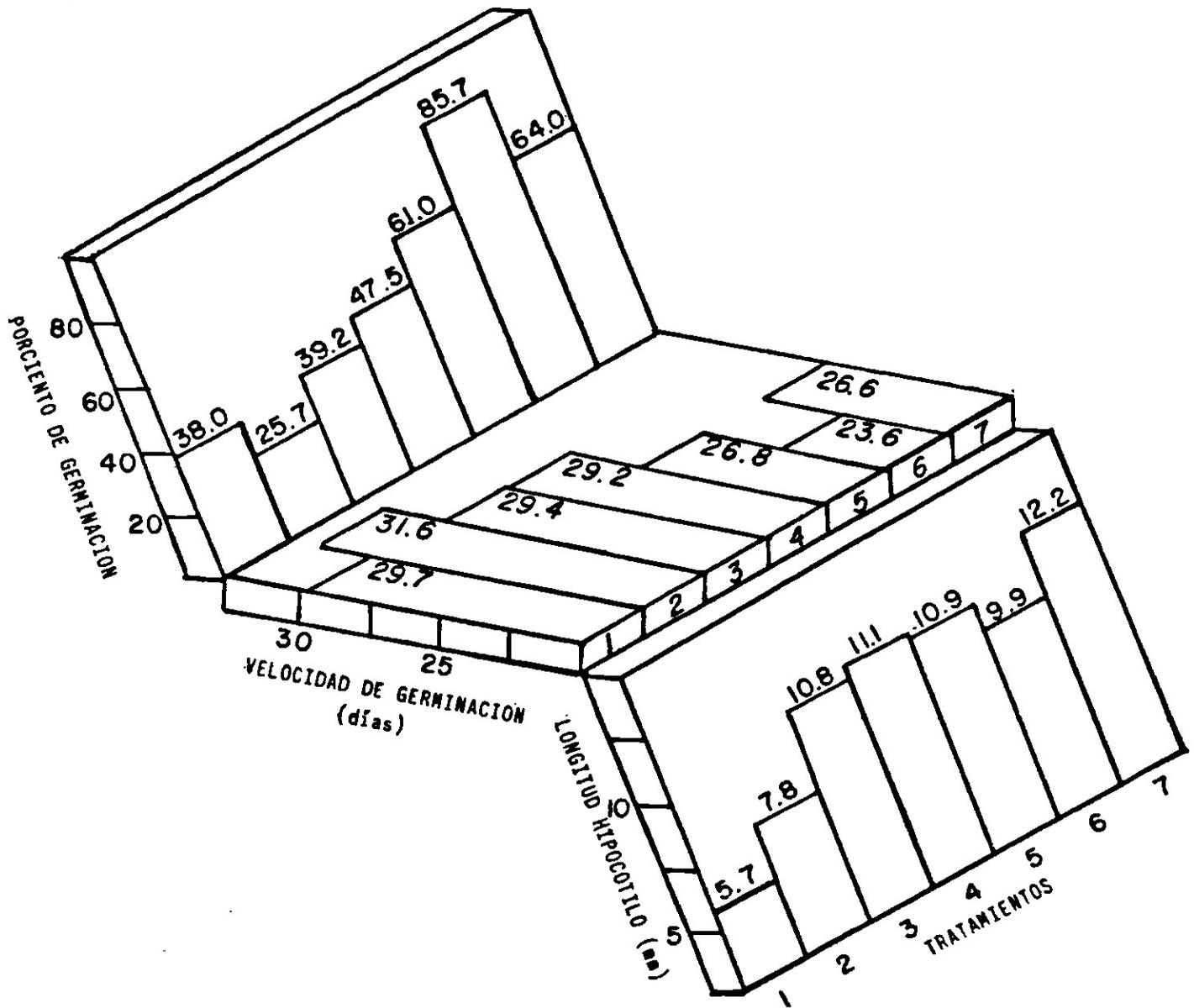


Figura 4.- Comportamiento en laboratorio con régimen de temperatura subóptimo en el experimento sobre aplicaciones de AGs vía AD en semillas de chile serrano.

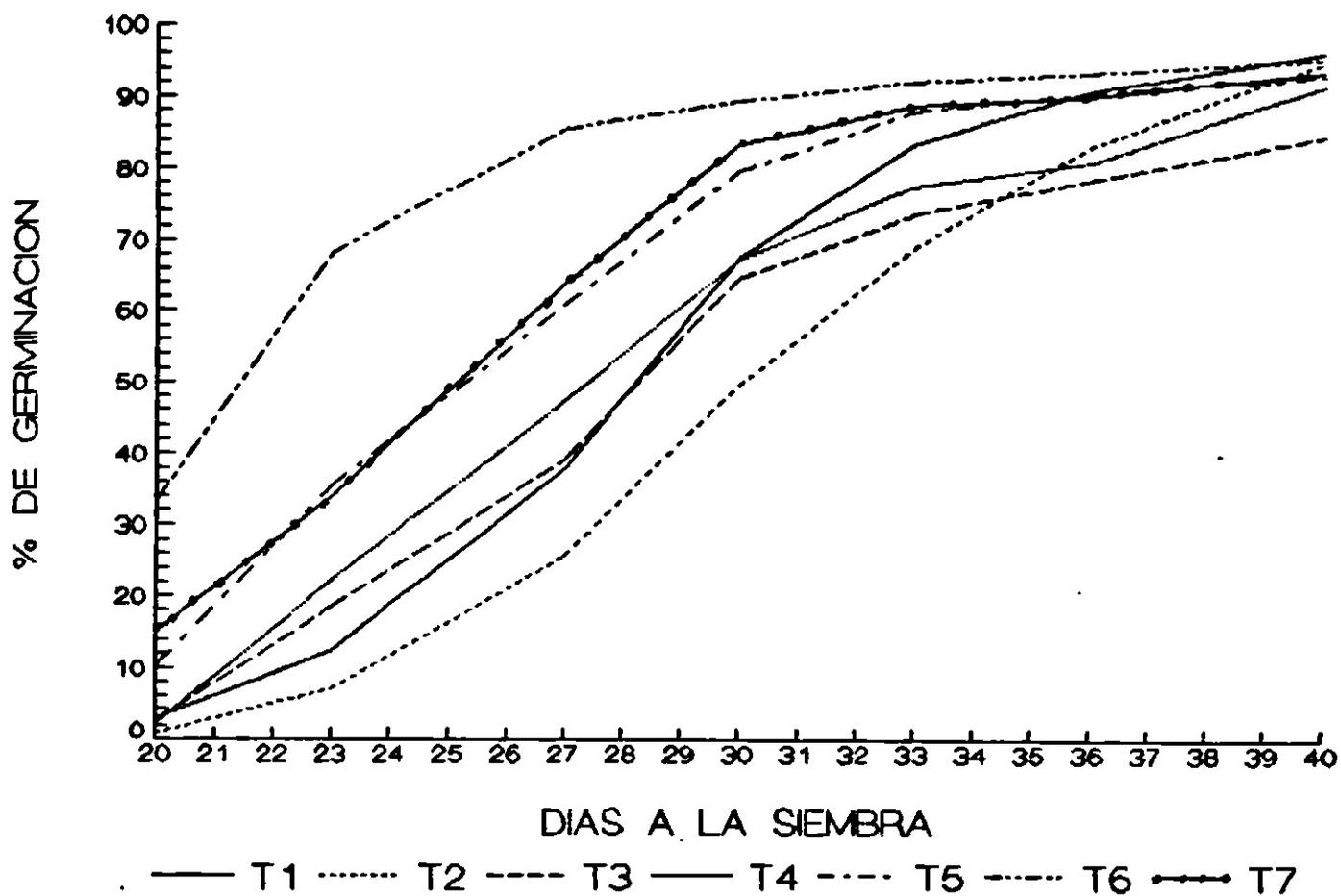


Figura 5.- Velocidad de germinación observada en la prueba de PRST de laboratorio del experimento sobre aplicaciones de AGa vía AO en semillas de chile serrano.

(Tabla 6) a un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ . Esta mostró al tratamiento 6 (semilla AD con PEG + AG<sub>9</sub> 1000 ppm) como el más rápido para germinar, siendo estadísticamente similar a los tratamientos 5 y 7; difiriendo estadísticamente de los tratamientos 1, 2, 3 y 4.

En la fig. 5 se aprecia al tratamiento 2 (semilla tratada con PEG + AG<sub>9</sub> 0 ppm) como el más lento para germinar, seguido descendientemente (en días) por el tratamiento 1 (testigo) y por los tratamientos 3 y 4, los cuales corresponden a semillas AD con PEG y dosis bajas de AG<sub>9</sub> (100 y 200 ppm respectivamente). También se puede observar a los tratamientos con PEG y dosis altas de AG<sub>9</sub> como los más rápidos en germinar (T5, T6 y T7).

Tabla 4.- Análisis de varianzas de las variables Porcentaje de germinación (27 y 40 días) y Velocidad de germinación obtenidos en la PRST del experimento sobre aplicaciones de AG<sub>9</sub> vía AD en semillas de chile serrano.

F.V	G.L.	% DE GERM.	% DE GERM.	VELOCIDAD
		27 DIAS	40 DIAS	DE GERM.
		S U M A D E C U A D R A D O S		
TRATAMIENTOS	6	4101.449219*	373.03125N.S.	0.485107**
ERROR	21	4481.761719	515.31250	0.698975
TOTAL	27	8583.210938	888.34375	1.184082
C.V. (%)		31.77	6.57	2.7

N. S.= NO SIGNIFICATIVO

\*= SIGNIFICATIVO

\*\*= ALTAMENTE SIGNIFICATIVO

- Peso seco.

Los datos obtenidos a los 35 días de sembradas las semillas en temperaturas subóptimas de germinación se sometieron a un análisis de varianza (Tabla 5). No existieron diferencias estadísticas entre tratamientos. No obstante, se observó que el tratamiento 7 (semilla AD con PEG + AG<sub>9</sub> 2000 ppm) obtuvo el valor más alto con  $10.75 \text{ g} \times 10^{-4}$  de peso por plántula y que en general los valores más altos se manifestaron en semillas tratadas con PEG y las distintas dosis de AG<sub>9</sub> (siguiendo al T7

en forma descendente los tratamientos 5, 4, 3 y 6), mientras que los valores más bajos los mostraron el tratamiento 2 con  $8.88 \text{ g} \times 10^{-4}$  y el tratamiento 1 con  $8.54 \text{ g} \times 10^{-4}$  de peso promedio por plántula.

Tabla 5.- Análisis de varianzas de las variables Velocidad de crecimiento y Longitud de hipocotilo obtenidos en la PRST del experimento sobre aplicaciones de  $AG_3$  vía A0 en semillas de chile serrano.

F.V.	G.L.	PESO	LONGITUD DE
		SECO	HIPOCOTILO
S U M A D E C U A D R A D O S			
TRATAMIENTOS	6	12.263916 N.S.	1.231435*
ERROR	20	66.826172	1.375917
TOTAL	26	79.090088	2.610056
C.V. (%)		19.43	26.88

N. S = NO SIGNIFICATIVO

\* = SIGNIFICATIVO

- Longitud de hipocotilo.

El análisis de varianza para esta variable mostró una diferencia significativa entre tratamientos ( $\alpha = 0.05$ ). La comparación de medias por el método de DMS con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$  (tabla 6).

La comparación de medias mostró al tratamiento 7 (semilla A0 con PEG +  $AG_3$  2000 ppm) con la mayor longitud de hipocotilo (12.2 mm). Este tratamiento fue estadísticamente similar a los tratamientos 3, 4, 5 y 6.

Los tratamientos que mostraron el más bajo valor fueron el T1 (testigo) con 5.7 mm, y el T2 (semilla A0 con PEG +  $AG_3$  0 ppm) con 7.8 mm. Ambos tratamientos fueron estadísticamente similares entre sí.

En general, como se presenta en la Figura 4, las mayores longitudes las presentaron los tratamientos a base de PEG y dosis diversas de  $AG_3$  (tratamientos 3, 4, 5, 6 y 7).

Tabla 6.- Comparación de medias de las variables Porcentaje de germinación (27 días), Velocidad de germinación y Longitud de hipocotilo obtenida en la PRST del experimento sobre aplicaciones de  $AG_9$  vía AD en semillas de chile serrano.

TRAT.	% DE GERM. (27 DIAS)			VELOCIDAD DE GERMINACION		LONGITUD DE HIPOCOTILO	
	$\bar{X}$	$\alpha=0.05$		$\bar{X}$	$\alpha=0.05$	$\bar{X}$	$\alpha=0.05$
	TRANS.	REAL (%)	DMS=21.4862	DIAS	DMS=3.9363	mm	DMS=0.430
1	36.97	38.00	B C	29.66	B C	5.68	C
2	29.78	25.70	C	31.56	C	7.80	B C
3	37.56	39.20	B C	29.38	B C	10.83	A B
4	43.54	47.50	B C	29.23	B C	11.15	A B
5	51.57	61.00	A B	26.82	A B	10.95	A B
6	68.69	85.70	A	23.63	A	9.95	A B
7	53.63	64.00	A B	26.57	A B	12.23	A

\*\* Pruebas de campo.

a) Almacigo tradicional (con tunel).

- Porcentaje de emergencia.

Al realizar el análisis de varianza (Tabla 7) con los datos transformados obtenidos para esta variable, se encontró un efecto de tratamientos altamente significativo ( $\alpha = 0.01$ ) por lo que se procedió a efectuar la comparación de medias por el método DMS.

La comparación de medias (Tabla 8) mostró al tratamiento 7 (semilla AD con PEG +  $AG_9$  2000 ppm) con el mayor porcentaje de plántulas emergidas (79%) y fué estadísticamente similar a los tratamientos 1, 2 y 3. Los tratamientos 5 (semillas AD con PEG +  $AG_9$  500 ppm) y 6 (semilla AD con PEG +  $AG_9$  1000 ppm) los más bajos porcentajes de plántulas emergidas con 60.75 y 68.33% (Fig. 6).

Tabla 7.- Analisis de varianzas de las variables Porcentaje de emergencia, Velocidad de emergencia y Velocidad de crecimiento obtenidos en la prueba de almácigo tradicional (con túnel) del experimento sobre aplicaciones de  $AG_3$  vía AD en semillas de chile serrano.

		PORCIENTO DE EMERGENCIA	VELOCIDAD DE EMERGENCIA	PESO SECO
F.V.	G.L.	S U M A D E C U A D R A D O S		
TRATAMIENTOS	6	382.835938**	2.200995 *	0.000005 N.S.
ERROR	21	220.351563	2.232422	0.000013
TOTAL	27	603.187500	4.432617	0.000013
C.V.		5.58	1.90	0.37

N. S. = NO SIGNIFICATIVO

\* = SIGNIFICATIVO

\*\* = ALTAMENTE SIGNIFICATIVO

- Velocidad de emergencia.

Se encontró un efecto significativo ( $\alpha = 0.05$ ) de los tratamientos al realizar el analisis de varianza (Tabla 7) . Debido a lo anterior se procedió a efectuar la comparación de medias con el método de DMS (Tabla 8). Se encontró al tratamiento 5 (semilla AD con PEG +  $AG_3$  500 ppm) como el más lento en emerger, además de ser estadísticamente similar a los tratamientos 4 y 6 (Fig. 7).

El tratamiento 7 (semilla AD con PEG +  $AG_3$  2000 ppm) fué el más rápido en emerger, siendo estadísticamente similar a los tratamientos 1, 2, 3 y 4. Estos tratamientos también presentaron los más altos porcentajes de emergencia (Fig. 6).

- Peso seco.

Al someterse los datos de esta variable al análisis de varianza (Tabla 9) no se encontró evidencia estadística que revelara efecto significativo de los tratamientos sobre la variable. Por consiguiente no se efectuó la comparación de medias.

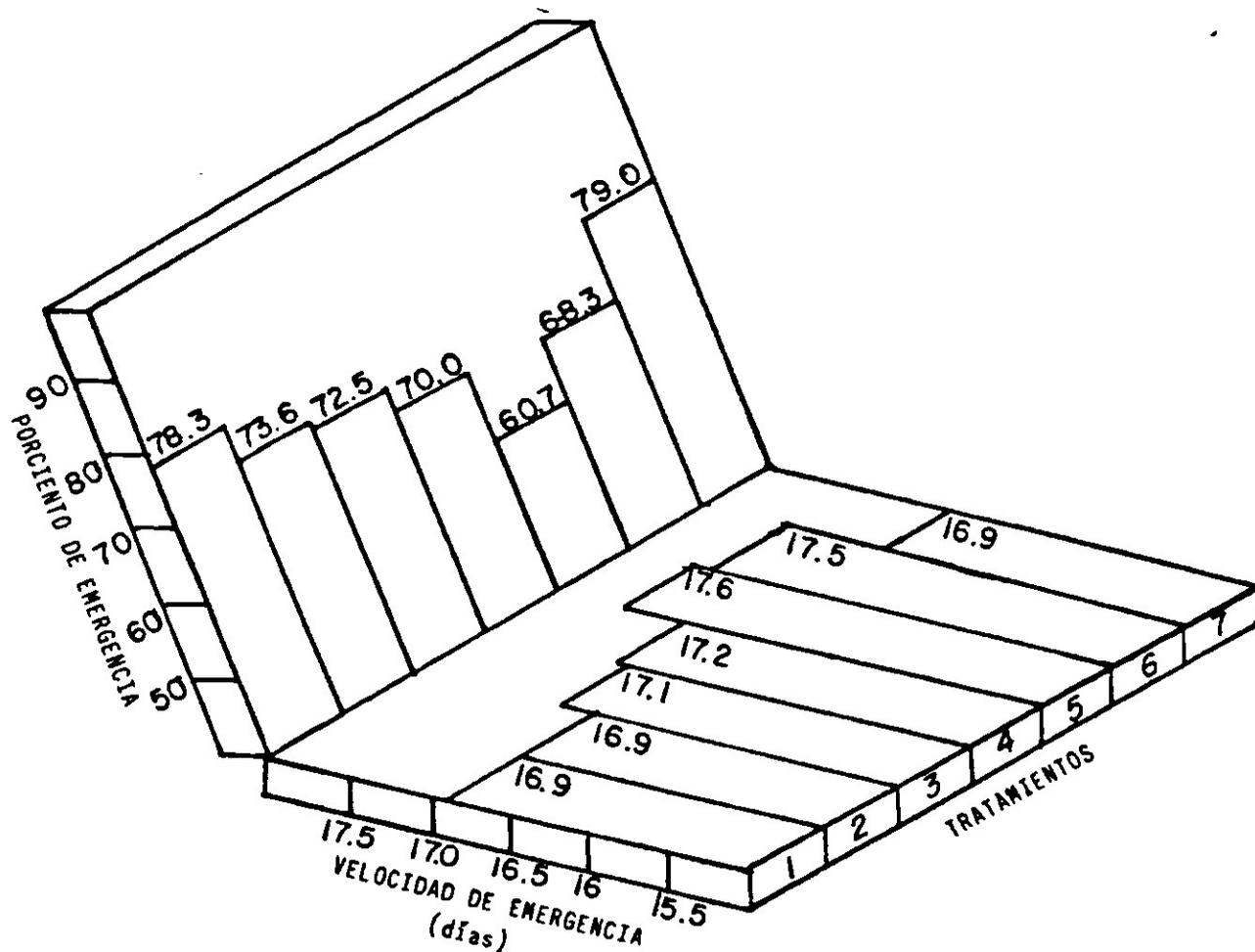


Figura 6.- Comportamiento de tratamientos en sistema de almácigo tradicional en el experimento sobre aplicaciones de AGs vía AO en semillas de chile serrano.

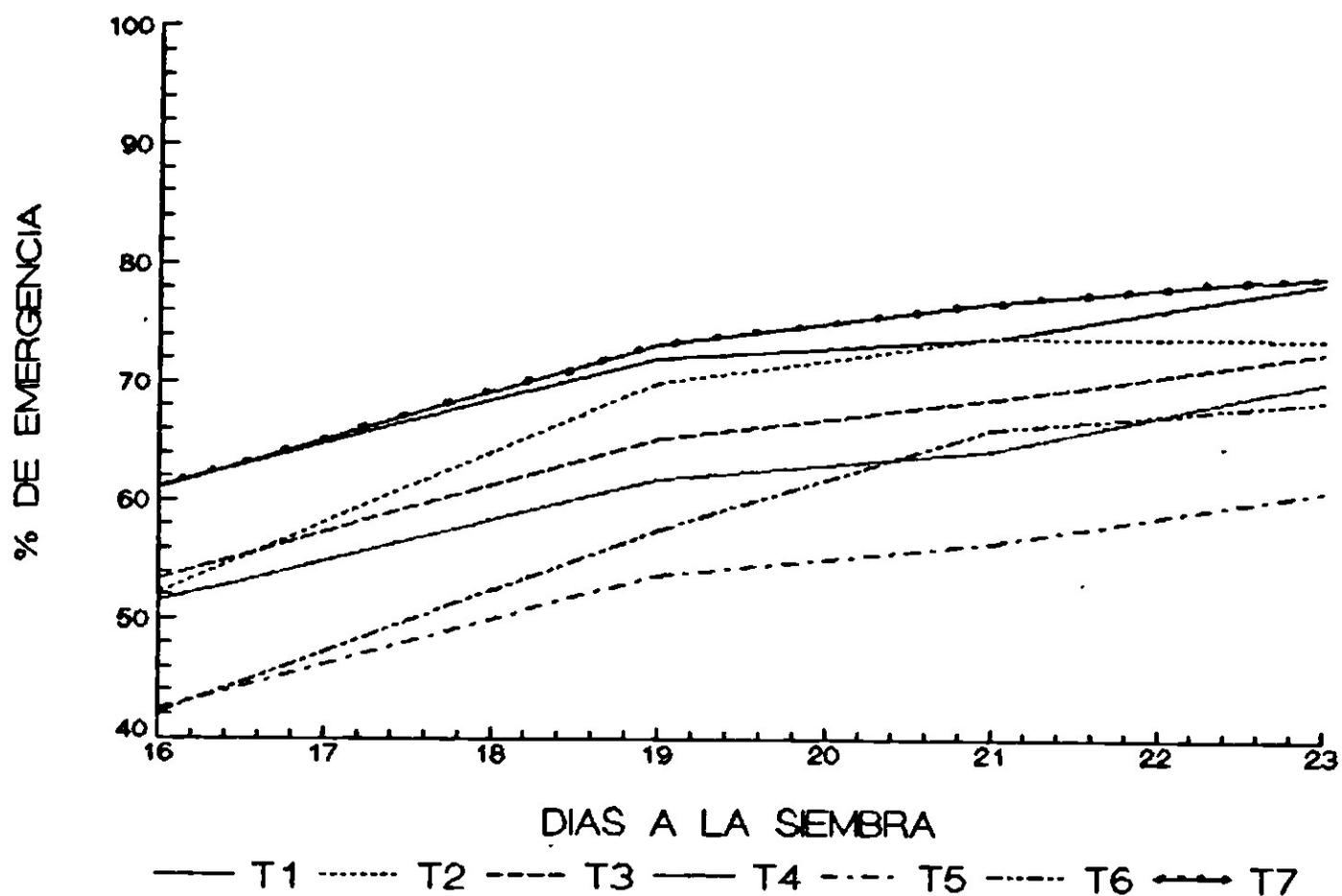


Figura 7.- Velocidad de emergencia observada en el almácigo tradicional (con túnel) del experimento sobre aplicaciones de AGs vía AO en semillas de chile serrano.

Tabla B.- Comparación de medias de las variables Porcentaje de emergencia y Velocidad de emergencia obtenida en la prueba de almácigo tradicional (con túnel) del experimento sobre aplicaciones de  $AG_3$  vía AD en semillas de chile serrano.

TRAT.	$\bar{X}$	% DE EMERGENCIA $\alpha=0.05$		$\bar{X}$	VEL. DE EMERGENCIA $\alpha=0.05$	
		TRANS.	REAL (%) DMS=4.7643		DIAS	DMS=0.4795
1	62.54	78.3	A	16.90	A	
2	59.10	73.60	A B	16.89	A	
3	58.40	72.50	A B	17.10	A B	
4	56.79	70.0	B	17.20	A B C	
5	51.29	60.7	C	17.60	C	
6	55.80	68.30	B C	17.54	B C	
7	62.75	79.00	A	16.89	A	

- Número de hojas.

Los datos de esta variable, después de ser transformados, fueron analizados estadísticamente (Tabla 9), encontrándose que no existe evidencia del efecto de los tratamientos sobre esta variable. Por lo anterior se hizo innecesaria la comparación de medias.

No obstante lo anterior, en el tabla 10 se puede observar que el tratamiento 3 (semilla AD con PEG +  $AG_3$  100 ppm) desarrolló un mayor número de hojas, mientras que el T1 mostró un menor desarrollo.

En general, las diferencias no fueron muy marcadas, pero se logró apreciar que la tendencia de los tratamientos a base de PEG y diferentes dosis de  $AG_3$  alcanzan valores mayores a las del tratamiento testigo.

- Altura de planta.

El análisis de varianza (Tabla 9) efectuado para esta variable no encontró diferencia significativa entre los efectos de los tratamientos. Por lo anterior no se realizó la comparación de medias.

Tabla 9.- Análisis de varianzas de las variables Número de hojas y Altura de planta obtenidos en la prueba de almácigo tradicional (con túnel) del experimento sobre aplicaciones de  $AG_3$  vía AD en semillas de chile serrano.

F.V.	G.L.	NUMERO DE HOJAS	ALTURA DE PLANTA
		S U M A D E C U A D R A D O S	
TRATAMIENTOS	6	0.035690 N.S	31.577637 N.S.
ERROR	21	0.232422	81.445313
TOTAL	27	0.270126	119.022949
C.V. (%)		3.67	13.26

N. S = NO SIGNIFICATIVA

Sin embargo, se puede apreciar en el tabla 10 al T3 (semilla AD con PEG +  $AG_3$  100 ppm) presentando la mayor longitud de tallo (17.03 cm), seguido del tratamiento 1, 7 y 2 (16.12, 15.88, 15.72 cm de tallo respectivamente).

El tratamiento que obtuvo la menor longitud (13.76 cm) fué el 6 (semilla AD con PEG +  $AG_3$  1000 ppm), seguido en forma ascendente por los tratamientos 5 y 7.

Tabla 10.- Desarrollo de las plantas en almácigo con túnel de polietileno.

TRATAMIENTO	ALTURA DE PLANTA	NUMERO DE HOJAS
1	16.12	6.95
2	15.74	7.2
3	17.03	7.6
4	14.98	7.2
5	14.17	7.3
6	13.77	7.2
7	15.88	7.1

b) Almacigo expuesto al ambiente.

- Porcentaje de emergencia.

El análisis de varianza mostró evidencias de diferencia entre tratamientos ( $\alpha = 0.05$ ) (Tabla 11). La comparación de medias por el método de DMS con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ . (Tabla 12), mostró al tratamiento 1 con el porcentaje de emergencia de plántulas más alto con 64.58% y fué estadísticamente similar a los tratamientos 2, 5, 6 y 7. Los tratamientos son estadísticamente diferentes a los tratamientos 3 y 4, los cuales presentaron los porcentajes de emergencia más bajos con 55.33 y 52.50% respectivamente (Fig.9).

Tabla 11.- Analisis de varianzas de las variables Porcentaje de emergencia y velocidad de emergencia obtenidos en el almacigo expuesto al ambiente del experimento sobre aplicaciones de AG<sub>3</sub> via AD en semillas de chile serrano.

F.V.	G.L.	% DE EMERGENCIA	VELOCIDAD DE EMERGENCIA
		S U M A D E C U A D R A D O S	
TRATAMIENTOS	6	210.68750 *	2.574219 N.S
ERROR	21	277.304688	13.835938
TOTAL	27	487.992188	16.410156
C.V.		7.21	3.12

N.S = NO SIGNIFICATIVO

\* = SIGNIFICATIVO

- Velocidad de emergencia.

Los resultados obtenidos en esta variable no mostraron evidencia de efecto entre tratamientos (Tabla 11), por lo cual no se realizó la comparación de medias.

En la fig. 9 se ilustra el comportamiento de la velocidad de emergencia en los diferentes tratamientos en el almacigo expuesto al ambiente.

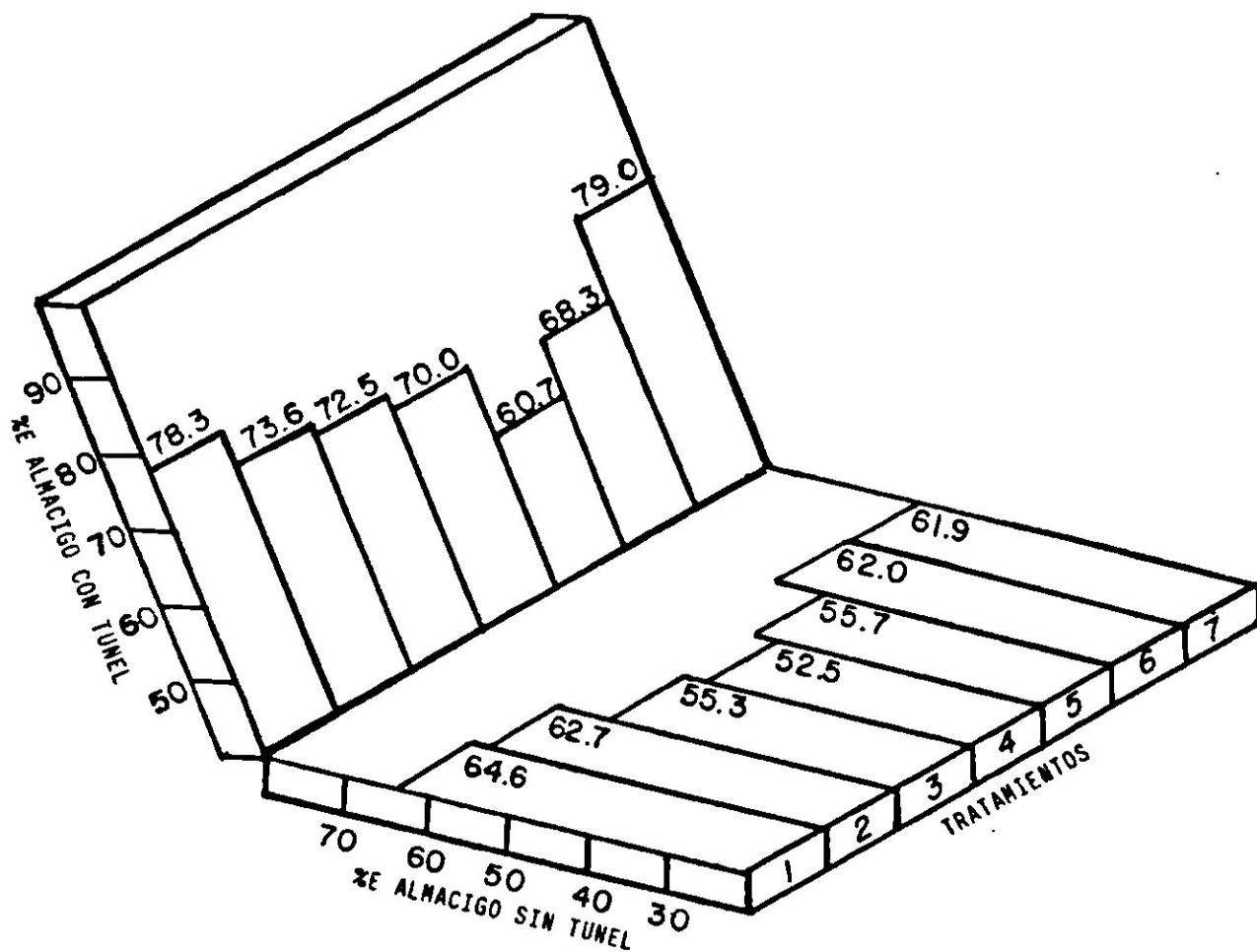


Figura 8.- Porcentajes de emergencia en pruebas de campo en el experimento sobre aplicaciones de AG<sub>3</sub> vía AD en semillas de chile serrano.

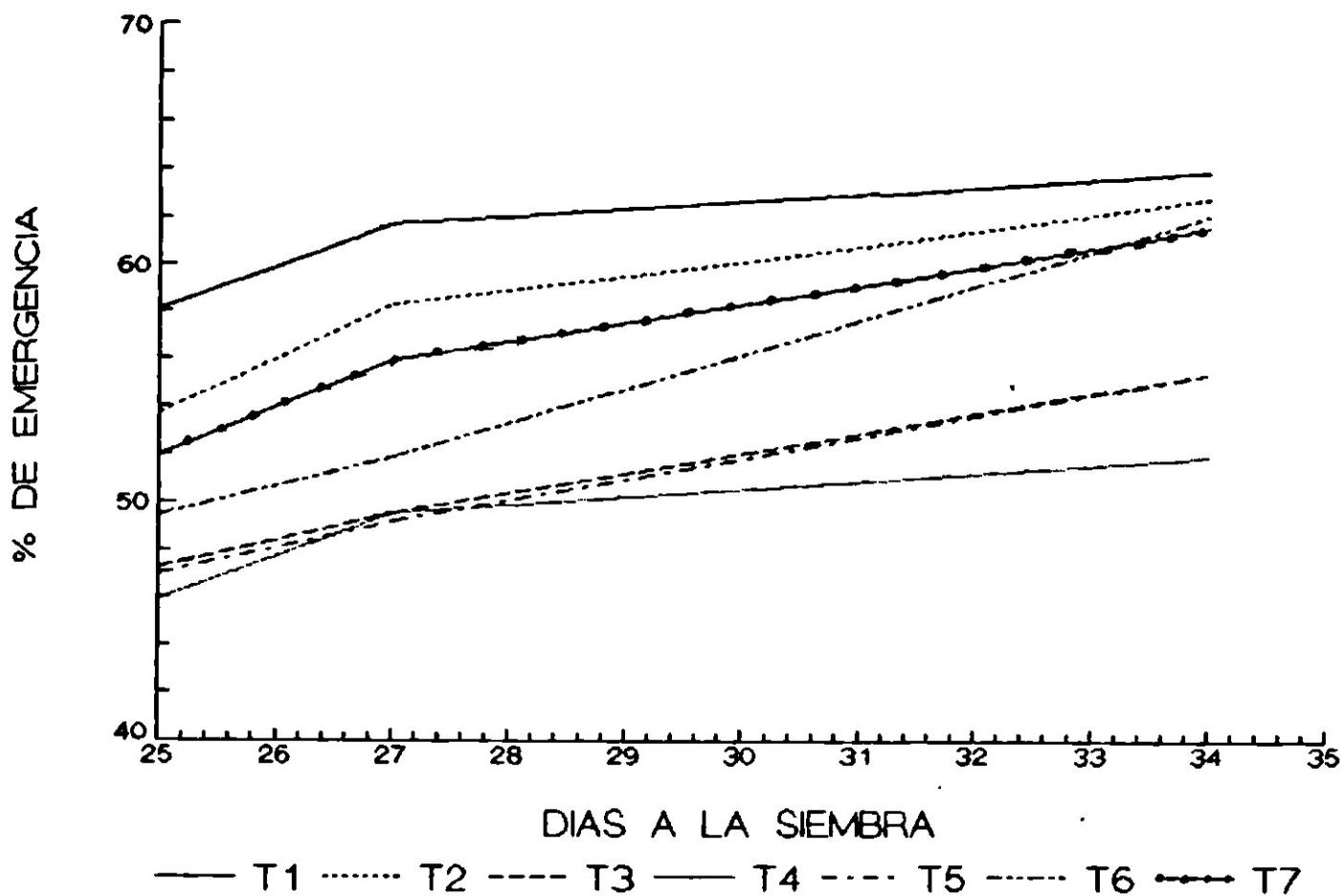


Figura 9.- Velocidad de emergencia observada en el almácigo expuesto al ambiente del experimento sobre aplicaciones de AGa vía A0 en semillas de chile serrano.

Tabla 12.- Comparación de medias de la variable Porcentaje de emergencia obtenida en la prueba de almácigo expuesto al ambiente del experimento sobre aplicaciones de AG<sub>s</sub> vía A0 en semillas de chile serrano.

PORCENTAJE DE EMERGENCIA			
TRAT.		$\bar{x}$	$\alpha=0.05$
	TRANSF.	REAL (%)	DMS=5.3446
1	53.62	64.58	A
2	53.20	62.67	A
3	47.26	55.33	B C
4	46.45	52.50	C
5	48.31	55.75	A B C
6	51.94	62.00	A B
7	51.89	61.92	A B

## V. DISCUSION

Los resultados de laboratorio muestran que bajo condiciones de temperatura óptima (25°C) los tratamientos de AO se comportan de manera similar al testigo en cuanto al Porcentaje y Velocidad de germinación. Sin embargo, bajo condiciones de agobio térmico (12°C) se observó que mientras el testigo mostró un abatimiento en su germinación los tratamientos a base de AO con PEG + AG<sub>3</sub> fueron progresivamente superiores a éste conforme aumentaba la dosis de la fitohormona; al grado que al utilizar AO con PEG + AG<sub>3</sub> 1000 ppm se obtuvo el más alto valor para esta prueba. De manera similar se observó este comportamiento para la variable Velocidad de germinación siendo el mismo tratamiento el que mostró la más rápida germinación (fig. 2). Asimismo, para la Longitud del hipocotilo se observó que solo el testigo y el T2 fueron inferiores a los tratamientos en que se utilizó AO con PEG + AG<sub>3</sub> en distintas dosis.

Con respecto a las pruebas de campo se encontró que en el almácigo tradicional (con túnel), la emergencia alcanzada por el testigo fué similar tanto a la que mostró el AO con la más alta dosis de AG<sub>3</sub>, como a las de los niveles bajos de la hormona, situación que también se apreció en la velocidad de emergencia; sin embargo, en este caso el rango de variación entre tratamientos fué más estrecho (Fig. 4).

Finalmente, al evaluar los tratamientos en el almácigo expuesto al ambiente se pudo observar que el testigo se comporta de manera similar a aquellos tratamientos que tienen dosis altas de AG<sub>3</sub> y al T2 (Fig. 8).

Empero los resultados de estas pruebas pueden no ser del todo concluyentes ya que las condiciones prevalecientes durante el experimento del almácigo expuesto al ambiente no hacen posible considerarla como una prueba de agobio térmico, sino más bien se aproximó a una prueba de agobio hídrico ya que dadas las características de la mezcla del suelo y los frecuentes vientos probablemente provocaron que se presentara este efecto de manera natural, tal como lo mencionan Khan y Taylor (29). Un AO

accidental de esta naturaleza afecta al testigo, enmascarando el efecto de los tratamientos originalmente administrados. Los resultados sugieren que controlando los niveles de humedad se logran mayores beneficios, como se observó en el almácigo cubierto con polietileno, el cual mostró que aunque las dosis menores inducían valores de Porcentaje de emergencia similares al testigo, conforme aumentaba la dosis de  $AG_3$ , el efecto se incrementó hasta llegar a superar al testigo.

A manera de síntesis puede señalarse que bajo condiciones de campo, en la mayoría de las variables, las dosis bajas de  $AG_3$  (0 y 100 ppm) dan resultados similares al testigo, dosis intermedias (200 y 500 ppm) forman una depresión en la curva de respuesta, para finalmente repuntar en dosis más altas (1000 y 2000 ppm) por lo que resulta de interés observar dicha respuesta más allá de los límites aquí evaluados.

Puede notarse que los mejores resultados de este experimento en laboratorio se obtuvieron con el uso de dosis altas de  $AG_3$  vía A0, los cuales bajo condiciones óptimas de temperatura se mostraron similares al testigo, empero, al comparárseles a un régimen de temperaturas subóptimas los tratamientos con dosis altas de  $AG_3$  mostraron grandes ventajas.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- Bajo condiciones de temperatura controlada en laboratorio se observó que en temperaturas óptimas de germinación las dosis altas de  $AG_3$  fueron similares al testigo, mientras que en el régimen de temperaturas subóptimas dichas dosis produjeron más altos porcentajes y velocidades de germinación.
- 2.- En condiciones de campo se apreció que, cuando se encontró efecto de tratamiento, en el almácigo cubierto con polietileno el efecto de la dosis más altas de  $AG_3$  fué similar al testigo y a los niveles bajos de la hormona. De la misma manera en el almácigo expuesto al medio, las dosis altas de  $AG_3$  dieron resultados similares a los del testigo. Se concluye que en campo el efecto de los tratamientos se reduce.

Por otra parte, considerando que en el campo (Fig. 9) el testigo es el que mejor se comporta, y conforme aumentó la dosis de  $AG_3$  el efecto de tratamientos se incremento desfavorablemente hasta llegar a un punto en el que esté volvió a inducir resultados favorables, tendiendo a igualar al testigo e incluso a superarlo, como ocurrió en el Porcentaje de emergencia del almácigo tradicional con túnel de polietileno, se recomienda probar dosis más altas de  $AG_3$ , controlando humedad y temperatura, donde puedan observarse mejor las bondades de los tratamientos; además se sugiere un análisis económico para tabular su factibilidad.

Se recomienda la evaluación de los tratamientos hasta su etapa de producción, asimismo, se sugiere probar menores potenciales hídricos de tal manera que nos permitan acortar el período de AO. También es recomendable revisar a lo largo del almacenamiento la persistencia de las posibles bondades mostradas por los tratamientos.

## VII. RESUMEN

Se evaluaron seis niveles de  $AG_3$  (0, 100, 200, 500, 1000 y 2000 ppm) aplicados a la semilla de chile vía Acondicionamiento Osmótico (AO), con el objetivo de favorecer características que mejoren el establecimiento de las plántulas en el almácigo.

Se utilizó el cultivar Tampiqueño 74 de Capsicum annum L. del cual se seleccionaron siete lotes de semilla, aplicándose a seis de ellos el tratamiento respectivo y al restante se le consideró testigo (no recibió ningún tratamiento).

Para la aplicación de los tratamientos cada lote de semilla se sumergió durante 10 días en una solución acuosa al 24% de Polietilen Glicol-6000 al cual se le añadió el nivel de  $AG_3$  correspondiente. Después de aplicar el tratamiento los lotes de semillas fueron deshidratados al ambiente durante cuatro días. En estas condiciones fueron almacenados durante dos semanas previamente a la evaluación de los tratamientos en condiciones de laboratorio y de campo.

En cajas de petri se realizó una prueba de germinación a temperatura óptima (25 °C) y otra a subóptima (12 °). En el campo el estudio se hizo en almácigos, uno cubierto con túnel de polietileno y otro expuesto al ambiente. En cada uno de los experimentos se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones.

En el laboratorio se estudió el Porcentaje de germinación y la Velocidad de germinación; además a temperaturas subóptimas se consideró la Longitud de Hipocotilo y el Peso seco. En el campo se estudió el Porcentaje de emergencia y la Velocidad de la misma, además en el almácigo cubierto con túnel de polietileno se incluyó Altura de planta, Número de hojas y el Peso seco.

Los resultados indican que en las pruebas de laboratorio solo se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos a temperaturas subóptimas de germinación. Niveles altos de  $AG_3$  (500, 1000 y 2000 ppm) incrementaron la germinación y la velocidad de ésta.

En los almácigos, tanto con túnel de polietileno como

expuesto al ambiente se presentaron diferencias estadísticas por efecto de tratamientos sobre Porcentaje de emergencia; en el primero también se presentaron diferencias en la Velocidad de emergencia.

Podemos considerar que el efecto de tratamiento se redujo en condiciones de campo en comparación con las pruebas efectuadas en laboratorio.

Los resultados en los almácigos sugieren la necesidad de evaluar dosis más altas de AG<sub>9</sub> controlando la humedad y la temperatura con el fin de buscar la expresión de las bondades de los tratamientos. Además sería conveniente evaluar los tratamientos hasta la etapa final de producción.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

- 1.- ADEGBUYL, E.; S.R. Cooper y R. Don 1981. "Osmotic Priming of some Herbage Grass Seed Using Polyethylene Glycol (PEG)". *Seed Sci. & Technology*. 9:867-878.
- 2.- AKERS, S.W y E.H. Kevin 1986. "SPS: A System for Priming Seed Using Aerated Polyethylene Glycol or Salt Solutions". *Hort Science*. 21(3):529-531.
- 3.- AKERS, S.W. et. al. 1984. "A Screening Process to Establish Effective Priming Treatments for Vegetable Seed". *Hort Science*. Vol. 19(2):211 (Abst.).
- 4.- ALJARO U., A. y M. Martínez R. 1987. "Evaluación Agronómica del Acondicionamiento Osmótico en Semillas de Pimiento (C. annuum L.). I. Efectos Sobre el Comportamiento Germinativo, Bajo Distintas Temperaturas". *Agricultura Técnica (Chile)*. pp. 248-253.
- 5.- \_\_\_\_\_ 1988. "Evaluación Agronómica del Acondicionamiento Osmótico de Semillas de Pimiento (Capsicum annuum L.). III. Efectos sobre la Precocidad y Rendimiento del Cultivo". *Agricultura Técnica (Chile)*. 48(1): 33-38.
- 6.- ALVARADO, A.D.; K.J. Bradford y J.D. Hewitt 1987. "Osmotic Priming of Tomato Seed: Effects on Germination, Field Emergence, Seedling Growth, and Fruit Yield". *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112(3):472-482.
- 7.- ALVARADO M., G. 1982. "Plagas de los Granos Almacenados y su Control en México". *Memorias del Curso de Actualización sobre Tecnología de semillas. UAAAN*. p. 69.
- 8.- BIDWELL, R.G.S. 1983. *Fisiología Vegetal*. 1a. Ed. AGT Editor. México. p. 610.
- 9.- BRADFORD, K.J. 1986. "Manipulation of Seed Water Relations Via Osmotic Priming to Improve Germination Under Stress Conditions". *Hort Science*. Vol. 21(5):1105 - 1110.

- 10.- BUSTAMANTE, L. 1982. "Semillas: Control y Evaluación de su Calidad. *Memorias del Curso de Actualización sobre Tecnología de semillas*. UAAAN. pp. 103 y 104.
- 11.- CARVALHO, N.M. De 1983. *Sementes: Ciência, Tecnologia e produção*. 2a. Ed. Fundação CARGILL. pp. 107-138.
- 12.- COOLBEAR, P., D. Grierson y W. Heydecker W. 1980. "Osmotic Presowing Treatments and Nucleic Acid Accumulations in Tomato Seed (Lycopersicon lycopersicum). *Seed Sci. & Technol.* 8:289-303.
- 13.- COPELAND, L.O. 1976. *Principles of Seed Science and Technology*. 1a. Ed. Burgess Publishing Company. Minneapolis Minnesota, USA. pp. 55-57.
- 14.- DEMOLON, A. 1972. *Crecimiento de los Vegetales Cultivados. Principios de Agronomía*. 2a. Ed. Ed. OMEGA S.A. Tomo II. Barcelona, España. p. 119.
- 15.- DEVLIN, R.M. 1975. *Fisiología Vegetal*. 2a. Ed. Ediciones OMEGA S.A. Barcelona, España. pp. 380, 381.
- 16.- FAETH C., J.L. 1978. "Germinación". *Seminario Internacional sobre Tecnología de Semillas para Centroamérica, Panamá y el Caribe*. AID-INTSOY-CIAT. pp. 350-359.
- 17.- FOGG, B.E. 1973. *Crecimiento de las Plantas*. 2a. Ed. Manuales/ Botánica. EUDEBA. Buenos Aires, Argentina. pp. 174, 175.
- 18.- FU, J.R. et. al. 1988. "Osmoconditioning of Peanut (Arachis hypogaea L.) Seed with PEG to Improve Vigor and some Biochemical Activities. *Seed Sci. and Technol.* 16:197-212.
- 19.- GARCIA, E. 1973. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. UNAM. México. pp. 41-49.
- 20.- GUEDES, A.C. y D.J. Cantliffe 1980. "Germination of Lettuce Seed at High Temperature After Seed Priming". *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105(6):777-781.

- 21.- HAIGH, A.M. Y E.W.R.Barlow 1987."Germination and Priming of Tomato, Carrot, Onion, and Sorghum Seed in a Range of Osmotica". *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112(2):202-208.
- 22.- HARTMAN,H.T y D.E.Kester 1975 . *Propagación de Plantas: Principios y Prácticas*. 1a.Ed. Editorial CECSA México. pp.152, 167 y 171.
- 23.- HEYDECKER,W. y P.Coolbear 1977. "Seed Trataments for Improved Performance Survey and Attempted Pragnosis". *Seed Sci. Technol.* 5:353-425.
- 24.- HEYDECKER,W.; J.Higgins y Y.J.Turner 1975. "Invigoration of Seed". *Seed Sci. & Technol.* 3:881-888.
- 25.- HOHEY,K.E, et. al. 1984."Field Emergence and Yield of Carrot (Daucus carota L.cv.Royal Chantenay) Seed Priming in Aerated KNO<sub>3</sub> solutions". *Hort Science*. Vol.19(2). p.214. (abst.).
- 26.- JAIN,R.P y K.R.Patel 1988."Germination of Pearl Millet (Pennisetum americanum (L.) Leek) Under Varying Levels of Osmotic Potential of PEG-6000".*J. Amer. Soc. Camb.* 110:419-421.
- 27.- JANICK, J. 1965. *Horticultura Científica e Industrial*. 1a. Ed. Editorial ACRIBA. España. p.352.
- 28.- KHAN,A.A., et. al. 1983."Osmoconditioning of Beet Seed to Improve Emergence and Yield in Cold Soil". *Agronomy Journal*. Vol.75.Sep-Oct.pp.788-794.
- 29.- KHAN,A.A. y A.G.Taylor 1986. "Polyethylen Glycol Incorporation in Table Beet Seed Pellets to Improve Emergence and Yield in Wet Soil". *Hort Science*. 21(4):987-989.
- 30.- KNYPL,J.S. y A.A.Khan 1981. "Osmoconditioning of Soybean Seed to Improve Performance at Suboptimal Temperatures". *Agronomy Journal*. Vol.73, Jan-feb. pp.112-116.
- 31.- MAROTO B.,J.V. 1986. *Horticultura herbácea Especial*. 2a.Ed. Editorial MUNDIPRENSA. Madrid, España. p.392.

- 32.- MARTINEZ R.,M. Y A.Aljaro U. 1987. "Evaluación Agronómica del Acondicionamiento Osmótico en Semillas de Pimiento (Capsicum annuum L.).II. Efecto sobre la Emergencia y el Desarrollo de las Plantas. *Agricultura Técnica* (Chile). 47(4):321-325.
- 33.- MEXAL,J., et. al. 1975. "Oxygen Availability in Polyethylene Glycol 6000 Solutions and Its Implications in Plant-Water Relations". *Plant Physiology*. Vol.55. pp.20-24.
- 34.- MICHEL,B.E. y M.R. Kaufmann 1973. "The Osmotic Potential of Polyethylene Glycol 6000". *Plant Physiology*. Vol. 51:914-916.
- 35.- MONTES C.,F. 1975. *Guía para el Cultivo de Hortalizas en las Zonas Bajas del Estado de Nuevo León*. FAUANL. Folleto Técnico No.1.
- 36.- MOORE, T.C. 1979. *Biochemistry and Physiology of Plant Hormones*. SPRINGER-VERLANG Editores. New York. pp. 92, 93, 97, 131, 132.
- 37.- PALEG,L.G. y A.G.West (1972). "The Gibberellins". *Plant Physiology. A Treatise*. Edited by Steward. ACADEMIC PRESS.New York and London. Vol.VIB. pp. 146, 166, 167 y 177-179.
- 38.- PILL,W.G. 1986."Pasley Emergence and Seedling Growth from Raw, Osmoconditioned and Pregerminated Seed".*Hort Science*. 21(5):1134-1136.
- 39.- POLINA M.,F.J. 1989. *Efecto del Acondicionamiento Osmótico y las Giberelinas sobre Semillas de Chile Serrano (Capsicum annuum L.) cv. Tampiqueño 74*. Tesis Profesional FAUANL. pp.67.
- 40.- RAY,P.M. 1975. *La Planta Viviente*. 1a. Ed. Editorial CECSA. México.p.223.
- 41.- RIVAS,M.; F.J.Sundstrom y R.L.Edwards 1984. "Germination and Crop Development of Hot Pepper After Seed Priming". *Hort Science*. 19(2):279-281.
- 42.- ROJAS G.,M. 1981. *Fisiología vegetal Aplicada*. 2a.Ed. MCGRAW-HILL. México. pp. 17 y 166.

- 43.- SALDAÑA H., E.G. 1985. *Promoción de la Germinación de la Semilla de Chile Piquín (C. annuum L. var. glabrusculum) por medio de Fitorreguladores*. Tesis Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores Monterrey. pp.27 y 28.
- 44.- SAYERS, R. 1982. "Pruebas de Germinación y Vigor". *Memorias del Curso de Actualización sobre Tecnología de Semillas*. UAAAN. p.132.
- 45.- SERRANO C., Z. 1979. *Cultivo de Hortalizas en Invernaderos*. 1a. Ed. ED.AEDOS. Barcelona, España. p.254.
- 46.- SISSAY, A.; S.Akers y J.Motes 1984. "Cold Temperature (15°C) Germination Response of Primed Peeper Seed (C. annuum L.)". *Hort Science*. Vol.19(2). p.215 (Abst.).
- 47.- SZAFIROWSKA, A.; A.A.Khan y N.H.Peck. 1981. "Osmoconditioning of Carrot Seed to Improve Seedling Establishment and Yield in Cold Soil". *Agronomy Journal*. Vol.73 Sep-Oct. pp. 845-848.
- 48.- THANOS, C.A. y K.Georghiou 1988. "Osmoconditioning enhances cucumber and Tomato Seed Germinability under Adverses Light Conditions". *Israel Journal Botany*. Vol.37 pp.1-10.
- 49.- THANOS, C.A.; K.Georghiou y H.C.Passam 1989. "Osmoconditioning and Ageing of Pepper Seed During Storage". *Annals of Botany*. 63:65-69.
- 50.- VALDES, V.M.; K.J.Bradford y K.S.Mayberry 1985. "Alleviation of Thermodormancy in Coated Lettuce Seed by Seed Priming". *Hort Science*. Vol. 20(6): 1112-1114.
- 51.- VILLIERS, T.A. 1979. *Reposo y Supervivencia de las Plantas*. 1a. Ed. Cuadernos de Biología. ED. OMEGA S.A. pp. 74-76.
- 52.- WATKINS, J.T. y D.J.Cantliffe. 1983. "Hormonal Control of Peeper Seed Germination". *Hort Science*. 18:342-343.

- 53.- WATKINS, J.T., et. al. 1985. "Gibberellic Acid Stimulated Degradation of Endosperme in Peeper". *J. Amer. Soc. Hort Sci.* 110(1):61-65.
- 54.- WEAVER, R.J. 1976. *Reguladores del Crecimiento de las Plantas en la Agricultura.* 1a. Ed. ED. TRILLAS. México. pp. 98-102.
- 55.- WOLFE, D.W. y W.L.Sims 1982. "Effects of Osmoconditioning and Fluid Drilling of Tomato Seed on Emergence Rate and Final Yield. *Hort Science.* 17(6): 936-937.
- 56.- YAKLICH, R.W. y M.D.Orzolez 1977. "Effect of Polyethylene Glycol 6000 on Pepper Seed". *Hort Science.* 12(3): 263-264.

