

UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

1066-1  
(1998)  
C. 2

INDUCCION HORMONAL DEL TALLO FLORAL  
Y SU EFECTO EN LA PRODUCCION DE SEMILLA  
DE LECHUGA Cv. "GRANDES LAGOS 407"  
EN CHAPINGO, MEXICO //

DIRECCION ACADEMICA  
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES  
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

P R E S E N T A

J. JORGE AYALA HERNANDEZ

CHAPINGO, ESTADO DE MEXICO. DICIEMBRE DE 1998.



**INDUCCIÓN HORMONAL DEL TALLO FLORAL Y SU  
EFECTO EN LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE LECHUGA  
Cv. "GRANDES LAGOS 407" EN CHAPINGO, MÉXICO**

Tesis realizada por J. Jorge Ayala Hernández bajo la dirección del Comité Asesor  
indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado  
de:

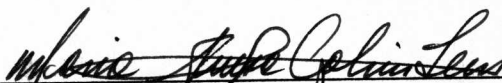
**MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA**

**PRESIDENTE:**



**DR. JAIME SAHAGÚN CASTELLANOS**

**VOCAL:**



**DRA. MARIA TERESA BERYL COLINAS LEÓN**

**VOCAL:**



**M.C. ROBERTO A. CRUZ GARZA**

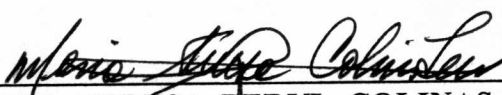
**Chapingo, Texcoco, Estado de México; a 10 de diciembre de 1998**



**INDUCCIÓN HORMONAL DEL TALLO FLORAL Y SU  
EFECTO EN LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE LECHUGA  
Cv. "GRANDES LAGOS 407" EN CHAPINGO, MÉXICO**

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de J. Jorge Ayala Hernández autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura estuvo constituido por:

**PRESIDENTE:**   
DR. JAIME SAHAGÚN CASTELLANOS

**VOCAL:**   
DRA. MARÍA TERESA BERYL COLINAS LEÓN

**VOCAL:**   
M.C. ROBERTO A. CRUZ GARZA

**Chapingo, Texcoco, Estado de México; a 10 de diciembre de 1998**

## DEDICATORIA

A **Dios** por permitirme ser parte de su creación y disfrutar día a día la alegría de seguir viviendo.

A mis **Padres**: Sra. Isidra Hernández Pardo.

Sr. Apolinar Ayala Uribe (†).

... Por haberme inculcado el respeto a las personas, la responsabilidad de los compromisos, el amor hacia las cosas y al trabajo, el afán de superarse, el carácter para resolver los problemas e imponer la disciplina y la dignidad que debemos tener todos los hombres. Por sus enseñanzas, ejemplos y apoyo que me han brindado a lo largo de toda mi vida y para la culminación de una de mis más grandes metas...

A mi **Esposa e Hija**: María Andrade y María de Jesús Ayala Andrade.

... Por el gran amor que compartimos, el apoyo, confianza y paciencia que han tenido conmigo en los momentos difíciles de mi vida.

A mis **Hermanos**: Jesús, Martín y Arturo.

... Por el gran cariño que nos une, por su apoyo y comprensión y por el respeto, confianza y fe depositados en mí.

Para todas aquellas personas que de alguna u otra manera contribuyeron a lograr una más de mis metas

**A TODOS MIL GRACIAS.**

## AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Chapingo** y al **Departamento de Fitotecnia**, por haberme permitido realizar mis estudios de posgrado.

Al **Dr. Jaime Sahagún Castellanos**, por la dirección y disposición en la realización del trabajo y actividades académicas.

A la **Dra. María Teresa Beryl Colinas León**, por su trato amable que siempre la ha caracterizado y por ser parte de mi consejo.

Al **M.C. Roberto A. Cruz Garza**, por el planteamiento del trabajo y dedicación durante su desarrollo, por ser ejemplo profesional y como persona.

Al **Dr. Agustín López Herrera**, por su apoyo durante mi estancia en el Programa de Horticultura.

A mis **Maestros y Compañeros** de estudio por ser parte de mi formación profesional y personal.

A los **Trabajadores** del Campo Agrícola Experimental de la UACH y laboratorio de Semillas del Depto de Fitotecnia, por el apoyo recibido durante la investigación.

## **Curriculum Vitae**

### **Resumen**

Chapingo, Méx. a 22 de diciembre de 1998

Originario de Andocutín, Municipio de Acámbaro Guanajuato, nacido el 14 de abril de 1961. Ingeniero Agrónomo especialista en Fitotecnia, egresado de la Universidad Autónoma Chapingo en junio de 1989.

En nueve y medio años de vida profesional, he trabajado en actividades académicas, de investigación y servicio en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, destacando:

|                                      |                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1989 a la fecha.                     | Profesor Investigador de Tiempo Completo en el Depto. de Fitotecnia-UACH. Academia de Olericultura.                                                                       |
| Octubre de 1989 a Diciembre de 1991. | Coordinador de la Academia de Horticultura del Depto. de Fitotecnia.                                                                                                      |
| Agosto de 1989 a Diciembre de 1999.  | Profesor titular de las materias: Prácticas de Fitotecnia: I a IV; Agricultura Regional I, II y IV; Olericultura General; Olericultura Especial y Horticultura General.   |
| Febrero de 1991 a la fecha.          | Miembro activo del Programa Nacional de Olericultura y Responsable de la línea de investigación de "Hortalizas de Hoja, flor e inflorescencia. Depto. de Fitotecnia-UACH. |
| De noviembre a la fecha:             | Secretario General del Programa Nacional de Olericultura. Depto. de Fitotecnia-UACH.                                                                                      |
| De Agosto de 1989 a la fecha.        | Atención a estudiantes y productores relacionados con la producción de hortalizas.                                                                                        |



# CONTENIDO

|                                                                                         | Pág. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ÍNDICE GENERAL .....                                                                    | i    |
| ÍNDICE DE CUADROS .....                                                                 | iv   |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                                                                 | vii  |
| ÍNDICE DEL ANEXO .....                                                                  | ix   |
| RESUMEN .....                                                                           | x    |
| ABSTRACT .....                                                                          | xii  |
| I INTRODUCCIÓN .....                                                                    | 1    |
| II REVISIÓN DE LITERATURA .....                                                         | 6    |
| 2.1 Importancia de la lechuga .....                                                     | 6    |
| 2.2 Origen y distribución .....                                                         | 8    |
| 2.3 Taxonomía .....                                                                     | 8    |
| 2.4 Descripción botánica y morfológica .....                                            | 9    |
| 2.5 Variedades botánicas .....                                                          | 17   |
| 2.6 Variedades y cultivares agronómicos .....                                           | 18   |
| 2.7 Fitorreguladores .....                                                              | 19   |
| 2.7.1 Importancia .....                                                                 | 19   |
| 2.7.2 Principales grupos de fitorreguladores .....                                      | 20   |
| 2.7.3 Acción fundamental de las fitohormonas .....                                      | 20   |
| 2.8 Giberelinas .....                                                                   | 21   |
| 2.8.1 Actividad biológica y efecto de las giberelinas en las plantas .....              | 22   |
| 2.8.2 Investigaciones relacionadas con el uso de fitorreguladores<br>en lechuga .....   | 29   |
| 2.9 Aspectos a tomar en cuenta en la producción de semilla de lechuga .....             | 36   |
| 2.9.1 Origen genético y características específicas del material a<br>incrementar ..... | 37   |
| 2.9.2 Zona, época de producción y suelo .....                                           | 38   |
| 2.9.3 Aislamiento .....                                                                 | 39   |
| 2.9.4 Temperatura y luz .....                                                           | 39   |

|                                                                                             |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.9.5 Eliminación de plantas enfermas y fuera de tipo .....                                 | 43        |
| 2.9.6 Labores culturales .....                                                              | 45        |
| 2.9.7 Métodos para favorecer la emisión del tallo floral .....                              | 53        |
| 2.9.8 Desarrollo del tallo floral .....                                                     | 55        |
| 2.9.9 Floración .....                                                                       | 56        |
| 2.9.10 Polinización y cruzamiento .....                                                     | 57        |
| 2.9.11 Cosecha, limpieza y rendimiento de semilla .....                                     | 59        |
| 2.9.12 Beneficio y almacenamiento de semilla .....                                          | 62        |
| 2.10 Calidad de la semilla .....                                                            | 64        |
| 2.11 Viabilidad, germinación y vigor .....                                                  | 64        |
| 2.12 Relación de la germinación y vigor de semilla con el establecimiento<br>en campo ..... | 71        |
| <b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>                                                      | <b>73</b> |
| 3.1 Localización y características del sitio experimental .....                             | 73        |
| 3.2 Características del material vegetal .....                                              | 74        |
| 3.3 Características del material químico .....                                              | 75        |
| 3.4 Metodología .....                                                                       | 75        |
| 3.4.1 Fase 1. Componentes del rendimiento .....                                             | 75        |
| 3.4.1.1 Factores y niveles de estudio .....                                                 | 76        |
| 3.4.1.2 Diseño experimental .....                                                           | 76        |
| 3.4.1.3 Descripción de las variables evaluadas y toma de datos .....                        | 78        |
| 3.4.2 Fase 2. Componentes de calidad de semilla .....                                       | 80        |
| 3.4.2.1 Diseño experimental .....                                                           | 81        |
| 3.4.2.2 Descripción de variables evaluadas y toma de datos .....                            | 81        |
| 3.4.3 Fase 3. Componentes del vigor de semilla .....                                        | 83        |
| 3.4.3.1 Diseño experimental .....                                                           | 83        |
| 3.4.3.2 Descripción de variables evaluadas y toma de datos .....                            | 83        |
| 3.4.4 Técnicas estadísticas de análisis .....                                               | 85        |
| 3.5 Conducción de la fase de campo .....                                                    | 85        |

|                                                                                           |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>                                                   | <b>91</b>  |
| 4.1 Componentes del rendimiento .....                                                     | 92         |
| 4.1.1 Dosis de AG <sub>3</sub> .....                                                      | 92         |
| 4.1.2 Etapas de aplicación .....                                                          | 101        |
| 4.1.3 Interacción: Dosis de AG <sub>3</sub> y Etapas de aplicación .....                  | 106        |
| 4.1.4 Correlación de medias para las variables componentes del<br>rendimiento .....       | 123        |
| 4.2 Componentes de calidad de semilla .....                                               | 131        |
| 4.2.1 Dosis de AG <sub>3</sub> .....                                                      | 133        |
| 4.2.2 Etapas de aplicación .....                                                          | 136        |
| 4.2.3 Interacción: Dosis de AG <sub>3</sub> y Etapas de aplicación .....                  | 139        |
| 4.2.4 Correlación de medias para las variables componentes de<br>calidad de semilla ..... | 149        |
| 4.3 Componentes del vigor de semilla .....                                                | 153        |
| 4.3.1 Dosis de AG <sub>3</sub> .....                                                      | 156        |
| 4.3.2 Etapas de aplicación .....                                                          | 158        |
| 4.3.3 Interacción: Dosis de AG <sub>3</sub> y Etapas de aplicación .....                  | 160        |
| 4.3.4 Correlación de medias para las variables componentes del<br>vigor de semilla .....  | 170        |
| 4.4 Análisis general .....                                                                | 172        |
| <b>V. CONCLUSIONES .....</b>                                                              | <b>174</b> |
| <b>VI. SUGERENCIAS .....</b>                                                              | <b>176</b> |
| <b>VII. BIBLIOGRAFÍA .....</b>                                                            | <b>177</b> |
| <b>VIII. APÉNDICE .....</b>                                                               | <b>184</b> |



## ÍNDICE DE CUADROS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Pág. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>Cuadro 1.</b> Composición química de la lechuga var. "capitata" por 100 g de porción comestible fresca .....                                                                                                                                                                    | 7    |
| <b>Cuadro 2.</b> Cifras medias de extracción de nutrientes por la lechuga .....                                                                                                                                                                                                    | 46   |
| <b>Cuadro 3.</b> Factores y niveles de estudio evaluados. Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996 .....                                                                                                                                        | 76   |
| <b>Cuadro 4.</b> Tratamientos (Dosis X Etapas) para emisión de tallos, floración y producción de semilla de lechuga de "cabeza" Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996 .....                                                                                                   | 77   |
| <b>Cuadro 5.</b> Cuadrados medios, significancia estadística y estadísticos descriptivos del análisis de varianza para las variables componentes del rendimiento. Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996 .....                                | 93   |
| <b>Cuadro 6.</b> Efecto de las dosis de AG <sub>3</sub> sobre cinco variables componentes del rendimiento (DETF, ATF, NRFB, DF y ARFP). Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996 .....                                                          | 95   |
| <b>Cuadro 7.</b> Efecto de las dosis de AG <sub>3</sub> sobre cuatro variables componentes del rendimiento (DCS, DF-MTS, RST y PSPA). Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996 .....                                                            | 99   |
| <b>Cuadro 8.</b> Efecto de las etapas de aplicación de sobre cuatro variables componentes del rendimiento (DETF, NRFB, DF Y ARFP). Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996 .....                                                               | 101  |
| <b>Cuadro 9.</b> Efecto de las etapas de aplicación de AG <sub>3</sub> sobre cuatro variables componentes del rendimiento (DCS, DF-MTS, RST Y RSha <sup>-1</sup> ). Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996 .....                              | 104  |
| <b>Cuadro 10.</b> Comparación de medias de componentes del rendimiento para 15 combinaciones de inducción floral en lechuga derivados de la interacción de Dosis X Etapas de aplicación (D x E). Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996 ..... | 107  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Cuadro 11.</b> Correlación de las variables componentes del rendimiento, Dosis de AG <sub>3</sub> y etapas de aplicación. Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996 .....                                                                                       | 124 |
| <b>Cuadro 12.</b> Cuadrados medios, significancia estadística y estadísticos descriptivos del análisis de varianza para las variables componentes de la calidad de semilla. Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996 .....                                        | 132 |
| <b>Cuadro 13.</b> Efecto de las dosis de AG <sub>3</sub> sobre cuatro variables componentes de la calidad de semilla (PG <sub>7</sub> , PPN <sub>7</sub> , PSR <sub>7</sub> , PSL <sub>7</sub> ). Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996 .....                  | 134 |
| <b>Cuadro 14.</b> Efecto de las etapas de aplicación de AG <sub>3</sub> sobre cuatro variables componentes de la calidad de semilla (PG <sub>7</sub> , PPN <sub>7</sub> , PSR <sub>7</sub> , PSL <sub>7</sub> ). Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996 .....   | 137 |
| <b>Cuadro 15.</b> Comparación de medias de componentes de la calidad de semilla por efecto de 15 combinaciones de inducción floral en lechuga derivados de la interacción de Dosis X Etapas de aplicación (D x E). Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996 ..... | 140 |
| <b>Cuadro 16.</b> Correlación de las variables componentes de la calidad de semilla, Dosis de AG <sub>3</sub> y etapas de aplicación. Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996 .....                                                                              | 150 |
| <b>Cuadro 17.</b> Cuadrados medios, significancia estadística y estadísticos descriptivos del análisis de varianza para la velocidad de emergencia diaria de plántulas durante la prueba de vigor de semilla. Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996 .....      | 154 |
| <b>Cuadro 18.</b> Cuadrados medios y estadísticos descriptivos del análisis de varianza para las variables del vigor de semilla. Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, México. 1996 .....                                                                                | 155 |
| <b>Cuadro 19.</b> Efecto de los niveles de AG <sub>3</sub> sobre componentes del vigor de semilla (D <sub>5</sub> , D <sub>6</sub> , D <sub>7</sub> , PET <sub>12</sub> , NHV). Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996 .....                                    | 156 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Cuadro 20.</b> Efecto de las etapas de aplicación de AG <sub>3</sub> sobre la velocidad de emergencia diaria de semilla (D <sub>4</sub> , D <sub>5</sub> , D <sub>6</sub> , D <sub>7</sub> , D <sub>8</sub> , D <sub>9</sub> ). Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996 ..... | 158 |
| <b>Cuadro 21.</b> Efecto de las etapas de aplicación de AG <sub>3</sub> sobre la velocidad de emergencia diaria de semilla (EPT <sub>12</sub> , NHV, PSR y PSPA). Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996 .....                                                                  | 159 |
| <b>Cuadro 22.</b> Comparación de medias de la emergencia de plántulas durante la prueba de vigor de semilla por efecto de 15 combinaciones (AG <sub>3</sub> x Etapa de aplicación) de inducción floral. Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996 .....                            | 162 |
| <b>Cuadro 23.</b> Comparación de medias de componentes del vigor de semilla para 15 combinaciones (tratamientos) de inducción floral en lechuga derivados de la interacción de Dosis X Etapas de aplicación (D x E). Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996 .....               | 165 |
| <b>Cuadro 24.</b> Índice de evaluación del desarrollo de la planta, vigor y germinación de semilla de lechuga por efecto de 15 combinaciones (tratamientos) de inducción floral. Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996 .....                                                   | 169 |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                      | Pág. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>Figura 1.</b> Inflorescencia de la lechuga. Panoja terminal y plana .....                                                                                                         | 13   |
| <b>Figura 2.</b> Estados de antésis de la flor de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.) .....                                                                                          | 13   |
| <b>Figura 3.</b> Estructura de la flor de Lechuga .....                                                                                                                              | 13   |
| <b>Figura 4.</b> Desarrollo de la flor de lechuga .....                                                                                                                              | 13   |
| <b>Figura 5.</b> Desarrollo del embrión de Lechuga .....                                                                                                                             | 15   |
| <b>Figura 6.</b> Crecimiento de un fruto (Aquenio) y semilla de lechuga .....                                                                                                        | 15   |
| <b>Figura 7.</b> Organización del embrión maduro de Lechuga .....                                                                                                                    | 15   |
| <b>Figura 8.</b> Biosíntesis de giberelinas .....                                                                                                                                    | 23   |
| <b>Figura 9.</b> Estructura química del AG <sub>3</sub> .....                                                                                                                        | 25   |
| <b>Figura 10.</b> Días, después de la siembra, a emisión del tallo floral en plantas<br>de lechuga por efecto de tratamientos para inducción floral y<br>producción de semilla ..... | 109  |
| <b>Figura 11.</b> Altura del tallo floral en lechuga por efecto de tratamientos para<br>inducción floral y producción de semilla .....                                               | 111  |
| <b>Figura 12.</b> Ramas florales dispuestas en el talo basal de lechuga por efecto<br>de tratamientos para inducción floral y producción de semilla .....                            | 113  |
| <b>Figura 13.</b> Días, después de siembra, a inicio de floración de las plantas<br>de lechuga por efecto de tratamientos para inducción floral y<br>producción de semilla .....     | 115  |
| <b>Figura 14.</b> Amplitud del racimo floral principal en plantas de lechuga por<br>efecto de tratamientos para inducción floral y producción de semilla .....                       | 116  |
| <b>Figura 15.</b> Días, después de la siembra, a cosecha de semilla en plantas de<br>lechuga por efecto de tratamientos para inducción floral y producción<br>de semilla .....       | 118  |



|                                                                                                                                                                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 16.</b> Días transcurridos entre el inicio de floración y la maduración total de semilla por efecto de tratamientos para inducción floral y producción .....                                                     | 119 |
| <b>Figura 17.</b> Rendimiento de semilla de plantas de lechuga obtenido en la parcela experimental por efecto de tratamientos para inducción floral y producción de semilla .....                                          | 120 |
| <b>Figura 18.</b> Rendimiento de semilla estimado para una hectárea de lechuga por efecto de tratamientos para inducción floral y producción de semilla de lechuga .....                                                   | 122 |
| <b>Figura 19.</b> Porcentaje de plantas enfermas de lechuga obtenidas en la parcela experimental por efecto de tratamientos para inducción floral y producción de semilla de lechuga .....                                 | 130 |
| <b>Figura 20.</b> Gramos de semilla de lechuga obtenidos por efecto de tratamientos para inducción floral y producción de semilla .....                                                                                    | 130 |
| <b>Figura 21.</b> Porcentaje de semillas germinadas de lechuga, siete días después de sembradas por efecto de tratamientos para inducción floral y producción de semilla .....                                             | 143 |
| <b>Figura 22.</b> Porcentaje de plantas normales de lechuga, siete días después de la siembra, por efecto de tratamientos para inducción floral y producción de semilla .....                                              | 145 |
| <b>Figura 23.</b> Número de semillas latentes de lechuga, siete, días después de la siembra, por efecto de tratamientos para inducción floral y producción de semilla .....                                                | 147 |
| <b>Figura 24.</b> Porcentaje de emergencia diaria de plántulas de lechuga correspondientes a tratamientos sobresalientes conducidos en invernadero por efecto hormonal para inducción floral y producción de semilla ..... | 164 |
| <b>Figura 25.</b> Porcentaje de plantas de lechuga emergidas 12 días después de la siembra por efecto de tratamientos para inducción floral y producción de semilla .....                                                  | 166 |
| <b>Figura 26.</b> Miligramos de materia seca de raíz y parte aérea de plántulas de lechuga a los 12 días después de sembradas bajo condiciones de invernadero .....                                                        | 168 |

## ÍNDICE DEL ANEXO

|                                                                                                                                                                                                                               | Pág. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>Anexo 1.</b> Comportamiento de la superficie (has) cultivada de lechuga en México. Periodo: 1981 - 1994 .....                                                                                                              | 185  |
| <b>Anexo 2.</b> Fitorreguladores de uso común .....                                                                                                                                                                           | 186  |
| <b>Anexo 3.</b> Condiciones ambientales que prevalecieron durante el desarrollo del experimento para producción de semilla de lechuga. Meteorológico de Chapingo. Chapingo, México. 1996 .....                                | 187  |
| <b>Anexo 4.</b> Características particulares de la lechuga Variedad "Capitata" Cv. "Grandes Lagos 407" utilizada en el experimento .....                                                                                      | 195  |
| <b>Anexo 5.</b> Cuadrados medios, significancia estadística y estadísticos descriptivos del análisis para las variables PPE y PPFT. Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996 .....         | 196  |
| <b>Anexo 6.</b> Porcentaje de plantas enfermas por efecto de bloques. Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996 .....                                                                       | 196  |
| <b>Anexo 7.</b> Comparación de medias de porcentajes de plantas enfermas. Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996 .....                                                                   | 197  |
| <b>Anexo 8.</b> Porcentaje de plantas enfermas por efecto de los niveles de AG <sub>3</sub> . Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996 .....                                               | 197  |
| <b>Anexo 9.</b> porcentaje de plantas enfermas por efecto de la etapa de aplicación de AG <sub>3</sub> . Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996 .....                                    | 198  |
| <b>Figura 1.</b> Distribución de tratamientos en campo. Producción de semilla de lechuga Cv. "Grandes Lagos 407" mediante dosis de AG <sub>3</sub> y en tres etapas de desarrollo de la planta . Chapingo, México. 1996 ..... | 199  |



## RESUMEN

La producción de hortalizas en México, es una actividad muy importante por su valor económico, alimenticio y social. La lechuga (*Lactuca sativa* L.), como la mayoría de las hortalizas, es un cultivo con una inversión económica alta. Parte importante de esta inversión es por concepto de semilla que, al igual que la mayor parte de las semillas de hortalizas de clima templado que se cultivan en México, es de importación y costo elevado. Un porcentaje importante de la producción de semillas de hortalizas de empresas extranjeras, está constituido por materiales que se incrementan en áreas específicas del país para luego ser beneficiadas y enlatadas en Estados Unidos de donde es distribuida a los mercados mexicanos. Lo anterior plantea la necesidad de crear e impulsar programas de investigación, producción e incremento de semillas y sobre todo promover su aplicación en campo, ya sea por los propios productores, por las compañías o asociaciones mexicanas productoras de semillas de hortalizas.

El propósito de la presente investigación es contribuir a la integración de una metodología para la producción de semilla de lechuga de cabeza Cv. Grandes Lagos 407 en Valles Altos para lo cual se plantearon los siguientes objetivos: a) Determinar el efecto del AG<sub>3</sub> (ácido giberélico) en la emisión del tallo floral y rendimiento de semilla, b) Evaluar la respuesta de la planta a la aplicación del AG<sub>3</sub> en dos etapas de aplicación sobre la emisión del tallo floral y rendimiento de semilla y c) Encontrar la mejor combinación de AG<sub>3</sub> y etapa de aplicación que permita obtener el mayor rendimiento, calidad y vigor de semilla; para lo cual, se dividió en tres fases: Campo, Laboratorio e Invernadero en las cuales se determinó el efecto sobre rendimiento, calidad y vigor.

El experimento de campo se llevó a cabo en un diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial de 5 x 3 con cuatro repeticiones. Los factores y niveles de estudio fueron AG<sub>3</sub> (10, 20, 30, 40 y 50 ppm) y etapas de aplicación en 8 y 12 hojas verdaderas (100% de la dosis) y en 8 y 12 hojas (50% de la dosis) dando un total de 15 tratamientos. La unidad experimental se constituyó por cuatro surcos a 1 m de ancho y 5 m de longitud (20 m<sup>2</sup>). Como parcela útil se consideró los dos surcos centrales (10 m<sup>2</sup>). El desarrollo del cultivo con la aplicación de los tratamientos y la toma de datos de campo fue de marzo a agosto y en el laboratorio de análisis de semillas e invernadero de

noviembre a diciembre de 1996. Para determinar los efectos de los tratamientos, se evaluaron las siguientes variables: Días a Emisión del Tallo Floral, Altura del Tallo Floral, Número de Ramas Florales Básales, Días a Floración, Amplitud del Racimo Floral Principal, Días a Cosecha de Semilla, Floración-Maduración Total de Semilla, Rendimiento de Semilla ( $RST$ ,  $RSha^{-1}$ ) y el Porcentaje de Plantas Enfermas. Se realizaron pruebas de germinación donde se tomaron datos sobre: Peso de 1000 semillas, Porcentaje de Germinación, Plantas Normales y Anormales, el Número de Semillas con Radícula, Latentes y con Hongos al séptimo día de sembradas. También se realizó una prueba de vigor donde se midió la velocidad y porcentaje de emergencia diaria durante 12 días después de la siembra, Longitud de Plántulas, Hojas Verdaderas (NHV) así como el Peso Seco de Raíz y Parte Aérea de 10 plántulas.

De los resultados se obtuvieron las siguientes conclusiones: 1) La aplicación de ácido giberélico ( $AG_3$ ) en lechuga, favorece que las plantas acorten su ciclo biológico para la producción de semilla ya que el número de días a la emisión y crecimiento del tallo floral, a floración y a inicio de cosecha, se reduce hasta en 48 días en relación al valor cualitativo expresado por el testigo experimental, 2) La aplicación de  $AG_3$  favorece una mayor altura y ramificación del tallo floral así como la amplitud de la umbela principal en relación al testigo agronómico siendo las dosis de 40 y 50 ppm las que permitieron lograr los mayores rendimientos ( $267.9$  y  $239.6 \text{ kg ha}^{-1}$  respectivamente), 3) La aplicación fraccionada de  $AG_3$  en la etapa de 8 y 12 hojas verdaderas, favorece la amplitud del racimo floral principal, la reducción en el tiempo a maduración total de semilla así como el rendimiento de semilla ( $114.3 \text{ kg ha}^{-1}$ ) en relación a la aplicación en la etapa de 8 ( $95.0 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y 12 hojas ( $90.0 \text{ kg ha}^{-1}$ ) siendo mayor en esta última los días a cosecha, 4) La aplicación de 40 ppm de  $AG_3$  en dosis fraccionada al 50% de la concentración, durante el desarrollo de 8 y 12 hojas, permitió alcanzar el mayor rendimiento ( $142.5 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y calidad de semilla, 5) La aplicación de 50 ppm de  $AG_3$  en dosis fraccionada al 50%, tanto en 8 como en 12 hojas, favoreció el mayor vigor de semilla y 6) La aplicación de  $AG_3$  en lechuga de la variedad capitata, hace que las plantas se ajusten a su demanda de fotoperiodo para florecer. Las semillas producidas, poseen capacidad de germinar y con ello, la posibilidad de ser usada en ciclos inmediatos de producción.



## ABSTRACT

J. Jorge Ayala Hernández

Hormonal induction of shoot floral to the effect in the seed production of lettuce Cv. Great Lakes 407 in Chapingo, Mexico

December of 1998

(Under the direction of J. Sahagún C. )

Vegetable production in Mexico is a very important activity because of its economic, nutritional and social value. Lettuce (*Lactuca sativa* L.) as most of the vegetables, is a culture of high economic investment. An important part of this investment is due to the seeds, which are imported at high cost as most seeds of vegetables originating in a temperate climate cultivated in Mexico. A significant percentage of vegetable seeds produced by foreign companies consists of materials cultivated in specific areas of our country in order to be processed and canned in the U.S.A., from where they are distributed to Mexican markets. Therefore, there is a need to create and impel programs of research, production and increment of seeds and before all to promote their applications in the field by the producers themselves, by Mexican companies or associations that produce vegetable seeds.

The purpose of the present investigation is to contribute to integrating a methodology for seed production of lettuce of head cv. Great Lakes 407 in high valleys with the following objectives: a) To determine the effect of GA<sub>3</sub> (gibberellic acid) on the floral stem emergence and seed yield, b) To evaluate the response of the plant to GA<sub>3</sub> application in two phases on floral stem emergence and seed yield, and c) To detect the best GA<sub>3</sub> combination with application stage which allow to obtain the highest yield, quality and vigor of seed. For this the research was realized in three faces: field,

laboratory and greenhouse, in which the effect on yield, quality and vigor was determined.

The field experiment was carried out as a randomized complete block design in a factorial arrangement of 5 x 3 with four replications. The factors and levels of study were GA<sub>3</sub> (10, 20, 30, 40 and 50 ppm) and application stages on 8 and 12 true leaves (50% of the dose) with a total of 15 treatments. The experimental unit was constituted by four rows of 1 m width and 5 m length (20 m<sup>2</sup>). The two central rows (10 m<sup>2</sup>) were considered useful plot. The development of the culture, applying the treatments and taking data in the field was carried out from March to August; in the laboratory and greenhouse seed analysis was made from November to December 1996. To determine the effect of the treatments the following variables were evaluated: days to floral stem emergence, stem height, number of basal floral branches, days to flowering, width of the main floral cluster, days to seed harvesting, flowering-maturing seed total, seed yield (TSY, SY ha<sup>-1</sup>) and the percentage of sick plants. Germination tests were made taking data of the weight of 1000 seeds, germination percentage, normal and abnormal plants, number of seeds with radicles, latent, and with fungi on the seventh day after sowing. Further, a vigor test was realized measuring speed and percentage of daily emergence during 12 days after sowing, length of seedlings, true leaves (TL), dry weight of root and aerial part of 10 seedlings.

The results led to the following conclusions: 1) GA<sub>3</sub> applications to lettuce shortens the biological cycle of the plant concerning seed production, since the number of days to emergence and growth of the floral stem, days to flowering and harvest beginning is reduced until in 48 days in relation to the qualitative value expressed by the experimental control; 2) GA<sub>3</sub> application favors major height and ramifications of

the floral stem and the width of the main umbel with respect to the agricultural control, the dose being 40 and 50, ppm which allowed the highest yields (267.9 and 239.6 kg ha<sup>-1</sup> respectively); 3) Fractional applications of GA<sub>3</sub> at the stage of 8 and 12 true leaves favors the width of the main floral cluster, the reduction of time to total maturing of seed and seed yield (114.3 kg ha<sup>-1</sup>) with respect to the application at the stage of 8 (95.0 kg ha<sup>-1</sup>) and 12 leaves (90.0 kg ha<sup>-1</sup>), in the latter, the number of harvest days being larger; 4) The application of 40 ppm of GA<sub>3</sub> at a fractional dose of 50% of the concentration during the development of 8 and 12 leaves allowed to reach the highest seed yield (142.5 kg ha<sup>-1</sup>) and quality; 5) Application of 50 ppm of GA<sub>3</sub> at a fractional dose of 50% to 8 as well as 12 leaves caused higher seed vigor; 6) GA<sub>3</sub> application to lettuce of the capitata variety makes the plants adjust to their photoperiod demand for flowering. The produced seeds are able to germinate and thus can be used in immediate production cycles.

**Key Words:** Lettuce, flower induction, germination, vigor, growth regulator, AG<sub>3</sub>



## INTRODUCCIÓN

La producción de hortalizas en México es una actividad muy importante por su valor económico, alimenticio, social y comercial. El área cultivada con hortalizas para 1992, llegó a un millón de hectáreas lográndose una producción de 11.5 millones de toneladas las cuales generaron 1.5 billones de dólares siendo el tomate, la papa, pepino, melón, sandía, elote, calabacita, lechuga, jícama y brócoli, entre otras, las principales especies que se producen y exportan (SARH, 1993; Gómez *et al.*, 1993).

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es la especie más importante del grupo de hortalizas de hoja. Para 1994 se reportó una superficie cosechada de 7,284 hectáreas siendo Puebla, Guanajuato, San Luís Potosí, Sonora e Hidalgo los principales estados productores que en conjunto superaron las 145,600 toneladas anuales ya que el rendimiento a nivel nacional fue de 20.0 t ha<sup>-1</sup> (Gómez, 1996). Ver cuadro 1A.

La precocidad a cosecha, facilidad de cultivo, demanda constante y adaptación a las condiciones climáticas la convierten en un cultivo alternativo, explotable y potencialmente redituable en condiciones de Valles Altos (Valdés, 1988; Ayala, 1992). Tanto la superficie como el rendimiento podrían elevarse si la lechuga además de hortaliza para consumo se utilizara en la industria ya que puede producirse durante todo el año al aire libre o bajo invernadero (Guenkov, 1974).

La importancia del cultivo como complemento de la dieta alimenticia radica en su aportación de vitaminas (A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> y C), hierro, sales minerales, fibra y un alto contenido de agua; comúnmente se consume en ensaladas (Holguín, 1978).

La lechuga, como la mayoría de las hortalizas, es un cultivo con una inversión económica alta. Parte importante de esta inversión es por concepto de semilla que, al igual que la mayor parte de las semillas de hortalizas de clima templado que se cultivan en México, es de importación y costo elevado (González, 1986; Escalante, 1988).

La producción de semillas para siembra en México ha sido el factor más crítico en el desarrollo agrícola. Un porcentaje importante de la producción de semillas de hortalizas de empresas extranjeras, está constituido por materiales que se incrementan en áreas específicas del país para luego ser beneficiadas y enlatadas en Estados Unidos de donde es distribuida a los mercados mexicanos (Barkin y Suárez, 1983).

Si bien la olericultura de nuestro país se ve favorecida, en ciertas áreas, por el clima, infraestructura, agua y una alta tecnología para la producción de hortalizas, se observan deficiencias especialmente en la producción, multiplicación y enlatado de semillas por empresas con capital mexicano ya que representan un volumen minoritario. Una mayor participación evitaría la salida de importantes divisas por concepto de importación de semillas cada temporada de cultivo (León, 1984).

Para el ciclo agrícola 1992-93, se utilizaron alrededor de 3,640 kg de semilla de lechuga la que, en su mayor parte, se importó con un costo aproximado de 163,560 dólares (Cruz<sup>1</sup>, 1996; comunicación personal). Lo anterior es debido a que la especie, generalmente, se comercializa en un estado de desarrollo de madurez comercial, por lo que el productor no puede obtener su propia semilla, además de no conocer un método apropiado para su producción.

Comercialmente, se utilizan los métodos mecánicos para favorecer la emisión del escapo floral en lechuga, principalmente para cultivares de cabeza, como son: el corte en cruz de la cabeza; corte de la cabeza al ras del suelo, favoreciendo brotes laterales en el tallo; golpe fuerte en la parte superior de la cabeza y la eliminación manual de hojas. También se utiliza el método hormonal basado en reguladores del crecimiento (AG<sub>3</sub>). Este método es el más usado por acelerar la floración y el rendimiento de semilla que se logra en las plantas tratadas (Mallar, 1978; Escalante, 1988; Raimond, 1989). Sin embargo, se desconoce la respuesta de las plantas a estos métodos bajo condiciones de Valles Altos en México.

Si se toma en cuenta que el 80% de la superficie cultivada con lechuga en nuestro país se localiza en zonas de clima templado, se justifica producir semilla para la Mesa Central y los Valles Altos de México con adaptación y adaptabilidad a estas condiciones en favor del rendimiento, calidad y oportunidad de la producción; ya que siendo autógama, la estructura floral permite conservar la identidad genética del material

---

<sup>1</sup> Cruz Garza R.A. Profesor-Investigador. Depto de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo



incrementado, de ahí la importancia de las investigaciones en el campo de la producción de semilla en ambas variedades botánicas que actualmente se demandan en nuestro país.

Lo anterior plantea la necesidad de crear e impulsar programas de investigación, producción e incremento de semilla de calidad en México mediante una coordinación sólida y directa entre organismos oficiales, privados y universidades; ya que, muchas veces no es posible encontrar en el mercado semillas de las variedades que se han adaptado mejor a la región agrícola. Por tal razón, el agricultor tiene que recurrir, frecuentemente, al uso de variedades que no son las apropiadas, con el riesgo de reducir el rendimiento y/o de adquirir semillas portadoras de enfermedades que limiten la calidad del producto y de la zona de producción (León, 1984; Escalante, 1988). La integración de esfuerzos conjuntos de instituciones dedicadas a la producción, bebeficio y comercio de semillas, podría acelerar la tarea de entrenar y especializar personal en las diferentes áreas de esta agroindustria. Esto de alguna forma, resolvería más rápido y sin duplicación la problemática de las áreas o regiones en producción y las potencialmente explotables lo cual permita reducir o eliminar la importación de las mismas. En este contexto, partiendo de que en el país es posible producir semilla de lechuga con calidad, lo cual reduciría los costos de inversión y, considerando que las hormonas han demostrado efectividad para promover floración en lechuga de cabeza, se realizó la presente investigación con base en los siguientes objetivos e hipótesis de trabajo:

## OBJETIVOS

- Determinar el efecto del AG<sub>3</sub> en la emisión temprana del tallo floral y el rendimiento de semilla de lechuga.
- Evaluar diferentes etapas de aplicación de AG<sub>3</sub> con relación al rendimiento de semilla de lechuga.
- Encontrar la combinación de AG<sub>3</sub> y etapa de aplicación que permita obtener el mayor rendimiento, calidad y vigor de semilla de lechuga.
- Contribuir a la integración de una metodología para la producción de semilla de lechuga en Valles Altos.

## HIPÓTESIS

- La aplicación de ácido giberélico en lechuga, induce la rápida emisión del tallo floral y la floración favoreciendo el rendimiento de semilla.
- La aplicación del ácido giberélico en la etapa temprana del desarrollo de la lechuga (8 hojas), induce una mejor respuesta en la producción de semilla.
- Los tratamientos empleados como promotores de la floración de lechuga, producen efectos diferentes en el tiempo de aparición y tamaño del vástago floral así como en el rendimiento, calidad y vigor de semilla.



## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Importancia de la lechuga

La lechuga (*Lactuca sativa* L.), es una de las hortalizas que en los últimos años se ha vuelto importante para la población en general por ser un ingrediente principal de muchas ensaladas y, en particular, para aquellas cuyo régimen alimenticio es netamente vegetariano. Esto es atribuible al sabor y consistencia de sus hojas mismas que son abundantes en fibra, contenido de vitaminas (A, B1, B2 y C), hierro, sales minerales y, con bajo contenido de calorías que la hacen ideal para balancear el régimen alimenticio (Holguín, 1978). Ver Cuadro 1.

La importancia agronómica de la lechuga está determinada por su rápido crecimiento y gran precocidad de maduración. Las diferentes reacciones de las variedades y cultivares en relación con la duración del día y el balance térmico permiten su producción de manera intensiva durante todo el año, al aire libre o bajo invernadero (Guenkov, 1974).

Existen algunos usos de la lechuga menos comunes. Se han hecho cigarros sin nicotina con sus hojas; además, las semillas de una forma primitiva de lechuga en Egipto se han utilizado para obtener aceite comestible (Ryder, 1986). Numerosos son en el comercio los jabones fabricados a base de lechuga, creados expreso para pieles



Cuadro 1. Composición química de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) Var. "Capitata" por 100 g de porción comestible fresca.

| Componente                     | Cantidad      |
|--------------------------------|---------------|
| Agua                           | 96.0 %        |
| Grasas                         | 0.1 g         |
| Carbohidratos                  | 0.1 - 4.1 g   |
| Proteínas                      | 0.8 - 1.3 g   |
| Azúcar total                   | 22.0 g        |
| Equivalente en 100 g           | 11 - 19.0 cal |
| Vitaminas:                     |               |
| Vitamina A                     | 300.0 U.I.    |
| Riboflavina                    | 0.05 mg       |
| Tiamina                        | 0.14 mg       |
| Niacina                        | 0.30 mg       |
| Minerales:                     |               |
| Carbono                        | 5.0 mg        |
| Fierro                         | 1.50 mg       |
| Fósforo                        | 25.0 mg       |
| Sodio                          | 5.0 mg        |
| Calcio                         | 13.0 mg       |
| Magnesio                       | 7.0 mg        |
| Potasio                        | 100.0 g       |
| Aminoácidos/100 g de proteína: |               |
| Lisina                         | 3.81 g        |
| Isoleucina                     | 3.81 g        |
| Treoxina                       | 4.10 g        |
| Valina                         | 5.41 g        |
| Leucina                        | 6.30 g        |
| Metionina                      | 1.79 g        |
| Fenilalanina                   | 5.10 g        |

Fuente: Hernández y Búrges (1983).

## 2.2 Origen y distribución

Mallar (1978) menciona que la lechuga (*Lactuca sativa* L.) es originaria de las costas del Sur y Sureste del mar Mediterráneo, desde Egipto hasta Asia Menor.

La lechuga cultivada deriva probablemente de la lechuga silvestre o espinosa (*Lactuca serriola* L.) ya que ambas presentan nueve pares de cromosomas. Se desprende que las formas cultivadas de lechuga son producto de una hibridación inter-específica, seguida de una selección de mutaciones (Whitaker *et al.*, 1965).

La lechuga de “cabeza” se difundió probablemente en el siglo XVI; en 1543 se publicó el “Krauterbuch” de Leonard Fuchs que incluye un dibujo de lechuga en flor, con el título de “*Lactuca capitata*”.

## 2.3 Taxonomía

La lechuga pertenece a la extensa familia de las Compositae; a pesar de ser una gran familia, posee sólo unos pocos representantes utilizados como hortaliza. La lechuga es quizá una de las más importantes de esta familia tanto para el consumo en fresco como para la producción de semilla (Whitaker *et al.*, 1965; Hawthor y Pollar, 1974).

## 2.4 Descripción botánica y morfológica

La lechuga es una planta anual con dos etapas de desarrollo definidas; la primera es la vegetativa que corresponde a la producción y acumulación de sustancias nutritivas de reserva favoreciendo la formación de la “cabeza” o “repollo”, siendo esta etapa la que más interesa para el consumo. La segunda etapa es la reproductora, en esta los nutrientes elaborados y acumulados por la planta son utilizados en la floración y fructificación (Edmond y Andrews, 1985). Algunos de los aspectos morfológicos más importantes, son los siguientes:

**Raíz.** La lechuga posee un sistema radical tipo columnar pivotante de origen seminal, el cual se ramifica en numerosas raíces secundarias laterales localizándose, en su mayor parte, en los primeros 15 - 20 cm de profundidad de la superficie del suelo. La raíz principal crece con rapidez en sentido longitudinal (aproximadamente 2.5 cm d<sup>-1</sup>), en condiciones favorables de suelo puede alcanzar hasta 180 cm (Guenkov, 1974; Fersini, 1978). En la parte inferior al tallo, ésta alcanza hasta 2.5 cm de diámetro (Valdés, 1988). Las raíces secundarias en las primeras etapas, tienden a un crecimiento lateral alcanzando los 15 a 20 cm de longitud para después dirigirse en sentido vertical (Garza, 1985).

**Tallo.** El tallo es epígeo de consistencia herbácea, durante la etapa vegetativa, es corto alcanzando de 10 a 15 cm de longitud con entrenudos cortos, en ocasiones éstos se



alargan principalmente debido a una iluminación deficiente produciendo “cogollos” o “cabezas” poco compactos y en ocasiones sin llegar a formarlos. En las primeras fases, el tallo crece muy lentamente y no ramifica; gracias a esta peculiaridad biológica, se forma la roseta de hojas y los repollos (Guenkov, 1974). En la etapa reproductora, después de rebasado el estadio de vernalización e iluminación, se desarrolla un tallo largo que es el vástago floral, el cual alcanza una altura de 60 a 120 cm con numerosas ramificaciones donde se localizan las inflorescencias (Fersini, 1978; Cásseres, 1984).

**Hojas.** La variedad longifolia o de “hoja suelta” presenta hojas básales, anchas, crespas o de márgenes recortados, no repolladoras. La variedad capitata o de “cabeza” presenta hojas rosetófilas básales anchas, alternas en ángulo de 120° alrededor del tallo, enteras o algo lobuladas, redondeadas, poco erguidas, con limbos de color verde amarillo hasta el morado claro y de consistencia débil formando una cabeza achatada o esférica. En la etapa reproductora, las hojas que surgen presentan limbos sagitados o auriculares siendo de tamaño más pequeño las localizadas hacia arriba (Whitaker *et al.*, 1965; Mallar, 1978; Cásseres, 1984).

**Inflorescencia y flor.** La inflorescencia es un denso corimbo, es una panoja terminal plana (Figura 1). La inflorescencia contiene flores perfectas de color blanco o amarillo agrupadas en capítulos formando panojas o corimbos con un número de 15 a 30 flores (más común de 7 a 15). Una sola flor es terminal, el resto son axilares constituidas por: cáliz gamosépalo, corola gamopétala en forma de aro con 3 a 5 pétalos o dientes en

forma alargada. Androceo con 4 a 5 estambres unidos en la base de la corola, formando un tubo. El ovario es unicarpelar, ínfero, el estilo se encuentra insertado en el tubo que forman las anteras, el cual se bifurca en dos ramas cúspides (Edmond y Andrews, 1985).

Las flores (Figura 2 y 3) son amarillas y hermafroditas. Los pétalos están soldados; los estambres son cinco; el ovario es monocular, pero de estigma dividido (Guenkov, 1974). La flor de la lechuga es muy especializada con ovario ínfero (flor epigina) y corola simpétala zigomorfa (Jones, 1927). Sus flores forman una inflorescencia en cabezuela. Las distintas flores se desarrollan en sentido acropétalo sobre el receptáculo aplanado, de forma que las más externas son las más viejas y las más internas las más jóvenes (Figura 4: A - C). En cada flor, los lóbulos de los pétalos aparecen primero como cinco protuberancias sobre el borde del primordio floral; sin embargo, inmediatamente después de su aparición son empujados hacia arriba mediante el crecimiento intercalar de un anillo de tejido sobre el cual se inserta la corola. A consecuencia de este crecimiento la parte central del primordio floral tiene forma de cáliz (Figura 4: C, primordio en el centro). Los estambres, que se inician después de la corola, parecen insertarse debajo de ella, pero de hecho se encuentran más cerca del centro o ápice de la flor que las otras partes florales (Figura 4: D).

El vilano, interpretado a veces como un grupo de tricomas epidérmicos (Puri, 1951; citado por Esau, 1985) y a veces como el cáliz, se presenta casi siempre al mismo tiempo que los estambres. Se origina debajo y enfrente de los estambres sobre la

superficie externa del borde del primordio caliciforme que más arriba lleva la corola y los estambres (Figura 4: D, E).

En su crecimiento ulterior la corola desarrolla una estructura tubular con una prolongación unilateral en forma de tira o banda (corola ligulada zigomorfa). Puede distinguirse dos fases en el desarrollo de la corola tubular. Primero, el crecimiento intercalar por encima de la inserción de los estambres forma la parte superior del tubo (Figura 4: G). Segundo, el crecimiento intercalar por debajo de la inserción de los estambres forma la parte inferior del tubo (Figura 4: H), en la cual las bases de la corola y estambres se hallan congénitamente fusionadas (estambres epipétalos). La segunda fase tiene lugar comparativamente tarde en el desarrollo de la flor. En las compuestas con corolas tubulares actinomorfas el crecimiento de la parte superior de la corola es uniforme. En las corolas zigomorfas, como la lechuga, la parte superior se desarrolla asimétricamente (Figura 4: I). Las partes libres de los estambres se alargan también, diferenciándose en un filamento y una antera (Figura 4: H).

Los carpelos se desarrollan en la posición morfológicamente más elevada de la flor; esto es, dentro de la cavidad del primordio caliciforme. Los dos carpelos se hacen visibles como dos protuberancias localizadas aparentemente debajo de los estambres (Figura 4: E, F). Estos dos carpelos se unen cubriendo la cavidad ovárica (Figura 4: F) y se prolongan por arriba en un estilo compuesto, macizo y con un estigma bipartido (Figura 4: G, H). En las compuestas la capa que encierra al ovario se ha interpretado



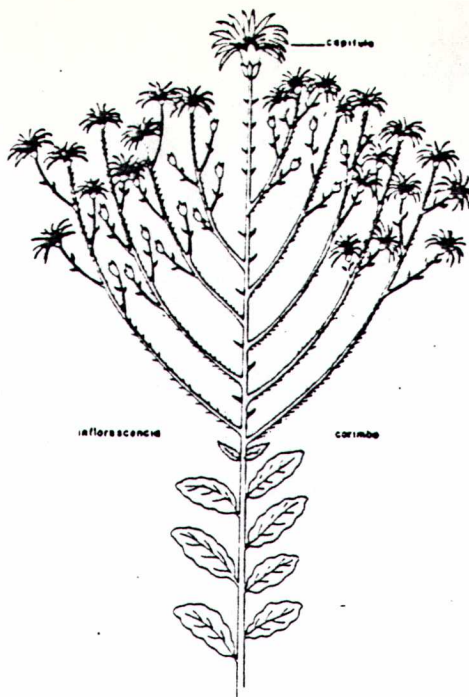


Figura 1. Inflorescencia de la lechuga. Panoja terminal y plana

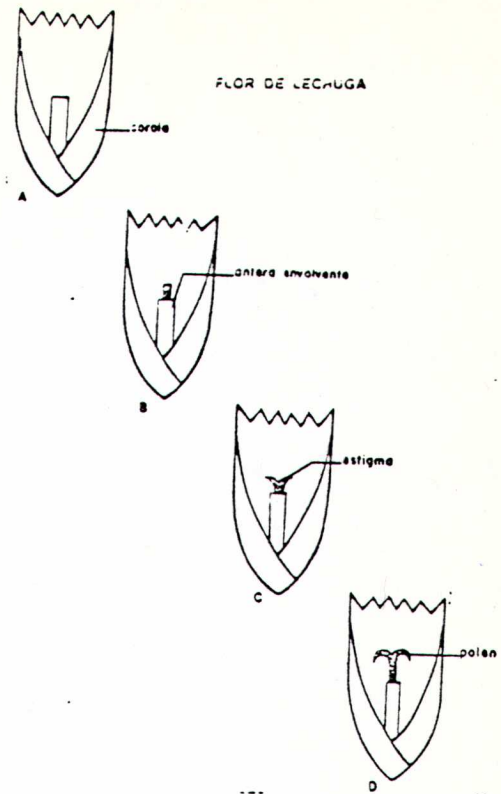


Figura 2. Estructura y estados de antesis de la flor de lechuga. A. Estigma sin emerger. B. Estigma emergiendo cubierto con polen. C. Estado ideal para la remoción del polen y D. La autofecundación ha ocurrido.

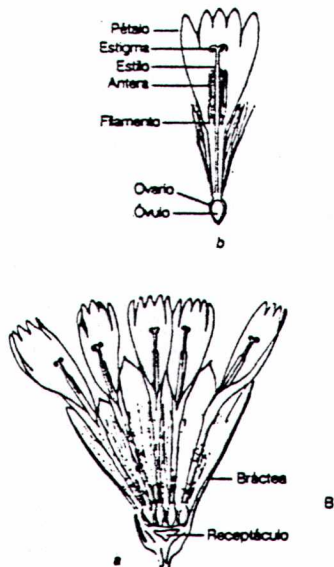


Figura 3. Estructura de la flor de *Lactuca sativa* L. a) Capítulo en sección longitudinal; b) Flósculo aislado. Tomado de S. E. McGregor (1970)

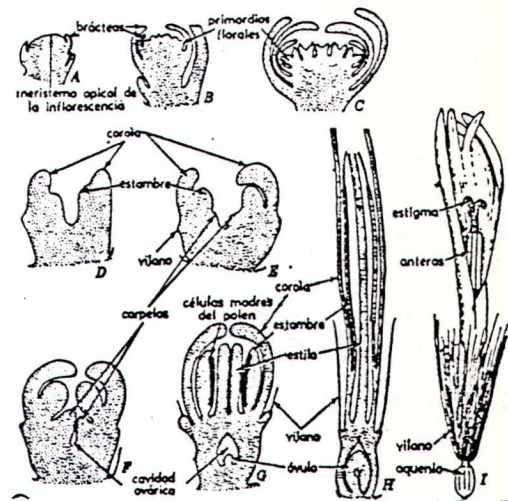


Figura 4. Desarrollo de la flor de lechuga (*Lactuca sativa* L.). A-H, secciones longitudinales de inflorescencias jóvenes (A-C) y flores (D-H). Y, flor entera. La flor de *Lactuca* tiene un ovario infero y una corola simpetala. Los estambres son adnatos a la corola (epipetalos), y sus anteras se han reunido en una columna. El estilo es compuesto (se compone de dos estilos, uno de cada carpelo). Los dos extremos del estigma llevan pelos estigmáticos según Jones (1927).

normalmente como consistente en adnatas; en otras palabras, el ovario está encerrado por el tubo floral (Esau, 1985).

**Fruto.** Es un aquenio abobado, achatado, terminado en punta estrecha con vilano de dos hileras iguales de vellos simples y blancos (Fersini, 1978). Es de color castaño, amarillento o casi negro (Garza, 1985).

**Semilla.** La semilla (Figura 5) se desarrolla a partir de un óvulo y, en la madurez, consta de las siguientes partes: el esporofito joven y parcialmente desarrollado llamado embrión (Figura 6 y 7), una cantidad variable - a veces ninguna - de endospermo y las capas protectoras, la cubierta de la semilla o testa que deriva del tegumento o tegumentos (Esau, 1985). Son deprimidas, alargadas, más notablemente aguzadas del lado del hilio que del lado del ápice. Maduran comúnmente entre los 12 a 15 días después de la floración dependiendo de la temperatura y otros factores (Guenkov, 1974). En algunos cultivares las semillas son de color blanco plateado y en otras desde el pardo hasta castaño oscuro con finas aristas a lo largo en semillas maduras, generalmente son indehiscentes (Mallar, 1978; Cásseres, 1984).

Las semillas nuevas de lechuga presentan un periodo de latencia que puede prolongarse hasta por dos meses tras la recolección la cual depende de la variedad y de la duración del almacenamiento (Edmond y Andrews, 1985). Ésta puede ser "rota" o acortada para aumentar su poder germinativo por la acción de diversos agentes como la

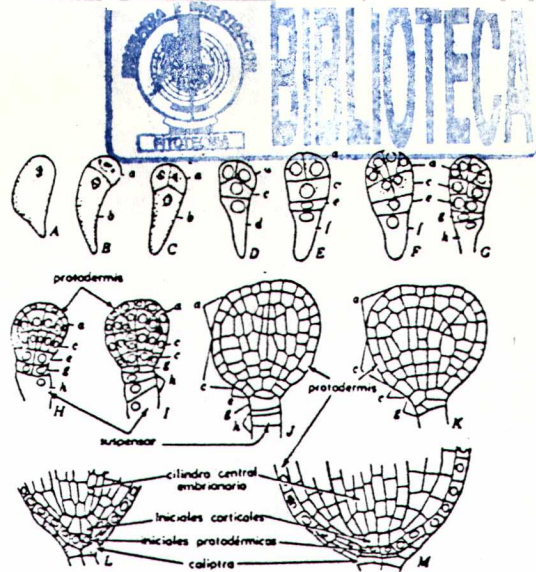


Figura 5. Desarrollo del embrión en *Lactuca sativa* L. Secciones longitudinales. El extremo superior del embrión en cada dibujo es el extremo dirigido hacia el micropilo. A, cigoto en división. B-G, embriones en sucesivas etapas de desarrollo, mostrando el establecimiento de un número de filas horizontales de células. En G, la célula n da origen a todas las células del suspensor y las filas de células situadas encima de n se transforman en el cuerpo principal del embrión. H-Y, etapas ulteriores de desarrollo que dan lugar a la organización inicial de las siguientes regiones histológicas. En L y M, partes superiores de los embriones. K, ápice aplastado característico de la etapa que precede a la emergencia de las cotiledones. Según Jones, Wilgus (1927).

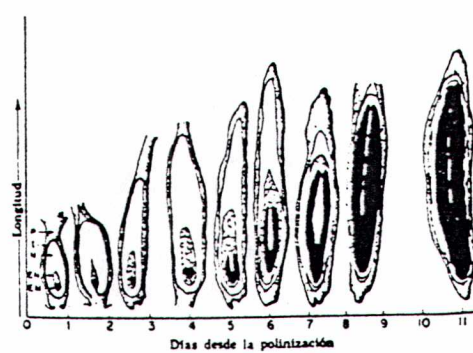


Figura 6. Crecimiento de un fruto (Agujero) y semilla de lechuga. P, pericarpio; T, tegumentos; N, nucela; EN, endospermo; EMB, embrión. Según Jones (1927).

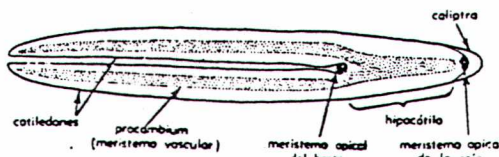


Figura 7. Organización del embrión maduro de *Lactuca sativa* L. en vista longitudinal según Jones (1927).



luz roja, tratamientos térmicos (temperatura entre 0 y 5 °C por 72 horas; USDA, 1986), oxigenación, giberelinas, citocininas, etc., (Rappaport y Sachs, 1976; Folquer, 1974; citados por Maroto, 1982).

La semilla de un año de edad germina mejor que la semilla nueva. Lo anterior se atribuye a dos factores principalmente; por un lado, ésta estructura está cubierta con una membrana semi-permeable que se halla entre dos capas de células alrededor del endospermo que tiene poca permeabilidad a los gases y, a un elevado contenido de aceite en sus cotiledones cuando es nueva y está en un periodo de descanso. Después de un año más o menos, se evapora el aceite y la permeabilidad aumenta naturalmente, esto explica porqué la semilla fresca a veces no germina tan bien como la semilla de un año o más (Arjona, 1991).

La capacidad de germinación de las semillas de numerosas especies parece estar asociada a la presencia de etileno en la atmósfera del suelo. La aplicación de este gas induce la ruptura de la latencia, tanto primaria como secundaria en semillas de numerosas especies como la lechuga. Otros tratamientos que estimulan este proceso, como el ácido giberélico, no son efectivos si se realizan en ausencia de etileno, lo que sugiere que estas semillas requieren la acción de esta hormona durante la germinación (Esashi, 1991, citado por Azcón y Talon, 1993). La semilla tiene una duración germinativa media de 5 años y extrema de 9 años (Tiscornia, 1979).

Un gramo de semilla contiene aproximadamente de 800 a 1000 piezas (Messiaen y Lafón, 1979). Raimond (1989), menciona que el peso de 1000 semillas varía entre 0.6 a 1.0 g. de acuerdo con el cultivar.

## 2.5 Variedades botánicas

De acuerdo con Maroto (1982), botánicamente, dentro de la especie *Lactuca sativa* L. se distinguen cuatro variedades botánicas:

*L. sativa* L. Var. *longifolia* Lam., engloba cultivares que, aprovechándose por sus hojas, éstas no forman un verdadero cogollo (lechugas romanas o tipo Coss), siendo aquellas generalmente aovada u oblonga.

*L. sativa* L. Var. *capitata* L., que incluye cultivares que forman un cogollo apretado de hojas. La forma de sus hojas suele ser ancha, orbicular, etc.

*L. sativa* L. Var. *intibacea* Hort., son lechugas que poseen las hojas sueltas y dispersas.

*L. sativa* L. Var. *angustana* Irish., lechugas que se aprovechan por sus tallos (lechuga espárrago), sus hojas son puntiagudas y lanceadas.

## 2.6 Variedades y cultivares agronómicos

Existen, en relación a la forma, tres tipos de lechuga: “cabeza”, “oreja” y “hoja suelta” con un gran número de cultivares agronómicos que difieren en forma, color, precocidad, adaptabilidad, calidad y resistencia a enfermedades (Maroto, 1982; Valadez, 1992). Las lechugas de “cabeza o bola”, son las que comúnmente se encuentran en más abundancia en el comercio de México. Se distinguen por su hábito postrado de crecimiento y porque las hojas externas son grandes, envolventes, de color verde intenso y cubren completamente a las hojas internas, formando una cabeza compacta.

En el mercado existe un vasto número de cultivares, algunos de ellos son los siguientes: NW York, Valverde, White Boston, Vanguard 75, Clímax, Ithaca, Montemar, Empire, Valrio, Coolguard, Salinas, Crispy, Mesa 659, Montello, Shilo, Patriot, Niner, Grandes Lagos (56, 118, 366, 407, 659, 700, 6228, R-200), etc.

Valadez (1992), menciona que los tipos de lechuga de mayor importancia en México por su demanda y superficie cultivada son la de tipo “oreja” o romana (Var. longifolia) y la de cabeza (Var. capitata); de éstas, las lechugas de oreja son las más populares entre los productores. Esto puede entenderse fácilmente, si se considera la marcada tendencia que existe entre los horticultores de intentar producir su propia semilla y el hecho de que las variedades de hoja suelta o de oreja, fácilmente producen tallos florales o se “vuelan”; mientras que, los otros tipos no producen semilla con



facilidad. Sin embargo, se carece de una metodología adecuada a los tipos de materiales que se explotan a fin de obtener un rendimiento y calidad de semilla aceptable.

Para lograr el mayor éxito en la producción comercial de lechuga o semilla, es necesario que éste insumo se adquiriera en casas de honorabilidad reconocida. No es por demás asentar el hecho de que la producción de semilla de lechuga es una actividad altamente especializada, que no debe intentarse por personas que no tengan una metodología o preparación adecuada, para evitar la degradación de las variedades y conservar la pureza de las mismas.

## **2.7 Fitorreguladores**

### **2.7.1 Importancia**

Se ha demostrado que procesos tales como la iniciación de raíces, establecimiento y terminación de los periodos de letargo y reposo, floración y desarrollo de los frutos, abscisión, senescencia y ritmo de crecimiento de las plantas, son controlados de forma natural por fitohormonas o inhibidores de la acción hormonal de las plantas. Dichos procesos se pueden fomentar, inhibir o modificar mediante la aplicación artificial de fitorreguladores (Bidwell, 1979; Weaver, 1990).

En la actualidad se sabe que las plantas producen de manera natural un conjunto de hormonas que operan a nivel celular y que tienen una función específica en el

crecimiento y desarrollo de las mismas. A partir de los conocimientos que se generaron de las fitohormonas naturales, se fabrican y venden una diversa gama de productos químicos sintéticos modificadores del crecimiento y desarrollo los cuales son útiles en la agricultura (Galicía, 1992). Ver cuadro 2A.

### **2.7.2 Principales grupos de fitorreguladores**

Ray (1988) menciona que se reconocen cinco tipos básicos de sistemas químicos de reguladores del crecimiento vegetal (Fitohormonas) divididos en tres grupos principales: a) promotores del crecimiento: auxinas, giberelinas y citocininas; b) Inhibidores del crecimiento: ácido abscísico y, c) Etileno. Dentro de cada grupo hormonal cada hormona favorece específicamente alguno o algunos procesos, pero su especificidad no es absoluta (Rojas y Ramírez, 1987).

### **2.7.3 Acción fundamental de las fitohormonas**

Según Rojas y Ramírez (1987), en la actualidad, existen evidencias suficientes para postular dos hechos básicos sobre la acción fundamental de las fitohormonas: 1) Son compuestos que no actúan directamente a nivel del organismo sino de la célula; por ejemplo, sobre la mitosis, el alargamiento celular, etc., de modo que los efectos se hacen sentir en todos los fenómenos fisiológicos que se basen en los fenómenos citológicos afectados y, 2) La acción básica de las hormonas que ocurre sobre los ácidos nucleicos a nivel de la transcripción del mensaje (ADN  $\rightarrow$  ARN) o de su traducción (ARN  $\rightarrow$  aminoácidos).

La acción de las fitohormonas puede influir en la transcripción o en la traducción del mensaje pero hay más evidencias de que es sobre la transcripción. Al variar el ARN mensajero, posibilitando o reprimiendo la síntesis de determinadas fracciones, determinará un cambio en las proteínas y enzimas de la célula. Las fitohormonas no cambian el código genético; esto es, la estructura del ADN, pues no aparecen mutaciones en los organismos tratados. Por otro lado, se ha comprobado que las hormonas alteran la permeabilidad de la membrana celular.

Los fenómenos fisiológicos controlados por las hormonas han sido clasificados por Tizio, citado por Rojas (1984), como sigue: 1) De correlación (propiamente dichos) como multiplicación y alargamiento celular, dominancia apical, actividad de las yemas, letargo, abscisión de órganos, 2) De sensibilidad o movimiento como los tropismos y nástias y, 3) De reproducción como floración, polinización y desarrollo del fruto. Por lo tanto los procesos del desarrollo están influenciados, en diverso modo e intensidad, por todas las hormonas de la planta; cuando se hacen aplicaciones de fitorreguladores, implica que van a presentarse otros efectos además del deseado (Rojas, 1990).

## **2.8 Giberelinas**

Este término se aplica a todas aquellas sustancias, que tienen un esqueleto de gibano, capaces de inducir el alargamiento y/o división celular, o ambas cosas,



provocando con ello, un aumento considerable de prolongación de brotes y tallos en muchas especies vegetales (Wain, 1980).

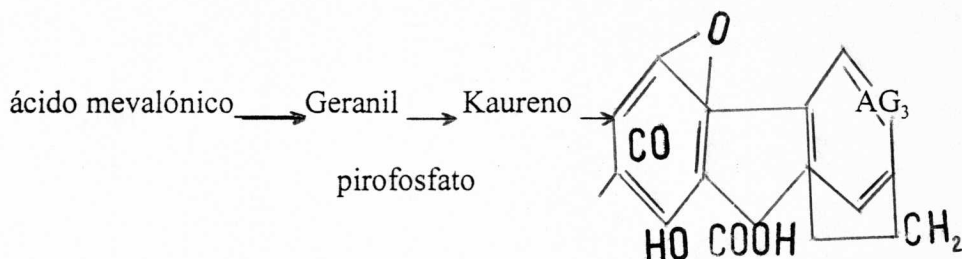
Atendiendo exclusivamente a su estructura química, las giberelinas (GAs) se definen como una amplia familia de diterpenos ácidos cuyo esqueleto básico está constituido por un anillo de ent-giberelano. En esta familia solamente unos pocos miembros poseen la capacidad intrínseca de controlar el crecimiento y desarrollo de los vegetales. Han sido identificadas cuando menos 60 giberelinas diferentes de *Gibberella* o de plantas superiores; mientras que Azcón y Talon (1993), así como Colinas<sup>2</sup> en comunicación personal (1997), mencionan que se conocen alrededor de 90. De éstas al menos 51 se han aislado de plantas superiores (Rojas, 1990). La mayor parte de las 90 GAs son precursores o productos inactivos de las GAs que poseen actividad biológica intrínseca; es decir, son productos o precursores de las mismas (Azcón y Talon, 1993). Según Wain (1980), estas sustancias están químicamente relacionadas con el ácido giberélico (producto metabólico del hongo *Gibberella fujikuroi*).

Las giberelinas parecen sintetizarse en muchas partes de la planta, pero más especialmente en las áreas en activo crecimiento como las hojas jóvenes, los embriones o los tejidos meristemáticos o en desarrollo. El nivel de AG<sub>3</sub> se aumenta conforme se desarrolla el embrión y luego decrece cuando la semilla madura (Rojas y Ramírez, 1987).

---

<sup>2</sup> Colinas L. M.T. Profesor-Investigador. Depto de Fitotecnia. UACH, Chapingo, México.

La biosíntesis se presenta a partir del ácido mevalónico. Se transportan con facilidad en la planta moviéndose aparentemente en forma pasiva con la corriente de transporte por el floema o por el xilema (Bidwell, 1979).



**Figura 8. Biosíntesis de giberelinas**

La detección y análisis de GAs constituye un proceso laborioso porque no se posee un método rutinario que permita su identificación de una forma precisa. La espectrometría de masas y la cromatografía de gases hoy en día, es la única técnica que permite la identificación y cuantificación precisa de estas hormonas (Azcón y Talon, 1993).

### 2.8.1 Actividad biológica y efecto de las giberelinas en las plantas

Cuando las giberelinas (GAs) se aplican exógenamente, las más activas resultan ser las GAs  $C_{19}$  que presentan un grupo hidroxilo en la posición  $3\beta$ , como  $GA_1$ ,  $GA_4$ ,  $GA_3$  y  $GA_7$ . Las dos primeras son GAs relativamente abundantes en las plantas; mientras que,  $GA_3$  y  $GA_7$  se encuentran ocasionalmente en un número menor de especies.  $GA_1$  es una giberelina activa *per se*. La actividad biológica de la  $GA_3$  no se debe a su conversión biológica a  $GA_1$ , por lo que es lógico pensar que esta GA también posee actividad intrínseca (esencial). Las GAs son moléculas extremadamente activas y,

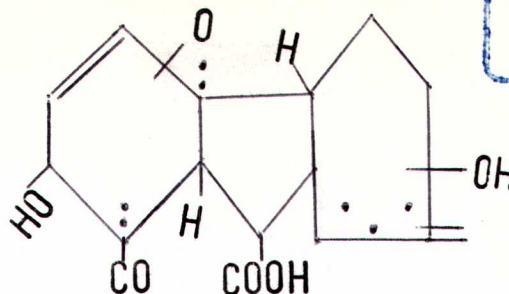
en general, unos pocos miligramos o microgramos son suficientes para inducir distintos efectos fisiológicos: 1) Inducen elongación del tallo y floración en las variedades genéticamente enanas y en las plantas de día largo, 2) Tendencia a producir flores masculinas en plantas que poseen flores con sexos separados (dicógamas), 3) Cuajado y desarrollo del fruto por GAs exógenas y, 4) Las GAs sustituyen los requerimientos de luz o frío que precisan muchas semillas para germinar (Azcón y Talon, 1993).

Existe demasiada controversia en la literatura sobre los efectos de la aplicación exógena de estas sustancias en las plantas. La mayoría de estos estudios se han realizado con AG<sub>3</sub>, que es un compuesto disponible comercialmente.

Se puede mencionar que la respuesta de las plantas a las giberelinas depende de muchos factores tales como la edad y tipo de tejido; concentración de solución; aspectos ambientales, como la luz y temperatura así como los niveles hormonales internos los cuales pueden hacer variar los efectos de los fitorreguladores (Low, 1975; citado por Galicia, 1992).

La giberelina comercial es una mezcla de diferentes GA (giberelina X) en general en forma de giberelato de potasio (Rojas, 1990). El nombre que se atribuye a cada giberelina, es en base a la adición o eliminación de átomos de carbono. AG<sub>3</sub> es una giberelina que tiene modificaciones de las moléculas que la componen. Se presenta en forma de grupos epóxidos y cetonas, con dobles enlaces entre los carbonos C-1 y C-2.





**Figura 9. Estructura química del AG<sub>3</sub>**

El principal efecto de la aplicación de giberelinas es la estimulación del crecimiento, además provoca un efecto contrario a la inhibición que induce la luz en el crecimiento de tallo, también induce la partenocarpia, principalmente en el melocotonero y ciruelo. Puede provocar la floración en muchas especies que requieren horas frío (zanahoria, nabo, col, etc.) así mismo, puede romper el reposo de las semillas de muchas especies (Ray, 1988; Rojas, 1990; Weaver, 1990).

El efecto más sorprendente de asperjar plantas con giberelinas es la estimulación del crecimiento. Los tallos de las plantas asperjadas se vuelven generalmente mucho más largos que lo normal. Se estimula el crecimiento en los entrenudos mientras el número de ellos permanecen sin cambio. Se asocia la palidez temporal de las hojas de las plantas tratadas, con el aumento de la superficie de las mismas; sin embargo, el color verde normal vuelve al cabo de unos diez días. Las giberelinas aumentan la dominancia apical y provocan el crecimiento rápido de las plantas de hábitos en forma de roseta; lo anterior se atribuye, tanto al mayor número de células formadas como al aumento en expansión de las mismas (Weaver, 1990).



El AG<sub>3</sub> es quizá la única hormona (grupo hormonal) que interactúa con el fitocromo, el receptor que “dice” a la planta las horas de luz diarias que recibe y que hace que las plantas se ajusten a su fotoperiodo para florecer. Tales efectos conducen a otros secundarios como: aceleración de la germinación, floración fuera de fotoperiodo, desarrollo de los frutos, etc. (Rojas y Ramírez, 1987). Cuando falta el mensaje del ARN, se presenta el síntoma típico de la falta de  $\alpha$ -amilasa, enzima que posibilita que el almidón pase a glucosa para ser respirada y liberar la energía necesaria para el desarrollo del embrión. Esta inducción se efectúa activando un precursor inactivo del ARN mensajero (Rojas, 1984). Se cree que las giberelinas modifican el ARN producido en los núcleos pudiendo así éste, ejercer su control sobre la expansión celular, así como también sobre otras actividades del crecimiento y desarrollo del vegetal (Hill, 1977).

Un mecanismo de acción probable, pero secundario, es incrementar la actividad enzimática celular que debilita la pared y permite la expansión celular; además, induce la formación de enzimas proteolíticas porque ocurre una liberación de triptofano, precursor del ácido indolacético (A.I.A). Otro posible mecanismo es la hidrólisis del almidón resultante de la producción de  $\alpha$ -amilasa generada por las giberelinas pudiendo incrementar la producción de azúcares y elevando la presión osmótica en la savia celular de modo que el agua entre en la célula y la expanda (Weaver, 1990).

Con frecuencia las giberelinas incrementan el contenido de auxinas y las estimulan a actuar en la planta (Bidwel, 1979).

Jones y McMillan (1974); citados por Rojas y Ramírez (1987), mencionan que el AG<sub>3</sub> tiene efectos sobre el crecimiento, desarrollo y metabolismo, porque actúa a nivel de procesos bioquímicos, síntesis de AG y ARN en la transpiración y formación de enzimas. Algunos estudios al respecto, son los siguientes:

**En células y tejidos.** Las giberelinas pueden estimular la formación de la capa de abscisión en tejidos jóvenes así como la elongación celular por hidrólisis del almidón, causando un incremento en la concentración de azúcares a través de la enzima alfa amilasa lo cual aumenta la concentración osmótica de la célula y así el agua al penetrar tiende a expandirla (Weaver, 1990).

Las giberelinas afectan la división celular de plantas arrocetadas y caulescentes incrementando el tamaño de la región meristemática y la proporción de células en división. Los efectos de AG<sub>3</sub> en la división celular pueden ser explicados por un efecto en el ciclo de la célula. La división y expansión celular contribuye al crecimiento al producir más células que después se expanden (Azcón y Talon, 1993).

El crecimiento del tallo, según Sachs y Cols (1959) citados por Azcón y Talon (1993), básicamente es el resultado de la división y elongación celular mediante inducción de la división celular en el meristemo sub-apical (1.5 a 3.5 mm. por debajo del meristemo apical). En las plantas en roseta, como la lechuga y otras plantas, las condiciones de día largo o la aplicación de GAs incrementa el tamaño de la región



meristemática aumentando la proporción de células que entran en división celular (Azcón y Talon, 1993). Esta nueva región meristemática produce la inmensa mayoría de células que contribuyen posteriormente a la elongación del tallo. Las células formadas en esta región son más cortas que las células de la zona correspondiente en las plantas no inducidas, aunque conservan el mismo diámetro.

En algunos sistemas, la aplicación de GAs produce una respuesta de elongación celular muy marcada. Los segmentos o fragmentos de hipocotilo de lechuga y pepino, de tallos de avena y arroz de agua profunda y de coleoptilos de trigo, son ejemplos de tejidos que retienen esta capacidad después de la excisión. Entre otros efectos, las GAs inducen: a) la síntesis de polímeros, b) influyen en la penetración de calcio y, c) pueden inhibir la secreción de peroxidasas en las paredes celulares, ( Azcón y Talon , 1993).

La respuesta de las GAs es considerablemente rápida (10 - 15 minutos en los hipocotilos de lechuga, 3 horas en los tallos de avena) y comparable a la respuesta de elongación producida por las auxinas en otros sistemas. El crecimiento o expansión celular depende de la rigidez de las paredes celulares que se oponen a las fuerzas que produce la turgencia interior.

Las GAs revierten, por ejemplo, la inhibición de la elongación de los hipocotilos de lechuga, guisante y pepino que produce la luz roja, de lo cual se desprende que el fitocromo interviene en éste proceso.

**Expresión génica.** Las GAs controlan los niveles de varias enzimas de la síntesis de antocianinas, las cuales determinan la pigmentación de la corola de las flores. El AG<sub>3</sub> también disminuye, por ejemplo, la transcripción de varios genes ribosomales; mientras que, el A.B.A antagoniza los cambios inducidos por el AG<sub>3</sub> en ambos tipos de genes (Azcón y Talon, 1993).

**Control genético de la elongación del tallo y la floración de las plantas.** Aunque se ha visto que las auxinas, el etileno, las citocininas y el ácido abscísico tienen un efecto sobre la floración en casos aislados (Rojas y Ramírez, 1987) son, tan sólo, las giberelinas las que provocan la floración en un amplio rango de especies (Wilkins, 1984; Pirson y Zimmermann, 1985).

Las giberelinas son extremadamente efectivas en provocar floración en plantas de días largos que crecen en forma de roseta en días cortos y que, usualmente, la floración va acompañada por el alargamiento del tallo.

Está claro el hecho de que si el ácido giberélico puede sustituir el tratamiento de día largo correspondiente para conseguir el alargamiento del tallo y la floración, se proporciona una prueba más que apoya fuertemente la suposición de que las giberelinas endógenas tienen un papel en dichos procesos (Hill, 1977; Wilkins, 1984; Rojas y Ramírez, 1987).

La aplicación de giberelinas puede sustituir un tratamiento de frío e inducir tanto la elongación del tallo como la floración en algunas plantas con requerimientos de frío para florecer (Rojas y Ramírez, 1987).

Wilkins (1984) menciona que la asociación de las giberelinas con la vernalización, parece estar restringida esencialmente a plantas de roseta, que son plantas de día largo; ya que, se ha visto que la aplicación de éstas, promueven sólo la elongación del tallo en un número de plantas de roseta que requieren frío y que nunca son un sustituto efectivo de frío en plantas caulescentes. Existe la posibilidad, por consiguiente de que las giberelinas estén asociadas, más bien, con la elongación como respuesta al frío, que con la floración; una situación una vez más, ligada al fotoperiodismo.

Muchas hortalizas anuales, tales como la lechuga, rábano, mostaza, espinaca y eneldo, florecen normalmente cuando los días son largos, pero pueden hacerse florecer antes, si son tratadas con giberelinas. Diversas hortalizas bianuales, tales como la zanahoria, remolacha, col, col de china, etc., requieren bajas temperaturas para florecer pero, estas hortalizas, también florecen después de un tratamiento con giberelinas (Nickell, 1983).

### **2.8.2 Investigaciones relacionadas con el uso de fitorreguladores en lechuga**

El ácido giberélico aplicado a semillas en dormancia promueven su germinación en condiciones desfavorables del ambiente para su realización (Stuartn y Catey, 1961;



Hegarty y Ross, 1979). Al aplicarlo a concentraciones altas (1 mM) a semillas de lechuga Cv. "Grand Rapids" por una hora promovió la germinación más rápidamente que estando presente continuamente (Zagorski, 1984; citado por Landa, 1995).

Lammeé y Verecke (1977), al aplicar AG<sub>3</sub> (5 - 15 ppm) a plantas de lechuga Cv. "Deci-minor", "Batavia flavia" y "Batavia frisée", detectó mayor cantidad de clorofila en las cabezas de las plantas no tratadas con giberelina.

En relación a la floración de la lechuga, las giberelinas aplicadas al ápice del tallo con tratamientos de 2 y 4 semanas de aplicación no presentaron diferencias en relación al testigo; sin embargo, el crecimiento fue mejor (Baldovino, 1968; citado por Landa, 1995).

Lona y Crinko (1967), citados por Mallar (1978), mencionan que empleando 7.5 ppm de AG<sub>3</sub> se obtienen resultados similares a los logrados con 10 ppm. Mediante este método lograron obtener de 600 a 800 kg. ha<sup>-1</sup> de semilla en cultivares de cabeza tipo "crespa".

Sivori *et al.*, (1980) mencionan que la aplicación de 2,4-D o PCPA (10 a 25 ppm) a plantas de lechuga antes de que las cabezas se formaran, estimuló su floración y fructificación normal. El tratamiento no afectó la viabilidad de las semillas. Concentraciones de 200 ppm de ácido giberélico promueven la floración, las plantas estallan y florecen aproximadamente un mes antes.

Valdés (1988), evaluó la respuesta de la lechuga de cabeza a la aplicación de urea, 2, 4-D y ácido giberélico (0, 150 y 300 ppm de Activol, aplicado a los 20, 40 y 60 días después de trasplante) encontrando que, la giberelina ocasionó floración temprana en los tratamientos aplicados así como una menor tonalidad del color en las plantas; mientras que, el 2, 4-D incrementó ligeramente la tonalidad respecto al testigo.

Suraphong y Retanakosol (1988), realizaron dos experimentos con el propósito de evaluar el efecto del ácido giberélico sobre la longitud del ciclo biológico, rendimiento y calidad de semilla producida en lechuga de cabeza. En el primero, aplicaron AG<sub>3</sub> (5, 10, 20 y 40 ppm) en etapas de 4, 8 y 12 hojas verdaderas encontrando diferencias en los días a la antesis y floración entre tratamientos. Las semillas maduraron fisiológicamente 9 y 12 días después de antesis en las plantas tratadas con 5, 10 y 40 ppm de producto; mientras que, las plantas con 10 ppm, produjeron un rendimiento más alto de semilla. En el segundo experimento, las plantas de lechuga fueron tratadas solamente con 10 ppm en la etapa de 4, 8 y 12 hojas verdaderas y un descabezado. El más alto rendimiento fue obtenido en plantas tratadas con giberelinas cosechadas a 25 días después del primer pico de floración. Los más altos porcentajes de germinación y mayor vigor fueron obtenidos 5 y 10 días después de la primera floración, tanto en plantas tratadas con giberelinas como en plantas descabezadas. El vigor de semilla fue considerablemente alto en plantas descabezadas comparado con el de semillas de plantas tratadas con AG<sub>3</sub>.

En la lechuga, una vez que los primordios florales están bien iniciados, el desarrollo de su tallo floral se ha acelerado enormemente por medio de aplicaciones químicas de 2, 4-D (ácido 2, 4 diclorofenociacético) en concentraciones de 10 a 25 ppm. Esta respuesta es de mucha importancia en las variedades "Imperial" y Grandes Lagos" ya que frecuentemente son de crecimiento lento y la producción de su tallo floral muy irregular. Se recomienda aplicar el tratamiento cuando las plantas comienzan a formar el cogollo (Raimond, 1989).

Eenink y Vereijken (1978), citados por Granval (1989), al aplicar AG<sub>3</sub> (100 ppm) a yemas florales de lechuga Cv. "Suzan" encontraron dos tipos de esterilidad masculina:

- 1) flores con anteras que contenían muy pocos granos de polen que no eran liberados y
- 2) flores con anteras rudimentarias o sin ellas.

En la producción de semilla de lechuga, el ácido giberélico ha sido recomendado porque facilita la salida del escapo floral antes de la formación de la cabeza. La aplicación de AG<sub>3</sub> en concentraciones de 3 a 100 ppm, cuando las plantas presentan de 4 a 8 hojas, promueve un incremento significativo en la producción de semilla de lechuga (Aguilar, 1982; citado por Granval, 1989), Dicho autor aplicó AG<sub>3</sub> a dosis de 5, 10 y 15 ppm a los 7, 14 y 21 días después del trasplante en lechuga Cv. "Babá" encontrando que, el AG<sub>3</sub> permitió una acción efectiva en la anatomía y fisiología de la planta, principalmente en altura y precocidad a floración. No obstante, el AG<sub>3</sub> a una concentración de 5 a 10 ppm aplicado a los 7 y 14 días provocó un intenso e irregular



desarrollo de los entrenudos de la planta, provocando un elevado porcentaje de acame repercutiendo en el rendimiento de semilla.

La sal de amonio de 2, 4-D aplicada como aspersión en solución diluida a 20 ppm, fue usada en Estados Unidos en un intento por facilitar la emisión del escapo floral de ciertas variedades de lechuga que presentan el centro demasiado compacto debido a la posición y curvatura de las hojas. El aflojamiento de las láminas foliares de las variedades que normalmente no abren es muy importante si se desea un libre crecimiento de la inflorescencia y consecuentemente una adecuada producción de semilla. En la actualidad se recomienda, en base a sus efectos y precio, el uso de giberelina del tipo AG<sub>3</sub> (Audus, 1989).

Harrington (1960); citado por Weaver (1990), menciona que al asperjar lechugas "Great Lakes" con giberelina concentrada de 3 a 10 ppm en las etapas de 4 y 8 hojas de crecimiento incrementó significativamente el rendimiento de semillas. Observó que las semillas de las plantas tratadas, maduraron dos semanas antes que las no tratadas y, que mejoró la uniformidad de la maduración. La germinación y el posterior crecimiento de las plantas tratadas con giberelinas, fueron normales.

Landa (1995) evaluó, durante los meses de octubre a enero, la acción del AG<sub>3</sub>, ANA y urea sobre la calidad y rendimiento de lechuga de oreja Var. "White Parris Cos" en Chapingo México encontrando que, el AG<sub>3</sub> (30 y 90 ppm) desfavoreció la calidad y

rendimiento de cabeza ya que ocasionó deformaciones y amarillamiento de hojas, color que permaneció hasta cosecha en todas las plantas; hojas erectas y quebradizas; mayor susceptibilidad a bajas temperaturas y un marcado crecimiento de peciolos y entrenudos. Se favoreció el crecimiento y desarrollo del tallo floral cuando se aplicó el producto a los 27 y 37 días después del trasplante (d.d.t). ANA no provocó cambios en el desarrollo de la planta; mientras que la urea (2%), causó quemaduras en las hojas cuando se aplicó a los 27, 37 y 54 d.d.t.

Muñiz (1997) menciona que la aplicación de AG<sub>3</sub> a plantas de lechuga Var. "Parris Islan Coss" en Chapingo México, a dosis de 150 y 200 ppm en la etapa de 10 hojas verdaderas, favoreció la aparición temprana y una mayor altura del tallo floral, aceleró la floración y acortó los días a cosecha de semilla logrando un incremento en rendimiento (113.6 kg. ha<sup>-1</sup>) del 500% en relación al testigo.

Los fisiólogos han investigado el uso de reguladores del crecimiento para estimular floración en un gran número de especies. Hasta el momento ha sido el ácido giberélico (AG<sub>3</sub>), el material más prometedor para promover el alargamiento y la floración en lechuga, aunque las plantas no estén en condiciones inductivas (día largo y temperaturas de 18 a 21 °C), aplicado en una etapa de desarrollo temprana (4, 8 ó 12 hojas) y dosis de 7.5 a 10 ppm (Muñoz, 1961). La desventaja del AG<sub>3</sub> es que no permite hacer selección de cabezas ya que estas no se forman evitando la posibilidad de realizar una selección hacia una mejora genética (Granval, 1989).

## **2.9 Aspectos a tomar en cuenta en la producción de semilla de lechuga**

De acuerdo con Muñoz (1961), para producir semilla de lechuga de buena calidad, al igual que en cualquier otro cultivo, es necesario contar con un material básico de alta calidad; aplicar correcta, estricta y honestamente todas las normas que requiere la producción de semillas mejoradas; así como contar con personal capacitado y productores responsables.

Por lo que se refiere a proceso de cultivo general de la lechuga, existen pocas diferencias entre las recomendaciones para un cultivo con fines de producción de semilla y para el destinado al consumo en fresco. Sin embargo, se recomienda tomar en cuenta algunas prácticas de importancia con el propósito de aumentar el rendimiento y calidad de la semilla. Entre las más importantes, según Muñoz (1961), figuran: elección del material, zona, suelo y época de producción; aislamiento de los lotes en tiempo y espacio; eliminación rigurosa de plantas fuera de tipo o con síntomas de mosaico; combate efectivo de plagas enfermedades y malezas; manejo adecuado del riego y la fertilización; rajado de cabeza o aplicación de hormonas exógenas para permitir la emisión de los tallos florales, entre otras.

Es imprescindible en los lotes de producción comercial de semilla de lechuga, tener un control estricto durante el proceso de producción del cultivo así como en la etapa de postcosecha de semilla.



### **2.9.1 Origen genético y características específicas del material a incrementar**

Poco se sabe acerca del desarrollo de las viejas variedades estándar de lechuga antes de la introducción de la variedad “Imperial” a los Estados Unidos de Norteamérica. La mayor parte de los materiales empleados en el mejoramiento de la especie fueron obtenidas de selecciones de otras variedades o como introducciones del extranjero.

La primera creación importante de variedades de lechuga enteramente documentada fue iniciada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos en 1922; motivada por la creación de nuevas variedades que fueran resistentes a la enfermedad de la época conocida como “Tizón pardo” (Muñoz, 1961).

El cruzamiento y selección natural de la especie, permitió la creación de un tipo de lechuga de cabeza rizada dando origen al grupo de los “Grandes Lagos”, materiales de amplia adaptación, excelente solidez, peso y resistencia al transporte. Dichas características han favorecido el establecimiento de grandes extensiones de cultivo con lechuga de "cabeza" en países como Estados Unidos y México ocasionando el desplazamiento de materiales del tipo “Imperial” (USDA, 1986).

El grupo Grandes Lagos se obtuvo a partir de un cruzamiento entre la variedad “Brittle Ice” y la “Imperial 152”; después siguieron cuatro generaciones de selección y luego un cruzamiento con “imperial 615”, para aumentar el tamaño y el vigor. Las principales características de este grupo son: cabeza muy compacta, de color verde

oscuro, resistente a la floración prematura y a la “quemadura de la hoja”, menor calidad culinaria (textura y sabor regular) pero de mayor resistencia al transporte que el grupo Imperial (Mallar, 1978).

En la actualidad, de manera general, el mejoramiento genético de la lechuga está enfocado a tres aspectos fundamentales: 1) Incorporar resistencia hacia el Virus del mosaico de la lechuga (LMV); 2) Incorporar resistencia al Mildiu vellosa y, 3) Disminuir el porcentaje de venación conspicua (V.C) y uniformidad a la primera cosecha. Otros objetivos de igual importancia son: rendimiento y firmeza o compacidad de la cabeza y la resistencia a la floración prematura (Pérez, 1991).

### **2.9.2 Zona, época de producción y Suelo**

La producción de lechuga para semilla se sugiere en áreas con una estación cálida y prolongada, además de ser relativamente libre de lluvias durante el periodo de cosecha (González, 1986).

Debido a las características de su sistema radical, se reporta que los mejores suelos para el cultivo de lechuga son los arcillo-arenosos que posean una adecuada cantidad de materia orgánica, de buena estructura, buena retención de humedad, buen drenaje y bien labrados (Mallar, 1978; Tamaro, 1983). Es un cultivo muy sensible a la acidez del suelo, con  $\text{pH} = 5$  el rendimiento sólo alcanza el 36% del correspondiente al  $\text{pH} = 7$ ; los valores entre 6.8 y 7.4, son el  $\text{pH}$  óptimo (García, 1967). No son convenientes

los suelos calizos, éstos producen clorosis a las plantas (Guenkov, 1974), dado que el calcio torna al manganeso o al hierro inasequibles (Cásseres, 1984). También se reporta que soporta bastante bien la alcalinidad con valores hasta de 6,400 ppm de Ca.

### **2.9.3 Aislamiento**

Los campos de producción de semilla deben estar aislados de los campos de producción de lechuga para consumo en fresco, con el fin de reducir un posible problema por mosaico ya que el agricultor, productor de lechugas para el mercado, generalmente no realiza la eliminación de las plantas enfermas las cuales quedan en el campo como fuente del virus.

Se sugiere un aislamiento de 2 a 4 m entre dos variedades y separadas por una barrera viva alta y densa con el fin de reducir el cruzamiento natural y prevenir las mezclas mecánicas durante la cosecha. Pero, es preferible aislar los lotes mediante distancias mayores, sobre todo cuando se trata de producir semilla básica o registrada. En estos casos, se recomienda aislar los lotes mediante distancias de 50 a 100 metros uno del otro.

### **2.9.4 Temperatura y luz**

La temperatura es el principal factor que afecta la producción comercial de lechuga la cual desarrolla mejor en un clima templado fresco y constante tanto en el suelo como en el ambiente durante todo el ciclo. Las temperaturas altas ( $>25^{\circ}\text{C}$ ) son



perjudiciales para la lechuga, porque después de transcurridos los estados de iluminación y vernalización se favorece el rápido crecimiento del tallo floral (Whitaker *et al.*, 1965; Maroto, 1982). Para la formación del tallo floral y los órganos generativos, la temperatura óptima está entre 20 y 22 °C (Cásseres, 1984). Al parecer temperaturas elevadas (10 a 12 °C) durante la noche, particularmente durante la formación de “cabeza”, es el principal factor responsable de la falta de firmeza y posible emisión del tallo floral (Edmond y Andrews, 1985).

La producción de semilla de lechuga debe hacerse en lugares con estación de crecimiento larga y caliente, libre de lluvias y vientos durante el periodo de floración y cosecha de semilla con el objetivo de reducir el contenido de humedad interna de estas estructuras favoreciendo un buen manejo postcosecha.

La lechuga, desde un punto de vista reproductivo, se clasifica como una planta de días largos y noches cortas. En tales condiciones, muchas variedades forman su tallo floral con mayor rapidez; por lo que, la formación anticipada del tallo floral se da por una combinación entre día largo y altas temperaturas (Reiley, 1979; citado por Valdés, 1988)

Es una planta exigente en relación con la intensidad de luz; requiere según Turchi (1987), aproximadamente 50,000 luxes. Cuando existe un exceso de luz, se reduce el contenido de clorofila de las hojas volviéndose amarillentas ya que se afecta el pigmento

llamado caroteno (Hall *et al.*, 1975); en consecuencia, se deben evitar tanto las altas como las bajas intensidades de luz (Hartman y Kester, 1976).

La semilla se considera fotosensible y sólo germina si es sembrada en forma superficial o bien, si durante el proceso de beneficio recibe el estímulo luminoso el cual puede mantener hasta el momento de la siembra (Edmond y Andrews, 1985).

Las semillas de la mayor parte de las especies que responden a la luz no están domesticadas y son ricas en grasa pero son tan pequeñas que sus plántulas a veces no alcanzan la luz en la superficie del suelo antes de que se agoten sus reservas alimenticias.

En numerosas semillas que son fotolátentes o latentes por otras razones, la aplicación de giberelinas sustituye a la luz u otro requerimiento ambiental, y para unas cuantas especies como la lechuga, las citocininas también sustituyen a la luz o la reemplazan de manera parcial. Por lo general las auxinas no promueven la germinación de semillas fotolátentes o no latentes y son, por el contrario, inocuas en bajas concentraciones o inhibitorias en concentraciones elevadas (Thomas, 1989, citado por Salisbury y Ross, 1992). El desempeño del etileno es menos claro; no puede romper la fotolátencia, pero sí superarla de forma parcial. Existen evidencias de que el etileno presente en la zona radical puede superar de manera parcial la latencia provocada por temperaturas elevadas en semillas de lechuga (Esashi *et al.* 1983, citados por Salisbury y Ross, 1992).

Se conocen algunas semillas que responden al fotoperiodo. Pocas especies producen semillas cuya germinación la promueven los días cortos; es más común la promoción por días largos. También se sabe que el fotoperiodo al que se exponen las plantas madres durante el desarrollo de sus semillas puede influir mucho en la subsecuente germinación de éstas. Con frecuencia, los días cortos aplicados a la planta madre aumentan la capacidad de germinación de las semillas en comparación con las que se desarrollan con días largos aunque, hay informes de algunas excepciones; es decir, la germinación es mejor cuando las plantas madres se exponen a días largos, por ejemplo la lechuga (Koller, 1962; citado por Salisbury y Ross, 1992).

Un efecto adicional de los efectos de la luz sobre la germinación es una interacción con la temperatura. La temperatura casi no produce efectos en las interconversiones fotoquímicas de Pr y Pfr, pero las reacciones químicas controladas por Pfr y que influyen en su destrucción son muy sensibles a la temperatura. Un ejemplo de control crucial determinado por la temperatura se presenta en semillas de lechuga de la variedad "Grand Rapids". En general, la luz promueve su germinación pero, la exposición prolongada a 35 °C, después de un sólo tratamiento de luz, mantiene su latencia. De forma análoga, las semillas de lechuga de la variedad "Great Lakes" casi no requieren luz para germinar; pero si se empapan a 35 °C, se vuelven fotolateras y entonces sólo germinan con luz y a esa temperatura o a una menor. Por otra parte temperaturas frías, de 10 a 15 °C, permiten a la lechuga Grand Rapids (por lo menos en algunos lotes de semilla), germinar incluso sin un tratamiento con luz.



Una forma química de romper el letargo en las semillas de lechuga debido a altas temperaturas del suelo (25, 30 ó 35 °C), es mediante la inmersión en cinetina (100 ppm por 3 minutos) logrando hasta un 67%; mientras que, no germinó ninguna de las semillas no tratadas.

La latencia se rompe por medio de la luz sólo cuando las semillas están parcial o totalmente hidratadas. Sólo entonces Pr se hidrata por completo para transformarse a Pfr. Cuando las semillas de lechuga de la variedad Great Rapids se saturan, se exponen a la luz para formar Pfr y luego se deshidratan de inmediato, germinaran en la oscuridad al volverlas a humedecer, lo que llega a ocurrir en un plazo de hasta un año. Esto demuestra que Pfr es estable en semillas secas por largos periodos. El hecho de que este Pfr sea estable en semillas secas también se demuestra por la necesidad, de las semillas de lechuga, de un tratamiento de luz-oscuridad después de que se secan bajo luz del infrarrojo lejano. Una implicación de la estabilidad de Pr y Pfr es que si una semilla requiere de luz para germinar dependerá de la cantidad de Pfr que se haya producido en ella durante la maduración en la planta madre (Weaver, 1990).

La cantidad de clorofila que cubre al embrión cuando madura la semilla es de especial importancia en la determinación de si las semillas de una determinada especie serán o no fotolaterentes. En general, los embriones que permanecen cubiertos durante la maduración, por tejidos maternos que contienen cantidades elevadas de clorofila, requieren de luz para germinar; mientras que, los que están cubiertos por tejidos

maternos con poca o sin clorofila no la necesitan. Al parecer, la razón de esto es que la clorofila absorbe las longitudes de onda del rojo e impide la formación de Pfr en los embriones en maduración; por lo tanto, Pfr permite que germinen semillas fotolátentes como la lechuga. La conclusión es que Pfr incrementa el potencial de crecimiento de las células de la radícula, tal vez el de las que están situadas en la región de elongación, al disminuir su potencial hídrico para que absorban agua del suelo con mayor facilidad y germinen. La germinación de semillas de lechuga que requieren de luz, no se da en la oscuridad porque la radícula no puede crecer con la fuerza suficiente para romper las capas que la rodean. La radícula de la lechuga está restringida casi por completo por el fuerte endospermo, aunque sólo tenga un grosor de dos o tres capas de células. Para lechuga y *Datura ferox*, tanto el aumento en el empuje por parte de la radícula como el debilitamiento de la barrera del endospermo cercana a la punta de la radícula son importantes ( Salisbury y Ross, 1992).

La temperatura y el fotoperiodo afectan el crecimiento y la floración de la lechuga. Thompson y Knott (1933), citados por Maroto (1982), encontraron que las temperaturas de 21 a 27 °C y bajo condiciones de fotoperiodo corto (10 a 12 horas) impiden la formación de cabeza acelerando en forma notable la emisión de los tallos florales.

La lechuga es una planta anual, cuya respuesta al fotoperiodo varía según las variedades. Aunque en general, es considerada como una planta de día largo y noche

corta. En tales condiciones, muchas de las variedades forman un tallo floral con mayor rapidez, esto se facilita por una combinación entre día largo y altas temperaturas (Guenkov, 1974). El aumento de la longitud del día no parece acelerar la iniciación de los tallos florales; sin embargo, en condiciones de fotoperiodo largo, los tallos florales se desarrollan más rápidamente que en condiciones de fotoperiodo corto (Muñoz, 1961).

Las variedades del grupo Grandes Lagos, en general florecen sin necesidad de vernalización de sus semillas con temperaturas nocturnas superiores a 18 °C. Con temperaturas de 21 a 27 °C y bajo condiciones de fotoperiodo corto (10 a 12 horas luz), las plantas emiten tallos florales rápidamente; mientras que, un fotoperiodo largo y temperaturas de 10 a 16 °C, incrementan el tamaño de las cabezas (Maroto, 1982).

#### **2.9.5 Eliminación de plantas enfermas y fuera de tipo**

Esta operación es la más importante y se considera como el punto clave para la obtención de semilla libre de mosaico o la producida por plantas con características indeseables. El número de inspecciones es variable debiendo eliminar plantas retrasadas o enanas, las más adelantadas y las fuera de tipo. Las plantas desechadas deben ser sacadas del campo de producción y destruidas (Muñoz, 1961).

#### **2.9.6 Labores culturales**

**Riego.** Las semillas de lechuga necesitan para germinar un contenido de humedad mínima en el suelo del 50% sobre el porcentaje de marchitez permanente



(Mallar, 1978). En el caso de surcado tipo cama y siembras directas, procurar que el agua no “suba” por el surco ya que permite la formación de costra la cual impide la emergencia de las plántulas.

Cuando la lechuga se establece por trasplante, la humedad disponible en los primeros 10 cm del suelo debe ser constante, no importando el número de riegos pero sin excesos, desde el momento de colocar la planta hasta el enraizamiento (5 a 15 días) para favorecer el establecimiento radical y el equilibrio entre la absorción y la transpiración dado el poco desarrollo del sistema radical (Garza, 1981).

El número y frecuencia de los riegos depende de muchos factores. El cultivo destinado a producir semilla se recomienda conducirlo con el mínimo de agua; una lámina de aproximadamente 35 cm distribuida en todo el ciclo es suficiente siempre y cuando se tome en cuenta regar al momento del raleo, después del rajado de las cabezas y al inicio de la floración lo cual permite obtener buen rendimiento y reducir problemas propios del cultivo (Granval, 1989)

**Fertilización.** La lechuga es muy exigente en cuanto al balance nutricional y a los nutrientes presentes en el suelo debido a su gran precocidad, por lo que su ritmo de crecimiento y de extracción de sustancias nutritivas (Cuadro 2) es mayor que el de otras especies. En promedio, la lechuga absorbe 95 kg de nitrógeno, 27 kg de ácido fosfórico y 208 kg de potasio por hectárea (Zink y Yamaguchi, 1962; citados por Mallar, 1978).

Cuadro 2. Cifras medias de extracción de nutrientes por la lechuga.  
(Tomado de Maroto, 1982)

| Ren.<br>(t ha <sup>-1</sup> ) | N<br>* | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>* | K <sub>2</sub> O<br>* | CaO<br>* | MgO<br>* | Fuente                    | aVariedad-modalidad                   |
|-------------------------------|--------|------------------------------------|-----------------------|----------|----------|---------------------------|---------------------------------------|
| 25.0                          | 55     | 20                                 | 120                   | 35       | 10.0     | Anstett (1967)            | Pleno campo<br>(primavera)            |
| 24.5                          | 67     | 28                                 | 127                   | 29       | 9.7      | Anstett (1967)            | Cultivo forzado                       |
| 45.0                          | 100    | 50                                 | 250                   | --       | 12.0     | Stephan (1971)            | Cultivo en invierno<br>(180000 pl/ha) |
| 25.0                          | 53     | 20                                 | 100                   | --       | --       | Jacob y Ueskúll<br>(1973) | L. romana                             |
| 25.0                          | 52     | 20                                 | 50                    | --       | --       | " "                       | L. arrepollada                        |
| 18.0                          | 45     | 11                                 | 54                    | 9        | 4.5      | Knott (1962)              | -----                                 |
| 47.0                          | 106    | 31                                 | 233                   | 51       | 22.0     | "                         | -----                                 |

Ren= Rendimiento; \*= kg ha<sup>-1</sup>; N= Nitrógeno; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = Fósforo; K<sub>2</sub>O = Potasio;  
CaO= Calcio; MgO= Magnesio.

El rendimiento y la calidad de la lechuga son afectados marcadamente por la fertilización deficiente en nitrógeno (menos de 40 unidades) originando plantas pequeñas con coloración amarillenta y poco succulentas. Por otro lado, dosis altas (>180 unidades/ha) provocan un rápido crecimiento de la planta y la aparición prematura del tallo floral, retrasando la formación de cabezas en la variedad capitata, las cuales quedan sueltas y livianas (Valdés, 1988). Por consiguiente, debe exederse la fertilización nitrogenada para favorecer la aparición prematura del talamo o tallo floral. El nitrógeno aplicado al momento de la brotación de los tallos florales según Mallar (1978), favorece los rendimientos de semilla.

La lechuga responde notablemente a las aplicaciones de fósforo, por lo que se recomienda una aplicación de 150 a 300 kg. ha<sup>-1</sup> de superfosfato triple antes o en el

momento de la siembra o trasplante, puede aplicarse sólo o combinado con 50 a 100 kg. ha<sup>-1</sup> de sulfato de amonio al trasplante o siembra directa en bandas a 5 cm de profundidad y 7 cm de distancia de la planta o semilla.

Muñoz (1961) menciona que al utilizar la fórmula 21-53-00 kg. ha<sup>-1</sup> de N-P-K, se logró un rendimiento de 300 kg. ha<sup>-1</sup> de semilla de lechuga en el Valle del Yaqui Sonora, México.

**Enfermedades y plagas.** Aparte de la virosis conocida como “Mosaico de la lechuga” ( *Marmor lactucae* Holmes), se puede decir que esta planta no sufre, a excepción de *Erwinias* (Cortés, 1990), el ataque de muchas enfermedades en nuestro país, lo cual se atribuye en parte al uso de variedades resistentes de los Estados Unidos y de Europa; así como al dispersamiento de las áreas de cultivo en tiempo y espacio que realiza el productor. Fue reconocido y descrito por primera vez en Florida por Jagger en 1921 y, Newhall en 1923 demostró que es transmitido por semilla (Muñoz, 1961). El virus del mosaico de la lechuga (VML) existe en estado endémico en todos los lugares del mundo donde se cultiva esta especie siendo sus daños de gran importancia económica. Esta enfermedad es el principal factor que dificulta la producción de semilla de alta calidad en las zonas productoras de semilla de lechuga. Los daños ocasionados por este virus son muy variables y su importancia depende en gran parte de condiciones climáticas favorables y de la población de insectos vectores así como su diseminación vía semilla (Muñoz, 1961). La importancia de esta enfermedad radica en que las plantas



infectadas con el virus no se desarrollan normalmente ni forman cabeza, quedando achaparradas. Los estudios hechos por Zink y Welch (1976), citados por Granval (1989) han demostrado que si el porcentaje de mosaico en la semilla usada en la siembra está por abajo del 0.1%, entonces el control posterior de la enfermedad puede ser satisfactoria mediante la eliminación de las plantas enfermas, pero sin olvidar que la mayor o menor facilidad para el control del virus también depende de la población y de la actividad de los vectores que se presenten así como de la actividad en el combate de ellos. Los síntomas del mosaico en las lechugas de cabeza, de acuerdo con los diferentes estados del desarrollo, son los siguientes:

**En las plantas jóvenes.** Los primeros síntomas del mosaico en las plántulas de lechuga son un ligero enrollamiento de las hojas hacia adentro y a lo largo de la nervadura central. La primera hoja verdadera, es a menudo, irregularmente formada y ligeramente lobulada. Estos síntomas son acompañados de un moteado verde pálido a amarillo en la hoja. Más tarde, en el estado de roseta joven, las hojas moteadas pueden mostrar las venas de un color claro y un ligero bronceado. Lo anterior es debido a la mancha necrótica del limbo de la hoja, especialmente a lo largo de las venillas más pequeñas. La intensidad de los síntomas depende de la variedad y de algunos factores del clima no definidos aún.

**En las plantas más viejas.** Los síntomas del moteado, en general, no se presentan en las plantas más viejas debiendo usarse otros síntomas para la identificación

de la variedad. La enfermedad en las plantas de la mitad de su crecimiento a la madurez, por ejemplo cercanas a la edad comercial, se reconocen por un achaparramiento severo y una coloración que varía del verde claro hasta ligeramente amarilla en todo la planta. La punta de las hojas más externas, se enrollan hacia atrás y las plantas presentan una apariencia marchita, aunque las hojas pueden estar completamente turgentes. El moteado si aún es distinguible, puede ubicarse cerca de los márgenes de las hojas. La mayoría de las plantas, especialmente las infectadas temprano, son enanas y no forman cabeza. Las nervaduras centrales, en estas plantas mal desarrolladas, resaltan en forma anormal en el envés de las hojas, dando a la parte inferior de las cabezas una apariencia costilluda. Este síntoma es particularmente notable en los materiales Grandes Lagos. En algunas variedades, el mosaico se reconoce fácilmente por un aserramiento muy marcado de los márgenes de las hojas.

**En las plantas para semilla.** En los campos dedicados a la producción de semilla, el mosaico es fácilmente reconocible por un moteado característico en las hojas más jóvenes de las plantas enfermas que han producido tallos florales. Como esta condición es muy común en los campos de producción de semilla comercial, ello es considerado algunas veces como la apariencia normal de las plantas.

El porcentaje de transmisión del virus del mosaico a través de la semilla, depende de la constitución genética de la planta y de la variedad. Por lo tanto, la selección individual de plantas dentro de una variedad determinada, que no transmita el virus a

través de la semilla puede ser la solución más considerable del problema de obtener semilla básica libre de mosaico.

Según Couch (1955), citado por Granval (1989), las plantas de lechuga inoculadas inmediatamente antes de la floración, produjeron mayor cantidad de semilla infectada que las que fueron inoculadas poco después de la siembra. Las plantas que son infectadas después de que ha empezado la floración, no transmiten el virus a través de la semilla. Cuando el nivel del virus llega a su máximo, el procambium de las terminaciones florales es destruido, la epidermis se degenera, los vasos y los elementos laticíferos del pedúnculo son obturados con una exudación gomosa y posteriormente todo el pie floral se marchita. Con este marchitamiento completo, se observa un decrecimiento en la actividad del virus, y un nuevo grupo de pies florales se inicia. Aparentemente el virus no alcanza al embrión o si lo hace, evidentemente no tiene suficiente actividad como para infectar la semilla.

El virus mosaico de la lechuga tiene un gran número de plantas hospederas. Entre estas se incluyen malas hierbas, plantas de ornato y plantas cultivadas para alimento tales como: quelites, caléndula, lechuga cultivada y silvestre, malva, espinaca, diente de león, etc.

El vector del mosaico es principalmente el pulgón verde del durazno (*Myzus persicae* Sulzer). En la producción de semilla de lechuga se considera como la plaga



principal a combatir; no obstante, existen otros vectores también de importancia. Son de color verdoso, amarillento, negros o rojizo, hembras aladas vivíparas manchadas de negro que emigran de las hospederas primarias de invierno y se establecen en hospederas de todas las clases en primavera y verano. Pueden recorrer grandes distancias, sobre todo si son transportadas por vientos favorables. Según Muñoz (1961), es muy difícil tener una lista completa que incluya a todas las hospederas de esta plaga ya que sus hábitos alimenticios son muy variados y que su capacidad para adquirir nuevas hospederas parece ser ilimitada. Sus principales hospederas son los frutales de hueso duro (durazno, ciruelo, etc.) y plantas herbáceas como lechuga, alfalfa, chile, berenjena, etc.

Los predadores, los parásitos, las altas temperaturas del verano y las bajas temperaturas en invierno, pueden explicar la reducción de la población de *Myzus persicae* durante épocas del año; no obstante, bajo ciertas condiciones, es una plaga que se multiplica muy rápidamente debiendo realizar combates químicos (Metasystox o Phosdrín, 300 c.c./100 litros de agua). Las aplicaciones deben iniciarse con la mínima presencia de pulgones y continuarse con intervalos de 10 a 15 días suspendiéndose una vez que se ha formado la semilla ya que cuando un pulgón se posa a comer sobre una planta infectada con mosaico, el periodo de adquisición del virus se inicia entre los 11 y 15 segundos desde que empieza a comer. La efectividad en la adquisición del virus, aumenta a medida que el periodo de alimentación se extiende hasta los 30 segundos. Debido a la rapidez con que el pulgón pierde la infección, éste necesita volver a infectarse para poder difundir la enfermedad. Se ha demostrado que en un tiempo muy

corto, un individuo puede infectar hasta cuatro plantas consecutivas; pero después, hay un decrecimiento en la probabilidad de infectar nuevas plantas.

Ryder y Duffus (1985), citados por Granval (1989), encontraron que el VML redujo el peso total de la semilla en un 62% y el número de semillas en un 68% sobre plantas infectadas a los 45 días de sembradas bajo invernadero.

### **2.9.7 Métodos para favorecer la emisión del tallo floral**

Las instituciones oficiales y privadas así como los productores interesados en la producción de semillas, deberán conocer la fenología y las exigencias del cultivo no sólo hasta que alcanza su estado de consumo sino durante todo el ciclo de vida de la planta así como los mejores métodos alternativos para influir sobre la floración. Así, plantas anuales como la lechuga, requieren de un sólo ciclo para ser producidas con fines alimenticios y/o producción de semilla (Leslien, 1983).

Mallar (1978), León (1984), Raimond (1989) y Granval (1989) mencionan que para favorecer la salida del escapo floral de la lechuga, se puede recurrir al uso de los siguientes métodos: a) Mecánico ( corte en cruz de la cabeza; corte de la cabeza a ras del suelo lo cual favorece brotes laterales en el tallo, éste método da poco resultado en cultivares de cabeza; presión a la parte superior de la cabeza para romper hojas y sacar de un tirón la cabeza hacia arriba dejando el escapo floral y, la eliminación de hojas envolventes cuando son pocas plantas ( trabajos de mejoramiento ); los autores no

mencionan rendimientos ni calidad obtenida en cada modalidad y, b) Hormonal (Giberelinas), siendo el método más usado a nivel comercial. Se realizan de dos a tres aspersiones de AG<sub>3</sub> cuando las plantas presentan 4, 8 ó 12 hojas verdaderas a una concentración de 5, 7 ó 10 ppm. Mediante esta técnica se puede llegar a obtener un rendimiento de semilla de 600 a 800 kg. ha<sup>-1</sup> (Maroto, 1982) siendo un rendimiento aceptable ya que en un cultivo para semilla no tratado puede producir de 100 hasta 400 kg. ha<sup>-1</sup> de semilla (Guenkov, 1974).

Las variantes del método mecánico para la eliminación de las cabezas, generalmente dañan gravemente a las plantas y, en esa forma reducen los rendimientos. Por tales razones en la actualidad, se recurre preferentemente a la aplicación de giberelinas comerciales ya que estimulan el crecimiento rápido del tallo antes de la formación de las cabezas y, en esta forma, eliminar la necesidad de descabezar ya que, el mayor gasto al cultivar lechugas para la obtención de semilla de variedades de cabeza compacta, es el costo del “descabezado” (Weaver, 1990).

Los fisiólogos han investigado el uso de reguladores del crecimiento para estimular la floración de un gran número de especies. Hasta el momento ha sido el ácido giberélico, el material más prometedor para promover el alargamiento del tallo floral y la floración en lechuga, aunque las plantas no estén en condiciones inductivas (día largo y temperaturas de 18 a 21 °C), aplicado en una etapa de desarrollo temprana (4, 8 ó 12 hojas) y dosis de 7.5 a 10 ppm (Muñoz, 1961).



En México, las investigaciones relacionadas con la especie están principalmente enfocadas hacia la obtención de un alto rendimiento comercial de hoja siendo pocos los trabajos publicados en relación con la producción de semilla de lechuga, principalmente en cultivares de cabeza, mediante el uso de tratamientos hormonales o mecánicos; además de que, carecen de una metodología clara y completa enfocada a favorecer rendimiento, calidad y oportunidad para la producción.

#### **2.9.8 Desarrollo del tallo floral**

El desarrollo de la lechuga ocurre en dos estados. El primero es vegetativo; la formación de una roseta de hojas y/o cabeza, es seguida por la elongación del tallo floral y la floración (Valadéz, 1992).

La formación del tallo floral en lechuga (estado reproductivo) es un evento indeseable agrícola significando el final del mercado del cultivo; esto es desde luego, biológicamente necesario, y en el mejoramiento de plantas es esencial cuando el objetivo es hacer cruza o producir semilla. Los cultivares de “cabeza” muy compacta, como es el grupo de los “Grandes Lagos”, el tallo floral queda encerrado en la cabeza o bien sale deformado; por lo tanto, el rendimiento de semilla se reduce (Tamaro, 1983).

El efecto promotor de las condiciones de día largo en la elongación del tallo puede atribuirse a un incremento endógeno de giberelinas activas. En espinaca, se requiere  $AG_1$  durante el proceso de elongación del tallo (Azcón y Talon, 1993)

### 2.9.9 Floración

En los primeros estados de desarrollo de la flor lo primero que aparece son los primordios de la corola, siguiendo los estambres, vilano y los carpelos. Las microsporas maduran más pronto que las megasporas. Sólo se forma una hilera de células de polen madre, cada una produce cuatro microsporas (granos de polen). Cada grano de polen tiene dos espermis filamentosos y un tubo nuclear (Pérez, 1991).

La elongación del tallo floral produce un capítulo terminal simple (flor compuesta) y una serie de ramas con muchos capítulos que forman la panícula. Cada capítulo está compuesto por un involucro con brácteas sobrepuestas alrededor de varias florecillas (de 10 a 20). Cada florecilla consta de una corola amarilla ligulada (en forma de banda) encerrando las partes sexuales. Los estambres están fundidos en forma de un tubo, y las florecillas abren en la mañana. Los granos de polen de las anteras caen en la superficie de ellas. En la elongación del estilo los dos lóbulos estigmáticos recibieron el polen y éstos se deslizan rápidamente a lo largo del estigma. El capítulo empieza a hincharse cerca de las 24 hora antes de la antesis así como las florecillas a agrandarse. En el transcurso de la mañana las florecillas se elongan y abren exponiendo la columna estaminal del cual continúa la salida del estilo y los estigmas. Los lóbulos separados forman una "V" y cuando ellos se enroscan hacia atrás, significa el fin de la receptividad (Pérez, 1991). Las flores de la lechuga abren solamente una vez. El proceso toma lugar en 1 a 2 horas. Las altas temperaturas y el incremento de la luz acelera este proceso (Ryder, 1986).

### **2.9.10 Polinización y cruzamiento**

La polinización se realiza en un breve lapso de tiempo en la cual la flor se encuentra abierta, ya que se abren rutinariamente por la mañana permaneciendo así por corto tiempo, luego se marchita. Las anteras maduran a medida que el estilo se desarrolla; los estigmas emergen del “tubito” formado por los estambres ya cubiertos por los granos de polen favoreciendo la polinización.

El transporte del polen al estigma se realiza en las plantas con flores por el viento, por los animales o por el agua. En la práctica, por lo que se refiere a la producción de semillas, solamente se realiza el transporte por los insectos o por el viento; siendo los insectos los agentes más importantes del reino animal. Algunas de las especies que pueden ser ocasionalmente polinizadas por insectos son, en la mayor parte si no en su totalidad, autógamas. Esto sucede como consecuencia de la morfología de las flores que está básicamente adaptada a la autopolinización siendo un ejemplo típico la lechuga, especie que presenta como máximo un 2.3% de cruzamiento, mecanismo que favorece y garantiza la producción e incremento del material básico y comercial de interés en corto tiempo conservando su identidad genética (Raimond, 1989)

En la inflorescencia primero se abren las flores superiores, luego las intermedias y por último las inferiores; de ahí que también la maduración de los frutos sea sucesiva. La antesis de la flor y la maduración del fruto transcurren entre 10 y 15 días iniciándose la cosecha cuando el 50 a 60% de las plantas presentan pápus blanco. (Mallar, 1978).



Según Soffer y Smith (1965), citados por Mallar (1978), la lechuga florece durante un periodo de 70 días, pero más del 90% de la semilla cosechada corresponde a las flores que han abierto en los primeros 35 días. El tamaño de la semilla no está relacionada con el número de semillas por capítulo (13 - 20). El rendimiento de semilla y su calidad no resultan afectadas por una cosecha temprana o por una disminución del agua o de los nutrientes durante la primera mitad del periodo de floración pero sí por el tipo de polinización:

**Polinización natural.** La flor de la lechuga por su estructura es de autopolinización obligada. No obstante, se ha visto que entre plantas adyacentes puede haber cruzamiento hasta en un 7%, aunque por lo regular, el promedio de polinización cruzada es de 1 a 3.3 % (Whitaker *et al.*, 1965). La polinización se realiza antes de abrirse las flores, y la fecundación, alrededor de cinco horas después (Guenkov, 1974).

**Polinización artificial.** La secuencia de los eventos en una flor abierta dictamina las necesidades de una técnica especial de cruzamiento. Específicamente, el tubo seminal encerrado es delicado al quitarse y dificulta ser removido, aunque, con un fino par de pinzas el tubo puede ser removido al inicio de la mañana antes de que el estilo haya emergido arriba de la punta de los estambres. Sin embargo, remover varios tubos individuales en una flor puede resultar tedioso y tardío (Ryder, 1986); por lo que, se han propuesto varios métodos para la polinización. Los más comúnmente usados fueron desarrollados por Oliver (1962). El autor (1986) menciona que ha utilizado los dos

métodos y frecuentemente obtiene 100% de autofecundación y cruzamiento. Sin embargo, el método original de Oliver sólo es adecuado cuando son necesarias unos cuantos híbridos y cuando las cruza pueden ser fácilmente distinguidas de plantas autofecundadas. Otro método de cruzamiento ha sido propuesto por Person (1962).

Las cruza pueden hacerse fácilmente en invernadero. También puede hacerse a campo abierto ya que existe poco peligro de contaminación por polen extraño, aunque el viento, la lluvia o los insectos pueden causar bajas en las semillas híbridas. El polen de la lechuga es pegajoso y no es fácilmente acarreado por el viento; por otro lado, hay pocos insectos que trabajan sobre la lechuga.

#### **2.9.11 Cosecha, limpieza y rendimiento de semilla**

La lechuga, tiene una fuerte tendencia a la maduración precoz de las semillas que se desprenden antes de su total desarrollo. Esta pérdida de semilla antes de su recolección, a menudo se conoce como “desgranado”. Se ha puesto un gran interés en el empleo del “acetato de polivinilo” pulverizado sobre los cultivos portagranos para prevenir el desgranado. Este material actúa como un pegamento que se seca sobre la planta y previene el desgranado mientras se desarrolla la semilla (Williams, 1977; citado por Granval, 1989).

Otras causas que producen pérdidas de semillas antes de la recolección son los pájaros, los pequeños roedores y el mal tiempo. Las redes son eficaces para parcelas

pequeñas de producción de semilla de base, pero no son factibles para superficies grandes. Por lo cual, lo común es utilizar ahuyentadores auditivos (petardos, matracas), espantapájaros, materiales reflejantes de la luz o bien globos de colores llamativos.

Puede suceder el desplome o “encamado” del cultivo antes de la siega o recolección debido al peso extra de las inflorescencias en el ápice de la planta asociado, en parte, a varios factores del ambiente como el viento o las lluvias intensas que pueden derribar las plantas o reducir la eficiencia de su sistema radicular o la acción de animales (pájaros, roedores) incontrolados o bien, la acción de factores culturales como es la fertilización al aplicar un elevado contenido de nitrógeno durante las primeras etapas del desarrollo.

Dado que la floración se presenta en dos o tres épocas, se permite cosechar dos o tres veces, sobre todo cuando ésta se realiza manualmente, sacudiendo las plantas individualmente.

Jones (1927), citado por Granval (1989), indica que transcurren en promedio 12 días entre la apertura floral y la maduración de la semilla. Generalmente se recomienda cosechar cuando se tenga un 50% de la planta en estado plumoso; no obstante, los mejores rendimientos se favorecen cuando la planta está al 100% en este estado, con el riesgo de pérdidas debido a vientos, lluvias o ataque de pájaros. La cosecha puede realizarse de diversas maneras: a) cortando a mano las plantas mediante el uso de equipo



cortante (tijeras, navajas, etc.). Las plantas se amontonan y posteriormente se trillan. Con esta forma, únicamente se realiza una cosecha reduciéndose el rendimiento; b) Uso de maquinas combinadas similares a las usadas en los campos de trigo las cuales cortan toda la planta. Sólo se realiza una cosecha y se tiene la desventaja de que también se cortan las malas hierbas dificultando la limpieza de la semilla.

Los métodos descritos tienen mucho riesgo de pérdidas debido al viento y a la lluvia pues es necesario dejar que toda o casi toda la semilla madure para efectuar la actividad. Una alternativa es sacudir las plantas dentro de una bolsa de lona, la cual trae atada a la cintura el trabajador. De esta manera se puede realizar el número de cosechas necesarias con lo cual se puede obtener rendimientos de semilla más altos, madures uniforme y una rápida limpieza de la misma. Se sugiere realizar la limpieza de la semilla inmediatamente después de la trilla o cosecha mediante el uso de cribas y corrientes de aire con lo cual se permite separar la semilla de la basura (Muñoz, 1961).

Generalmente, una recolección tardía aumenta los rendimientos de semilla; sin embargo, también aumentan las pérdidas con el retraso de la recolección desde el momento en que se alcanza el porcentaje óptimo de madurez. La incidencia del desgranado del material maduro se incrementa con tiempo seco. Los cultivos que son particularmente propensos al desgranado durante la recolección, como la lechuga, deberán ser cosechados con humedad relativa comparativamente alta o bien aplicando sobre los frutos y semillas productos químicos.

Los rendimientos depende de muchos factores tales como la variedad, el grado de infección del mosaico, la localidad, la fertilidad del suelo, el manejo del cultivo, etc.

En general las variedades de hoja producen mayor cantidad de semilla que las de cabeza. Algunas de las variedades de lechuga más tardías, como la "Grandes Lagos", dan un rendimiento bajo de semilla. Los rendimientos pueden variar entre 100 y 500 kg. ha<sup>-1</sup>.

#### **2.9.12 Beneficio y almacenamiento de semilla**

El beneficio es el conjunto de operaciones a las que se somete la semilla después de ser cosechada para que cumpla las normas establecidas para su venta. Esto debido a que la semilla tal como llega del campo a la planta beneficiadora nunca se encuentra pura; es decir, viene mezclada con semillas de malezas, material inerte, semillas de otros cultivos, etc., y tiene que ser separada para obtener semilla pura que pueda ser almacenada o distribuida a los agricultores para sus siembras. El beneficio comprende las etapas de acarreo, preacondicionamiento, secado, limpieza, clasificación, selección, tratamiento y envasado. La importancia del beneficio radica en que de un lote de semilla se obtiene el máximo porcentaje de semilla pura, con el más alto grado de uniformidad, mayor capacidad germinativa y vigor de la semilla (Vaughan *et al.*, 1970)

La semilla beneficiada deberá ser muestreada para determinar el porcentaje de mosaico, germinación y pureza con el fin de garantizar su precio y su éxito en la

producción. Una vez beneficiada y empacada la semilla, ésta debe almacenarse en una bodega fría y seca. Para casi todos los tipos de lechuga, es necesario almacenar la semilla por un año antes de sembrarla, dado que ésta pasa por un periodo de reposo o letargo antes de poder germinar bien. La semilla fresca contiene un aceite que inhibe la germinación. Durante el periodo de almacenamiento, este aceite se seca y evapora de la semilla.

Se ha detectado una película semipermeable que envuelve estrechamente al embrión retardando el intercambio de gases. Asimismo, existe también la posibilidad de que los productos del metabolismo se acumulen a altas temperaturas en el endospermo o en el embrión, y que esos productos inhiban los estados iniciales de la germinación (Muñoz, 1961).

Si por alguna razón es necesario usar semilla fresca en el siguiente ciclo de producción, se puede acelerar el secamiento y evaporación del aceite exponiendo la semilla al sol sobre lonas colocándola en capas delgadas y removiéndola con frecuencia.

Los daños producidos a las semillas en el campo antes de la recolección vienen frecuentemente asociados con la acción, sola o combinada, de los factores ambientales como alta humedad relativa, precipitaciones excesivas y elevadas temperaturas reduciendo la vitalidad de las semillas almacenadas.



## 2.10 Calidad de la semilla

El término calidad de semilla tiene diferentes acepciones de acuerdo con el enfoque dado, se habla de homogeneidad genética, apariencia física, firmeza, uniformidad, viabilidad y a menudo el comportamiento de la planta en campo en términos de emergencia, desarrollo, crecimiento y rendimiento de cosecha; sin embargo, generalmente, este término es referido a la viabilidad y vigor (Maguirre, 1977). Por otra parte, Thompson (1979) citado por Santiago (1994), menciona que la calidad de la semilla es un concepto múltiple que comprende los componentes anteriores, además del tamaño de la semilla y el contenido de humedad, que más tarde se ubican dentro del componente fisiológico. Para obtener semilla de alta calidad es necesario que en la producción se emplee semilla libre de enfermedades; se aisle el lote de producción en tiempo y espacio; eliminación de plantas enfermas, fuera de tipo y malezas; se suministre una nutrición adecuada y suministro de humedad, así como que se eviten mezclas con otras semillas en el beneficio (Garatuza, 1963; citado por Raimond, 1989).

Durante mucho tiempo, se consideró que la calidad de la semilla estaba definida por aspectos como la germinación, pureza y sanidad. Esto originó que lotes de semilla de elevada calidad, de acuerdo con el análisis de laboratorio, en algunas ocasiones no mostrara un comportamiento satisfactorio en el campo; por lo que, fue necesario considerar al vigor como un cuarto componente de la calidad (Perry, 1980). Garay (1989) menciona que la calidad de la semilla es el conjunto de cualidades genéticas,

fisiológicas, sanitarias y físicas que dan a ésta la capacidad para dar origen a plantas productivas. Por su parte Andrade (1992) indica que la calidad de la semilla es un componente básico para obtener una mayor eficiencia productiva; una semilla de alta calidad es capaz de desarrollar una emergencia rápida y uniforme en una gran amplitud de condiciones ambientales.

Rincón (1989) señala que el éxito en la producción de la semilla depende básicamente del nivel de calidad que tenga ésta. En términos generales, la calidad de la semilla se puede agrupar de la siguiente forma: a) Genética, es un factor que corresponde a la fidelidad con que la semilla transmite las características genotípicas de la variedad, tales como identidad y pureza genética (García, 1967). Se incluyen materiales con características sobresalientes como mayor rendimiento, mejor calidad, respuesta satisfactoria a condiciones ecológicas específicas, así como a la aplicación de fertilizantes y plaguicidas (Garay, 1989). La calidad genética se puede asegurar sembrando semillas auténticas y puras, manteniendo la autenticidad y pureza durante su multiplicación; b) Calidad física, típicamente se asocia con la presencia o ausencia de cualquier contaminante distinto a la semilla. Garay (1989) indica que la calidad física es uno de los factores más importantes para evitar la diseminación de malezas e insectos.

Bustamante (1983); citado por Andrede (1992), señala que el peso de semilla es otro indicador de la calidad, ya que se ha visto que un cultivo con falta de nutrientes, agua, daño por heladas, se verá reflejado en el tamaño y peso de semilla.

Según García (1967), la calidad física consiste en determinar el contenido de humedad, el peso por volumen y la pureza de la semilla considerando dentro de ésta última, los componentes semilla pura, semilla de otros cultivos, semilla de malas hierbas y materia inerte. Adicionalmente hace mención del color, tamaño y forma como componentes de calidad ya que en algunas investigaciones han representado diferencia en cuanto al desarrollo de las plantas.

Harrington (1979) menciona que la alta humedad en la semilla es la causa más importante de la pérdida de germinación seguida por la temperatura de almacén y en forma secundaria el ambiente atmosférico, grado de madurez, así como la especie o cultivar. Para almacenar semilla por el mayor tiempo sin la pérdida de germinación y vigor, recomienda que ésta sea almacenada tan seca y fría como sea posible. El contenido de humedad es importante en la conservación de la longevidad de la semilla; sin embargo, el deterioro también puede ser provocado por bajos niveles de humedad, específicamente cuando éstos se reducen y afectan la capa molecular; cuando se elimina el agua de composición, con lo que se aceleran los procesos oxidativos que pueden ser consecuencia de la penetración de oxígeno, luz ultravioleta y presencia de iones metálicos; c) Calidad sanitaria, se refiere a que la semilla se encuentre libre del daño por hongos, bacterias, virus e insectos. Esto se puede lograr al producir semillas en áreas libres de enfermedades y aplicando estrictas medidas de control (Andrade, 1992) y d) Calidad fisiológica, dentro de este aspecto de calidad se consideran la viabilidad, el poder germinativo y el vigor.



## 2.11 Viabilidad, germinación y vigor

La viabilidad se refiere a la capacidad que tiene la semilla para permanecer viva un determinado periodo y producir una planta normal (García, 1967).

La pérdida de viabilidad en la semilla está acompañada por una disminución progresiva en la capacidad de síntesis durante la imbibición, atribuida en parte a fallas en el sistema de síntesis de proteínas, asociado con una disminución en la síntesis de ARN en todas las células del embrión lo cual imposibilita a la célula en la realización de sus funciones vitales. Por otro lado, con la pérdida de germinación y vigor, hay una declinación en las actividades metabólicas y de la respiración (Maguirre, 1977).

Las variaciones ambientales durante el desarrollo de la semilla tienen poco efecto sobre la viabilidad; sin embargo, si las variaciones se presentan próximas a la madurez o en la cosecha pueden originar diferencias en longevidad (Bewley y Black, 1986).

La aparición de plántulas anormales durante la germinación, se debe a la pérdida de funciones vitales que ocurren en el interior de la semilla y el aumento cuantitativo y cualitativo de las plántulas normales puede ser afectado en forma ligera o tan severa que algunas de esas plántulas son incapaces de sobrevivir aún bajo condiciones ideales (Harrington y Thompson, 1973). En general, la hidrólisis de los carbohidratos, lípidos y proteínas, tiene lugar bajo condiciones de almacenamiento desfavorable de alta humedad

y temperatura, tales condiciones conducen a un rápido desarrollo de hongos y a una alta actividad metabólica de las semillas (Anderson, 1973).

Lo anterior evidencia que muy pocos de los componentes de la semilla son inmunes a la degradación y que muchos procesos celulares en las semillas envejecidas se encuentran inhibidos después de la rehidratación.

Es posible que las anteriores formas de deterioro ocurran en una misma semilla, siendo difícil saber cual periodo deteriorativo es más importante dependiendo de la especie y de las condiciones ambientales a las que se haya sometido.

En algunos de los casos, la peroxidación de los lípidos pudiera ser significativa, pero en otros, la clave del deterioro lo constituiría la pérdida de permeabilidad selectiva en la membrana (Priestley, 1986; citado por Garay, 1989).

El poder germinativo es la propiedad de la semilla viva que se manifiesta en presencia de factores ambientales favorables, comprende la ruptura de la cubierta, reanudando el crecimiento del embrión y manifestando finalmente la emergencia de una planta joven (Martínez, 1984; citado por Santiago, 1994).

El vigor es un concepto múltiple determinado por factores como son la constitución genética, ambiente y nutrición de la planta madre, madurez al momento de

la cosecha, tamaño y peso de la semilla, daño mecánico, patógenos y deterioro durante el almacenamiento (Perry, 1980).

Halmer y Bewley (1984) definen el vigor como la suma de múltiples propiedades de la semilla que determinan el nivel potencial de actividad y comportamiento durante la germinación y emergencia descrito mediante parámetros fácilmente medibles como las velocidades de germinación y elongación así como el incremento de peso fresco o seco en condiciones de prueba. Asimismo, Copeland (1976) considera que la prueba ideal de vigor debe de ser rápida, fácil de ejecutar sin necesidad de un equipo complejo, igualmente útil para evaluar semillas individuales y poblaciones, además de ser capaz de detectar diferencias mínimas en vigor. También menciona que hay siete aspectos posibles a evaluar, los cuales son: velocidad de germinación, uniformidad de germinación y desarrollo de plántula bajo condiciones adversas, habilidad para emerger a través de una costra de suelo, germinación y emergencia de plántulas en suelos fríos, húmedos y con patógenos, anomalías morfológicas de las plántulas, rendimiento del cultivo y almacenamiento bajo diversas condiciones

Velocidad de germinación. McDaniel (1975), considera que ésta es una prueba de vigor, porque las semillas más vigorosas germinan más rápidamente. Al respecto, Maguirre (1962) sugiere la siguiente expresión matemática para calcular la velocidad de germinación (VG):

$$VG = X_1/1 + X_2/2 + \dots + X_{n-1}/n-1 + X_n/n$$



Donde:

VG= Velocidad de germinación.

$X_i$ = Número de semillas germinadas por día.

n= Número de días al último conteo.

El lote que tenga el mayor valor de VG se considerará como el más vigoroso. A pesar de su utilidad esta prueba puede ser inadecuada para predecir la emergencia en el campo.

Longitud de plántula. La medición del crecimiento de plántulas es muy sensible y consistente para reflejar el deterioro de la semilla (Garay, 1989). Abdul-Baki y Anderson (1972) señalan que la parte radical, la parte aérea o ambas, se usan como una medida del deterioro en semilla, que junto con la prueba de germinación proporcionan una buena información acerca de la calidad de un lote de semillas.

Peso seco de plántula. Esta característica es la más confiable para predecir el vigor de la semilla, debido posiblemente a que refleja la cantidad de reserva almacenada en la semilla; por lo tanto las semillas de alto vigor, tienden a producir mayor peso seco, así como mayor longitud de plántula al compararse con materiales de medio y bajo vigor (Knittle y Burris, 1976).

Prueba de envejecimiento acelerado. La prueba es útil para estudiar los procesos del deterioro ocurridos en la semilla, evaluar su vigor y calidad, y predecir su longevidad y capacidad de almacenamiento. Molina y Estrada (1990) señala que la prueba es confiable ya que permite una mejor diferenciación de calidad entre los lotes de semillas.

Otras pruebas. Otras pruebas para determinar el vigor son: germinación en ladrillo molido, deterioro controlado, prueba de vigor con tetrazolio, prueba de la actividad de la descarboxilasa del ácido glutámico, prueba del cloruro de amonio, hidróxido de sodio, agua caliente, tasa de respiración, etc.

Moreno (1984) menciona que la evaluación de este parámetro de calidad es de gran valor para predecir el comportamiento del lote de semillas cuando las condiciones del ambiente no son del todo favorables para la germinación y emergencia de las plántulas así como para comparar el potencial biológico de lotes de semilla con porcentajes de germinación similares y así decidir el tiempo de almacenamiento al que pueden ser sometidas las semillas, ya que entre el vigor y la longevidad existe una alta correlación.

## **2.12 Relación de la germinación y vigor de semilla con el establecimiento en campo**

Durante mucho tiempo se han venido efectuando las pruebas rutinarias de germinación para determinar el estado fisiológico de las semillas, las cuales consisten fundamentalmente en evaluar la emergencia y desarrollo de las estructuras esenciales que indican la habilidad para su crecimiento como plántulas normales en condiciones favorables (Matthews, 1981; citado por Andrade, 1992). El patrón básico de la germinación y el crecimiento está determinado en forma genética; sin embargo, la expresión eventual está influenciada por las condiciones ambientales bajo las cuales se

formó, cosechó, procesó, almacenó y sembró la semilla (Chin, 1977). Por lo tanto, el vigor de un lote de semillas depende de la interacción de todos los factores involucrados.

Cuando los lotes de semillas se someten a condiciones de campo para su germinación y emergencia, quedan expuestos a condiciones variables y por lo tanto adversas en cuanto al tipo de suelo, temperatura, porcentaje de humedad, actividad microbiana, etc., (Nijenstein, 1986; citado por Andrade, 1992); y si además se consideran las propiedades variables internas de la semilla como son los procesos bioquímicos y reacciones enzimáticas, se puede explicar porqué la mayoría de los cultivos muestran considerables diferencias en campo aún habiendo presentado un alto y aceptable nivel de germinación en las pruebas de laboratorio (Matews, 1981; citado por Andrade, 1992). Por lo anterior, es necesario realizar evaluaciones que indiquen realmente el comportamiento de dichas semillas.

Perry (1980) indica que los resultados de las pruebas de vigor se pueden correlacionar mejor con la emergencia en campo que los resultados de germinación ya que en las pruebas de laboratorio las condiciones de evaluación son constantes; mientras que, en el suelo existe mucha variación que somete a condiciones de estrés a las semillas las que se tratan de simular cuando se aplican las pruebas de vigor. Santiago (1994) afirma que cuando se tienen resultados favorables de germinación y vigor en un lote de semillas y si además se logra establecer de forma adecuada el cultivo, se obtienen ventajas en cuanto al tamaño homogéneo del producto y rapidez al momento de cosechar, aspectos que son de gran importancia en la comercialización.



### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Localización y características del sitio experimental

La investigación se realizó en el Campo Agrícola Experimental (CEIDAUACH), laboratorio de análisis de semillas e invernadero del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo Edo. de México de febrero a diciembre de 1996.

Chapingo está situado geográficamente a los 19° 29' Latitud Norte, 98° 53' Longitud Oeste y a una altitud de 2,250 m.s.n.m. El clima está clasificado como CWo(W)b(i')g: templado subhúmedo (el subtipo más seco de los subhúmedos) con lluvias en el verano fresco y largo, poca oscilación de las temperaturas; la precipitación y temperatura media anual es de 636.5 mm y 15 °C, respectivamente. El mes más lluvioso es junio (131.7 mm) y el más seco febrero (4.8 mm). El mes más cálido es mayo con 17.7 °C y el más frío enero con 11.6 °C (García, 1988).

El terreno utilizado (Lote X-10, terraza 5) pertenece a la clasificación "Xaltepa". Son suelos que presentan una topografía plana en general con pendientes del 1 al 2 %, profundos, de color marrón grisáceo oscuro. El horizonte "A", es un migajón arcillo arenoso, capacidad media de retención de humedad, medianamente ricos en materia

orgánica (1.5 a 1.7 %), pH de 7.3 y una conductividad eléctrica de 0.5 a 0.6 mmhos.cm<sup>-1</sup> (Cachón *et al.*, 1976).

Las condiciones climáticas que prevalecieron durante el experimento se presentan en el cuadro 3A del apéndice.

### 3.2 Características del material vegetal

Se utilizó semilla sexual de lechuga Var. “capitata”, Cv. “Grandes Lagos 407” debido a que es uno de los materiales de uso más común en su tipo, con adaptabilidad a la zona de producción y por ser un cultivar con resistencia a la emisión temprana de su tallo floral (Ayala, 1992).

Guenkov (1974) describe a esta variedad de lechuga de la siguiente forma: la roseta es ligeramente rígida de alrededor de 25 a 30 cm de diámetro; el color de las hojas es verde claro, hasta el oscuro; el nervio central es marcadamente desarrollado pero muy tierno; el repollo o cabeza es compacto, muy tierno y frágil; las plantas emiten y desarrollan sus tallos florales con mucha lentitud. Es un material resistente al “tizón pardo” y a la “quemadura marginal de la hoja”; completa su ciclo vegetativo entre 82 y 85 días a cosecha de cabeza después de trasplante (Treviño, 1971).

Algunas características particulares del cultivar utilizado en la investigación se presentan en el cuadro 4A del apéndice.

### **3.3 Características del material químico (AG<sub>3</sub>)**

Se utilizó el producto comercial “Activol” que contiene ácido giberélico (Giberelina AG<sub>3</sub>), una de las hormonas más activas que existen para estimular y regular el crecimiento y floración de numerosas especies (Rosentein, 1992). Se ofrece en polvo o en tableta efervescente actuando mejor en una solución de agua con un pH=5.0. La composición porcentual es la siguiente: Ácido giberélico (1.0 g) e ingredientes inertes (9.0 g), total 10.0 g/ pieza (100 % en peso).

### **3.4 Metodología**

La investigación se dividió en tres fases: Componentes del rendimiento (campo), de la calidad (laboratorio) y del vigor de semilla (invernadero).

#### **3.4.1 Fase 1. Componentes del rendimiento**

Esta fase comprendió desde la siembra de semilla registrada para la obtención de plántula bajo invernadero hasta la recolección de la nueva semilla botánica. La



producción de plántula fue del 2 de febrero al 7 de marzo de 1996. Las plantas se establecieron en campo 35 días después de la siembra (7 de marzo) de acuerdo al diseño de bloques completos al azar. Los cuidados proporcionados tanto a la plántula como al cultivo en campo fue de acuerdo con las recomendaciones de Holguín (1978).

### 3.4.1.1 Factores y niveles de estudio

Los factores de estudio fueron Dosis de AG<sub>3</sub> con cinco niveles y Etapas de aplicación con tres niveles, los cuales se pueden observar en el Cuadro 3.

### 3.4.1.2 Diseño experimental

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con arreglo factorial de tratamientos 5 x 3 cuya combinación resultó en 15 tratamientos, a los cuales se agregó un testigo experimental (Cuadro 4), estableciéndose los 16 tratamientos en cuatro repeticiones. La parcela experimental fue de 4 surcos de 5 m de largo por 1 m de ancho (20 m<sup>2</sup>). Como parcela útil se consideró los dos surcos centrales (44 plantas). Se utilizó

Cuadro 3. Factores y niveles de estudio evaluados. Producción de semilla de lechuga. Chapingo Méx. 1996.

| F a c t o r                     | N i v e l                                                                                                     |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dosis de AG <sub>3</sub> (ppm): | 10 (D <sub>1</sub> ), 20 (D <sub>2</sub> ), 30 (D <sub>3</sub> ), 40 (D <sub>4</sub> ) y 50 (D <sub>5</sub> ) |
| Etapas de aplicación            |                                                                                                               |
| del AG <sub>3</sub> :           | 8 hojas (E <sub>1</sub> ), 12 hojas (E <sub>2</sub> ), 8 y 12 hojas (E <sub>3</sub> )                         |

Donde: E<sub>3</sub> = 50% de la dosis en cada etapa (E<sub>1</sub> y E<sub>2</sub>)

Cuadro 4. Tratamientos (Dosis x Etapas) para emisión de tallos, floración y producción de semilla en lechuga de "cabeza" Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996.

| Tratamiento                         | Características                               |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1 (D <sub>1</sub> E <sub>1</sub> )  | Activol : 10 ppm en 8 hojas (T. A.)           |
| 2 (D <sub>2</sub> E <sub>1</sub> )  | Activol : 20 ppm en 8 hojas                   |
| 3 (D <sub>3</sub> E <sub>1</sub> )  | Activol : 30 ppm en 8 hojas                   |
| 4 (D <sub>4</sub> E <sub>1</sub> )  | Activol : 40 ppm en 8 hojas                   |
| 5 (D <sub>5</sub> E <sub>1</sub> )  | Activol : 50 ppm en 8 hojas                   |
| 6 (D <sub>1</sub> E <sub>2</sub> )  | Activol : 10 ppm en 12 hojas                  |
| 7 (D <sub>2</sub> E <sub>2</sub> )  | Activol : 20 ppm en 12 hojas                  |
| 8 (D <sub>3</sub> E <sub>2</sub> )  | Activol : 30 ppm en 12 hojas                  |
| 9 (D <sub>4</sub> E <sub>2</sub> )  | Activol : 40 ppm en 12 hojas                  |
| 10 (D <sub>5</sub> E <sub>2</sub> ) | Activol : 50 ppm en 12 hojas                  |
| 11 (D <sub>1</sub> E <sub>3</sub> ) | Activol : 10 ppm (50% en 8 y 50% en 12 hojas) |
| 12 (D <sub>2</sub> E <sub>3</sub> ) | Activol : 20 ppm (50% en 8 y 50% en 12 hojas) |
| 13 (D <sub>3</sub> E <sub>3</sub> ) | Activol : 30 ppm (50% en 8 y 50% en 12 hojas) |
| 14 (D <sub>4</sub> E <sub>3</sub> ) | Activol : 40 ppm (50% en 8 y 50% en 12 hojas) |
| 15 (D <sub>5</sub> E <sub>3</sub> ) | Activol : 50 ppm (50% en 8 y 50% en 12 hojas) |
| 16                                  | Testigo: Sin acción hormonal (T. Exp)         |

T. A= Testigo agronómico

T. Exp= Testigo experimental

D<sub>n</sub>= Dosis de AG<sub>3</sub> .

E<sub>n</sub>= Etapa de aplicación (desarrollo de la planta).

una distancia de 0.5 m entre plantas a una sola hilera obteniendo una densidad de población de 20,100 plantas ha<sup>-1</sup> en base a la distribución de bloques, tratamientos y el arreglo de la parcela experimental en campo.

### **3.4.1.3 Descripción de variables evaluadas y toma de datos**

Con el propósito de determinar el efecto de los factores y niveles de estudio, se consideró de importancia evaluar las siguientes variables respuesta con base en un tamaño de muestra de 10 plantas con competencia completa ubicadas en la parcela útil de cada unidad experimental:

**Días a emisión del tallo floral (DETF).** Se cuantificaron los días después de la siembra requeridos por las plantas para mostrar el tallo floral. La medición de esta variable se efectuó cuando el 50% de las plantas de la parcela útil mostró el tallo floral.

**Altura del tallo floral (ATF).** Se consideró como altura máxima, el largo en centímetros del tallo floral medido desde la base de cabeza (“cuello”) hasta la cima de la inflorescencia terminal principal cuando ésta presentó la totalidad de la apertura floral.

**Número de ramas florales basales (NRFB).** Se cuantificaron las ramas (tallos) florales en el tallo basal de las plantas de la parcela útil al momento de presentar más del 50% de flores abiertas.

**Días a floración (DF) .** Se registró los días después de la siembra requeridos por las plantas de la parcela útil para llegar a floración. Se evaluó la parcela cuando el 50% del total de las plantas presentó el 50% de flores abiertas.



**Amplitud del racimo floral principal (ARFP).** Con la ayuda de un vernier de madera, se midió el diámetro (cm) del racimo principal (terminal) de las plantas de parcela útil en la etapa de fructificación y maduración de semilla.

**Días a cosecha de semilla (DCS).** Se cuantificó el número de días después de la siembra necesarios para cosechar la semilla. La cosecha se realizó cuando el 50% de las plantas presentaron entre el 80 y 90% de las umbelas principales con aspecto “plumoso” (pápus).

**Floración-maduración total de semilla (DF-MTS).** Se consideró el periodo de días transcurridos entre la floración y la maduración total de semilla de los frutos en el racimo floral principal, evaluando cuando se presentó en el 50% de las plantas de parcela útil.

La recolección y limpieza de semilla se llevó a cabo durante los meses de junio a agosto de 1996, tomándose datos de las siguientes variables:

**Rendimiento de semilla/tratamiento (RST).** El dato se obtuvo al sumar los gramos de semilla producida en todos los tallos florales (principales y laterales) de las plantas muestreadas en la parcela útil así como la producida en el resto de la parcela experimental de cada tratamiento.

**Rendimiento de semilla/ha ( $RSh^{-1}$ ).** Se realizó una extrapolación del rendimiento para una hectárea con base en el tamaño de muestra, tratamiento, densidad de población y rendimiento obtenido en la parcela experimental.

**Porcentaje de plantas enfermas (PPE).** Se realizó conteos de las plantas enfermas en cada una de las parcelas experimentales causada por la modalidad de los tratamientos o bien por agentes bióticos o abióticos con lo que se estimó el porcentaje total de pérdidas.

### **3.4.2 Fase 2. Componentes de calidad de semilla**

Para determinar la calidad de la semilla producida por los diferentes tratamientos evaluados en campo, el día 22 de noviembre de 1996 en el laboratorio de semillas del Departamento de Fitotecnia se realizaron pruebas, según metodología recomendada por el ISTA (1976) y Moreno (1984), con el fin de determinar la pureza física, el peso y, principalmente, su poder germinativo. Para este fin, se estableció un experimento de germinación con las semillas producidas en los 15 tratamientos de la fase 1. La siembra en las cajas petri fue manual, distribuyéndose de manera homogénea las semillas sobre papel filtro. Se aplicó por caja, 5 ml. de agua destilada con fungicida (Metacaptán, 1 g  $L^{-1}$  de agua) para evitar la proliferación temprana de hongos. Las cajas finalmente se colocaron en la cámara de germinación a una temperatura de 25 °C por espacio de 7 días. Los riegos se aplicaron diariamente mediante la ayuda de una pipeta graduada a razón de 1 mL de agua destilada a cada caja.

### 3.4.2.1 Diseño experimental

Al experimento de laboratorio se le dio la estructura de un diseño completamente al azar con arreglo factorial de tratamientos (5 x 3) y cuatro repeticiones. La unidad experimental fue una caja de petri esterilizada con papel filtro en la que se distribuyeron 50 semillas. El tratamiento 1 (T<sub>1</sub>), se consideró como testigo agronómico.

### 3.4.2.2 Descripción de variables evaluadas y toma de datos

**Peso de 1000 semillas (P1000s).** Se realizó la suma del peso en miligramos de 10 muestras de 50 semillas por tratamiento las cuales se pesaron en una balanza granataria de torsión extrapolando el peso de 1000 semillas en base al peso seco promedio de la muestra de semilla de cada tratamiento.

**Porcentaje de germinación (PG<sub>7</sub>).** El número de semillas germinadas en cada unidad experimental se cuantificó a los 7 días después de la siembra. Si las semillas mostraban poco vigor, esto se registraba. En la cuantificación se consideró como semillas germinadas, a las que tenían presencia de radícula y hojas cotiledonares. La evaluación de la germinación fue de acuerdo con las recomendaciones de Moreno (1984) para pruebas de germinación con substratos artificiales. Los resultados se expresaron en porcentaje, de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$\begin{array}{c} \text{\% de germinación} \\ \text{(PG}_7\text{)} \end{array} = \frac{\text{No de semillas germinadas}}{\text{No de semillas sembradas}} \times 100$$

**Porcentaje de plántulas normales (PPN<sub>7</sub>).** Se consideró como plantas normales a las que presentaron las siguientes características: a) radícula o raíz primaria bien



desarrollada; b) Meristemo apical del vástago bien desarrollado (plúmula normal); c) presencia de hojas cotiledonares; d) plántulas dicotiledóneas que presenten al menos un cotiledón sano, y e) color verde (fotosíntesis). La determinación del porcentaje fue a los 7 días después de la siembra con base en la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de plántulas normales (PPN}_7\text{)} = \frac{\text{No de plántulas normales}}{\text{No de semillas sembradas}} \times 100$$

**Porcentaje de plántulas anormales (PPA<sub>7</sub>).** Se consideró como plántula anormal a la que presentó los siguientes defectos al germinar: a) daños, b) sin cotiledones o raíz, c) deformaciones, d) estructuras esenciales deterioradas por hongos o bacterias, excepto en el caso que se determine que dicha infección no proviene de la semilla, o bien e) con fisuras que dañen el tejido conductor de la parte aérea o radical. Se determinó el porcentaje a los 7 días después de la siembra de los tratamientos.

**Número de semillas con radícula (NSR<sub>7</sub>).** Se evaluó el número de semillas que mostró únicamente la presencia de radícula a los 7 días de sembradas y que no llegaron a expresarse como plántulas normales.

**Número de semillas latentes (NSL<sub>7</sub>).** Se denominará semilla latente a la semilla viable (prueba del tetrazoli) que no germine aún cuando esté bajo las condiciones que se especifican para dicha especie. Se contabilizó a los 7 días después de la siembra el número total de semillas en cada unidad experimental que no emitieron radícula y/o meristemo apical del vástago para obtener el total por tratamiento.

**Número de semillas con hongos (NSCH<sub>7</sub>).** Se contabilizaron las semillas de cada unidad experimental que presentaron hongos o pudriciones en su superficie a los 7 días de sembradas.

### **3.4.3 Fase 3. Componentes del vigor de semilla**

Se sembró la semilla obtenida en los 15 tratamientos de la fase de campo el día 23 de noviembre de 1996, utilizándose charolas germinadoras de poliestireno con 200 cavidades y como substrato Peat Most<sup>®</sup>, ubicándolas dentro de un invernadero. Se colocó una semilla por cavidad a una profundidad de 1.0 cm. En una charola se establecieron 4 tratamientos al azar. El tratamiento 1 (T<sub>1</sub>), se consideró como testigo agronómico.

#### **3.4.3.1 Diseño experimental**

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo factorial de tratamientos (5 x 3) y cuatro repeticiones. Como parcela experimental se consideró el espacio de 50 cavidades de la charola sembrada.

#### **3.4.3.2 Descripción de variables evaluadas y toma de datos**

**Velocidad de emergencia (VE) (D<sub>3</sub>, D<sub>4</sub>,..., D<sub>12</sub>).** Se realizó el conteo diario de las plántulas emergidas en cada parcela experimental durante los 12 días posteriores a la siembra (23 de noviembre al 5 de diciembre de 1996), tiempo en el que la emergencia se uniformizó. Con estos datos se determinó el número y porcentaje diario de emergencia.

**Porcentaje de emergencia (PE<sub>12</sub>).** Se determinó el número diario de plántulas emergidas en cada unidad experimental hasta los 12 días después de la siembra. Si las plántulas mostraban poco vigor, esto se registraba. En la cuantificación se consideró como plántulas emergidas, a las que presentaron hojas cotiledonares y normales (Moreno, 1984). Los porcentajes se calcularon con la fórmula siguiente:

$$\% \text{ de emergencia (PE}_{12}\text{)} = \frac{\text{No de plántulas emergidas}}{\text{No de semillas sembradas}} \times 100$$

El día (5 de diciembre) que terminó el conteo de emergencia, se tomó una muestra de 10 plántulas situadas al centro de la parcela experimental, con las cuales se evaluaron las siguientes variables:

**Longitud de plántula (LPPB).** Se midió en cm, desde la base del tallo hasta la primera bifurcación de las hojas “verdaderas” utilizando una regla graduada en milímetros.

**Número de hojas verdaderas (NHV).** Se consideró como hoja verdadera a la que siendo diferente a la hoja cotiledonaria, exhibió capacidad para realizar fotosíntesis. El número se registró individualmente en las 4 repeticiones.

**Peso seco (PS).** Para determinar el peso seco, se colocaron por separado las raíces y partes aéreas de las 10 plántulas de cada tratamiento y repetición en bolsas de



papel, registrando el peso seco de raíz (PSR) y el peso seco de parte aérea (PSPA) en miligramos . Para esto, se utilizó una estufa de secado a una temperatura de 50 °C, hasta llegar a peso constante y una balanza analítica marca “Chyo”.

### 3.4.4 Técnicas estadísticas de análisis

Para el análisis de varianza de los datos obtenidos en cada experimento se utilizó el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + D_i + E_j + (DE)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

- $Y_{ijk}$  = Variable respuesta de la i-ésima dosis en la j-ésima etapa de aplicación en la k-ésima repetición,
- $\mu$  = Media general,
- $\beta_k$  = Efecto del k-ésimo bloque,
- $D_i$  = Efecto de la i-ésima dosis,
- $E_j$  = Efecto de la j-ésima etapa de aplicación,
- $(DE)_{ij}$  = Efecto de la interacción entre  $D_i$  y  $E_j$  ,
- $\varepsilon_{ijk}$  = Error experimental correspondiente a  $Y_{ijk}$

Se realizaron pruebas de comparación de medias (Tukey,  $\alpha=0.05$ ) y correlaciones entre las variables respuesta. Todo esto con auxilio del paquete SAS (1979), instalado en el Laboratorio de Computo del Departamento de Fitotecnia.

## 3.5 Conducción de la fase de campo

Las labores relacionadas con el proceso de producción de la lechuga tanto en invernadero como en campo, se realizaron con base en las recomendaciones de Díaz

(1977); Holguín (1978) y Cásseres (1984). La preparación del terreno se realizó el día 2 de marzo de 1996. Consistió de un barbecho a 30 cm de profundidad, dos pasos de rastra, nivelación, surcado a 1.0 m de separación y construcción de canaletas, todo a base de tracción mecánica.

Tomando en cuenta la calidad de plántula que se obtiene en un almácigo a campo abierto, se decidió realizar la siembra en charolas “germinadoras” de poliestireno el día 2 de febrero y auxiliarse con invernadero. Se utilizó un total de 28 piezas de 200 cavidades y un gasto de semilla de 28 g. El substrato utilizado fue Peat Most® (del No. 2, pH= 6.7, esterilizado). Éste se humedeció para compactar adecuadamente el cepellón. En él se depositaron de 3 a 4 semillas a una profundidad de 1.0 cm. Sembradas las charolas, se rellenó la cavidad con substrato seco y tamizado; posteriormente, se humedecieron por capilaridad durante 4 horas. Humedecidas, se estibarón y cubrieron con plástico negro con la finalidad de “guardar” la temperatura y evitar la pérdida de humedad del substrato. A las 48 horas se presentó, en el total de las charolas, la emergencia en un 85 % de las cavidades, atribuible a la humedad y temperatura del microclima creado; razón por la cual, las charolas se distribuyeron sobre una película plástica con el propósito de facilitar el riego por capilaridad.

Durante el periodo que la plántula permaneció en el invernadero se realizó aclareo de plántulas, riego cada tercer día, aplicación preventivas de pesticidas cada semana contra plagas y enfermedades comunes a la especie.

El trasplante se realizó de forma manual y con punta de riego el día 7 de marzo (35 días después de la siembra) cuando las plantas presentaron 4 hojas verdaderas y una altura promedio de 10 cm. Fue a hilera sencilla, colocando una sola plántula con cepellón a 50 cm de separación. Se trasplantó un total de 4,224 plántulas en las 4 repeticiones.

Establecida la planta, se aplicó agua al suelo hasta saturación para favorecer la eficiencia del trasplante. Debido a la helada ( $-5^{\circ}\text{C}$ ) registrada el día 11 de marzo (5 días después del trasplante), se decidió aplicar riegos ligeros cada tercer día por un periodo de 15 días con el propósito de minimizar los daños debido a bajas temperaturas; después, se aplicaron los riegos cada 7 días en promedio, dependiendo de las condiciones ambientales que prevalecieron.

Con el fin de eliminar malezas y favorecer intercambio de gases en la zona radical, se realizó escardas al cultivo cada 20 días mediante cultivadora y tracción animal. La práctica se suspendió cuando en las plantas se visualizó el tallo floral.

El cultivo se fertilizó con la fórmula  $150-150-00\text{ kg ha}^{-1}$  de N-P-K, utilizando urea y superfosfato de calcio triple como fuentes comerciales. Se aplicó la mitad del nitrógeno a los 19 días después del trasplante (d.d.t) así como la totalidad del fósforo. La otra mitad del nitrógeno se aplicó a los 42 días d.d.t; en ambos casos, la aplicación fue manual y de forma mateada incorporándolo mediante cultivadora y tracción animal.



Las diferentes dosis en ppm de Activol se aplicaron, previo calibrado, con aspersor manual directamente sobre las hojas de las plantas atomizando la solución con adherente evitando el goteo de producto. Las etapas de 8 y 12 hojas se presentó a los 23 (30 de marzo) y 43 días (19 de abril) después del trasplante, respectivamente, aplicándose el AG<sub>3</sub> según tratamientos (Cuadro 4). Durante las aspersiones del producto, las condiciones ambientales no limitaron la acción del mismo; debido principalmente, a que no se presentaron precipitaciones o vientos fuertes en los días en que se realizó esta actividad, preparándose las soluciones al momento de su aplicación según tratamientos.

El cultivo se mantuvo limpio los primeros 30 días después del trasplante. Posteriormente, se realizaron 6 deshierbes manuales dirigidos sobre la cama de trasplante cada 15 días; las malezas del fondo del surco, se controló con pasos de cultivadora mediante tracción animal.

De manera preventiva, se realizaron aplicaciones de productos químicos (Tamarón, Folidol, Folimat, Agrimy-cin 100, Cupravit, Maneb y Zineb) para el control de plagas y enfermedades. Sin embargo debido a las diversas lesiones causadas por el paso de cultivadora, principalmente en hojas y tallos basales, se presentó en diversos tratamientos pudriciones causadas por el hongo *Sclerotinia minor* (causante de la enfermedad conocida como “pudrición blanca” o seca) y por la bacteria *Erwinia carotovora* (causante de la “pudrición blanda” o pestilente) las cuales favorecidas por las

condiciones ambientales (precipitación, humedad relativa y de suelo alta, precipitación y radiación), propiciaron la pérdida de hojas, algunas ramas florales basales y en daños severos, la muerte de toda la planta a pesar de los tratamientos de control empleados.

La aplicación del ácido giberélico sobre las plantas favoreció el alargamiento y la floración en el tallo floral principal y de ramas florales basales (en número promedio de 4 a 10) lo cual obligó a implementar, principalmente en los tratamientos de 30, 40 y 50 ppm al 50 ó 100% de la dosis, el tutorado de plantas a base de estacones separados cada 5.0 m e hiladas de rafia separadas cada 30 cm. La práctica favoreció un crecimiento vertical evitándose con ello, la pudrición de plantas o bien de alguna de sus partes (hojas, tallos y/o umbelas florales) por contacto con la humedad del suelo.

La cosecha se realizó de mediados de julio a mediados de agosto cuando el 50 % de las plantas presentó del 80 al 90% de las umbelas con aspecto “plumoso”. Lo anterior permitió conocer la forma y tiempo de maduración total de los frutos los que presentaron en promedio de 9 a 13 semillas cada uno. Lo anterior ocasionó caída y germinación de las semillas en la base de las plantas madres resultando plántulas con características similares a las progenitoras. La práctica se llevó a cabo de forma manual recolectándose en bolsas de papel la semilla madura mediante agitación de los tallos y, por último, se cortó las inflorescencias tardías por tratamiento las cuales se almacenaron en bolsas de papel bajo techo a temperatura ambiente por un espacio de 4 semanas para facilitar el desprendimiento de la semilla ya seca.

La semilla, sin pasar por un proceso de beneficio formal, se limpió con ayuda de un ventilador y cribas de mallas metálicas con la intención de eliminar las impurezas y contaminantes físicos etiquetándose el rendimiento logrado por tratamiento.



#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Debido a la naturaleza de la investigación y con el propósito de poder manejar e interpretar mejor los datos de las variables respuesta de cada experimento, éstos fueron agrupados en tres categorías: **Componentes del rendimiento** (días a emisión del tallo floral, DETF; altura del tallo floral, ATF; número de ramas florales basales, NRFB; días a floración, DF; días entre la floración-maduración total de semilla, DF-MTS; amplitud del racimo floral principal, ARFP; días a cosecha de semilla, DCS; rendimiento de semilla por tratamiento, RST; rendimiento de semilla por hectárea, RSha<sup>-1</sup> y porcentaje de plantas enfermas, PPE; **Componentes de calidad de semilla** (peso de 1000 semillas, P1000s; porcentaje de germinación, PG<sub>7</sub>; porcentaje de plántulas normales, PPN<sub>7</sub> y anormales, PPA<sub>7</sub>; número de semillas con radícula, NSR<sub>7</sub>; número de semillas latentes, NSL<sub>7</sub> y el número de semillas con hongos, NSCH<sub>7</sub> a los siete días después de sembradas), y **Componentes del vigor de semilla** (VE: velocidad de emergencia, D<sub>4</sub>, D<sub>5</sub>, ..., D<sub>12</sub>; porcentaje de emergencia, PE<sub>12</sub>; longitud de plántula a la primera bifurcación o par de hojas, LPPB; número de hojas verdaderas, NHV; así como el peso seco de raíz, PSR y parte aérea, PSPA).

Las plantas del testigo experimental (T<sub>16</sub>), a causa del exceso de lluvia, fueron infestadas principalmente por bacterias las cuales causaron pudriciones internas en las "cabezas" y, con ello, la pérdida de la mayoría de los tallos florales; por lo que no se

incluyó en el análisis estadístico, excepto para la variable porcentaje de plantas enfermas (PPE).

#### **4.1 Componentes del rendimiento**

De los análisis de varianza (ANAVA) de las variables componentes del rendimiento, en el Cuadro 5 se presentan los estadísticos básicos. En él se presentan los datos concentrados de los análisis de varianza y las significancias estadísticas por efectos principales e interacción de factores.

La altura del tallo floral (ATF), en el factor etapa de aplicación (E), no mostró diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ), en contraste con las variables restantes, en las que las diferencias fueron altamente significativas ( $\alpha=0.01$ ) en ambos factores; de igual forma, la interacción entre los factores dosis de AG<sub>3</sub> y etapas de aplicación fue altamente significativa ( $\alpha=0.01$ ) en todas las variables estudiadas.

Las pruebas de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) se realizaron sólo para variables que denotaron diferencias significativas en factores y combinaciones de interés.

##### **4.1.1 Factor AG<sub>3</sub>**

Los valores y la significancia detectada en las medias componentes del rendimiento por efecto de las dosis de AG<sub>3</sub> evidencian, de manera general, que los

Cuadro 5. Cuadros medios, significancia estadística y estadísticos descriptivos del análisis de varianza para las variables componentes del rendimiento. Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996.

| Fuente de variación | G. L. | DETF      | ATF       | NRFB     | DF         | ARFP      | DCS       | DF-MTS    | RST         | RS ha <sup>-1</sup> |
|---------------------|-------|-----------|-----------|----------|------------|-----------|-----------|-----------|-------------|---------------------|
| Bloque              | 3     | 0.02 N.S  | 1.99 N.S  | 0.13 N.S | 0.26 N.S   | 1.25 N.S  | 0.07 N.S  | 0.41 N.S  | 24.59 N.S   | 5096501 N.S         |
| Factorial:          |       |           |           |          |            |           |           |           |             |                     |
| Dosis (D)           | 4     | 209.65 ** | 219.06 ** | 12.29 ** | 1585.42 ** | 226.33 ** | 976.75 ** | 294.86 ** | 15330.08 ** | 3197604156 **       |
| Etapas (E)          | 2     | 278.65 ** | 1.98 N.S  | 32.29 ** | 128.24 **  | 807.56 ** | 109.30 ** | 54.94 **  | 15866.16 ** | 3312313571 **       |
| D x E               | 8     | 6.97 **   | 85.86 **  | 14.85 ** | 18.14 **   | 166.45 ** | 10.25 **  | 12.21 **  | 943.86 **   | 197456923 **        |
| Error               | 42    | 0.10      | 2.22      | 0.26     | 0.19       | 0.47      | 0.07      | 0.41      | 21.29       | 4418006             |
| Total               | 59    | 24.67     | 28.24     | 4.13     | 114.44     | 65.67     | 71.37     | 23.52     | 1721.56     | 35924652            |
| C.V                 |       | 0.38      | 1.65      | 6.31     | 0.36       | 1.85      | 0.21      | 1.44      | 2.11        | 2.11                |
| R <sup>2</sup>      |       | 0.99      | 0.94      | 0.95     | 0.99       | 0.99      | 0.99      | 0.98      | 0.99        | 0.99                |
| Media               |       | 81.97     | 90.09     | 8.11     | 212.16     | 37.04     | 127.59    | 44.34     | 218.46      | 99794.47            |

C. V= Coeficiente de variación; G. L= Grados de libertad; N.S= No significativo ( $\alpha = 0.05$ ); \* = Significativo ( $\alpha = 0.05$ ); \*\* = Altamente significativo ( $\alpha = 0.01$ ).

DETF= Días, después de la siembra, a emisión del tallo floral; ATF= Altura del tallo floral; NRFB= Número de ramas florales basales; DF= Días, después de la siembra, a floración; ARFP= Amplitud del racimo floral principal; DF-MTS= Días entre floración y maduración total de semilla; DCS= Días, después de la siembra, a cosecha de semilla; RST= Rendimiento de semilla por tratamiento; RS ha<sup>-1</sup> = Rendimiento de semilla por hectárea.



niveles altos de giberelina indujeron los mejores resultados en general para todas las variables componentes del rendimiento.

Las giberelinas para la inducción de la floración tuvieron efecto notable en la formación prematura del tallo floral ya que, conforme se aumentó la dosis de AG<sub>3</sub> (Cuadro 6), disminuyeron los días requeridos para la aparición de este órgano. La dosis de 50 ppm fue la que permitió su aparición a los 76 días después de la siembra (d.d.s.); con la de 10 ppm, se logró hasta los 87 d.d.s. dando una diferencia de 11 días por efecto de concentración. Estos resultados concuerdan con los informados por Muñiz (1997). Además de la formación del tallo floral, se ocasionó el alargamiento del tallo basal, epinastia de las hojas más desarrolladas y en general la pérdida del color verde de las plantas tratadas. Las respuestas obtenidas se explican tomando en cuenta que al existir una mayor concentración de giberelina al interior de la planta, es posible que ocurra un efecto rápido o bien prolongado de ésta sobre el alargamiento celular a nivel de la zona de los entrenudos tanto del tallo floral como basal, un crecimiento de meristemos de la hoja (apical y marginales) y, en consecuencia, sobre la configuración de los cloroplastos. Éstas características pudieron ser favorecidas también por el efecto de los días largos y las altas temperaturas que se presentaron durante el experimento (Rayley citado por Valdés, 1988; Weaver, 1990).

La mayor altura del tallo floral principal (95.8 cm) se logró en las plantas que recibieron 40 ppm de AG<sub>3</sub> misma que estadísticamente fue mayor ( $\alpha=0.05$ ) que las de

Cuadro 6. Efecto de las dosis de  $AG_3$  sobre cinco variables componentes del rendimiento (DETF, ATF, NRFB, DF y ARFP). Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996.

| Dosis<br>(ppm) | DETF<br>(días)  | ATF<br>(cm)     | NRFB<br>(no)    | DF<br>(días)     | ARFP<br>(cm)    |
|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| 10             | 87.700 <b>a</b> | 85.525 <b>c</b> | 7.842 <b>b</b>  | 138.783 <b>a</b> | 41.050 <b>a</b> |
| 20             | 83.925 <b>b</b> | 86.358 <b>c</b> | 7.625 <b>bc</b> | 126.233 <b>b</b> | 37.225 <b>c</b> |
| 30             | 82.016 <b>c</b> | 90.522 <b>b</b> | 8.142 <b>b</b>  | 116.464 <b>c</b> | 29.676 <b>d</b> |
| 40             | 79.371 <b>d</b> | 95.885 <b>a</b> | 9.793 <b>a</b>  | 114.128 <b>d</b> | 38.540 <b>b</b> |
| 50             | 76.825 <b>e</b> | 92.208 <b>b</b> | 7.133 <b>c</b>  | 110.175 <b>e</b> | 38.692 <b>b</b> |
| DMS            | 0.361           | 1.7329          | 0.594           | 0.504            | 0.799           |

Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey,  $\alpha=0.05$ )  
DMS= Diferencia mínima significativa

DETF= Días, después de la siembra, a emisión del tallo floral; ATF= Altura del tallo floral; NRFB= Número de ramas florales basales; DF= Días, después de la siembra, a floración; ARFP= Amplitud del racimo floral principal.

las otras cuatro dosis, superando en 10.8% a las dosis de 10 y 20 ppm las cuales mostraron el menor valor (Cuadro 6). En general las dosis de 30 y 40 ppm ocasionaron, a lo largo del ciclo vital de la planta, además de la elongación y ramificación del tallo floral, un marcado efecto en el crecimiento del tallo basal así como mayor epinastia y amarillamiento generalizado de las hojas. La dosis de 50 ppm se caracterizó como “tóxica”, ya que las plantas tratadas manifestaron dichos fenómenos más acentuados.

Las respuestas detectadas tienen una relación directa con la variable DETF, ya que dosis altas favorecieron un efecto rápido en la emisión del tallo floral y posiblemente prolongado sobre el alargamiento celular a nivel de la zona de los

entrenados. Este efecto diferencial de las hormonas endógenas de la planta al recibir un incremento de giberelina, según Bidwell (1979), estuvo influenciado positivamente por elementos del ambiente como fueron luz y la temperatura. La altura que alcanzaron los tallos florales por efecto de las dosis y del ambiente se consideran adecuadas para reducir el “acame” del cultivo, situación típica en zonas de Valles Altos y, cómoda para la práctica de cosecha, tanto manual como mecánica de semilla.

El número de ramas florales basales (NRFB) presentó un comportamiento similar a la variable ATF ya que nuevamente la dosis de 40 ppm de AG<sub>3</sub> fue la que promovió estas estructuras en mayor número (9) siendo estadísticamente superior ( $\alpha=0.05$ ) al resto de las dosis usadas (Cuadro 6). Asimismo, la dosis mayor de giberelina (50 ppm) ocasionó menos ramas basales (7), lo que corrobora que esta dosis no es apropiada para el tipo y cultivar de lechuga empleado ya que promovió, numéricamente, igual producción de ramas que las dosis de 10 y 20 ppm. Lo anterior puede ser consecuencia del incremento y movilización de giberelinas y de nutrientes hacia los puntos de crecimiento, diferenciación y desarrollo ya que se detectó un efecto diferencial sobre la emergencia (DETF) y longitud del tallo floral (ATF) y basal lo que quizá disminuyó, la acción de la hormona sobre las yemas reproductoras y en consecuencia sobre el número de ramas (tallos) basales florales.

El cambio estructural y morfológico favoreció el rendimiento ya que en las ramas basales se formaron flores, frutos y semillas; sin embargo, fueron puntos activos de



crecimiento y diferenciación de la planta que demandaron mucha energía y compitieron con el tallo floral principal, donde se produce y cosecha la mayor cantidad y calidad de semilla. La permanencia de las ramas florales basales, agronómicamente, demanda modificar las técnicas tradicionales del cultivo que encarecen el costo de producción al demandar “tutoreado” de plantas; por lo cual, a reserva de una evaluación económica, se consideran estructuras indeseables en la planta.

Los días a floración (DF) mostraron una relación directa con los días a emisión del tallo floral (DETF). En el Cuadro 6 se aprecia que los días, después de la siembra, a aparición de flores disminuyeron conforme se incrementó la dosis de giberelinas; ya que las plantas asperjadas con 50 ppm de AG<sub>3</sub>, fueron precoces a inicio de floración (110 d.d.s) siendo su efecto estadísticamente superior ( $\alpha=0.05$ ) al del resto de las dosis evaluadas. El adelanto logrado en este evento fenológico fue de 28 días comparado con el efecto obtenido en el testigo agronómico (dosis de 10 ppm).

Los resultados obtenidos se atribuyen, de acuerdo con Bidwell (1979), a que al aplicar giberelinas a plantas de día largo como la lechuga, se obtiene en un tiempo más corto la emisión de las flores; por consiguiente, mediante la aplicación de la hormona y su posible interacción con elementos del ambiente se promovió a que las plantas tratadas con una mayor dosis de AG<sub>3</sub>, cumplieran más rápidamente su demanda de horas luz, actuando la giberelina como un suplemento del fotoperiodismo de la especie ya que según Azcón y Talon (1993), el fenómeno es más notorio cuando las plantas se

desarrollan en condiciones inductivas favorables como son días largos y temperaturas en el ambiente de 21 a 27 °C.

La dosis de AG<sub>3</sub> que favoreció la mayor amplitud del racimo floral principal (41.0 cm) fue la de 10 ppm. Este diámetro fue estadísticamente superior ( $\alpha=0.05$ ) al de las otras cuatro dosis (Cuadro 6). Las dosis de 40 y 50 ppm fueron estadísticamente ( $\alpha=0.05$ ) iguales entre sí, siendo una segunda alternativa a emplear para promover una mayor amplitud del racimo floral principal (umbela primaria); mientras que la dosis de 30 ppm, fue la que indujo el menor desarrollo de tan importante órgano de la planta (29.6 cm). Esto, de cierta manera, repercutió en el rendimiento de semilla logrado.

La respuesta encontrada se debe a que la dosis de 10 ppm produjo la menor altura del tallo floral y un bajo número de ramas florales basales en la planta, situación que implicó un menor gasto de energía para el crecimiento y desarrollo de dichas estructuras, lo que posiblemente favoreció el crecimiento y desarrollo de las “ramillas” de la panícula principal produciendo una mayor cantidad de flores y frutos conformando una panícula de mayor diámetro. Sin embargo, el peso y número de semillas fue menor, reflejándose en el rendimiento global obtenido. Estos resultados coincidieron con lo que encontró Granval (1989) quien manifiesta que las mermas en el rendimiento pueden ser más severas a causa del poco desarrollo de panículas atribuible a una nutrición y humedad deficiente en la planta durante las etapas de formación de panículas, floración y maduración de semilla.

Los días a cosecha de semilla (DCS) y el periodo de floración-maduración total de semilla (DF-MTS) disminuyeron conforme se incrementó la dosis de AG<sub>3</sub> (Cuadro 7). En las plantas asperjadas con 50 ppm de AG<sub>3</sub>, la cosecha de semilla se inició a los 122 d.d.s.; mientras que con la dosis de 10 ppm (T. A), la semilla se cosechó hasta los 151 d.d.s. manifestándose un adelanto de la cosecha de 20 días por efecto de la dosis más alta de AG<sub>3</sub>. De igual forma, las plantas asperjadas con 50 ppm de giberelina, lograron madurar el total de semillas en tan sólo 44 días; siendo contrastante el efecto causado por la dosis de 10 ppm con la que dicho periodo fue de 56 días, lo que repercutió cuantitativamente en el rendimiento de semilla ya que las plantas estuvieron expuestas por más tiempo a la acción de agentes bióticos (pájaros, enfermedades y malezas) y abióticos (temperatura, lluvia, humedad relativa y vientos).

Cuadro 7. Efecto de las dosis de AG<sub>3</sub> sobre cuatro variables componentes del rendimiento (DCS, DF-MTS, RST y RSha<sup>-1</sup>). Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996.

| Dosis<br>(ppm) | DCS<br>(días) | DF-MTS<br>(días) | RST<br>(g) | RSha <sup>-1</sup><br>(kg) |
|----------------|---------------|------------------|------------|----------------------------|
| 10             | 151.742 a     | 56.842 a         | 179.747 e  | 82.113 e                   |
| 20             | 136.708 b     | 51.508 b         | 192.303 d  | 87.848 d                   |
| 30             | 130.972 c     | 47.941 c         | 212.719 c  | 97.175 c                   |
| 40             | 127.017 d     | 46.107 d         | 267.915 a  | 122.389 a                  |
| 50             | 122.492 e     | 44.350 e         | 239.635 b  | 109.446 b                  |
| DMS            | 0.317         | 0.746            | 5.369      | 2.445                      |

Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey,  $\alpha=0.05$ )

DMS= Diferencia mínima significativa

DCS= Días, después de la siembra, a cosecha de semilla; DF-MTS= Días entre floración y maduración total de semilla; RST= Rendimiento de semilla por tratamiento; RSha<sup>-1</sup>= Rendimiento de semilla por hectárea.



La respuesta de ambas variables fue, en parte, consecuencia de la reducción de las fases fenológicas de la planta así como del posible efecto causado en el desarrollo de los embriones, dado que la maduración acelerada de las semillas es favorecida tanto por el efecto directo sobre el desarrollo del embrión así como por la movilización de la sabia elaborada y hormonas hacia frutos y semillas, lo que favorece el ritmo de maduración de las mismas (Rojas, 1984).

Las medias del rendimiento de semilla en los tratamientos (RST) y el rendimiento de semilla por hectárea ( $RSha^{-1}$ ) muestran que las dosis de  $AG_3$  estudiadas ocasionaron un efecto distinto (Cuadro 7) ya que sus promedios fueron estadísticamente ( $\alpha = 0.05$ ) diferentes. La dosis de 40 ppm produjo el mayor rendimiento de semilla por hectárea (122.38 kg) superando en 49.0 % el rendimiento obtenido con la dosis de 10 ppm (82.11 kg). La dosis de 50 ppm fue la segunda mejor alternativa para lograr rendimiento de semilla (109.44 kg). Sin embargo, dicha concentración de giberelina se manifestó como negativa para la fisiología y morfología de la planta atribuible a un desbalance hormonal interno que inhibió la diferenciación de órganos florales así como la fecundación de óvulos ya que se redujo el número de semillas en los frutos de 6 a 9; mientras que en el resto de las plantas, fue de 9 a 13 semillas/fruto.

Los resultados en rendimiento se atribuyen, además de lo mencionado, al efecto causado por las dosis de  $AG_3$  en el número de ramas florales basales (NRFB), días a cosecha de semilla (DCS) y a los días transcurridos entre floración-maduración total de

semilla (DF-MTS), lo cual permitió un mayor número de flores, frutos y semillas, humedad y menos pérdidas de semilla por la acción del viento, lluvia, pájaros y principalmente por “desgrane” de las mismas, factores que tuvieron un efecto importante en el rendimiento final, influenciado por los días a cosecha. El rendimiento de semilla logrado por efecto de las dosis de 40 y 50 ppm de AG<sub>3</sub> se consideró adecuado para la zona, época, tipo y cultivar de lechuga evaluada. A pesar de ser las dosis más altas, su valor económico es mínimo lo que las señala como una buena alternativa económica para el productor, más aún si se aplican a cultivares potencialmente redituables como “Coulgar” el cual se vendió en el mercado, para enero de 1998, entre \$1,200.00 y \$ 1,600.00 pesos la libra de semilla.

#### 4.1.2 Factor Etapa de Aplicación

En las etapas de desarrollo (E) en las que se aplicó el AG<sub>3</sub> se observaron efectos contrastantes en las variables componentes del rendimiento (Cuadros 8 y 9).

Cuadro 8. Efecto de las etapas de aplicación de AG<sub>3</sub> sobre cuatro variables componentes del rendimiento (DETF, NRFB, DF y ARFP). Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996.

| Etapa<br>(hojas)         | DETF<br>(días) | NRFB<br>(no) | DF<br>(días) | ARFP<br>(cm) |
|--------------------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| 8 (E <sub>1</sub> )      | 78.300 c       | 9.565 a      | 118.540 c    | 32.505 c     |
| 12 (E <sub>2</sub> )     | 85.762 a       | 7.521 b      | 123.595 a    | 34.323 b     |
| 8 y 12 (E <sub>3</sub> ) | 81.840 b       | 7.235 b      | 121.335 b    | 44.305 a     |
| DMS                      | 0.239          | 0.399        | 0.332        | 0.527        |

Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey,  $\alpha=0.05$ )  
DMS= Diferencia mínima significativa. (E<sub>3</sub>)= 50% de la dosis total en E<sub>1</sub> y E<sub>2</sub>.  
DETF= Días, después de la siembra, a emisión del tallo floral; NRFB= Número de ramas florales basales; DF= Días, después de la siembra, a floración; ARFP= Amplitud del racimo floral principal.



Los días requeridos para la emisión del tallo floral (DETF) en las plantas, fueron menos (78 d.d.s) cuando la aplicación del AG<sub>3</sub> se efectuó en la etapa de 8 hojas (E<sub>1</sub>) lográndose la aparición de este tallo con 3 días de anticipación en comparación con la aplicación del producto al 50% de la dosis en la etapa de 8 y 12 hojas (E<sub>3</sub>), y hasta de 7 días cuando la hormona se aplicó en la etapa de 12 (E<sub>2</sub>). Lo anterior se puede explicar en base a lo sugerido por Cruz<sup>1</sup> (1998), en comunicación personal, quien menciona que la iniciación del escapo floral ocurre de manera natural cuando la tercera o cuarta hoja de la plántula es visible (en promedio a los 28 días después de la siembra); por lo tanto cuando se aplicaron las diferentes dosis de AG<sub>3</sub>, ya había ocurrido la iniciación floral en todas las plantas, situación que ocasionó que el tallo estuviera expuesto más tempranamente a la acción de las giberelinas aplicadas presentándose el alargamiento de los entrenudos de ambos tallos en la planta (tallo vegetativo basal y tallo reproductivo). Por consiguiente, la rápida aparición del tallo floral estuvo directamente relacionada con la etapa fenológica temprana de la planta en que recibió la giberelina.

En cuanto al número de ramas florales basales (NRFB), al igual que en la variable DETF, se observó mayor cantidad de estas estructuras (9) cuando la hormona se aplicó en la etapa fenológica de 8 hojas (E<sub>1</sub>); mientras que las ramas promedio producidas tanto en 12 (E<sub>2</sub>) como en 8 y 12 hojas (E<sub>3</sub>) fueron estadísticamente iguales ( $\alpha=0.05$ ) con un número de 7 (Cuadro 8). La explicación a la respuesta manifestada, se da arguyendo que una aplicación temprana (8 hojas) expuso por más tiempo tanto los tejidos del tallo basal como los del floral a la acción de las giberelinas (endógenas y

---

<sup>1</sup> Cruz G. R.A. Profesor-Investigador. Depto de Fitotecnia. UACH. Chapingo, Méx.



exógenas), propiciando la activación y elongación de yemas en el tallo vegetativo basal que dieron origen a las ramas florales basales; estas estructuras, al igual que el tallo floral principal, desarrollaron panículas principales y laterales; no obstante, la cantidad de flores, frutos y semillas que llegaron a producir fue inferior a la obtenida en el tallo floral principal. Por otro lado, la presencia de estas estructuras demandó el tutoreado de la planta debido al peso extra de las inflorescencias laterales. Lo anterior justifica la eliminación de dichas estructuras, con lo cual se eliminaría la competencia por nutrientes con el fin de favorecer el número de frutos y peso de las semillas presentes en la panícula del tallo floral de las plantas así como evitar una práctica “especial” (tutoreado) que incrementaría el costo de producción de semilla de lechuga.

Las plantas que llegaron primero a floración (118 d.d.s) fueron las que recibieron el tratamiento hormonal en la etapa de 8 hojas ( $E_1$ ) ya que estadísticamente fueron más rápidas ( $\alpha=0.05$ ) que las demás (Cuadro 8). La respuesta encontrada para la etapa de 8 y 12 hojas ( $E_3$ ) fue intermedia; mientras que el estímulo hormonal en 12 hojas fue el menos favorecido y ampliamente superado por la etapa inicial ( $E_1$ ) que tuvo 5 días de ventaja, por lo que la aplicación temprana (8 hojas) del total de la giberelina, como ya se hizo mención, favoreció la rápida aparición y una mayor altura del tallo floral. La aplicación del  $AG_3$  en la etapa temprana (8 hojas) permitió que las plantas cumplieran más rápidamente la etapa vegetativa y, fisiológica y bioquímicamente iniciaran la reproductiva ya que el  $AG_3$  compensó los requerimientos de luz (fotoperiodo) lo que las hizo precoces a inicio de floración.

La máxima amplitud de la panícula (44.3 cm) se logró en las plantas que recibieron el estímulo hormonal tanto en 8 como en 12 hojas ( $E_3$ ) aplicándose en cada etapa una concentración del 50% de las dosis totales (Cuadro 8). Esta respuesta se relaciona con lo que informa Weaver (1990) quien menciona que con frecuencia la aplicación exógena de giberelinas, incrementa el contenido endógeno de auxinas e induce una mayor actividad de éstas en la planta lo que, posiblemente, favoreció tanto al crecimiento como al desarrollo observado de los tallos y “ramillas” que conformaron la panícula principal (capítulo terminal) de la planta y en consecuencia su amplitud.

La cosecha de semilla (DCS) se inició primero (130 d.d.s) en las plantas que recibieron el estímulo externo de la giberelina cuando presentaron un desarrollo fenológico de 8 hojas ( $E_1$ ) siendo estadísticamente mejor ( $\alpha=0.05$ ) y diferente a la respuesta detectada en las otras etapas (Cuadro 9), ya que se logró un adelanto de 5 días

Cuadro 9. Efecto de las etapas de aplicación de  $AG_3$  sobre cuatro variables componentes del rendimiento (DCS, DF-MTS, RST y  $RSha^{-1}$ ). Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996.

| Etapa<br>(hojas) | DCS<br>(días) | DF-MTS<br>(días) | RST<br>(g) | $RSha^{-1}$<br>(kg) |
|------------------|---------------|------------------|------------|---------------------|
| 8 ( $E_1$ )      | 130.690 c     | 51.060 a         | 207.997 b  | 95.003 b            |
| 12 ( $E_2$ )     | 135.198 a     | 48.173 c         | 197.030 c  | 90.008 c            |
| 8 y 12 ( $E_3$ ) | 131.870 b     | 48.815 b         | 250.364 a  | 114.372 a           |
| DMS              | 0.209         | 0.492            | 3.545      | 1.614               |

Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey,  $\alpha=0.05$ ).

DMS= Diferencia mínima significativa. ( $E_3$ )= 50% de la dosis total en  $E_1$  y  $E_2$ .

DCS= Días a cosecha de semilla; DF-MTS= Días entre floración y maduración total de semilla;

RST= Rendimiento de semilla por tratamiento;  $RSha^{-1}$  = Rendimiento de semilla por hectárea.



en relación a lo observado en 12 hojas ( $E_2$ ); mientras que, los valores resultantes por aplicar el 50% de las dosis de giberelina en 8 y 12 hojas ( $E_3$ ), fueron de tendencia intermedia. Al igual que en el caso anterior, en esta variable las plantas respondieron de mejor manera cuando recibieron el estímulo hormonal en una etapa de desarrollo de 8 hojas llegando en menos días a la etapa reproductora inicial; mientras que la aplicación en la etapa de 12 hojas, quizá favoreció más la formación y maduración fisiológica de la semilla formada (etapa reproductora final) situación que concuerda con lo reportado por Aitken, citado por Muñiz (1997) quien menciona que el AG<sub>3</sub> contribuye a lograr una maduración fisiológica acelerada (rápida) de la semilla.

Se observó que al incidir hormonalmente en una etapa temprana de la planta (8 hojas) se favoreció notablemente la etapa reproductora inicial (de iniciación floral a floración plena); sin embargo, esto ocasionó un retraso de 3 días en promedio sobre el tiempo requerido por las plantas desde floración hasta maduración total de semilla lo cual pudo influir en la reducción del rendimiento de semilla ya que el ambiente, los pájaros y la fisiología propia de la planta, tuvieron mayor tiempo de efecto negativo.

En cuanto al rendimiento de semilla obtenido en la parcela experimental por efecto de las etapas de aplicación, los resultados del Cuadro 9 indican que las plantas que recibieron la dosis hormonal dividida al 50% en las etapas fenológicas de 8 y 12 hojas ( $E_3$ ) reflejaron el máximo rendimiento (250.36 g) siendo estadísticamente superior ( $\alpha=0.05$ ) a las otras etapas. Lo anterior se puede atribuir a la acción de haber dividido las



dosis de las giberelinas exógenas, lo cual provocó menor alteración fisiológica y morfológica de la planta (epinastia y pérdida del color verde) lo que favoreció el rendimiento final de semilla; razón por la cual autores como Mallar (1978), Raimond (1989) y Granval (1989), recomiendan aplicar a las plantas dosis bajas de AG<sub>3</sub> (entre 7.5 y 10 ppm) o bien divididas (4, 8 ó 12 hojas) a fin de aprovechar mejor su acción como fitorregulador.

La variable Rendimiento de semilla por hectárea (RSha<sup>-1</sup>), presentó igual comportamiento al de la variable anterior ya que los rendimientos son el resultado de la extrapolación de los valores obtenidos en los tratamientos (Cuadro 9).

#### **4.1.3 Interacción: dosis de AG<sub>3</sub> y etapas de aplicación**

Las combinaciones de las dosis de AG<sub>3</sub> con las etapas de aplicación fue altamente significativa ( $\alpha=0.01$ ) para todas las variables componentes del rendimiento (Cuadro 5).

Los valores promedio obtenidos en cada una de las variables por efecto de la interacción de factores se muestran en el Cuadro 10.

En relación a los días, después de la siembra, a emisión del tallo floral (DETF) de las plantas de lechuga, se detectó el efecto esperado de los tratamientos evaluados siendo clara la respuesta de dichas plantas a las dosis de AG<sub>3</sub> y etapa fenológica en que fue

Cuadro 10. Comparación de medias de componentes del rendimiento para 15 combinaciones de inducción floral en lechuga derivadas de la interacción de dosis de AG<sub>3</sub> por etapas de aplicación (D x E). Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996.

| Tratamiento                             | DETF<br>(días) | ATF<br>(cm) | NRFB<br>(no) | DF<br>(días) | DRFP<br>(cm) | DCS<br>(días) | DF-MTS<br>(días) | RST<br>(g) | RS ha <sup>-1</sup><br>(kg) |
|-----------------------------------------|----------------|-------------|--------------|--------------|--------------|---------------|------------------|------------|-----------------------------|
| 1 (D <sub>1</sub> E <sub>1</sub> ) T.A. | 83.4 e         | 81.62 g     | 6.0 ef       | 138.8 ab     | 38.15 e      | 150.1 b       | 54.65 a          | 172.49 hi  | 78.801 hi                   |
| 2 (D <sub>2</sub> E <sub>1</sub> )      | 78.9 g         | 83.90 fg    | 8.7 c        | 121.5 d      | 33.05 f      | 134.6 e       | 50.52 b          | 185.66 g   | 84.816 g                    |
| 3 (D <sub>3</sub> E <sub>1</sub> )      | 77.3 h         | 94.00 bc    | 10.1 b       | 113.3 g      | 23.15 h      | 126.0 i       | 44.92 c          | 204.83 ef  | 93.572 ef                   |
| 4 (D <sub>4</sub> E <sub>1</sub> )      | 76.9 h         | 98.65 a     | 13.7 a       | 110.8 h      | 28.07 g      | 122.0 k       | 41.12 de         | 261.99 c   | 119.686 c                   |
| 5 (D <sub>5</sub> E <sub>1</sub> )      | 74.7 i         | 93.87 c     | 9.2 bc       | 108.1 i      | 40.10 d      | 121.1 l       | 39.07 fg         | 214.99 e   | 98.140 e                    |
| 6 (D <sub>1</sub> E <sub>2</sub> )      | 92.2 a         | 88.55 de    | 9.2 bc       | 139.4 a      | 41.35 d      | 152.9 a       | 50.37 b          | 161.91 i   | 73.966 i                    |
| 7 (D <sub>2</sub> E <sub>2</sub> )      | 88.8 b         | 81.55 g     | 7.0 de       | 128.1 c      | 40.72 d      | 142.9 d       | 45.02 c          | 180.33 gh  | 82.380 gh                   |
| 8 (D <sub>3</sub> E <sub>2</sub> )      | 86.5 d         | 89.01 de    | 7.0 de       | 120.8 d      | 27.92 g      | 133.9 e       | 41.69 d          | 202.83 f   | 92.658 f                    |
| 9 (D <sub>4</sub> E <sub>2</sub> )      | 82.4 f         | 97.75 ab    | 7.1 de       | 118.3 e      | 33.46 f      | 130.0 f       | 40.32 ef         | 229.66 d   | 104.916 d                   |
| 10 (D <sub>5</sub> E <sub>2</sub> )     | 78.7 g         | 93.67 c     | 7.1 de       | 111.2 h      | 28.15 g      | 124.1 j       | 38.15 g          | 210.41 ef  | 96.122 ef                   |
| 11 (D <sub>1</sub> E <sub>3</sub> )     | 87.4 c         | 86.40 ef    | 8.2 cd       | 138.1 b      | 43.65 c      | 151.1 c       | 50.50 b          | 204.83 ef  | 93.572 ef                   |
| 12 (D <sub>2</sub> E <sub>3</sub> )     | 83.9 e         | 93.62 c     | 7.1 de       | 129.0 c      | 37.90 c      | 142.1 e       | 43.97 c          | 210.91 ef  | 96.351 ef                   |
| 13 (D <sub>3</sub> E <sub>3</sub> )     | 82.1 f         | 88.55 de    | 7.1 de       | 115.2 f      | 37.95 c      | 128.9 g       | 41.90 de         | 230.49 d   | 105.297 d                   |
| 14 (D <sub>4</sub> E <sub>3</sub> )     | 78.7 g         | 91.25 cd    | 8.5 c        | 113.2 g      | 54.20 a      | 126.9 h       | 41.87 de         | 312.08 a   | 142.565 a                   |
| 15 (D <sub>5</sub> E <sub>3</sub> )     | 76.9 h         | 89.07 de    | 5.1 f        | 111.1 h      | 47.82 b      | 124.1 j       | 40.82 de         | 293.49 b   | 134.076 b                   |
| DMS ( $\alpha=0.05$ )                   | 0.79           | 3.79        | 1.30         | 1.10         | 1.74         | 0.69          | 1.63             | 11.74      | 5.349                       |

Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey,  $\alpha = 0.05$ )

D= Dosis de AG<sub>3</sub> en ppm (D<sub>1</sub> = 10; D<sub>2</sub> = 20; D<sub>3</sub> = 30; D<sub>4</sub> = 40 y D<sub>5</sub> = 50)

E= Etapa de aplicación (E<sub>1</sub> = 8 hojas; E<sub>2</sub> = 12 hojas y E<sub>3</sub> = 50% de las dosis en 8 y 12 hojas)

T.A= Testigo agronómico

aplicada la giberelina como puede apreciarse en la Figura 10; ya que conforme se aumentó la dosis de giberelina, fue más precoz la emisión del tallo floral. El efecto del AG<sub>3</sub> fue más marcado cuando se aplicó a la planta en un desarrollo de 8 hojas; de tal manera que, al asperjar las plantas de lechuga con 50 ppm de AG<sub>3</sub> en la etapa de 8 hojas verdaderas (T<sub>5</sub>), se obtuvo la emisión del escapo floral a 74 días después de la siembra (d.d.s); mientras que, el utilizar la menor dosis (10 ppm) en la etapa de 12 hojas (T<sub>6</sub>) ocasionó la aparición de la estructura floral hasta los 92 d.d.s. existiendo una marcada diferencia (18 días) entre ambos tratamientos.

Los tratamientos T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> y T<sub>15</sub> surgieron como segunda alternativa para favorecer la aparición temprana del escapo floral ya que estadísticamente ( $\alpha=0.05$ ) son iguales entre sí pero superiores a los tratamientos restantes, pudiéndose utilizar cualquiera de ellos.

El efecto de las dosis de 40 y 50 ppm de AG<sub>3</sub> aplicadas al 50 % tanto en 8 como en 12 hojas (Tratamientos T<sub>14</sub> y T<sub>15</sub>) produjo una respuesta similar a la producida por las mismas dosis pero aplicadas al 100% en 8 hojas. Lo anterior se explica si se considera que las plantas recibieron al mismo tiempo, el estímulo hormonal externo de la giberelina induciendo más tempranamente el crecimiento de los entrenudos (internudos) permaneciendo el número de ellos constante en la planta. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Lameé y Verecke (1977) y Valdés (1988).



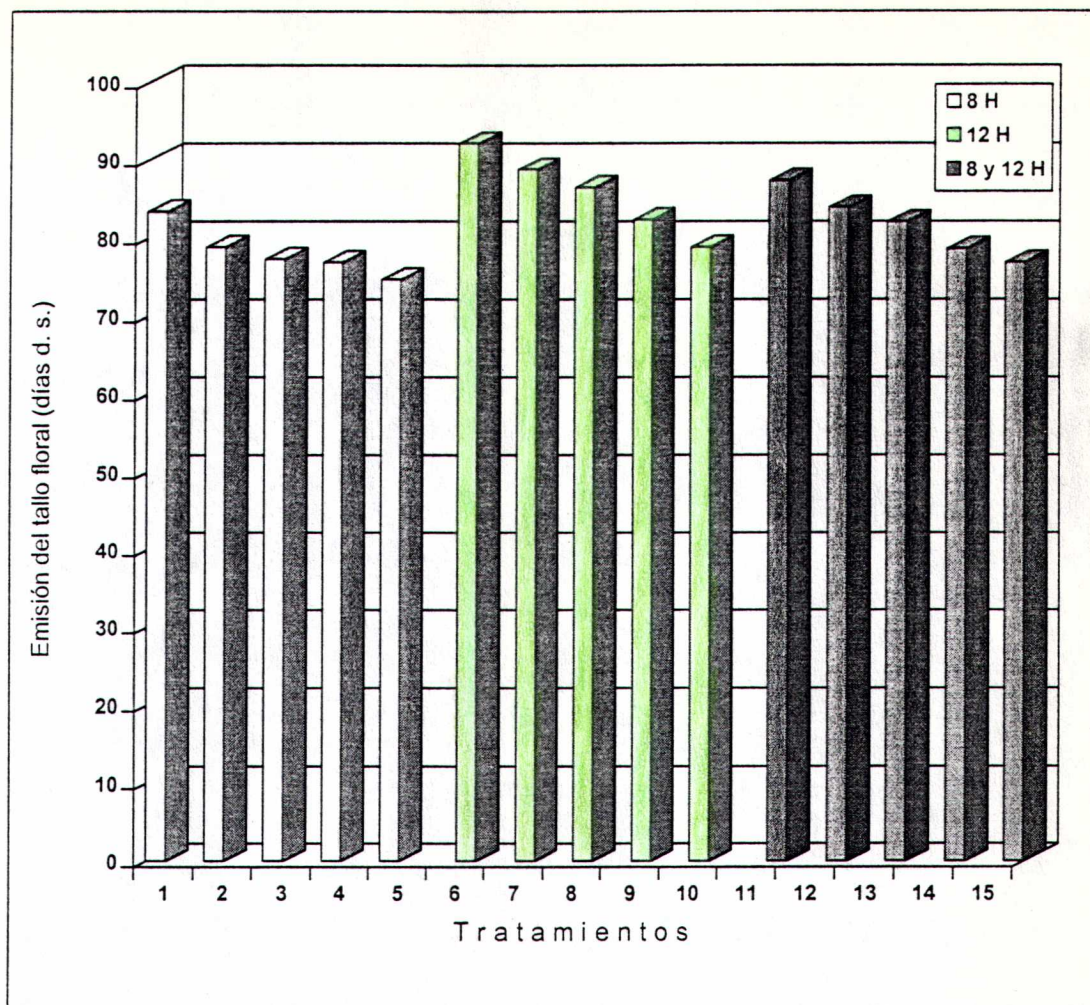


Figura 10. Días, después de la siembra, a emisión del tallo floral en plantas de lechuga por efecto de tratamientos para inducción floral y producción de semilla.

considera que las plantas recibieron al mismo tiempo, el estímulo hormonal externo de la giberelina induciendo más tempranamente el crecimiento de los entrenudos (internudos) permaneciendo el número de ellos constante en la planta. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Lameé y Vereecke (1977) y Valdés (1988). En las plantas donde se aplicó el total de la giberelina en la etapa de 8 hojas se observó, además de la elongación del tallo floral, una marcada elongación del tallo basal (hasta de 60 cm) así

como epinastias y pérdida del color verde de las hojas siendo más acentuadas estas características conforme se aumentó la dosis de AG<sub>3</sub>. El crecimiento de ambos tallos (floral y basal) se debe a que en las plantas al recibir, en una etapa de desarrollo temprana, el estímulo hormonal de la giberelina se promovió un mayor número de células y el aumento en la expansión de las mismas, contribuyendo al crecimiento (por división celular) de los entrenudos del tallo (Weaver, 1990). Por otro lado la epinastia de las hojas se atribuye a la influencia desigual de la hormona sobre los meristemos de la hoja (apical y marginal) que da lugar a la producción de células en todas direcciones que aunque no crecen mucho en volumen, contribuyen a un crecimiento desequilibrado de la lámina foliar (Engleman<sup>3</sup>, 1990; comunicación personal); mientras que el amarillamiento de la hoja se asocia, de acuerdo con González (1980), con un aumento en la superficie de la misma y con cambios estructurales que ocurren dentro de los cloroplastos presentes en la célula causados por la hormona.

Las plantas que presentaron las máximas alturas del tallo floral fueron tratadas con 40 ppm de AG<sub>3</sub> tanto en 8 (T<sub>4</sub> = 98.6 cm) como en 12 hojas (T<sub>9</sub> = 97.7 cm). Estas son estadísticamente iguales entre sí ( $\alpha=0.05$ ) pero superiores a los demás (Cuadro 10). La menor altura promedio (81.5 cm) se presentó en las plantas asperjadas con 20 ppm en la etapa de 12 hojas (T<sub>7</sub>) siendo estadísticamente igual ( $\alpha=0.05$ ) al testigo agronómico (T<sub>1</sub> = 81.6 cm), como se puede apreciar en la Figura 11. La elongación del tallo basal (de hasta 60 cm) y la altura del tallo floral se atribuyen a la acción conjunta de la giberelina aplicada y las condiciones de día largo a que estuvieron sometidas las plantas

---

<sup>3</sup> E. Mark Engleman. Área de botánica. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Méx.



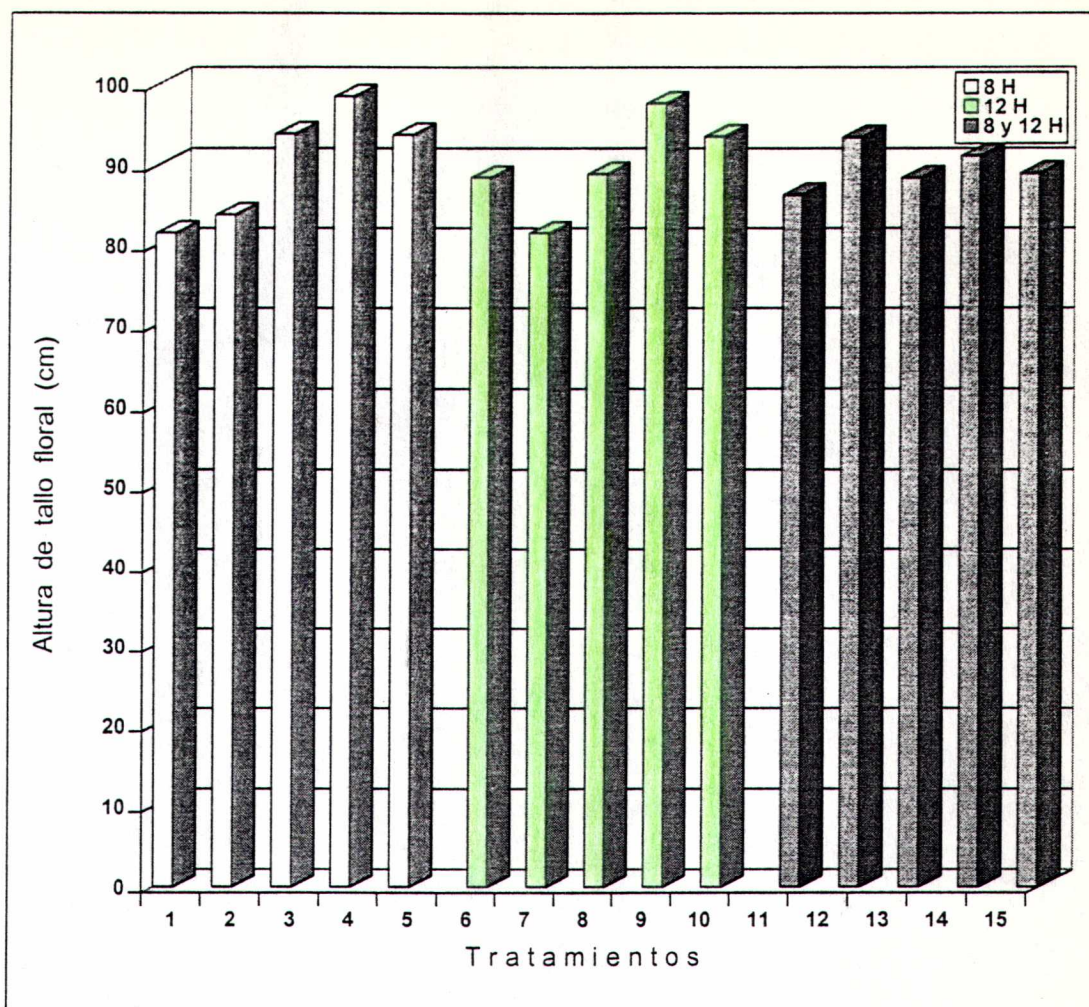


Figura 11. Altura del tallo floral en lechuga por efecto de tratamientos para inducción floral y producción de semilla.

durante los meses de cultivo. El incremento endógeno de la hormona y la aplicación en una etapa temprana del desarrollo de la planta, indujo la elongación de entrenudos como resultado del efecto promotor que tiene la luz sobre las plantas pues favorece un incremento endógeno de giberelinas activas (Azcón y Talon, 1993).

Los valores en la altura de los tallos florales fueron inferiores a los reportados por Muñiz (1997) quien al aplicar giberelinas a plantas de lechuga de



“oreja” Cv “Parris Island Coss” en la etapa de 10 hojas verdaderas, logró las mayores alturas del tallo floral (1.26 a 1.30 m) con las dosis máximas de AG<sub>3</sub> evaluadas (150 y 200 ppm). Sin embargo, la altura del tallo floral obtenida es aceptable y adecuada para una cosecha tanto manual como mecánica y principalmente, implican menor riesgo potencial de acame del cultivo.

El mayor número de ramas florales basales (13) desarrolladas a lo largo del tallo basal de las plantas se obtuvo al aplicar 40 ppm de AG<sub>3</sub> al 100 % en la etapa de 8 hojas (tratamiento T<sub>4</sub> ). Este fue estadísticamente superior ( $\alpha=0.05$ ) al de los demás tratamientos (Cuadro 10), como puede observarse en la Figura 12. Los tratamientos T<sub>3</sub>, T<sub>5</sub> y T<sub>6</sub> son una segunda alternativa para la emisión de ramas laterales pues produjeron 10, 9 y 9 ramas respectivamente siendo estadísticamente iguales ( $\alpha=0.05$ ), en caso de que esta característica sea de interés para el productor. El menor número de ramas (5) detectadas fue producido por las plantas del tratamiento T<sub>15</sub> , lo que indica que la dosis alta de AG<sub>3</sub> (50 ppm) a pesar de haberse aplicado dividida en dos etapas de desarrollo, inhibió la producción de estos tallos (ramas) florales. Este número fue similar a la respuesta presentada por el testigo (T<sub>1</sub>) agronómico (6 ramas florales) atribuible a que éste tiene la dosis más baja (10 ppm) de giberelina.

La respuesta al tratamiento T<sub>4</sub>, fue consecuencia de la acción conjunta del factor luz, hormonas internas y, principalmente, del AG<sub>3</sub> aplicado; se observó que cuanto más se elongó el tallo basal a consecuencia de la dosis, el número de ramas florales

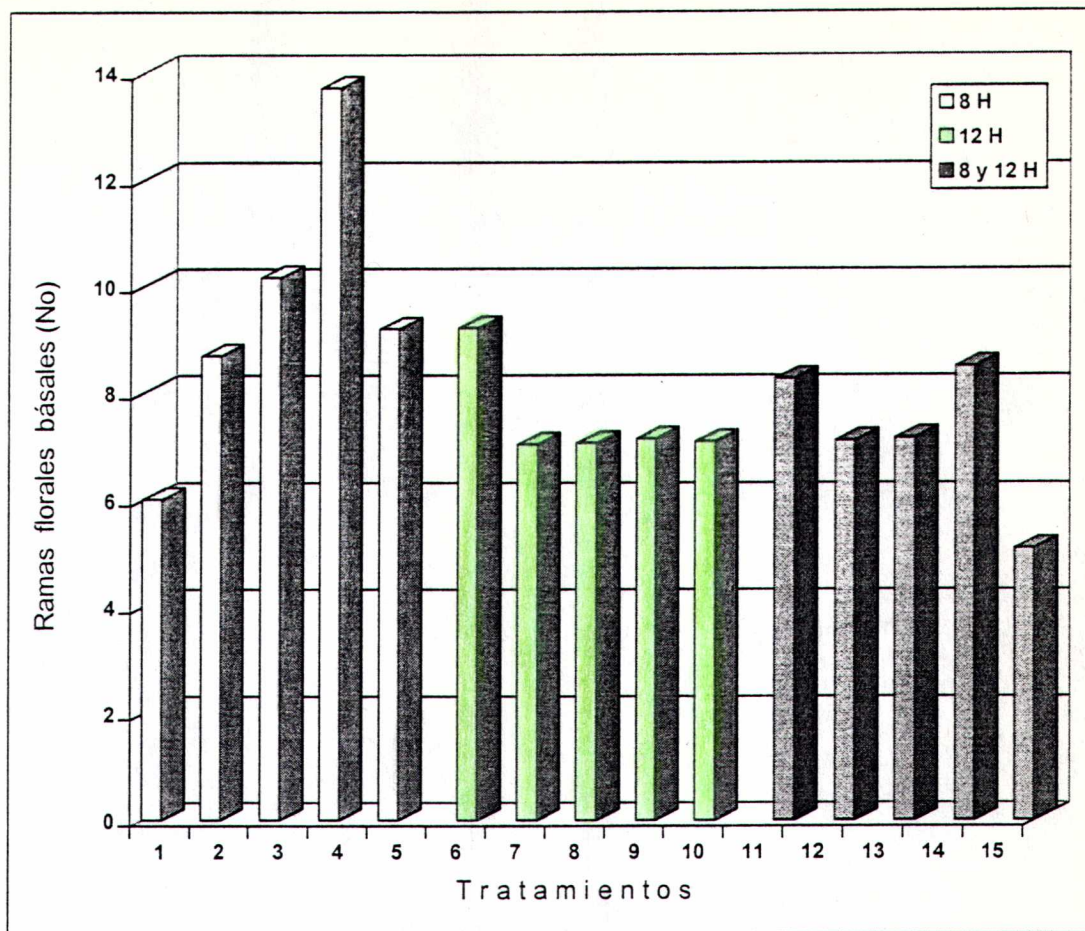


Figura 12. Ramas florales dispuestas en el tallo basal de lechuga por efecto de tratamientos para inducción floral y producción de semilla.

básales fue mayor. Lo anterior, a su vez favoreció el número de semillas ya que en dichas ramas también se formaron estructuras florales, haciendo que en la planta se presentaran más sitios de demanda. Esto a su vez, ocasionó la formación de semillas más pequeñas y livianas, que puede repercutir en el vigor de las mismas. Por otro lado, una planta con más ramas reproductoras es propensa al acame y demanda ser tutorada para evitar la pérdida de semilla. Esto requiere de un análisis de la permanencia o eliminación de dichas estructuras ya que ningún autor reporta un número de ramas florales básicas tan elevado ni el fenómeno de elongación del tallo basal, dos experiencias en esta



investigación a favor de evaluar en el futuro el efecto de dosis menores a las estudiadas ya sea al 100% en una sola ocasión o al 50% en dos aplicaciones y en una etapa fenológica más temprana.

En los días a floración (DF) se observó que el tiempo requerido, después de la siembra, para la apertura de las flores disminuyó en forma gradual conforme se incrementó la dosis de giberelinas aplicada, como se aprecia en el Cuadro 10 y Figura 13. No obstante que la investigación se desarrolló en condiciones favorables para la inducción floral (días largos y alta temperatura), la aplicación de giberelinas y su posible interacción con el ambiente favoreció la iniciación prematura de este evento fenológico ya que como lo menciona Rojas (1985), las giberelinas aplicadas a plantas de día largo (como la lechuga) pueden suplir la necesidad de las horas luz, logrando la emisión temprana de las flores. En este caso, las plantas que fueron asperjadas con 50 ppm de AG<sub>3</sub> en la etapa de 8 hojas (T<sub>5</sub>) fueron precoces en la iniciación de la floración sucediendo este fenómeno a los 108 días después de la siembra (d.d.s); mientras que las plantas asperjadas con 10 ppm de AG<sub>3</sub> tanto en 8 (T<sub>1</sub>) como en 12 hojas (T<sub>6</sub>) fueron las más tardías en floración con 138 y 139 d.d.s. respectivamente, mostrando un retraso de 31 días. Estos resultados concuerdan con lo obtenido por Sivori *et al.* (1980), Valdés (1988) y Muñiz (1997).

La mayor amplitud del racimo floral principal ( 54.2 cm) fue registrado en las plantas del tratamiento T<sub>14</sub> siendo estadísticamente superior ( $\alpha=0.05$ ) al del resto de



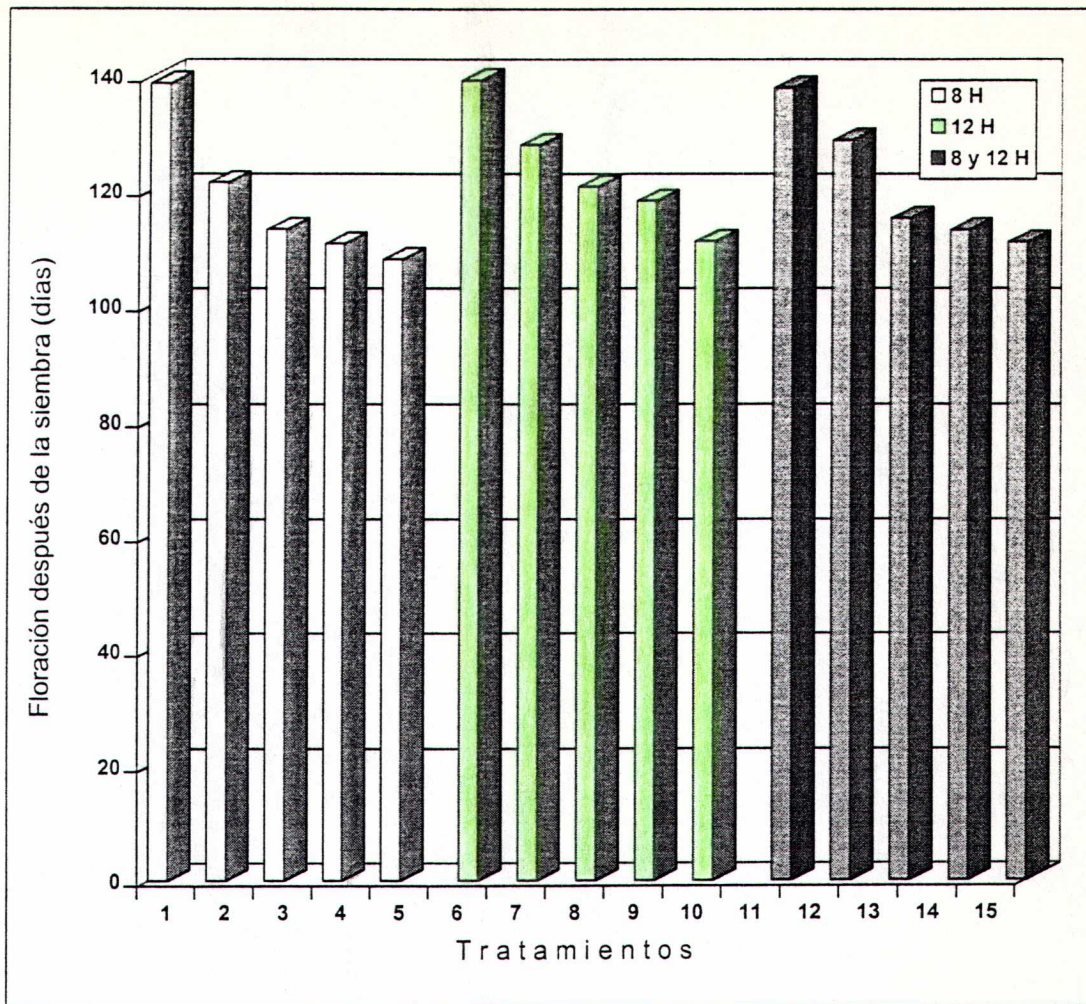


Figura 13. Días, después de la siembra, a inicio de floración de las plantas de lechuga por efecto de tratamientos para inducción floral y producción de semilla.

tratamientos (Cuadro 10). Las plantas del tratamiento  $T_{15}$  presentaron un diámetro floral promedio de 47.8 cm por lo que puede ser una segunda alternativa. El menor diámetro floral se obtuvo en las plantas conducidas con el tratamiento  $T_3$  (23.1 cm) siendo superado por el testigo agronómico ( $T_1$ ). El valor promedio del diámetro del racimo floral principal fue favorecido por la aplicación de las dosis de  $AG_3$  al 50 % en 8 y 12 hojas (Cuadro 10). Esto se debe a que las giberelinas favorecieron en dos momentos la

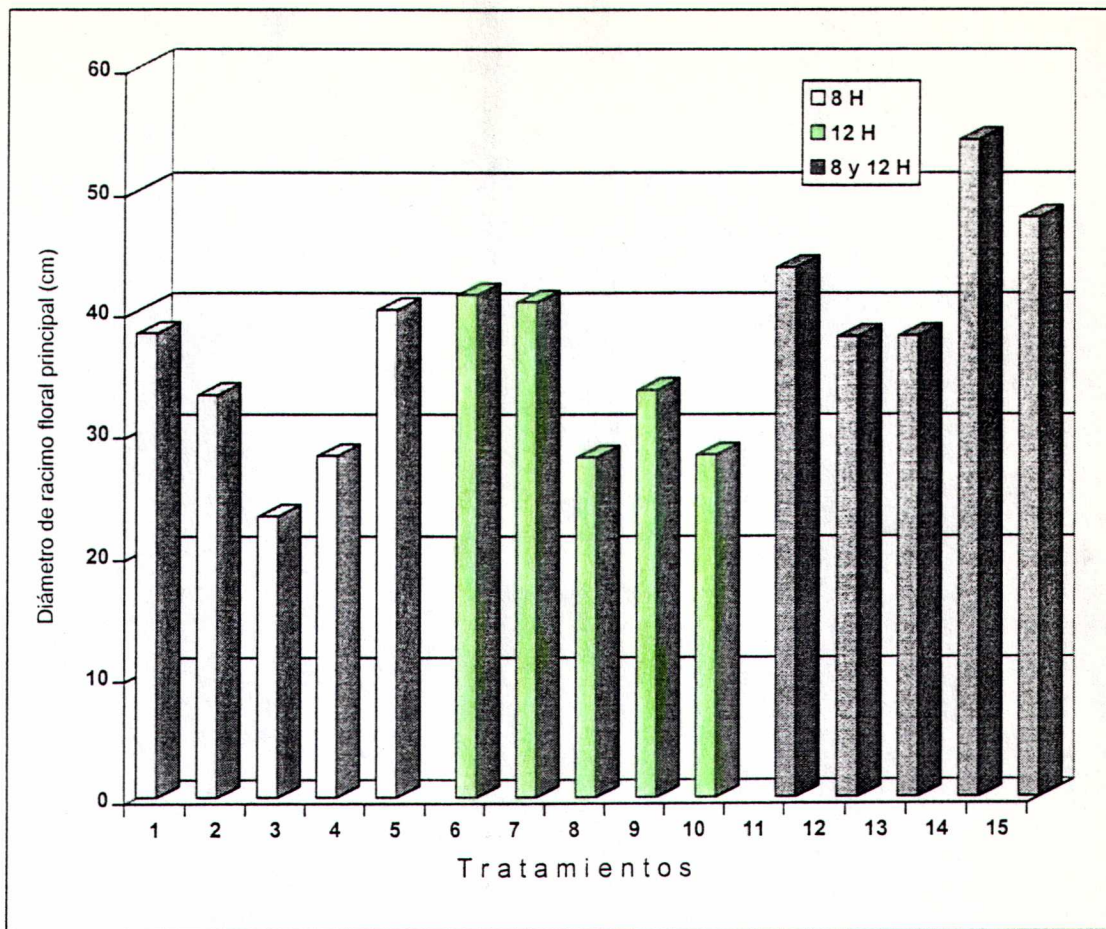


Figura 14. Amplitud de racimo floral principal en plantas de lechuga por efecto de tratamientos para inducción floral y producción de semilla.

fisiología y morfología de las plantas ocasionando mayor crecimiento de las “ramillas” de la panícula principal debido en parte al ahorro de energía que tuvo la planta al presentar un menor número, crecimiento y desarrollo de ramas florales basales.

Granval (1989) menciona que es de suma importancia lograr el máximo diámetro en el racimo floral principal dado que en éste es donde se presenta la mayor cantidad de ramas, “ramillas”, flores y frutos, lo cual tiene una relación positiva con el



rendimiento de semilla siendo la más importante en cuanto a la calidad de semilla. Mallar (1978) y Raimond (1989) también coinciden en esta apreciación.

En cuanto a los días, después de la siembra, a cosecha de semilla (DCS) la respuesta de la planta al AG<sub>3</sub> fue positiva, disminuyendo los días a cosecha de semilla como consecuencia de la reducción en los días a emisión del tallo floral y los días necesarios para el inicio de floración así como por el efecto de la hormona sobre la velocidad de maduración de la semilla. Esto parece ser así pues, de manera general, se encontró que a mayor dosis de la hormona el periodo a cosecha de semilla fue menor (Cuadro 10, Figura 15). Las primeras semillas cosechadas (121 d.d.s) fueron las de las plantas tratadas con 50 ppm de AG<sub>3</sub> en la etapa de 8 hojas (T<sub>5</sub>); mientras que las plantas tratadas con 10 ppm de AG<sub>3</sub> en la etapa de 12 hojas (T<sub>6</sub>), se mostraron como las más tardías a inicio de cosecha (152 d.d.s) existiendo una diferencia promedio de 30 días atribuible en parte, al periodo de días (23) necesarios para que las plantas recibieran las dosis de AG<sub>3</sub> al 100% en la etapa de 12 hojas.

Con los tratamientos evaluados se obtuvo la maduración de la semilla entre los 121 y 152 días después de la siembra, resultados que se asemejan a los de Muñiz (1997). Además la maduración fisiológica de la semilla ocurrió entre los 12 y 14 días después de la antesis de la flor, resultados que concuerdan con lo informado por Suraphong-Retanokosol (1988) y Guenkov (1974) quienes encontraron un periodo de maduración de 9 a 12 y de 12 a 15 días, respectivamente. Esta maduración acelerada fue quizá



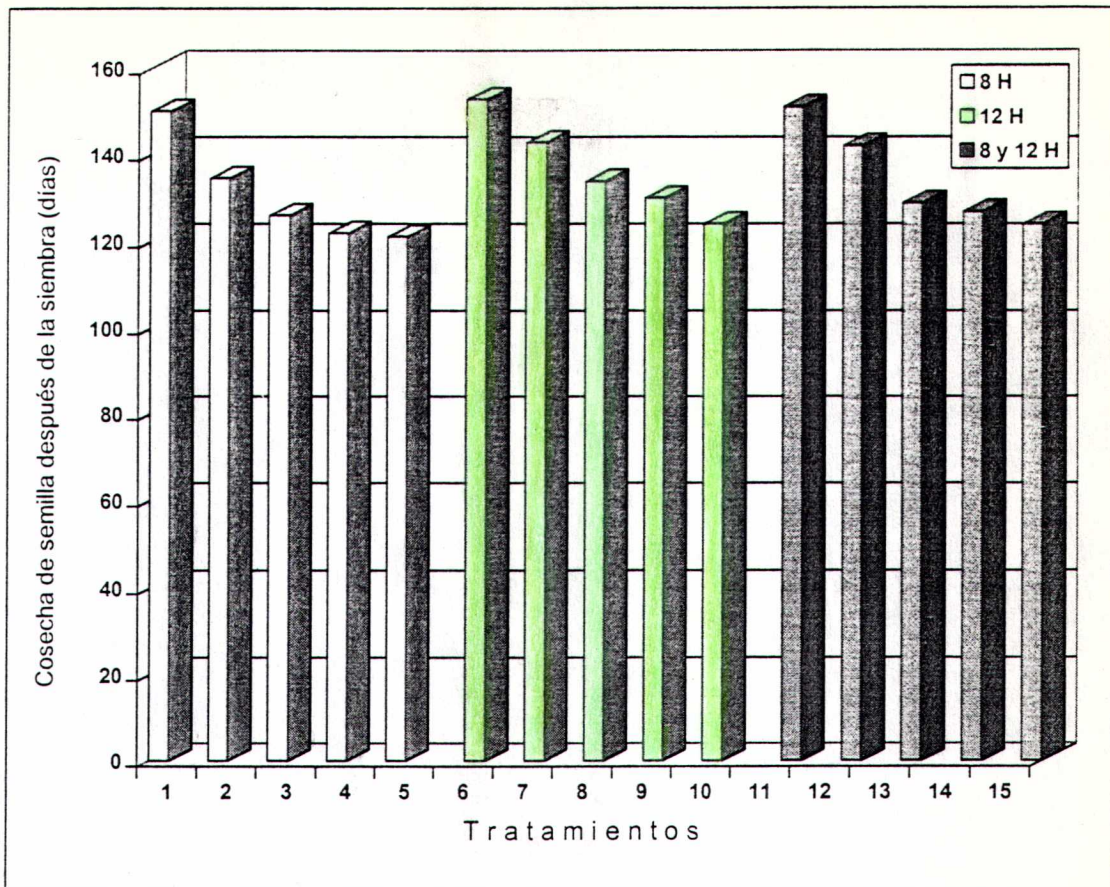


Figura 15. Días, después de la siembra, a cosecha de semilla en plantas de lechuga por efecto de tratamientos para inducción floral y producción de semilla.

favorecida también por la movilización de la sabia elaborada en las hojas hacia los frutos y semillas, misma que fue estimulada por la dosis de giberelina aplicada (Rojas, 1984).

El número de días necesarios para que las plantas logaran la maduración del total de semilla (DF-MTS) fueron menos conforme aumentó la dosis de AG<sub>3</sub> aplicada tanto en 8 como en 12 hojas, teniendo mayor efecto las dosis de 40 y 50 ppm asperjadas a las plantas al 100 % destacando los tratamientos T<sub>10</sub> (38 días) y T<sub>5</sub> (39 días) cuyo

efecto fueron estadísticamente iguales entre sí ( $\alpha=0.05$ ) pero superiores a los del resto de tratamientos (Cuadro 10). Las plantas del testigo agronómico ( $T_1$ ) fueron las más tardías en madurar sus semillas (54 días), en madurar sus semillas (Figura 16).

Los resultados obtenidos por efecto de los tratamientos, en general, superan lo informado por Guenkov (1974), Mallar (1978), Edmond y Andrews (1985) y Raimond (1989) quienes mencionan que las plantas florecen durante un periodo promedio de 70 días madurando comúnmente sus semillas entre los 12 y 15 días después de la floración.

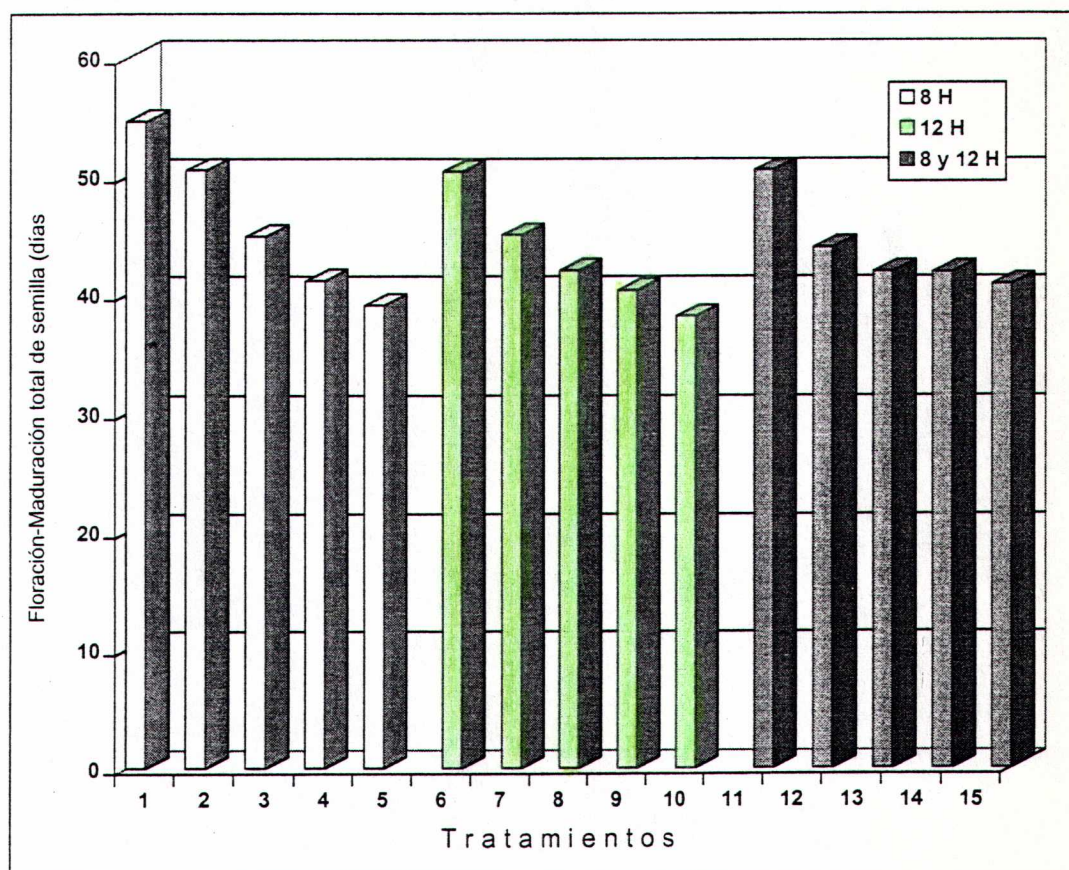


Figura 16. Días transcurridos entre el inicio de floración y la maduración total de semilla en plantas de lechuga por efecto de tratamientos para inducción floral y producción de semilla.



Los resultados indicaron que fue un ciclo favorecido por las temperaturas ( $> 21\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) e incremento de luz a que estuvieron sometidas las plantas pues dichos factores del ambiente generalmente aceleran tanto la floración como la maduración de semillas.

Para el rendimiento de semilla por unidad experimental, los resultados mostraron una notoria respuesta de las plantas a los tratamientos (Cuadro 10; Figura 17).

El mayor rendimiento de semilla por hectárea fue producido por el tratamiento  $T_{14}$  (142.56 kg) siendo estadísticamente superior ( $\alpha=0.05$ ) al resto de los tratamientos

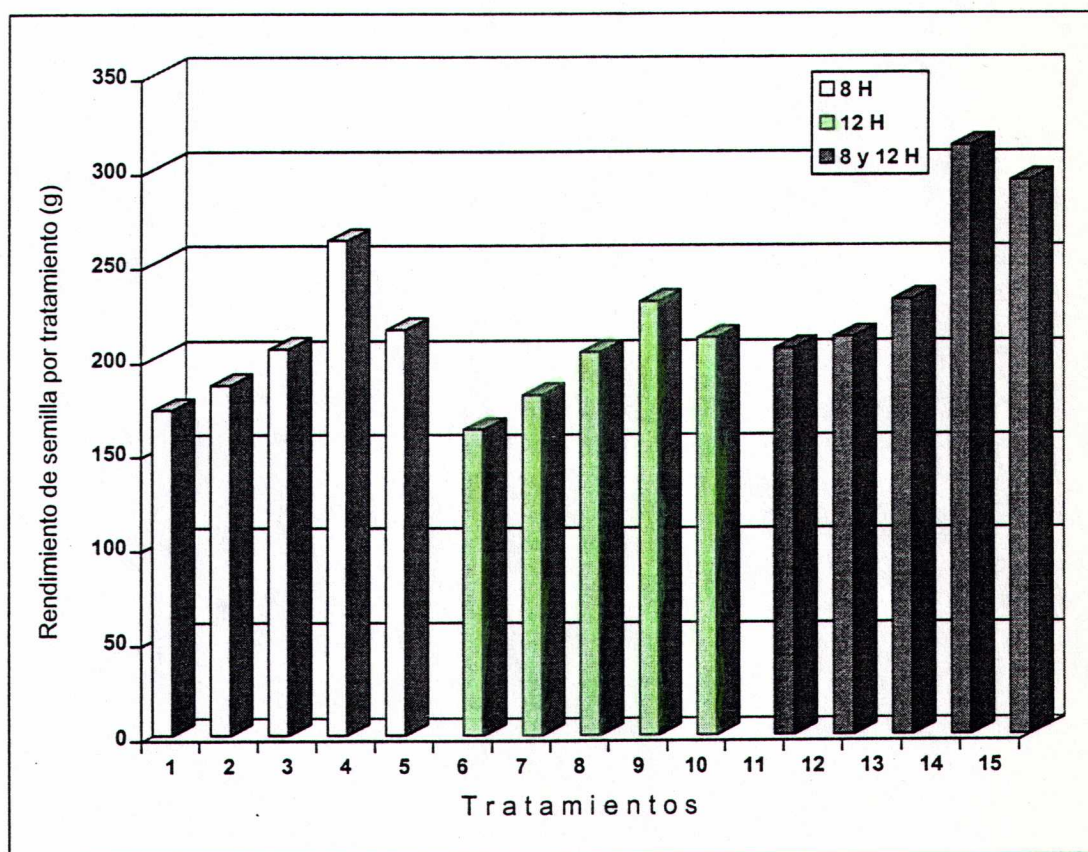


Figura 17. Rendimiento de semilla de plantas de lechuga obtenido en la parcela experimental por efecto de tratamientos para inducción floral y producción de semilla.



(Cuadro 10). El tratamiento  $T_6$ , se distinguió por presentar el menor rendimiento (73.96 kg), mismo que fue superado por el testigo agronómico ( $T_1$ ) en un 6.5 % (Figura 18).

Los rendimientos de semilla obtenidos son aceptables tomando como base los resultados de Hawthor y Pollar (1954), Raimond (1989) y Granval (1989) quienes mencionan que el máximo rendimiento de semilla a lograr en lechugas con un ciclo tardío como es el grupo de las “Grandes Lagos” son bajos, oscila entre 100 y 500 kg $ha^{-1}$ .

El rendimiento de semilla se atribuye, por un lado, a los resultados obtenidos en el número de ramas basales florales (NRFB), amplitud del racimo floral principal (ARFP), periodo de floración a maduración total de semilla y, principalmente, por haber cosechado la semilla cuando la planta presentó del 80 al 90% del estado “plumoso” lo cual permitió, un mayor número de flores y contenido de mayor humedad interna de las semillas, dos componentes determinantes del rendimiento pues según Jones, citado por Granval (1989), los mayores rendimientos se favorecen cuando la planta esta al 100 % en estado “plumoso”. Por otro lado, la variación y reducción en el rendimiento de semilla se atribuye a la acción diferencial de los pájaros, lluvia, viento, al “desgrane” de semilla (fenómeno muy marcado en la especie), efecto de las dosis bajas de  $AG_3$  y, como ya se hizo mención, por permitir la máxima maduración de frutos y semillas pues conlleva el riesgo de pérdidas dado que la planta presenta desincronización en la apertura y polinización de las flores así como una fuerte tendencia a la maduración precoz de las semillas lo que ocasiona su desprendimiento antes de su crecimiento y

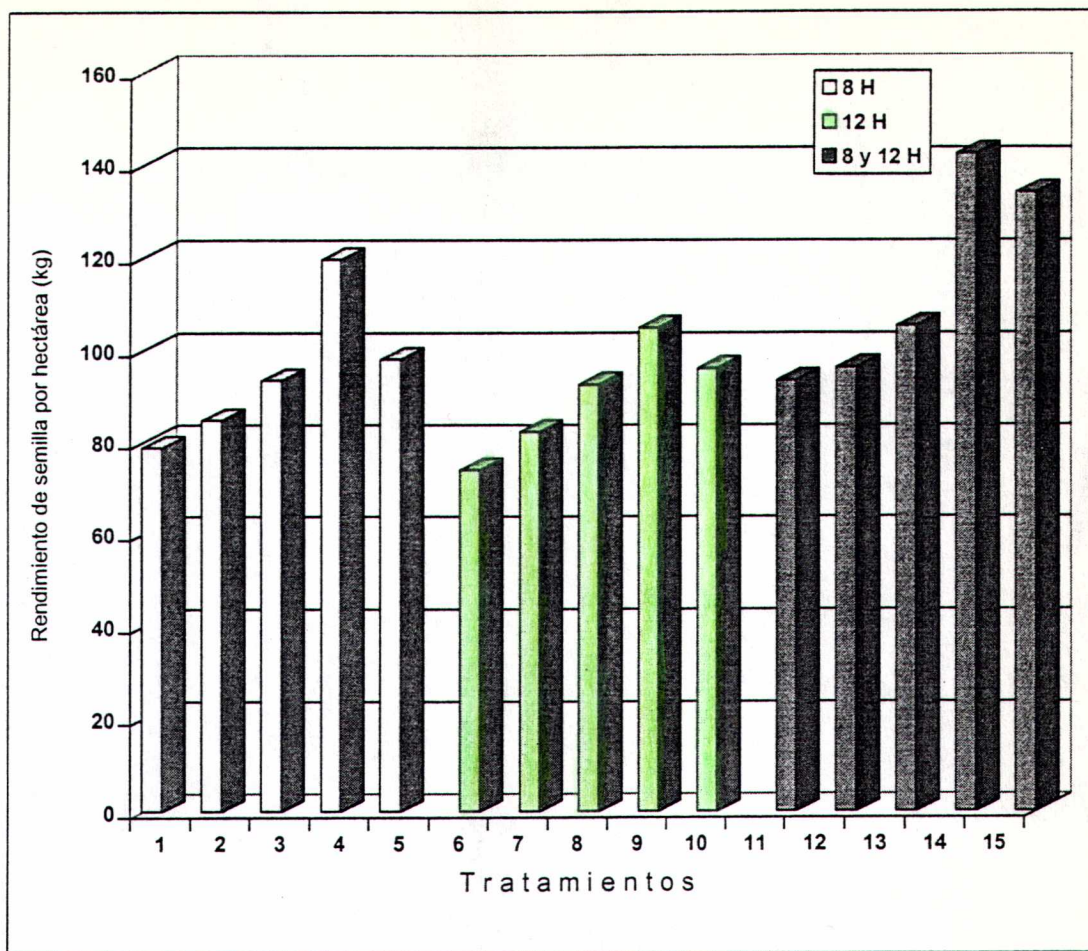


Figura 18. Rendimiento de semilla estimado por hectárea de lechuga por efecto de tratamientos para inducción floral y producción de semilla.

desarrollo total (fenómeno conocido como “desgranado”) en todas las umbelas individuales que en sí conforman la estructura reproductora de la planta.

Lo anterior demanda la implementación de acciones encaminadas a favorecer el rendimiento. Entre estas se incluye evitar el desplome o “encamado” de las plantas antes de la recolección de la semilla (asociado en parte a varios factores del ambiente y culturales); el empleo de acetato de polivinilo pulverizado sobre las semillas, producto que actúa como un pegamento que se seca sobre las estructuras florales (William, citado



por Granval, 1989); el uso de mallas antipájaros y ahuyentadores auditivos en el caso de parcelas pequeñas; cosechar la semilla con humedad relativa comparativamente alta, y principalmente, evitar vectores que puedan transmitir a las plantas la enfermedad conocida como “virus del mosaico de la lechuga (VML)” ya que según Ryder y Dúffus, citados por Granval (1989), dicho virus puede reducir el peso total de la semilla hasta en un 62 % y el número de semillas hasta en 68 % en plantas infectadas a los 45 días después de la siembra.

Todas las acciones expuestas a favor del rendimiento se consideran prácticas y factibles de ser adoptadas y aplicadas en condiciones de Valles Altos.

#### **4.1.4 Correlación de medias para las variables componentes del rendimiento**

Para obtener la relación entre las variables medidas y con los factores de estudio, se realizó una matriz de correlación de la cual se obtuvo los coeficientes de correlación y significatividad que se muestran en el Cuadro 11. Se observa que la altura del tallo floral (ATF) así como el rendimiento de semilla del tratamiento (RST) tuvieron una dependencia media con respecto a las dosis de  $AG_3$  aplicadas pues sus valores de correlación fueron de 0.63 y 0.67 respectivamente; lo que indica que a mayor concentración usada de la hormona, aumentó el valor de ambas variables. Por el contrario, los días a emisión del tallo floral (DETF), a floración (DF), a cosecha de semilla (DCS) y los días a maduración total de semilla (DF-MTS), presentaron una alta dependencia inversamente proporcional a la concentración de  $AG_3$  usada indicando que



Cuadro 11. Correlación de las variables componentes del rendimiento, dosis de AG<sub>3</sub> y etapa de aplicación. Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996.

|                    | Dosis                | Etapa                | DETF                 | ATF                  | NRFB                 | ARFP                 | DF                   | DCS                  | RST                  | RSha <sup>-1</sup>   |
|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Dosis              | <b>1.0000</b><br>0.0 | 0.0000<br>1.0000     | -0.7558<br>0.0011    | 0.6333<br>0.0112     | 0.0598<br>0.8322     | -0.0594<br>0.8334    | -0.9248<br>0.0001    | -0.9266<br>0.0001    | 0.6748<br>0.0058     | 0.6712<br>0.0058     |
| Etapa              | <b>1.0000</b><br>0.0 | <b>1.0000</b><br>0.0 | 0.2620<br>0.3454     | 0.0309<br>0.9128     | 0.1181<br>0.6750     | -0.0332<br>0.8164    | 0.0655<br>0.8164     | 0.0562<br>0.8423     | -0.5489<br>0.0341    | -0.5490<br>0.0340    |
| DETF               |                      |                      | <b>1.0000</b><br>0.0 | -0.4810<br>0.0695    | -0.2516<br>0.3656    | 0.1423<br>0.6128     | 0.8360<br>0.0001     | 0.8584<br>0.0001     | -0.558<br>0.0240     | -0.5775<br>0.0241    |
| ATF                |                      |                      |                      | <b>1.0000</b><br>0.0 | 0.4824<br>0.0685     | -0.3346<br>0.2227    | -0.6019<br>0.0176    | -0.6325<br>0.0114    | 0.4531<br>0.0898     | 0.4529<br>0.0900     |
| NRFB               |                      |                      |                      |                      | <b>1.0000</b><br>0.0 | -0.3346<br>0.2227    | -0.6019<br>0.0176    | -0.2540<br>0.3610    | 0.0743<br>0.7924     | 0.0741<br>0.7928     |
| ARFP               |                      |                      |                      |                      |                      | <b>1.0000</b><br>0.0 | 0.1998<br>0.4751     | 0.2325<br>0.4043     | 0.4039<br>0.1354     | 0.4037<br>0.1355     |
| DF                 |                      |                      |                      |                      |                      |                      | <b>1.0000</b><br>0.0 | 0.9964<br>0.0001     | -0.6484<br>0.0089    | -0.6481<br>0.0090    |
| DCS                |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      | <b>1.0000</b><br>0.0 | -0.6487<br>0.0089    | -0.6484<br>0.0089    |
| RST                |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      | <b>1.0000</b><br>0.0 | 1.0000<br>0.0        |
| RSha <sup>-1</sup> |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      | <b>1.0000</b><br>0.0 |

Coefficientes de correlación de Pearson : Prob / R / bajo Ho: Rho= 0. Coef. Corr: P ≤ 0.0001 (Altamente significativo); Coef. Corr: P ≤ 0.009 (Medianamente significativo); Coef. Corr: P ≤ 0.05 Significativo); Coef. Corr: P > 0.05 (No significativo).

Dosis: 10, 20, 30, 40 y 50 ppm de AG<sub>3</sub> ; Etapa de aplicación: 8, 12, 8 y 12 hojas.

DETF = Días, después de la siembra a emisión del tallo floral; NRFB = Número de ramas florales basales; DRFP = Diámetro del racimo floral principal;

DF = Días, después de la siembra, a floración; DCS = Días, después de la siembra, a cosecha de semilla; RS ha<sup>-1</sup> = Rendimiento de semilla por hectárea.

el incremento en la concentración de AG<sub>3</sub> aplicada a la planta de lechuga, causó una disminución altamente significativa en el valor de estas variables; el resto, no manifestaron significancia.

Las respuestas obtenidas se explican tomando como base el efecto del AG<sub>3</sub> sobre la fisiología de la lechuga al favorecer el alargamiento celular a nivel de la zona de internudos tanto del tallo floral como del basal. Una mayor concentración de giberelina en la planta quizá ocasionó un efecto rápido (por el tiempo que duran en ser incorporadas a la fisiología de la planta) o bien prolongado sobre la fisiología y bioquímica de los procesos del crecimiento y desarrollo conllevando a reducir el tiempo en que se suceden las etapas fisiológicas del desarrollo de la planta como sucedió en esta investigación superándose ampliamente la respuesta del testigo experimental. Las respuestas de las variables, coincidiendo con lo mencionado por Weaver (1990), se favorecieron también por el efecto de los días largos y las temperaturas que incidieron sobre las plantas durante el desarrollo de la investigación.

En relación a la etapa en que se aplicó el AG<sub>3</sub> a la planta, en el Cuadro 11 se observa que la amplitud del racimo floral (ARFP) y el rendimiento de semilla por tratamiento (RST) tuvieron una dependencia media y negativa dado que los valores de correlación obtenidos fueron de -0.55 y -0.54 respectivamente lo que indica que conforme las plantas fueron tratadas hormonalmente en una etapa de desarrollo más avanzada (12 hojas), la ARFP y el RST fue menor. Las demás variables no presentaron

dependencia significativa con la etapa en que se aplicó el AG<sub>3</sub>. La respuesta manifestada se atribuye a que la aplicación exógena de giberelina puede incrementar el contenido endógeno de auxinas e inducir una mayor actividad de éstas en la planta; por lo cual en aquellas que recibieron el tratamiento hormonal en una etapa de desarrollo más avanzada (12 hojas), se desfavoreció tanto el crecimiento como el desarrollo de tallos y ramillas que conformaron la panícula principal y con ello, la menor oportunidad de diferenciarse flores potencialmente formadoras de frutos y semillas conllevando a una reducción del rendimiento de semilla.

La variable DATF, correlacionó positiva y altamente significativa con las variables DF y DCS; lo cual indica que, cuando el tallo floral fue emitido tempranamente por la planta, esta floreció y llegó a cosecha de semilla más tempranamente; sin embargo la correlación con el RST fue significativamente negativa lo que indica que, un mayor periodo de tiempo a emisión del tallo floral repercutió en la disminución del rendimiento de semilla. Las respuestas obtenidas se explican al considerar que al haber una mayor concentración de giberelinas en la planta, se ocasionó el alargamiento acelerado del tallo floral permitiendo disminuir la etapa vegetativa induciendo en la planta la rápida entrada a la etapa reproductora; sin embargo, a pesar de producir el número de semillas/gramo que se reporta para el cultivar, el peso de estas estructuras fue menor atribuible a que el tiempo de producción y acumulación de sustancias alimenticias fue menor.



La ATF, mostró una correlación negativa y significativa (Cuadro 11) con DF, DCS y con los DF-MTS; lo que indica que a menor altura del tallo floral, se necesitó de un número mayor de días para que las plantas florecieran, se iniciara la cosecha de semilla y lograr madurar el total de frutos y semillas.

Los DF, tuvieron una correlación positiva altamente significativa con DCS, DF-MTS y negativa altamente significativa con el RST; lo que indica que a mayor número de días para dar inicio al florecimiento de las plantas, mayor serán los días a inicio de cosecha así como mayor será el intervalo de días para obtener la maduración total de la semilla conllevando a disminuir el rendimiento de semilla obtenido en el tratamiento.

Estas respuestas de las plantas se explican al considerar el desarrollo y la morfología del tallo floral, diferenciación y apertura floral así como el número de flores que se pueden diferenciar en las distintas umbelas que puede producir la planta. Por lo tanto, es necesario que la planta alcance en el menor tiempo posible la altura promedio de 80 a 100 cm con lo cual se pueda diferenciar la umbela terminal (principal) ya que los eventos del crecimiento, desarrollo y diferenciación floral es de forma acropétala.

La correlación entre los DCS y entre el RST, fue negativa y altamente significativa (Cuadro 11) lo que indica que a mayor días a cosecha de semilla el rendimiento por tratamiento fue menor. La forma de maduración de la semilla por la planta, de acuerdo a los distintos niveles de las umbelas, repercute notablemente en el

rendimiento de semilla ya que si una planta tarda más tiempo en madurar su semilla, se intuye que parte de la energía disponible la está destinando a otras funciones y/o diferenciación de otras estructuras vegetativas conllevando en la disminución del rendimiento de semilla.

La variable DF-MTS correlacionó negativa y significativamente con el RST; lo que indica que a mayor intervalo de días necesarios para madurar el total de semilla, se tiene menor oportunidad de lograr un alto rendimiento. Esto se explica debido a que un aumento en el número de días a maduración de las semillas por las plantas, se corre el riesgo de una reducción en el rendimiento debido a que se está expuesto por más tiempo a la acción de agentes bióticos (pájaros, enfermedades y malezas), abióticos (temperatura, lluvia, humedad relativa, vientos, etc.) y a una caída de la semilla debido a un “desgranado” natural de la semilla en las plantas de lechuga.

El análisis de varianza del porcentaje de plantas enfermas (PPE) detectó significancia estadística ( $\alpha=0.01$ ) para factores y para la interacción entre factores.

(Cuadro 5A). Los tratamientos ocasionaron diferencias considerables siendo el  $T_{16}$  (testigo experimental) el que produjo el mayor porcentaje promedio de plantas enfermas (47.15 %). Este fue estadísticamente superior ( $\alpha=0.05$ ) a los efectos de los demás tratamientos. La menor cantidad de plantas enfermas (8.52 %) se presentó en las asperjadas con 50 ppm en la etapa de desarrollo de 8 hojas ( $T_5$ ), siendo estadísticamente inferior ( $\alpha=0.05$ ) a lo observado en el testigo agronómico ( $T_1=13.06$  %) (Cuadro 7A).

Lo anterior indica que fue positivo aplicar la dosis mayor de giberelina en un estado de desarrollo de 8 hojas (Figura 19) ya que produjo un alargamiento de los entrenudos y un mayor desarrollo de las plantas, produciendo una mejor ventilación lo que probablemente redujo la humedad entre las láminas foliares de la planta, generando las condiciones propicias para reducir la incidencia de patógenos por lo que las plantas pudieron llegar a la etapa reproductora.

La aplicación de la dosis completa (100 %) de la giberelina en la etapa de 8 hojas ocasionó epinastias y coloración verde-amarillo en las hojas; estos efectos fueron más notorios conforme se aumentó la dosis de AG<sub>3</sub>. No obstante, en la mayoría de las plantas estos efectos desaparecieron conforme la planta avanzó en su desarrollo, razón por la que no se consideraron como plantas enfermas.

El efecto de las diferentes dosis de AG<sub>3</sub> (D) fue contrastante y positivo sobre el porcentaje de plantas enfermas, ya que sin el estímulo de la hormona (0 ppm) se produjo la mayor cantidad de plantas afectadas por patógenos (47.15 %); mientras que las dosis más altas de AG<sub>3</sub> (40 y 50 ppm) contribuyeron a disminuir el porcentaje de plantas enfermas (Cuadro 8A).

El fenómeno obtenido se puede explicar considerando el efecto positivo de la giberelina sobre la estimulación del crecimiento y desarrollo de los entrenudos debido tanto al mayor número de células formadas como a la expansión de las mismas.



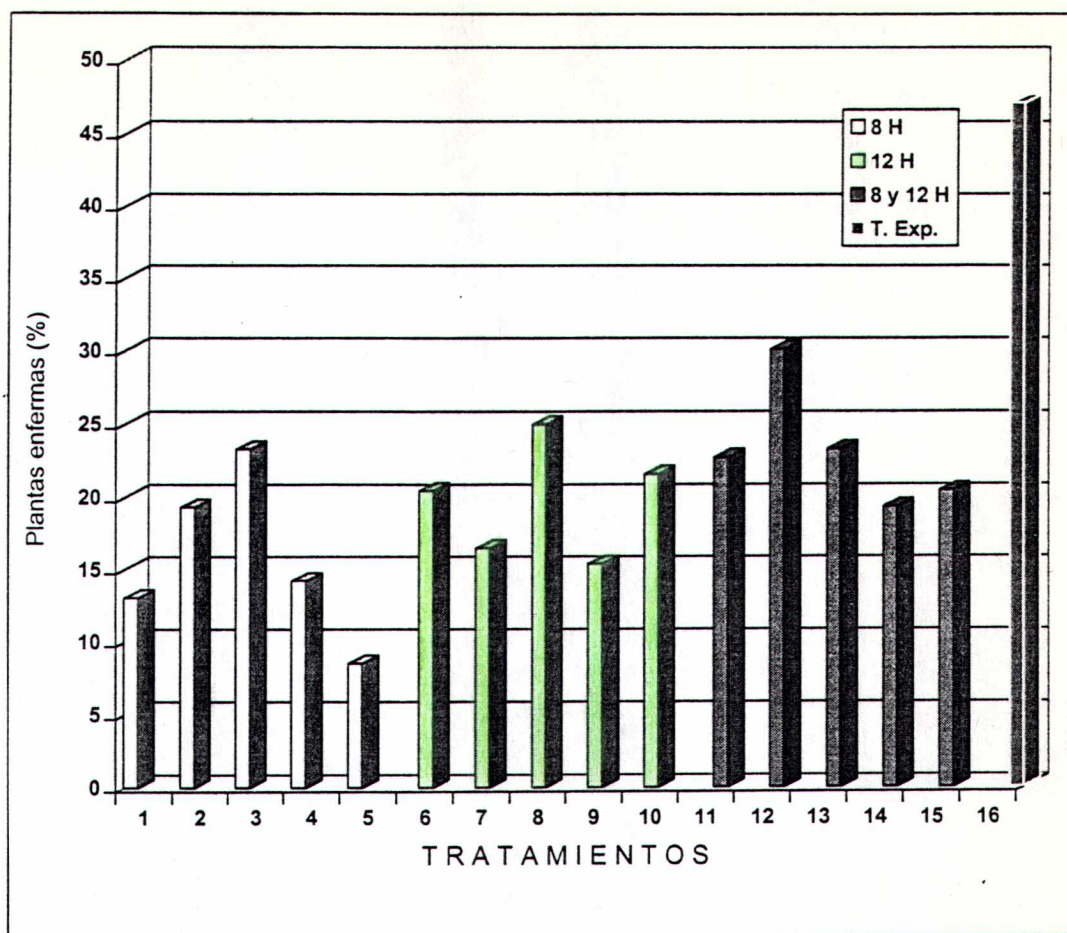


Figura 19. Porcentaje de plantas enfermas de lechuga obtenidas en la parcela experimental por efecto de tratamientos para inducción floral y producción de semilla.

Esto, de acuerdo con Weaver (1990) y Granval (1989), provoca el crecimiento rápido de las plantas con hábito de crecimiento en forma de roseta como la lechuga. El crecimiento y desarrollo del tallo basal de las plantas evitó el contacto de las hojas inferiores con la humedad y patógenos del suelo, generando una menor incidencia de enfermedades favoreciendo que una mayor cantidad de plantas pudieran desarrollarse vegetativamente y llegar a la etapa reproductora.

La etapa de desarrollo (E) en la que se aplicó el AG<sub>3</sub> tuvo efecto altamente significativo ( $\alpha=0.01$ ) sobre el porcentaje de plantas enfermas (PPE), observándose diferentes respuestas (Cuadro 9A) en función de la etapa en que se asperjó la giberelina a las plantas, logrando reducir en 4, 8 y 32 % la cantidad de plantas enfermas al aplicar la hormona en la etapa de 8 hojas en comparación con lo obtenido en las etapas de 12 hojas (100 % de las dosis); 8 y 12 hojas (50 % de las dosis) y la no aplicación del producto respectivamente.

#### **4.2 Fase 2. Componentes de calidad de semilla**

El análisis de varianza mostró diferencias estadísticamente significativas ( $\alpha=0.01$ ) por efecto de tratamientos (sin análisis factorial) en todas las variables evaluadas a excepción del peso de 1000 semillas en la que se detectó diferencias significativas con  $\alpha=0.05$  (Cuadro 12).

La interacción entre los factores dosis de AG<sub>3</sub> y etapas de aplicación fue altamente significativa ( $\alpha=0.01$ ) en las variables de estudio, no así para NSR<sub>7</sub>, y NSCH<sub>7</sub>, en las cuales no se detectó significancia.

Es importante enfatizar la ausencia de plántulas anormales (PPA<sub>7</sub>), lo que indica que no hubo pérdida de funciones vitales (fallas en el sistema de síntesis de proteínas,

Cuadro 12. Cuadros medios, significancia estadística y estadísticos descriptivos del análisis de varianza para las variables componentes de calidad de la semilla. Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996.

| Fuente de variación | Grados de libertad | P1000s     | PG <sub>7</sub> | PPN <sub>7</sub> | PPA <sub>7</sub> | NSR <sub>7</sub> | NSL <sub>7</sub> | NSCH <sub>7</sub> |
|---------------------|--------------------|------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Tratamientos        | 14                 | 0.0448 **  | 1266.80 **      | 1992.12**        | 0.00             | 17.37 **         | 400.42 **        | 10.30 **          |
| Factorial:          |                    |            |                 |                  |                  |                  |                  |                   |
| Dosis (D)           | 4                  | 0.0075 N.S | 906.16 **       | 1682.26 **       | 0.00             | 28.05 **         | 400.55 **        | 2.05 **           |
| Etapas (E)          | 2                  | 0.0556 N.S | 5887.26 **      | 8696.46 **       | 0.00             | 10.06 **         | 1574.15 **       | 62.46 **          |
| D x E               | 8                  | 0.0608 **  | 292.01 **       | 470.96 **        | 0.00             | 13.85 N.S        | 106.92 **        | 1.38 **           |
| Error               | 45                 | 0.0195     | 56.04           | 99.51            | 0.00             | 6.75             | 24.30            | 2.28              |
| Total               | 59                 | 0.0255     | 0257.33         | 32367.73         | 0.00             | 9.27             | 113.55           | 4.18              |
| C.V                 |                    | 116.9243   | 28.42           | 25.75            | 9999.99          | 55.47            | 15.33            | 99.63             |
| R <sup>2</sup>      |                    | 0.4171     | 0.87            | 0.86             | 0.00             | 0.44             | 0.83             | 0.58              |
| Media               |                    | 0.8253     | 26.33           | 38.73            | 0.00             | 4.6833           | 32.15            | 1.51              |

C. V= Coeficiente de variación; N.S= No significativo ( $\alpha = 0.05$ ); \* = Significativo ( $\alpha = 0.05$ ); \*\* = Altamente significativo ( $\alpha = 0.01$ ).

P1000s= Peso de 1000 semillas (g); PG<sub>7</sub> = Porcentaje de germinación siete días después de sembradas (%); PPN<sub>7</sub> = Porcentaje de plantas normales siete días después de sembradas (%); PPA<sub>7</sub> = Porcentaje de plantas anormales siete días después de sembradas (%); NSR<sub>7</sub> = Número de semillas con radícula siete días después de sembradas; NSL<sub>7</sub> = Número de semillas latentes siete días después de sembradas; NSCH<sub>7</sub> = Número de semillas con hongos siete días después de sembradas.



asociado con la disminución en la síntesis de ARN en todas las células del embrión y los procesos de la respiración) que ocurren en el interior de la semilla (Harrington y Thomson, 1973).

El peso de 1000 semillas (P1000s) y la cantidad de semillas con hongos (NSCH<sub>7</sub>), en el factor dosis de AG<sub>3</sub> (D), así como el peso de 1000 semillas (P1000s) y las semillas con radícula (NSR<sub>7</sub>), en el factor etapas de aplicación (E), no mostraron significancia (N.S). En las demás variables sí se detectó diferencias altamente significativas ( $\alpha=0.01$ ) en ambos factores.

#### 4.2.1 Factor AG<sub>3</sub>

Los valores promedio y la significancia estadística detectada en las componentes de la calidad de semilla por efecto de las dosis de AG<sub>3</sub> manifiestan, de manera general, que los niveles altos produjeron los mejores resultados (Cuadro 13).

Las dosis de giberelina usadas para la inducción de la floración y producción de semilla tuvieron un efecto notable sobre la germinación ya que, conforme se aumentó la dosis de AG<sub>3</sub> (Cuadro 13) se favoreció el porcentaje de semillas germinadas. Las dosis de 40 y 50 ppm se presentaron con los más altos valores (52.6 y 42.8 %, respectivamente) las cuales fueron estadísticamente iguales ( $\alpha=0.05$ ) pero superiores al resto de las dosis siendo todas ellas estadísticamente iguales ( $\alpha=0.05$ ) entre sí. Resultados similares se detectaron en la variable porcentaje de semillas latentes

Cuadro 13. Efecto de los niveles de AG<sub>3</sub> sobre variables componentes de la calidad de la semilla (PG<sub>7</sub>, PPN<sub>7</sub>, PSR<sub>7</sub>, PSL<sub>7</sub>). Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996.

| Dosis (ppm)           | PG <sub>7</sub> (%) | PPN <sub>7</sub> (%) | PSR <sub>7</sub> (%) | PSL <sub>7</sub> (%) |
|-----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 10                    | 26.66 <b>b</b>      | 18.66 <b>c</b>       | 8.00 <b>a</b>        | 73.33 <b>a</b>       |
| 20                    | 28.50 <b>b</b>      | 21.16 <b>c</b>       | 7.33 <b>b</b>        | 71.50 <b>a</b>       |
| 30                    | 27.83 <b>b</b>      | 20.66 <b>c</b>       | 7.16 <b>c</b>        | 72.16 <b>a</b>       |
| 40                    | 52.66 <b>a</b>      | 38.16 <b>a</b>       | 14.50 <b>d</b>       | 47.33 <b>b</b>       |
| 50                    | 42.83 <b>a</b>      | 33.00 <b>b</b>       | 9.83 <b>e</b>        | 57.16 <b>b</b>       |
| DMS ( $\alpha=0.05$ ) | 17.36               | 8.68                 | 6.02                 | 11.43                |

Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey,  $\alpha=0.05$ ).

DMS = Diferencia mínima significativa.

PG<sub>7</sub> = Porcentaje de germinación a los siete días después de la siembra.

PPN<sub>7</sub> = Porcentaje de plántulas normales a los siete días después de la siembra.

PSR<sub>7</sub> = Porcentaje de semillas con radícula a los siete días después de la siembra.

PSL<sub>7</sub> = Porcentaje de semillas latentes a los siete días después de la siembra.

(PSL<sub>7</sub>) en donde nuevamente las dosis de 40 y 50 ppm permitieron obtener los menores valores promedios de semillas no germinadas las cuales fueron estadísticamente iguales y superiores ( $\alpha=0.05$ ) a las otras dosis, las cuales a su vez fueron iguales entre sí, siendo resultados que se asemejan a lo reportado por Suraphong y Retanakosol (1988).

Las diferencias en el porcentaje de germinación y latencia de las semillas se atribuye, entre otras cosas, a la aplicación de la giberelina y su interacción con elementos del ambiente lo cual permitió que las plantas tratadas con una mayor dosis de AG<sub>3</sub>, cumplieran más rápidamente su demanda de horas luz (Bidwell, 1979) ya que, la

giberelina puede actuar como un suplemento del fotoperiodismo que demanda la lechuga; al efecto de la hormona sobre el desarrollo de los embriones y a un aumento del nivel endógeno de  $AG_3$  en cada semilla cuando ésta está madura lo cual favoreció su germinación inmediata (Rojas y Ramírez, 1987).

La dosis que permitió el mayor porcentaje de plántulas normales (38.16 %) a los siete días después de la siembra ( $PPN_7$ ), fue de 40 ppm de  $AG_3$  la cual fue estadísticamente superior ( $\alpha=0.05$ ) a las otras cuatro dosis (Cuadro 13). La aplicación de 50 ppm se presentó como una segunda alternativa para la producción de plántulas normales. Las dosis de 10, 20 y 30 ppm fueron las que generaron los menores porcentajes, siendo estadísticamente iguales entre si ( $\alpha=0.05$ ). Los resultados anteriores presentaron la misma tendencia que los de la variable porcentaje de semillas con radícula a los siete días después de sembradas ( $PSR_7$ ) ya que la dosis de 40 ppm de  $AG_3$ , generó el mayor número de semillas que emitieron la radícula, superando de esta forma a las otras cuatro dosis aplicadas; en cambio las dosis de 10, 20, y 30 ppm indujeron el menor número de semillas con radícula siendo estadísticamente iguales ( $\alpha=0.05$ ) entre si (Cuadro 13). Las respuestas observadas pueden explicarse si se considera que la aplicación exógena de la giberelina en diferentes dosis, posiblemente ocasionó la acumulación de esta hormona en proporción a la cantidad en que fue aplicada a la planta durante su etapa de crecimiento vegetativo; situación que causó que durante la germinación de las semillas, se presentara una mayor velocidad y síntesis de la enzima alfa-amilasa la cual se encarga de desdoblar las reservas del endospermo para permitir el



crecimiento del embrión durante la germinación (Rojas, 1984). Asimismo, dosis mayores de giberelina ayudan a superar la latencia más favorablemente ya que actúan como un compensador de luz (Thomas, citado por Salisbury y Ross, 1992). Para el caso del PSR<sub>7</sub>, el desarrollo del embrión fue más rápido en las semillas producidas en las plantas que recibieron las dosis de AG<sub>3</sub> más altas, confirmándose lo mencionado por Salisbury y Ross (1992) ya que al existir mayor cantidad de giberelina en la semilla, se estimula más temprano la elongación celular de la radícula (la cual empuja a través del endospermo a la cubierta seminal obteniéndose así, una rápida emisión de la radícula) posibilitando el rápido desarrollo de los demás órganos de la planta y con ello, la disminución de semillas únicamente con radícula.

#### **4.2.2 Factor etapas de aplicación**

En el Cuadro 14, se muestra el efecto de las etapas de desarrollo (E) en la cual se aplicó la giberelina a la planta así como las respuestas estadísticas de las variables relacionadas con la calidad de semilla.

El porcentaje de germinación (PG<sub>7</sub>) fue mayor (50.3 %) cuando se aplicó el AG<sub>3</sub> a las plantas, al 50 % de las dosis, tanto en 8 como en 12 hojas (E<sub>3</sub>) superando en un 22 % a la germinación obtenida con la aplicación de la hormona en la etapa de 8 hojas (E<sub>1</sub>) y hasta de 40 % de germinación cuando fue aplicada la giberelina en la etapa de 12 hojas (E<sub>2</sub>) a pesar de que las dosis se aplicaron al 100 %. Los resultados obtenidos pueden deberse, como ya se mencionó anteriormente, a la respuesta positiva de la planta

Cuadro 14. Efecto de las etapas de aplicación de AG<sub>3</sub> sobre variables componentes de la calidad de semilla (PG<sub>7</sub>, PPN<sub>7</sub>, PSL<sub>7</sub> y PSCH<sub>7</sub>). Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996.

| Etapas<br>(hojas)        | PG <sub>7</sub><br>(%) | PSCH <sub>7</sub><br>(%) | PPN <sub>7</sub><br>(%) | PSL <sub>7</sub><br>(%) |
|--------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 8 (E <sub>1</sub> )      | 28.20 b                | 1.30 b                   | 26.90 b                 | 62.20 b                 |
| 12 (E <sub>2</sub> )     | 9.60 c                 | 0.70 b                   | 8.90 c                  | 83.00 a                 |
| 8 y 12 (E <sub>3</sub> ) | 50.30 a                | 7.10 a                   | 43.20 a                 | 47.70 c                 |
| DMS ( $\alpha=0.05$ )    | 11.47                  | 2.31                     | 5.73                    | 7.55                    |

Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey,  $\alpha=0.05$ ).

DMS = Diferencia mínima significativa.

(E<sub>3</sub>) = 50 % de la dosis total aplicado en E<sub>1</sub> y E<sub>2</sub>.

PG<sub>7</sub> = Porcentaje de germinación a los siete días después de la siembra.

PSCH<sub>7</sub> = Porcentaje de semillas con hongos a los siete días después de la siembra.

PPN<sub>7</sub> = Porcentaje de plántulas normales a los siete días después de la siembra.

PSL<sub>7</sub> = Porcentaje de semillas latentes a los siete días después de la siembra.

en función de haber recibido las dosis de giberelina en dos etapas de su desarrollo incrementando con ello, el contenido endógeno y la acumulación de esta hormona en el embrión de la semilla; tal situación pudo satisfacer la demanda de luz u otro factor ambiental ya que se logró la germinación de las semillas antes de un año de haber sido cosechadas (Salisbury y Ross, 1992). Por lo tanto, al estar la semilla en condiciones inductivas de germinación, ocurrió tanto el aumento del empuje por parte de la radícula (al haber división y crecimiento de células) como el debilitamiento de la barrera del endospermo misma que está cercana a la punta de la radícula, la cual según Salisbury y Ross (1992), es muy importante en la semilla de lechuga para el proceso de germinación. Los resultados resaltan la importancia de modificar el nivel hormonal endógeno de la



planta mediante la aplicación externa de productos ya que se favorece la fisiología y bioquímica hacia la producción de semilla potencialmente utilizable en ciclos inmediatos de producción.

El porcentaje de plántulas normales a los siete días después de la siembra (PPN<sub>7</sub>), al igual que en la variable anterior, se observó un mayor porcentaje (43.2 %) cuando la hormona se aplicó, al 50 % de las dosis, en las etapas de 8 y 12 hojas (E<sub>3</sub>), mientras que el porcentaje promedio obtenido con la aplicación de las dosis al 100 % en la etapa de 12 (E<sub>2</sub>) y 8 (E<sub>1</sub>) hojas fue considerablemente inferior ( $\alpha=0.05$ ) a éste (Cuadro 14). Los resultados obtenidos indican que la planta respondió mejor cuando se aplicó la hormona en su etapa temprana de crecimiento, favorecida por la acción conjunta de la luz y humedad a que fue sometida. Todas las plantas germinadas fueron normales coincidiendo estos resultados con lo informado por Harrinton (1960), citado por Weaver (1990) quien al asperjar la giberelina en etapas de 4 y 8 hojas encontró que la germinación y el posterior crecimiento de las nuevas plántulas fueron normales.

El mayor porcentaje de semillas latentes (83.0 %), a los siete días después de la siembra (PSL<sub>7</sub>), se presentó cuando se aplicó la hormona a la planta en un sólo momento de su desarrollo (12 hojas) siendo estadísticamente mayor ( $\alpha=0.05$ ) a las otras etapas de aplicación (Cuadro 14). Lo anterior denota que independientemente de la dosis de AG<sub>3</sub> utilizada, la aplicación tardía a la planta influyó marcadamente en el porcentaje de germinación atribuible a que es en la etapa de 2 a 4 hojas cuando se sucede la



diferenciación floral de la planta. Por lo que al incidir hormonalmente en una etapa temprana (8 hojas), se favorece notablemente los estadíos iniciales de la germinación por acumulación del AG<sub>3</sub> en el embrión de la semilla.

La contaminación de la semilla se vio favorecida al aplicar la hormona a la planta en las etapas fenológicas de 8 y 12 hojas (E<sub>3</sub>) siendo estadísticamente superior ( $\alpha=0.05$ ) a las otras dos etapas mismas que fueron, iguales entre si (Cuadro 14). El mayor número de semillas contaminadas (7.1 %) por hongos, se atribuye a la respuesta presentada por las anteriores variables ya que al estar expuesta ya sea la radícula o bien la parte aérea de la plántula, los patógenos tuvieron una mayor área de tejido para establecerse. Por el bajo porcentaje de infección (7.1 %), no se identificó al agente causal.

#### **4.2.3 Interacción: Dosis de AG<sub>3</sub> y etapas de aplicación**

Las medias de los efectos de las combinaciones de los niveles de factores (tratamientos) para todas las variables de estudio se presentan en el Cuadro 15.

En relación al peso de 1000 semillas (P1000s) se observó que las provenientes de aquellas plantas que fueron asperjadas con 40 ppm de AG<sub>3</sub> aplicada al 50% de la dosis en 8 y 12 hojas, fueron las de mayor promedio (0.9950 g) siendo estadísticamente superiores ( $\alpha=0.05$ ) a las demás medias. La muestra con el menor peso promedio fue la proveniente del tratamiento T<sub>9</sub> (0.6300 g); el resto de los lotes fueron estadísticamente

Cuadro 15. Comparación de medias de componentes de calidad de semilla por efecto de 15 combinaciones de inducción floral en lechuga derivadas de la interacción de dosis de AG<sub>3</sub> y etapas de aplicación (D x E). Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996.

| Tratamientos                           | P1000s<br>(g) | PG <sub>7</sub><br>(%) | PPN <sub>7</sub><br>(%) | NSR <sub>7</sub><br>(no) | NSL <sub>7</sub><br>(no) | NSCH <sub>7</sub><br>(no) |
|----------------------------------------|---------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 1 (D <sub>1</sub> E <sub>1</sub> )T.A. | 0.795 ab      | 17.00 de               | 29.00 def               | 6.00 ab                  | 35.50 abc                | 0.00 c                    |
| 2 (D <sub>2</sub> E <sub>1</sub> )     | 0.720 ab      | 33.00 cd               | 43.50 cde               | 3.75 ab                  | 29.75 bcd                | 1.50 abc                  |
| 3 (D <sub>3</sub> E <sub>1</sub> )     | 0.870 ab      | 17.00 de               | 26.50 ef                | 4.00 ab                  | 37.50 ab                 | 0.75 abc                  |
| 4 (D <sub>4</sub> E <sub>1</sub> )     | 0.745 ab      | 31.50 cd               | 46.00 bcde              | 6.25 ab                  | 28.00 bcde               | 1.00 abc                  |
| 5 (D <sub>5</sub> E <sub>1</sub> )     | 0.720 ab      | 36.00 bc               | 50.50 abcde             | 7.25 ab                  | 24.75 cde                | 0.00 c                    |
| 6 (D <sub>1</sub> E <sub>2</sub> )     | 0.895 ab      | 1.50 e                 | 4.50 f                  | 2.25 b                   | 47.75 a                  | 0.00 c                    |
| 7 (D <sub>2</sub> E <sub>2</sub> )     | 0.845 ab      | 1.50 e                 | 6.50 f                  | 2.50 b                   | 46.75 a                  | 0.00 c                    |
| 8 (D <sub>3</sub> E <sub>2</sub> )     | 0.920 ab      | 7.00 e                 | 12.00 f                 | 2.25 b                   | 44.25 a                  | 0.25 bc                   |
| 9 (D <sub>4</sub> E <sub>2</sub> )     | 0.630 b       | 30.50 cd               | 53.50 abcd              | 4.25 ab                  | 24.75 cde                | 1.50 abc                  |
| 10 (D <sub>5</sub> E <sub>2</sub> )    | 0.865 ab      | 5.50 e                 | 12.00 f                 | 3.25 b                   | 44.00 a                  | 0.00 c                    |
| 11 (D <sub>1</sub> E <sub>3</sub> )    | 0.745 ab      | 39.00 abc              | 54.50 abc               | 3.75 ab                  | 26.75 bcde               | 4.00 ab                   |
| 12 (D <sub>2</sub> E <sub>3</sub> )    | 0.920 ab      | 29.00 cd               | 47.00 bcde              | 4.75 ab                  | 30.50 bc                 | 4.25 a                    |
| 13 (D <sub>3</sub> E <sub>3</sub> )    | 0.745 ab      | 38.00 bc               | 52.50 abcd              | 4.50 ab                  | 26.50 bcde               | 2.75 abc                  |
| 14 (D <sub>4</sub> E <sub>3</sub> )    | 0.995 a       | 52.50 ab               | 70.50 ab                | 4.50 ab                  | 18.25 de                 | 3.50 abc                  |
| 15 (D <sub>5</sub> E <sub>3</sub> )    | 0.970 ab      | 57.50 a                | 72.50 a                 | 10.00 a                  | 17.00 e                  | 3.25 abc                  |
| DMS ( $\alpha=0.05$ )                  | 0.3541        | 18.98                  | 25.29                   | 6.586                    | 12.499                   | 3.83                      |

Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey,  $\alpha = 0.05$ )

DMS= Diferencia mínima significativa

D= Dosis de AG<sub>3</sub> en ppm ( D<sub>1</sub> = 10; D<sub>2</sub> = 20; D<sub>3</sub> = 30; D<sub>4</sub> = 40 y D<sub>5</sub> = 50 )

E= Etapa de aplicación ( E<sub>1</sub> = 8 hojas; E<sub>2</sub> = 12 hojas y E<sub>3</sub> = 50% de las dosis en 8 y 12 hojas)

T. A= Testigo agronómico



iguales entre sí ( $\alpha=0.05$ ) con valores promedio entre 0.7200 y 0.9700 g incluyéndose en este grupo la muestra del testigo agronómico ( $T_1$ ), como puede observarse en la Figura 20.

El peso de semilla es otro indicador de la calidad ya que se ha visto que en un cultivo con déficit de nutrientes, agua, daño por heladas, etc., el tamaño y peso de semilla no alcanza su óptimo (Bustamante, 1963, citado por Andrade, 1992). Los resultados denotan que los lotes de semilla lograron un nivel de calidad aceptable ya

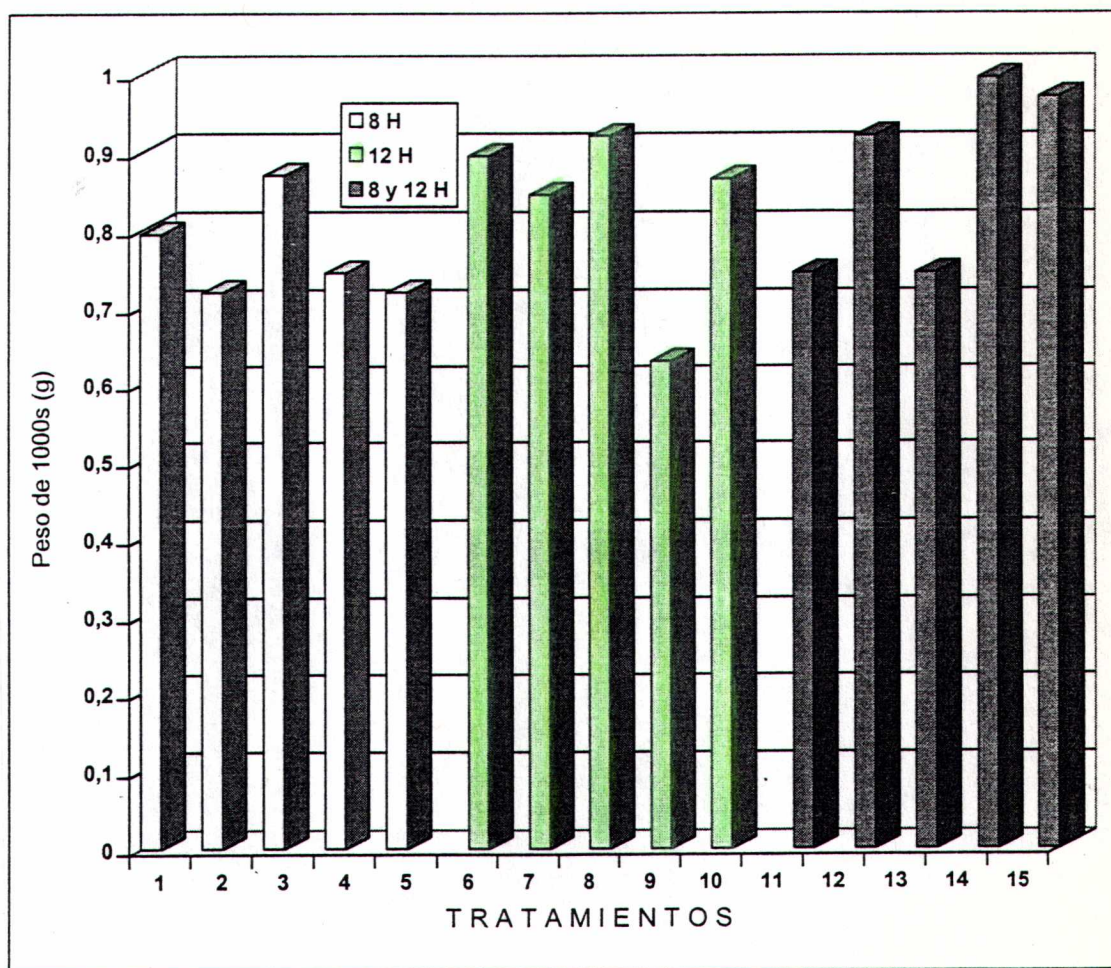


Figura 20. Gramos de semilla de lechuga producida por efecto de tratamientos para inducción floral y producción de semilla.



que los pesos promedio de las muestras (que van de 0.630 a 0.995 g) concuerdan con lo reportado por Raimond (1984) quien menciona que el peso de 1000 semillas varía entre 0.6 y 1.0 g de acuerdo al cultivar dado que en un gramo de semilla se contiene en promedio de 800 a 1000 piezas (Messian y Lafón, 1979). De lo anterior se desprende que tanto las condiciones físico-ambientales como la metodología experimental y el proceso de producción aplicado al cultivo fueron adecuadas.

El porcentaje de semillas germinadas a los siete días después de sembradas ( $PG_7$ ), tuvo una magnitud acorde con los resultados de las variables evaluadas en campo, detectándose un efecto notable de ambos factores empleados durante la fase de inducción floral como puede apreciarse en la Figura 21.

Las plantas que fueron asperjadas con giberelina al 50 % de las dosis tanto en 8 como en 12 hojas mostraron una mejor respuesta dado que las semillas de los tratamientos  $T_{11}$  (39%),  $T_{14}$  (52.5%) y  $T_{15}$  (57.5), presentaron el mayor porcentaje de germinación siendo estadísticamente iguales entre sí, pero superiores ( $\alpha=0.05$ ) al resto sobresaliendo con una media mayor el  $T_{15}$  (Cuadro 15). Las muestras menos favorecidas fueron las provenientes de los tratamientos  $T_6$ ,  $T_7$ ,  $T_8$  y  $T_{10}$ . La razón de este comportamiento es que las plantas al haber recibido en dos momentos de su desarrollo las dosis de giberelina, favorecieron la acumulación del  $AG_3$  en el embrión de la semilla, posibilitando una mejor germinación; ya que según Edmond y Andrews (1985), recién cosechadas presentan el fenómeno de latencia atribuida a la presencia de una

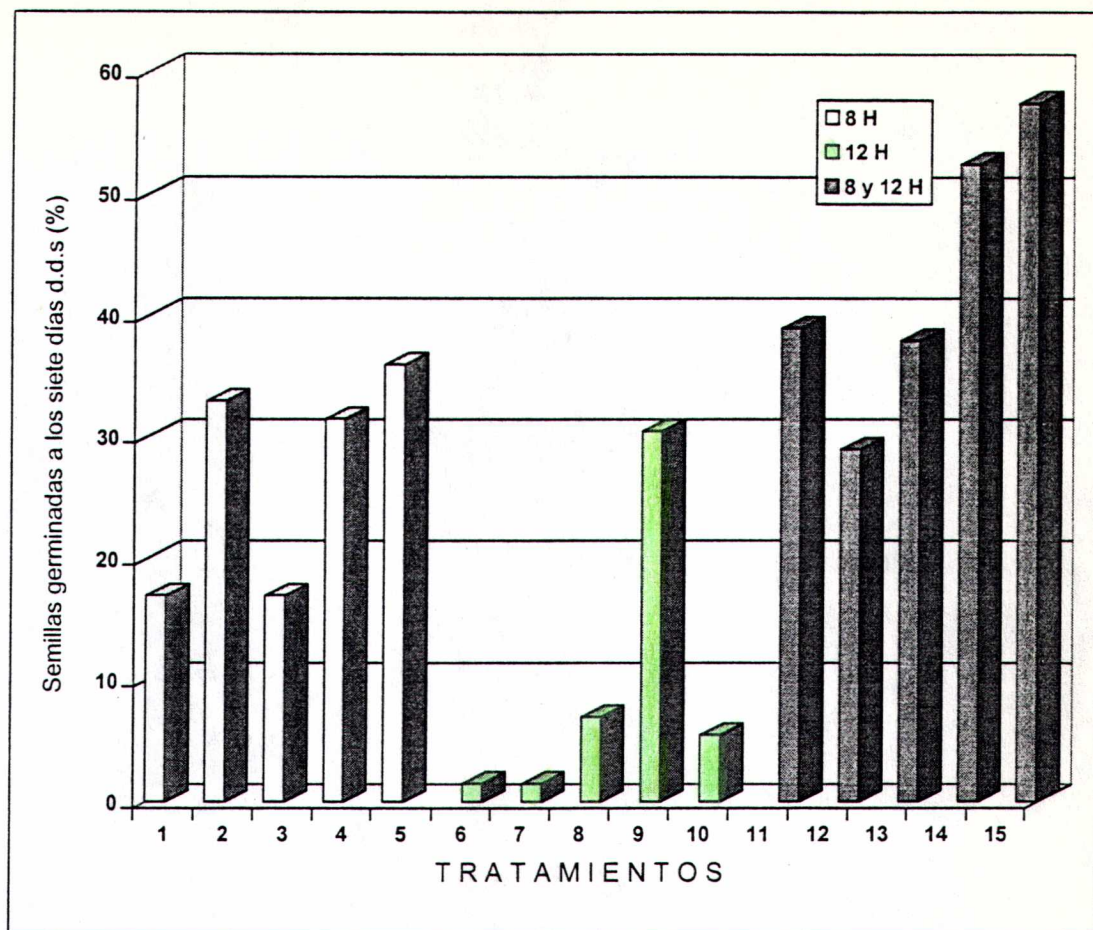


Figura 21. Porcentaje de semillas germinadas de lechuga, siete días después de sembradas, por efecto de tratamientos para inducción floral y producción de semilla

membrana semipermeable tanto a gases como a el agua y a un elevado contenido de aceite en sus cotiledones. Esto explica en parte por qué la semilla fresca a veces no germina tan bien como la de un año de edad (Arjona, 1991), situación que obliga al empleo de tratamientos por parte de aquellas agroindustrias dedicadas a la producción y mantenimiento de semillas a base de luz, agua, temperatura, hormonas, etc., para aumentar su poder germinativo.

Según Thomas (1989) citado por Salisbury y Ross (1992), la aplicación de giberelinas sustituye, en numerosas semillas que son fotolátentes como las de la lechuga, a la luz u otro requerimiento ambiental pudiendo explicar la germinación inmediata de la semilla obtenida en campo y su potencial de aprovechamiento antes de cumplir un año de haber sido cosechada.

Hoy en día se sabe que el fotoperiodo al que se exponen las plantas de lechuga durante el desarrollo de sus semillas, puede influir marcadamente en la subsecuente germinación de éstas (Koller, 1962; citado por Salisbury y Ross, 1992). Asimismo, existe la posibilidad de que los productos del metabolismo se acumulen a altas temperaturas ( $> 26^{\circ}\text{C}$ ) en el endospermo o en el embrión pudiendo inhibir los estados iniciales de la germinación (Muñoz, 1961).

El porcentaje de plántulas normales ( $\text{PPN}_7$ ) presentó un comportamiento similar al de la variable anterior ya que la semilla cosechada en las plantas que recibieron la giberelina al 50% de las dosis tanto en 8 como en 12 hojas, permitió un mayor porcentaje de plántulas normales. Las muestras de semilla de los tratamientos  $T_9$ ,  $T_{11}$ ,  $T_{13}$ ,  $T_{14}$  y  $T_{15}$  fueron estadísticamente iguales entre sí pero superiores ( $\alpha=0.05$ ) al resto de lotes de semilla examinada (Cuadro 15). Nuevamente, el tratamiento  $T_{15}$ , produjo el porcentaje promedio mayor (72.5%), superando notablemente al testigo agronómico ( $T_1$ ); mientras que los menores valores de plantas normales fueron encontrados en las semillas derivadas de los tratamientos  $T_6$ ,  $T_7$ ,  $T_8$  y  $T_{10}$ , como se puede apreciar en la



Figura 22. Los resultados denotan nuevamente una respuesta positiva de la planta con base en la etapa y la aplicación fraccionada del AG<sub>3</sub>, ya que las giberelinas son moléculas extremadamente activas en donde, de no tener el conocimiento y cuidado adecuado para la preparación o aplicación de las dosis a emplear, un exceso o déficit de unos cuantos miligramos o microgramos será suficiente para inducir efectos fisiológicos indeseables en las nuevas plántulas (Azcón y Talon, 1993). Por tanto, la respuesta de las semilla se atribuye a la acción conjunta del nivel hormonal alcanzado por la planta y almacenado en la semilla y de la luz y humedad a que estuvo sometida la semilla.

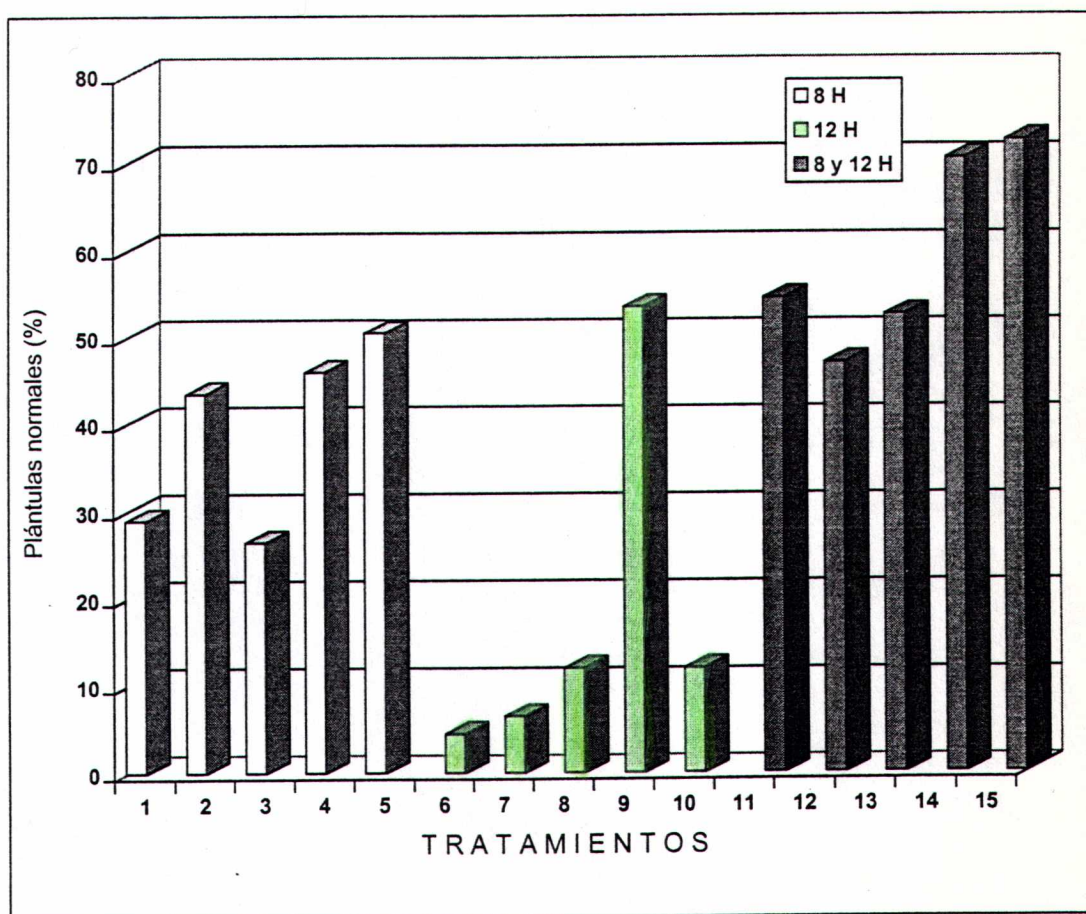


Figura 22. Porcentaje de plántulas normales de lechuga, siete días después de la siembra, por efecto de tratamientos para inducción floral y producción de semilla.

El mayor número de semillas con radícula a los siete días de sembrada ( $NSR_7$ ) fue producida por el tratamiento  $T_{15}$  (10.0) que fue estadísticamente superior ( $\alpha=0.05$ ) al del resto de las muestras (Cuadro 15). Las semillas con radícula de los tratamientos  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$ ,  $T_5$ ,  $T_9$ ,  $T_{11}$ ,  $T_{12}$ ,  $T_{13}$  y  $T_{14}$ , fueron estadísticamente iguales entre sí ( $\alpha=0.05$ ) y superiores a las del resto; mientras que la semilla obtenida en campo por la aplicación externa de la giberelina en 12 hojas y a dosis del 100%, produjo el menor promedio de semilla con radícula a los 7 días con excepción de las semillas provenientes del tratamiento  $T_9$  (4) el cual fue igual ( $\alpha=0.05$ ) al testigo agronómico ( $T_1$ ).

Está claro que si el ácido giberélico puede sustituir el tratamiento de día largo para conseguir el alargamiento del tallo y la floración anticipada, al elevar la concentración de la giberelina mediante aplicaciones externas, se tendrá un efecto diferencial pero positivo sobre el número de semillas en proceso de convertirse en plántulas normales (Weaver, 1990). Gracias a que las giberelinas pueden alterar la permeabilidad de la membrana celular, la hidrólisis del almidón (por la producción de la enzima alfa-amilasa) es más rápida con lo que se asegura un incremento en la producción de azúcares, lo que permite elevar la presión osmótica de modo que el agua pueda penetrar a la célula y con ello la expanda, favoreciendo el crecimiento y desarrollo de los meristemas de raíz y del vástago o tallo aéreo.

El menor número de semillas latentes ( $17.0$ ) a los siete días después de sembradas ( $NSL_7$ ) se obtuvo de las plantas que recibieron en campo 50 ppm de  $AG_3$  en



la etapa de 8 y 12 hojas (Cuadro 15;  $T_{15}$ ). Este número fue estadísticamente inferior ( $\alpha=0.05$ ) a los de las demás muestras de semilla, como se observa en la Figura 23.

El mayor número de semillas latentes se produjo con los tratamientos  $T_6$  (47.0),  $T_7$  (46.0),  $T_8$  (44.0) y  $T_{10}$  (44.0); lo que indica que, a pesar de la dosis de  $AG_3$  empleada, la aplicación tardía de la hormona a la planta influyó notablemente sobre el retraso en la obtención de estructuras vegetativas completas. Lo anterior se atribuye a la acción

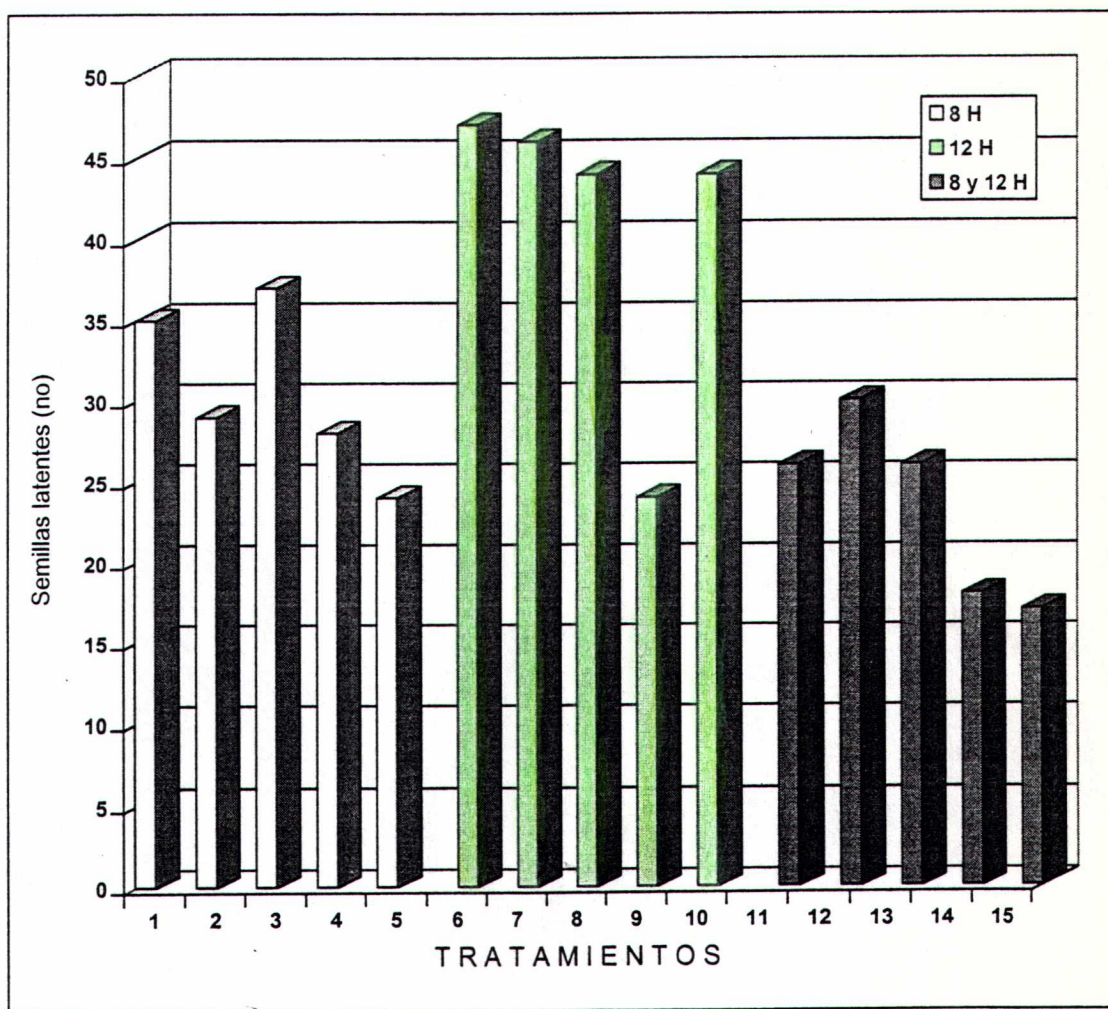


Figura 23. Número de semillas latentes de lechuga, siete días después de la siembra, por efecto de tratamientos para inducción floral y producción de semilla.



conjunta del fotoperiodo y del  $AG_3$ ; ya que como se mencionó anteriormente, el fotoperiodo al que se exponen las plantas madres durante el desarrollo de sus semillas puede influir mucho en la subsecuente germinación de éstas, siendo la lechuga demandante de días largos cuando el fin es la producción de semilla botánica. Por otro lado, el aumento endógeno de la giberelina en la planta permite modificar el mensaje que lleva el RNA (activa el  $AG_3$  un precursor inactivo del RNAm) ya que cuando falta o bien es mínimo, se presenta el síntoma típico de la falta de alfa-amilasa, que es la enzima que posibilita que el almidón pase a glucosa para ser respirada y liberar la energía necesaria para el desarrollo del embrión lo cual (Rojas, 1984).

Otros elementos que intervienen en el proceso de germinación de la semilla de lechuga son la luz, agua y temperatura. La latencia se rompe por medio de la luz sólo cuando las semillas están parcial o totalmente hidratadas; bajo esta condición, el Pr se hidrata por completo para transformarse a Pfr (es lo común en el beneficio de semilla de lechuga para favorecer la germinación). Por otro lado, cuando las semillas quedan expuestas por más de 24 horas a temperaturas demasiado altas para la germinación ( $>26^{\circ}\text{C}$ ) según Shuck (1984), las semillas entran a un estado de reposo o de latencia ya que se limita o bien deja de ser funcional la enzima alfa-amilasa.

El mayor número de semillas con hongos a los siete días después de sembradas ( $NSCH_7$ ) lo produjo el tratamiento de 20 ppm de  $AG_3$  al 50% en la etapa de 8 y 12 hojas ( $T_{12}=4$ ). Éste número fue estadísticamente superior ( $\alpha=0.05$ ) a los de las demás

muestras de semilla evaluada (Cuadro 15). La semilla de los tratamientos  $T_1$ ,  $T_5$ ,  $T_6$ ,  $T_7$  y  $T_{10}$  no presentó infestación de patógenos. Los datos indican que 10 lotes de semillas de un total de 15 se contaminaron; esto se debió, entre otras cosas, a la falta de asepsia al abrir las cajas petri para reponer el agua gastada, calidad del agua utilizada o bien a las condiciones de luz, humedad y temperatura a que estuvieron sometidas las muestras de semilla.

A pesar del bajo porcentaje de contaminación (4%) se debe poner especial atención desde el inicio sobre el tipo y cantidad de fungicida, agua esterilizada y el auxilio de las condiciones de asepsia más efectivas con el fin de disminuir o eliminar la contaminación parcial o total de semilla.

#### **4.2.4 Correlación de medias para las variables componentes de calidad de la semilla**

Las correlaciones entre los factores de estudio y las diferentes variables componentes del rendimiento de interés se muestran en el Cuadro 16. Se observa que el  $AG_3$  aplicado presentó correlaciones no significativas con las variables evaluadas; lo que indica que, no existió efecto de las dosis evaluadas sobre la calidad de la semilla y que todas, de cierta forma, causaron el mismo efecto.

La etapa de aplicación del  $AG_3$  (E), presentó correlación negativa altamente significativa con  $PG_7$ ,  $PPN_7$ , y  $NSCH_7$  (Cuadro 16); lo que indica que, conforme las plantas fueron tratadas hormonalmente en una etapa fisiológica más tardía, se ocasionó

Cuadro 16. Correlación de las variables componentes de la calidad de semilla, dosis de AG<sub>3</sub> y etapa de aplicación Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996.

|        | Dosis         | Etapas                            | P1000s                                | PG7                                   | PPN7                                  | NSR7                                  | NSL7                                  | NSCH7                                  |
|--------|---------------|-----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|
| Dosis  | 1.0000<br>0.0 | 0.0000<br>1.0000<br>1.0000<br>0.0 | 0.0575<br>0.8385<br>-0.2182<br>0.4346 | 0.3706<br>0.1738<br>-0.8068<br>0.0003 | 0.3651<br>0.1808<br>-0.7830<br>0.0006 | 0.4945<br>0.0609<br>-0.4929<br>0.0619 | -0.4075<br>0.1316<br>0.7340<br>0.0018 | -0.0380<br>0.8930<br>-0.8823<br>0.0001 |
| Etapas |               |                                   |                                       |                                       |                                       |                                       |                                       |                                        |
| P1000s |               |                                   |                                       |                                       |                                       |                                       |                                       |                                        |
| PG7    |               |                                   |                                       |                                       |                                       |                                       |                                       |                                        |
| PPN7   |               |                                   |                                       |                                       |                                       |                                       |                                       |                                        |
| NSR7   |               |                                   |                                       |                                       |                                       |                                       |                                       |                                        |
| NSL7   |               |                                   |                                       |                                       |                                       |                                       |                                       |                                        |
| NSCH7  |               |                                   |                                       |                                       |                                       |                                       |                                       |                                        |

Coefficientes de correlación de Pearson : Prob / R / bajo Ho: Rho= 0. Coef. Corr:  $P \leq 0.0001$  (Altamente significativo); Coef. Corr:  $P \leq 0.009$  (Medianamente significativo); Coef. Corr:  $P \leq 0.05$  Significativo); Coef. Corr:  $P > 0.05$  (No significativo).

Dosis: 10, 20, 30, 40 y 50 ppm de AG<sub>3</sub>; Etapa de aplicación: 8, 12, 8 y 12 hojas.

P1000s= Peso de 1000s en g; PG<sub>7</sub>= Porcentaje de germinación a los siete días después de la siembra; PPN<sub>7</sub>= Porcentaje de plántulas normales a los siete días después de la siembra; NSR<sub>7</sub>= Número de semillas con radícula a los siete días después de la siembra; NSL<sub>7</sub>= Número de semillas latentes a los siete días después de la siembra; NSCH<sub>7</sub>= Número de semillas con hongos a los siete días después de la siembra.



un menor porcentaje de germinación, de plantas normales y un menor número de semillas con hongos. Por otro lado, se detectó una correlación positiva y altamente significativa con  $NSL_7$ , lo que indica que una aplicación del  $AG_3$  en una etapa de desarrollo más avanzado, conllevó a un mayor número de semillas latentes. Las respuestas tienen su explicación al considerar que la semilla al recibir la hormona en un estado de desarrollo de 12 hojas, se desfavoreció el contenido endógeno de giberelinas en la planta y/o la acumulación del  $AG_3$  en el embrión de la semilla y con ello, el no poder actuar como un compensador de la luz u otro factor ambiental necesario para germinar y poder desarrollarse como plantas normales, aumentando el número de semillas latentes

El peso de 1000 semillas ( $P1000s$ ), presentó correlación no significativa con las variables evaluadas lo que indica que, no hubo efecto del peso de semilla producida sobre la calidad de la semilla.

EL porcentaje de germinación ( $PG_7$ ) mostró una correlación positiva altamente significativa con  $PPN_7$ ,  $NSR_7$ , y el  $NSCH_7$  indicando que, a mayor número de semillas germinadas aumentó el número de plantas normales, semillas con radícula así como el número de semillas con hongos; mientras que, con el  $NSL_7$ , la correlación fue negativa altamente significativa de lo cual se intuye que a mayor porcentaje de germinación, el número de semilla latente fue menor.

El PPN<sub>7</sub> tuvo una correlación positiva altamente significativa con el NSR<sub>7</sub> y el NSCH<sub>7</sub> (Cuadro 16); indicando que, a mayor porcentaje de plantas normales se tuvieron mayor número de semillas con emisión de radícula así como en el número de semilla con hongo. por otro lado, correlacionó negativa y altamente significativa con el número de semillas latentes.

El NSR<sub>7</sub> mostró una correlación negativa altamente significativa con el NSL<sub>7</sub>; lo que indica que, a mayor número de semillas con radícula se tendrá menor número de semillas latentes.

El NSL<sub>7</sub> presentó una correlación negativa altamente significativa con el número de semillas con hongos NSCH<sub>7</sub>; lo que indica que, a mayor latencia menor número de semillas con hongos; lo cual tiene sentido ya que al no estar expuestas estructuras de la nueva plántula como son la radícula o bien las hojas cotiledonares, los patógenos tendrán menor oportunidad de establecimiento, multiplicación y daños.

Los valores de correlación entre variables se puede explicar tomando como base el efecto del AG<sub>3</sub> al estar presente en el embrión. Por lo tanto, al estar la semilla en condiciones inductivas de germinación, se presenta un mayor empuje por parte de la radícula así como un debilitamiento de la barrera del endospermo favoreciendo el proceso de germinación, el porcentaje de plántulas normales, semillas con radícula y el menor número de semillas latentes

### 4.3 Componentes del vigor de semilla

En los Cuadros 17 y 18, se presentan los datos concentrados de los análisis de varianza y las significancias estadísticas por efectos principales e interacción de factores.

Las variables  $D_{10}$ , PSR y PSPA presentaron diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ) entre bloques y altamente significativa ( $\alpha=0.01$ ) en la velocidad diaria de emergencia ( $D_6$ ,  $D_8$ ,  $D_9$ ,  $D_{11}$  y  $D_{12}$ ),  $PET_{12}$  y NHV, de lo cual se infiere que los lotes de semilla sembrada estuvieron sujetas a variaciones del ambiente, suelo y manejo justificándose el diseño empleado.

En el factor dosis de  $AG_3$  (D), se detectó diferencias altamente significativas ( $\alpha=0.01$ ) en las variables velocidad de emergencia diaria ( $D_5$ ,  $D_6$  y  $D_7$ ),  $PGT_{12}$  y NHV; mientras que para el factor etapas de aplicación (E), las variables velocidad de emergencia ( $D_4$ ,  $D_5$ ,  $D_6$ ,  $D_7$ ,  $D_8$ ,  $D_9$ ),  $PGT_{12}$ , NHV, PSR y PSPA denotaron (Cuadro 18) diferencias altamente significativas ( $\alpha=0.01$ ).

Para la interacción de dosis de  $AG_3$  (D) y etapa de aplicación (E), las variables  $D_4$ ,  $D_{11}$ , NHV,  $D_5$ ,  $D_6$ ,  $PG_{12}$ , PSR y PSPA presentaron diferencias, siendo altamente significativas ( $\alpha=0.01$ ) en las últimas cinco.



Cuadro 17. Cuadrados medios y estadísticos descriptivos del análisis de varianza para la velocidad de emergencia diaria de plántulas durante la prueba de vigor de semilla. Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996.

| Fuente de variación | Grados de libertad | P L A N T U L A S |                | E M E R G E N C I A |                | D I A R I A    |                | D I A R I A     |                 | D I A R I A     |  |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--|
|                     |                    | D <sub>4</sub>    | D <sub>5</sub> | D <sub>6</sub>      | D <sub>7</sub> | D <sub>8</sub> | D <sub>9</sub> | D <sub>10</sub> | D <sub>11</sub> | D <sub>12</sub> |  |
| Bloques             | 3                  | 9.333 N.S         | 24.066 N.S     | 139.111 **          | 55.888 N.S     | 170.200 **     | 270.311 **     | 37.400 *        | 99.266 **       | 22.133 **       |  |
| Factorial:          |                    |                   |                |                     |                |                |                |                 |                 |                 |  |
| Dosis (D)           | 4                  | 4.266 N.S         | 111.233 **     | 163.233 **          | 207.666 **     | 12.600 N.S     | 14.400 N.S     | 1.600 N.S       | 1.666 N.S       | 1.766 N.S       |  |
| Etapas (E)          | 2                  | 29.600 **         | 309.266 **     | 529.800 **          | 1255.266 **    | 141.066 **     | 201.266 **     | 16.466 N.S      | 18.600 N.S      | 5.600 N.S       |  |
| D x E               | 8                  | 14.766 *          | 62.183 **      | 181.133 **          | 72.266 N.S     | 19.400 N.S     | 31.100 N.S     | 7.800 N.S       | 23.516 *        | 0.516 N.S       |  |
| Error               | 42                 | 5.238             | 10.923         | 29.587              | 38.365         | 11.676         | 35.311         | 11.876          | 8.838           | 2.323           |  |
| Total               | 59                 | 7.498             | 35.456         | 81.722              | 96.581         | 25.232         | 50.897         | 12.080          | 15.271          | 3.159           |  |
| C.V                 |                    | 88.027            | 51.912         | 46.096              | 39.119         | 54.818         | 83.303         | 11.374          | 66.064          | 108.886         |  |
| R <sup>2</sup>      |                    | 0.502             | 0.780          | 0.742               | 0.717          | 0.670          | 0.506          | 0.300           | 0.588           | 0.476           |  |
| Media               |                    | 2.6               | 6.366          | 11.800              | 15.833         | 6.233          | 7.133          | 3.433           | 4.500           | 1.400           |  |

C.V= Coeficiente de variación; N.S= No significativo ( $\alpha=0.05$ ); \* = Significativo ( $\alpha=0.05$ ); \*\* = Altamente significativo ( $\alpha=0.01$ ).

D<sub>4</sub>, D<sub>5</sub>, ... D<sub>12</sub>= Porcentaje de velocidad de emergencia diaria

Cuadro 18. Cuadros medios y estadísticos descriptivos del análisis de varianza para las variables del vigor de semilla. Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996.

| Fuente de variación | Grados de libertad | PET <sub>12</sub> | LPPB      | NHV      | PSR        | PSPA        | Cotiledones |
|---------------------|--------------------|-------------------|-----------|----------|------------|-------------|-------------|
| Bloques             | 3                  | 461.933 **        | 0.042 N.S | 0.421 ** | 48.081 *   | 706.984 *   | 0.0074 N.S  |
| Factorial:          |                    |                   |           |          |            |             |             |
| Dosis (D)           | 4                  | 1369.566 **       | 0.009 N.S | 0.251 ** | 35.600 N.S | 539.300 N.S | 0.0033 N.S  |
| Etapas (E)          | 2                  | 7661.600 **       | 0.053 N.S | 0.613 ** | 594.9 **   | 5984.500 ** | 0.0074 N.S  |
| D x E               | 8                  | 661.516 **        | 0.026 N.S | 0.165 *  | 46.3 **    | 873.8 **    | 0.0033 N.S  |
| Error               | 42                 | 83.980            | 0.018     | 0.058    | 14.760     | 215.329     | 0.0038      |
| Total               | 59                 | 525.535           | 0.021     | 0.123    | 41.830     | 547.147     | 0.004       |
| C.V                 |                    | 15.453            | 20.521    | 27.726   | 27.685     | 23.917      | 3.1371      |
| R <sup>2</sup>      |                    | 0.886             | 0.390     | 0.663    | 0.748      | 0.719       | 0.3196      |
| Media               |                    | 59.300            | 655.9     | 0.870    | 438.833    | 1946.1      | 1.9888      |

C.V=Coeficiente de variación; N.S= No significativo ( $\alpha =0.05$ ); \* = Significativo ( $\alpha =0.05$ ); \*\* = Altamente significativo ( $\alpha =0.01$ ).

PET= Porcentaje de emergencia total a los 12 días (%)

LPPB= Longitud de plántula a la primera bifurcación (cm)

NHV= Número de hojas verdaderas (No.)

PSR= Peso seco de raíz (mg)

PSPA= Peso seco de la parte aérea.

### 4.3.1 Dosis de AG<sub>3</sub>

Los valores y la significancia detectados en las medias de las componentes del vigor de semilla por efecto de las dosis de AG<sub>3</sub> indican de manera general, que los niveles altos de la hormona indujeron en los componentes del vigor de la semilla los mayores resultados (Cuadro 19).

En la prueba de velocidad de emergencia diaria (VE) se observó que sólo en los días D<sub>5</sub>, D<sub>6</sub> y D<sub>7</sub> existió diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ). En todos, el porcentaje diario fue mayor cuando se aplicó 40 ppm de AG<sub>3</sub> siendo estadísticamente superior ( $\alpha=0.05$ ) a los de las otras dosis, coincidiendo con los resultados obtenidos en campo y laboratorio. Lo anterior puede atribuirse a que las semillas provenientes de dichas plantas pudieron acumular en su embrión una mayor cantidad de esta hormona, incrementando, según Salisbury y Ross (1992) la síntesis de la enzima amilasa,

Cuadro 19. Efecto de los niveles de AG<sub>3</sub> sobre componentes del vigor de la semilla (D<sub>5</sub>, D<sub>6</sub>, D<sub>7</sub>, PET<sub>12</sub> y NHV). Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996.

| Dosis (ppm) | D <sub>5</sub> (%) | D <sub>6</sub> (%) | D <sub>7</sub> (%) | PET <sub>12</sub> (%) | NHV (no.)       |
|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-----------------|
| 10          | 4.000 <b>b</b>     | 9.833 <b>b</b>     | 14.500 <b>b</b>    | 50.667 <b>c</b>       | 0.840 <b>ab</b> |
| 20          | 3.500 <b>b</b>     | 8.667 <b>b</b>     | 12.000 <b>b</b>    | 49.167 <b>c</b>       | 0.680 <b>b</b>  |
| 30          | 6.833 <b>b</b>     | 12.167 <b>ab</b>   | 12.667 <b>b</b>    | 57.333 <b>bc</b>      | 0.818 <b>ab</b> |
| 40          | 11.167 <b>a</b>    | 18.000 <b>a</b>    | 22.000 <b>a</b>    | 75.167 <b>a</b>       | 1.066 <b>a</b>  |
| 50          | 6.333 <b>b</b>     | 10.333 <b>b</b>    | 18.000 <b>ab</b>   | 64.167 <b>b</b>       | 0.946 <b>ab</b> |
| DMS         | 3.845              | 6.328              | 7.206              | 10.662                | 0.280           |

Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey,  $\alpha = 0.05$ )  
DMS= Diferencia mínima significativa ( $\alpha = 0.05$ )

D<sub>5</sub>, ..., D<sub>7</sub> = VE= Velocidad de emergencia diaria; PET<sub>12</sub>= Porcentaje de emergencia 12 días después de la siembra; NHV= Número de hojas verdaderas.



permitiendo al embrión en crecimiento, tener una mayor disponibilidad de glucosa favoreciéndose el crecimiento tanto de la radícula como de la parte aérea.

En cuanto a la emergencia total ( $PET_{12}$ ) la dosis de 40 ppm de  $AG_3$  indujo el mayor resultado (75.1 %) siendo estadísticamente superior ( $\alpha=0.05$ ) a los de las otras cuatro dosis. Las dosis de 10 y 20 ppm de  $AG_3$  produjeron el menor número total de plántulas emergidas (Cuadro 19). Esto indica la importancia de que las semillas tengan en su interior un mayor contenido de  $AG_3$  ya que además de actuar como un compensador de luz para romper el letargo natural de las semillas de lechuga (Bidwell, 1979; Rojas, 1990), participa en el aumento en empuje por parte de la radícula así como en el debilitamiento de la barrera del endospermo, cercana a la punta de la radícula, rompiendo las dos o tres capas de células que la rodean (Salisbury y Ross, 1992).

En relación a las características de la plántula, se observó que la dosis de 20 ppm de  $AG_3$  ocasionó el menor valor promedio de hojas verdaderas siendo estadísticamente inferior ( $\alpha=0.05$ ) a los del resto de las dosis aplicadas (Cuadro 19), mismas que fueron estadísticamente iguales entre si. Sin embargo, la dosis de 40 ppm permitió el mayor promedio de hojas (1.06), lo cual posiblemente sea indicativo de que el punto máximo de respuesta del vigor de semilla y de la velocidad de crecimiento y desarrollo de las plántulas originadas de las mismas, se alcance con o alrededor de esta dosis tomando como base las respuestas de todas las variables evaluadas tanto en la fase de campo como en laboratorio.

### 4.3.2 Etapas de aplicación

Las componentes del vigor de la semilla presentaron diferente respuesta en función de la etapa de desarrollo (E) en la cual se asperjó la giberelina a la planta (Cuadro 20).

La velocidad de emergencia diaria mostró que sólo en los primeros días existieron diferencias significativas ( $D_4$ ,  $D_5$ ,  $D_6$ ,  $D_7$ ,  $D_8$  y  $D_9$ ) reflejando los mayores resultados cuando se aplicó el 50 % de la dosis del ácido tanto en 8 como en 12 hojas ( $E_3$ ). Lo anterior indica que la aplicación temprana ( $E_3$  o  $E_1$ ) del producto proporcionó a la semilla un mayor vigor inicial, que se reflejó claramente durante la emergencia diaria, el cual tiende a desaparecer en los días finales de la prueba.

Cuadro 20. Efecto de las etapas de aplicación de  $AG_3$  sobre la velocidad de emergencia diaria de semilla ( $D_4$ ,  $D_5$ ,  $D_6$ ,  $D_7$ ,  $D_8$ ,  $D_9$ ). Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, México. 1996.

| Etapa<br>(Hojas)      | $D_4$<br>(%) | $D_5$<br>(%)  | $D_6$<br>(%)  | $D_7$<br>(%)  | $D_8$<br>(%) | $D_9$<br>(%)  |
|-----------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|
| 8 ( $E_1$ )           | 3.2 <b>a</b> | 5.0 <b>b</b>  | 12.6 <b>a</b> | 19.1 <b>a</b> | 9.3 <b>a</b> | 10.5 <b>a</b> |
| 12 ( $E_2$ )          | 1.2 <b>b</b> | 3.3 <b>b</b>  | 6.3 <b>b</b>  | 6.8 <b>b</b>  | 4.7 <b>b</b> | 4.2 <b>b</b>  |
| 8 y 12 ( $E_3$ )      | 3.4 <b>a</b> | 10.8 <b>a</b> | 16.5 <b>a</b> | 21.6 <b>a</b> | 4.7 <b>b</b> | 6.7 <b>ab</b> |
| DMS ( $\alpha=0.05$ ) | 1.2          | 2.5           | 4.1           | 4.7           | 2.6          | 4.5           |

Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey,  $\alpha = 0.05$ )

DMS= Diferencia mínima significativa ( $\alpha= 0.05$ )

$D_4$ ,  $D_5$ ,  $D_6$ ,  $D_7$ ,  $D_8$ ,  $D_9$  = VE = Velocidad de emergencia diaria.

Las etapas de desarrollo  $E_1$  (8 hojas) y  $E_3$  (8 y 12 hojas) en las que se aplicó el  $AG_3$  fueron estadísticamente iguales entre si ( $\alpha=0.05$ ) y superior a la etapa  $E_2$  (12 hojas) ya que fue la que ofreció el menor porcentaje de emergencia total (36.7 %) de las plántulas de lechuga (Cuadro 20). Los resultados indican la conveniencia de aplicar tempranamente el producto ya que con ello se consigue un mayor vigor inicial en la semilla apoyado por el peso promedio de estas estructuras (Cuadro 21).

La etapa de aplicación  $E_3$  (8 y 12 hojas) produjo un efecto significativo al final de la prueba, observándose que cuando la aplicación de la hormona fue más temprana pero en dosis divididas al 50 %, las plántulas presentaron un mayor número de hojas (1.05) verdaderas y que fue estadísticamente superior ( $\alpha=0.05$ ) a los de las etapas  $E_1$  y  $E_2$  (Cuadro 21). Esto posiblemente fue resultado del estímulo del  $AG_3$  sobre la velocidad de emergencia diaria y del porcentaje total de emergencia logrado, ya que como se

Cuadro 21. Efecto de las etapas de aplicación de  $AG_3$  sobre componentes del vigor de la semilla ( $PET_{12}$ , NHV, PSR y PSPA). Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, México. 1996.

| Etapa<br>(Hojas)      | $PET_{12}$<br>(%) | NHV<br>(No.) | PSR<br>(mg)    | PSPA<br>(mg)  |
|-----------------------|-------------------|--------------|----------------|---------------|
| 8 ( $E_1$ )           | 70.5 <b>a</b>     | 0.8 <b>b</b> | 480.0 <b>b</b> | 2026 <b>a</b> |
| 12 ( $E_2$ )          | 36.7 <b>b</b>     | 0.7 <b>c</b> | 249.5 <b>c</b> | 1356 <b>b</b> |
| 8 y 12 ( $E_3$ )      | 70.7 <b>a</b>     | 1.0 <b>a</b> | 587.0 <b>a</b> | 2439 <b>a</b> |
| DMS ( $\alpha=0.05$ ) | 7.0               | 0.1          | 93.3           | 356           |

Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey,  $\alpha = 0.05$ )

DMS= Diferencia mínima significativa ( $\alpha= 0.05$ )

$PET_{12}$ = Porcentaje de emergencia 12 días después de la siembra, NHV = Número de hojas verdaderas,

PSR = Peso seco de raíz, PSPA = Peso seco de la parte aérea.



mencionó con anterioridad, la velocidad de producción y maduración así como el peso de la semilla, tienen especial importancia en la manifestación del vigor de la semilla.

El peso seco de la raíz (PSR) y parte aérea (PSPA), al día 12 después de la siembra, presentó un efecto significativo, observándose, al igual que en la variable anterior, que cuando la aplicación del  $AG_3$  se realizó en 8 y 12 hojas de la planta ( $E_3$ ) el peso obtenido fue más alto (Cuadro 21), siendo estadísticamente superior ( $\alpha=0.05$ ) al de las etapas de 8 y 12 hojas, obteniendo con este último tratamiento los menores valores para ambas variables, lo cual probablemente fue resultado del reducido peso de semilla, la cantidad de hormona que pudo almacenar el embrión durante su crecimiento y maduración, eliminación parcial o total de la latencia de la semilla y, como se mencionó con anterioridad, de la tendencia a una rápida división y elongación celular (Bidwell, 1979) de los meristemas de vástago y de raíz de la planta las que, al producir y almacenar los sólidos totales, carbohidratos y proteínas estructurales, cenizas, etc., les permitió acumular mayor peso seco.

#### **4.3.3 Interacción dosis de $AG_3$ y etapas de aplicación**

La interacción de las dosis de  $AG_3$  con las etapas de aplicación fue significativa ( $\alpha=0.05$ ) en tres de las componentes del vigor de la semilla ( $D_4$ ,  $D_{11}$  y NHV) y altamente significativo ( $\alpha=0.01$ ) en cinco de un total de 14 muestreos (Cuadro 18). Lo anterior indica que fue correcta la decisión de estudiar a los factores simultáneamente con la finalidad de obtener la mejor dosis y etapa del desarrollo para la producción de semilla.

Las medias de las variables de estudio por efecto de tratamientos derivados de las combinaciones de factores, se presentan en el Cuadros 22 y 23.

En la prueba de velocidad de emergencia diaria se detectó que sólo en los primeros días ( $D_5$ ,  $D_6$ ,  $D_7$  y  $D_8$ ) existió diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ). La emergencia inició a los 4 días de la siembra de manera general y la mayor velocidad fue durante los días  $D_6$  y  $D_7$ . Lo anterior coincide con lo informado por Guenkov (1984) quien menciona que las plántulas emergen entre los 4 y 6 días cuando tienen buena humedad (80% de capacidad de campo) y temperatura del suelo (menor a 25°).

Se observó para el  $D_5$  que las semillas del tratamiento  $T_{14}$  (40 ppm de  $AG_3$  al 50% de la dosis en 8 y 12 hojas), presentó el porcentaje de emergencia mayor (16.5%) siendo estadísticamente superior ( $\alpha=0.05$ ) al del resto de lotes de semilla evaluada (Cuadro 21). Las muestras con los menores porcentajes fueron los de los tratamientos  $T_3$  (2.5%),  $T_6$  (0.0%),  $T_7$  (0.0%),  $T_8$  (0.0%) y  $T_{10}$  (0.0%), estos fueron estadísticamente iguales ( $\alpha=0.05$ ) entre sí y superados por el testigo agronómico ( $T_9 = 7.0\%$ ) como puede apreciarse en la Figura 24.

Para el  $D_6$ , en el lote de semilla del tratamiento  $T_{13}$  30 ppm de  $AG_3$  aplicada al 50% de la dosis en 8 y 12 hojas) se observó el mayor porcentaje de emergencia (25.0%) que fue estadísticamente superior ( $\alpha=0.05$ ) al del resto de lotes evaluados. Nuevamente, las semillas de los tratamientos  $T_6$ (2.0%),  $T_7$ (1.0%) y  $T_{10}$  (1.5%) se caracterizaron por



Cuadro 22. Comparación de medias de la emergencia de plántulas durante la prueba de vigor de la semilla por efecto de 15 combinaciones (AG<sub>3</sub> x Etapas de aplicación) de inducción floral. Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996.

| TRAT            | Dosis y<br>Etapas             | P L A N T U L A S E M E R G I D A S |                       |                       |                       |                       |                       |                        |                        |                        |  |  |  |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--|--|--|
|                 |                               | D <sub>4</sub><br>(%)               | D <sub>5</sub><br>(%) | D <sub>6</sub><br>(%) | D <sub>7</sub><br>(%) | D <sub>8</sub><br>(%) | D <sub>9</sub><br>(%) | D <sub>10</sub><br>(%) | D <sub>11</sub><br>(%) | D <sub>12</sub><br>(%) |  |  |  |
| T <sub>9</sub>  | D <sub>1</sub> E <sub>1</sub> | 5.0                                 | 7.0 bcde              | 17.5 abc              | 18.5 abcd             | 7.0 ab                | 5.5                   | 2.5                    | 2.0 ab                 | 0.5                    |  |  |  |
| T <sub>10</sub> | D <sub>2</sub> E <sub>1</sub> | 2.5                                 | 4.0 de                | 13.5 abcd             | 12.0 abcde            | 10.0 ab               | 11.5                  | 4.0                    | 4.0 ab                 | 1.0                    |  |  |  |
| T <sub>11</sub> | D <sub>3</sub> E <sub>1</sub> | 0.5                                 | 2.5 e                 | 6.5 cd                | 20.0 abc              | 7.5 ab                | 15.5                  | 6.0                    | 9.5 a                  | 1.5                    |  |  |  |
| T <sub>12</sub> | D <sub>4</sub> E <sub>1</sub> | 2.5                                 | 4.5 cde               | 13.5 abcd             | 22.5 a                | 8.0 ab                | 9.5                   | 5.0                    | 5.5 ab                 | 1.0                    |  |  |  |
| T <sub>13</sub> | D <sub>5</sub> E <sub>1</sub> | 5.5                                 | 7.0 bcde              | 12.0 abcd             | 22.5 a                | 14.0 a                | 10.5                  | 4.5                    | 5.0 ab                 | 2.0                    |  |  |  |
| T <sub>14</sub> | D <sub>1</sub> E <sub>2</sub> | 0.0                                 | 0.5 e                 | 2.0 d                 | 3.5 de                | 5.5 ab                | 2.5                   | 4.5                    | 5.5 ab                 | 2.0                    |  |  |  |
| T <sub>15</sub> | D <sub>2</sub> E <sub>2</sub> | 0.0                                 | 0.0 e                 | 1.0 d                 | 1.0 e                 | 3.5 b                 | 4.0                   | 4.5                    | 6.5 ab                 | 2.5                    |  |  |  |
| T <sub>16</sub> | D <sub>3</sub> E <sub>2</sub> | 1.5                                 | 3.5 e                 | 5.0 cd                | 4.5 cde               | 6.0 ab                | 2.5                   | 3.5                    | 1.5 b                  | 1.5                    |  |  |  |
| T <sub>17</sub> | D <sub>4</sub> E <sub>2</sub> | 4.5                                 | 12.5 abc              | 22.0 ab               | 18.5 abcd             | 5.5 ab                | 7.0                   | 1.0                    | 5.0 ab                 | 1.5                    |  |  |  |
| T <sub>18</sub> | D <sub>5</sub> E <sub>2</sub> | 0.0                                 | 0.0 e                 | 1.5 d                 | 6.5 bcde              | 3.0 b                 | 5.0                   | 3.0                    | 6.0 ab                 | 2.5                    |  |  |  |
| T <sub>19</sub> | D <sub>1</sub> E <sub>3</sub> | 2.5                                 | 4.5 cde               | 10.0 bcd              | 21.5 ab               | 5.5 ab                | 8.0                   | 3.0                    | 4.5 ab                 | 1.0                    |  |  |  |
| T <sub>20</sub> | D <sub>2</sub> E <sub>3</sub> | 4.0                                 | 6.5 bcde              | 11.5 abcd             | 23.0 a                | 4.0 b                 | 6.5                   | 2.5                    | 3.0 ab                 | 1.0                    |  |  |  |
| T <sub>21</sub> | D <sub>3</sub> E <sub>3</sub> | 4.0                                 | 14.5 ab               | 25.0 a                | 13.5 abcde            | 4.5 b                 | 6.0                   | 2.5                    | 3.0 ab                 | 1.0                    |  |  |  |
| T <sub>22</sub> | D <sub>4</sub> E <sub>3</sub> | 3.5                                 | 16.5 a                | 18.5 abc              | 25.0 a                | 2.5 b                 | 4.5                   | 2.5                    | 2.5 ab                 | 0.5                    |  |  |  |
| T <sub>23</sub> | D <sub>5</sub> E <sub>3</sub> | 3.0                                 | 12.0 abcd             | 17.5 abc              | 25.0 a                | 7.0 ab                | 8.5                   | 3.5                    | 4.0 ab                 | 1.5                    |  |  |  |
| DMS             |                               | 5.8                                 | 8.4                   | 13.8                  | 15.7                  | 8.6                   | 15.1                  | 8.7                    | 7.5                    |                        |  |  |  |

Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey,  $\alpha = 0.05$ )

DMS= Diferencia mínima significativa

D<sub>8</sub>, D<sub>9</sub>, ... D<sub>12</sub> = Porcentaje de velocidad de emergencia diaria



presentar los menores porcentajes de emergencia, que fueron estadísticamente iguales ( $\alpha=0.05$ ) entre sí, pero ampliamente superadas por las del testigo agronómico ( $T_1 = 17.5\%$ ).

Para el  $D_7$  se observó un mayor efecto de las dosis mayores de  $AG_3$  sobre la velocidad de emergencia sobresaliendo los efectos de los tratamientos  $T_4$  (22.5%),  $T_5$  (22.5%),  $T_{12}$  (23.0%),  $T_{14}$  (25.0%) y  $T_{15}$  (25.0%), que fueron estadísticamente iguales ( $\alpha=0.05$ ), pero superiores a los del resto de los lotes de semilla evaluada (Cuadro 21). Nuevamente, el tratamiento  $T_7$ , produjo el menor valor (1.0%) de emergencia siendo otra vez superado por el tratamiento testigo (18.5%), como puede observarse en la Figura 24.

En el día  $D_8$ , el tratamiento  $T_5$  produjo el mejor porcentaje (14.0%) de emergencia. De nueva cuenta, el tratamiento  $T_7$ , produjo el menor porcentaje (3.5%) de emergencia atribuido al menor tamaño y peso de la semilla logrado en campo. Esta semilla se caracteriza como de bajo vigor ya que fue ampliamente superada por la del testigo agronómico ( $T_1$ ).

El mayor porcentaje de emergencia fue durante los días  $D_6$  y  $D_7$ , coincidiendo en el tiempo con la mitad de la prueba, resultados que evidencian el vigor y el poder germinativo de la semilla obtenida en campo y, principalmente, la superación del fenómeno de latencia que presentan comunmente las semillas recién cosechadas.

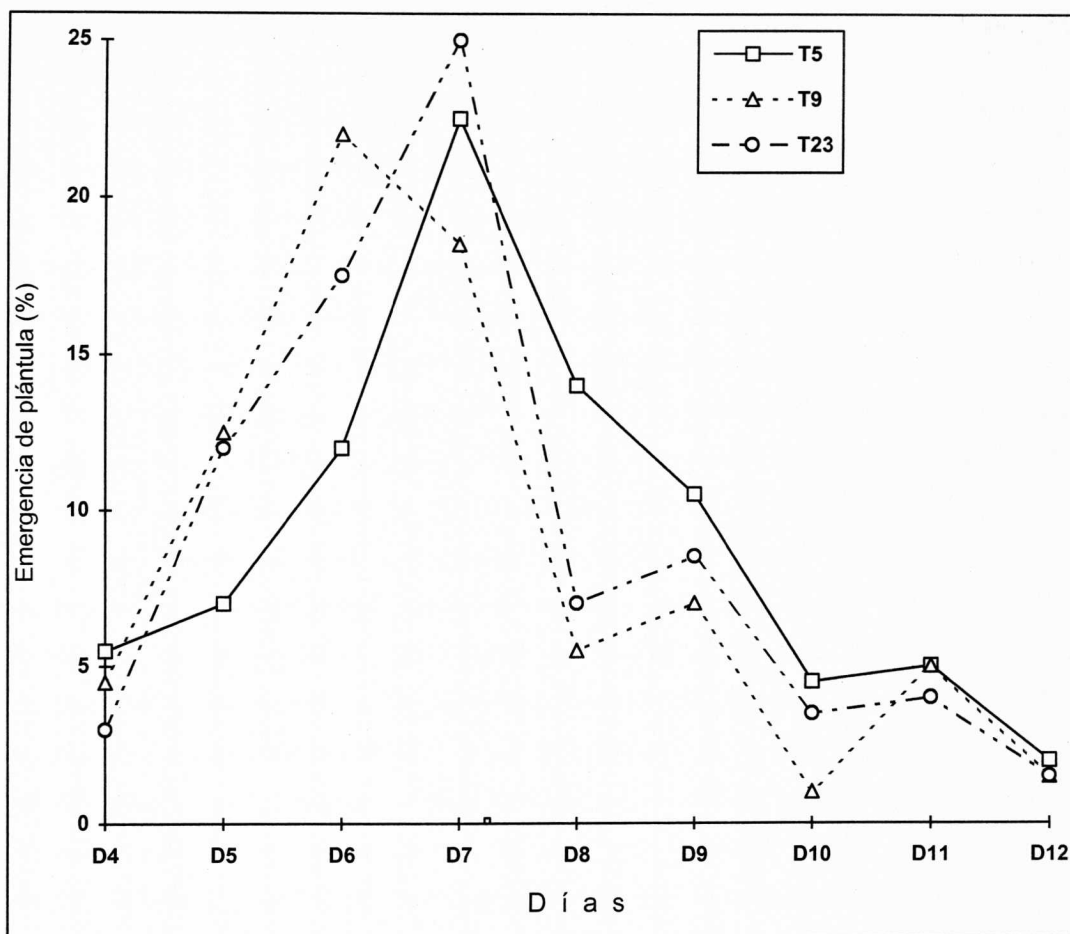


Figura 24. Porcentaje de emergencia diaria de plántulas de lechuga correspondientes a tratamientos sobresalientes conducidos en invernadero por efecto hormonal para inducción floral y producción de semilla

En relación a la emergencia total de plántula ( $PET_{12}$ ), los tratamientos que produjeron los menores porcentajes fueron  $T_6$  (26.0%),  $T_7$  (23.0%),  $T_8$  (29.5%) y  $T_{10}$  (27.5%). Tales porcentajes fueron estadísticamente iguales ( $\alpha=0.05$ ) pero inferiores a los de los demás tratamientos reflejándose el efecto de la etapa en que se aplicó la hormona a la planta; el resto de tratamientos produjo porcentajes estadísticamente ( $\alpha= 0.05$ ) iguales entre sí (Cuadro 23). Los tratamientos  $T_5$  (83.0%) y  $T_{15}$  (82.0%) produjeron los

Cuadro 23. Comparación de medias de componentes del vigor de semilla para 15 combinaciones (tratamientos) de inducción floral en lechuga. Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996.

| TRAT            | Dosis y Etapa                  | PET <sub>12</sub><br>(%) | VG <sub>12</sub><br>(no) | LPPB<br>(cm) | NHV<br>(no) | PSR<br>(mg) | PSPA<br>(mg) |
|-----------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------|-------------|-------------|--------------|
| T <sub>1</sub>  | D <sub>1</sub> ,E <sub>1</sub> | 65.5 a                   | 2.729                    | 0.73         | 0.82 ab     | 555.0 a     | 2338.0 ab    |
| T <sub>2</sub>  | D <sub>2</sub> ,E <sub>1</sub> | 62.5 a                   | 2.604                    | 0.69         | 0.77 ab     | 435.0 ab    | 1945.0 abc   |
| T <sub>3</sub>  | D <sub>3</sub> ,E <sub>1</sub> | 69.5 a                   | 2.895                    | 0.75         | 0.70 ab     | 555.0 a     | 2003.0 abc   |
| T <sub>4</sub>  | D <sub>4</sub> ,E <sub>1</sub> | 72.0 a                   | 3.000                    | 0.73         | 0.90 a      | 437.5 ab    | 1877.0 abc   |
| T <sub>5</sub>  | D <sub>5</sub> ,E <sub>1</sub> | 83.0 a                   | 3.458                    | 0.61         | 1.00 a      | 417.5 ab    | 1965.0 abc   |
| T <sub>6</sub>  | D <sub>1</sub> ,E <sub>2</sub> | 26.0 b                   | 1.083                    | 0.56         | 0.74 ab     | 242.5 bC    | 1340.0 bcd   |
| T <sub>7</sub>  | D <sub>2</sub> ,E <sub>2</sub> | 23.0 b                   | 0.958                    | 0.43         | 0.21 b      | 92.5 C      | 470.0 d      |
| T <sub>8</sub>  | D <sub>3</sub> ,E <sub>2</sub> | 29.5 b                   | 1.229                    | 0.65         | 0.76 ab     | 420.0 ab    | 2057.0 abc   |
| T <sub>9</sub>  | D <sub>4</sub> ,E <sub>2</sub> | 77.5 a                   | 3.229                    | 0.65         | 1.20 a      | 395.0 abC   | 2015.0 abc   |
| T <sub>10</sub> | D <sub>5</sub> ,E <sub>2</sub> | 27.5 b                   | 1.145                    | 0.70         | 0.63 ab     | 97.5 C      | 895.0 cd     |
| T <sub>11</sub> | D <sub>1</sub> ,E <sub>3</sub> | 60.5 a                   | 2.520                    | 0.67         | 0.95 a      | 607.5 a     | 2205.0 ab    |
| T <sub>12</sub> | D <sub>2</sub> ,E <sub>3</sub> | 62.0 a                   | 2.583                    | 0.71         | 1.05 a      | 587.5 a     | 2485.0 ab    |
| T <sub>13</sub> | D <sub>3</sub> ,E <sub>3</sub> | 73.0 a                   | 3.041                    | 0.66         | 0.99 a      | 505.0 ab    | 2173.0 ab    |
| T <sub>14</sub> | D <sub>4</sub> ,E <sub>3</sub> | 76.0 a                   | 3.166                    | 0.61         | 1.10 a      | 582.5 a     | 2650.0 a     |
| T <sub>15</sub> | D <sub>5</sub> ,E <sub>3</sub> | 82.0 a                   | 3.416                    | 0.63         | 1.20 a      | 652.5 a     | 2685.0 a     |
| DMS             |                                | 23.3                     |                          | 0.34         | 0.61        | 309.2       | 1181.1       |

Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey,  $\alpha=0.05$ )  
DMS= Diferencia mínima significativa

PET<sub>12</sub>= Porcentaje de emergencia 12 días después de la siembra.  
VG<sub>12</sub> = Velocidad de emergencia 12 días después de la siembra.  
NHV= Número de hojas verdaderas.  
PSR= Peso seco de raíz.  
PSPA= Peso seco de la parte aérea.

mejores promedios de emergencia con lo cual se refuerzan los resultados y lo mencionado por Weaver (1983) entre otros autores al mencionar que la giberelina puede actuar como un compensador del estímulo de la luz favoreciendo la germinación y emergencia de las plántulas(Figura 25).



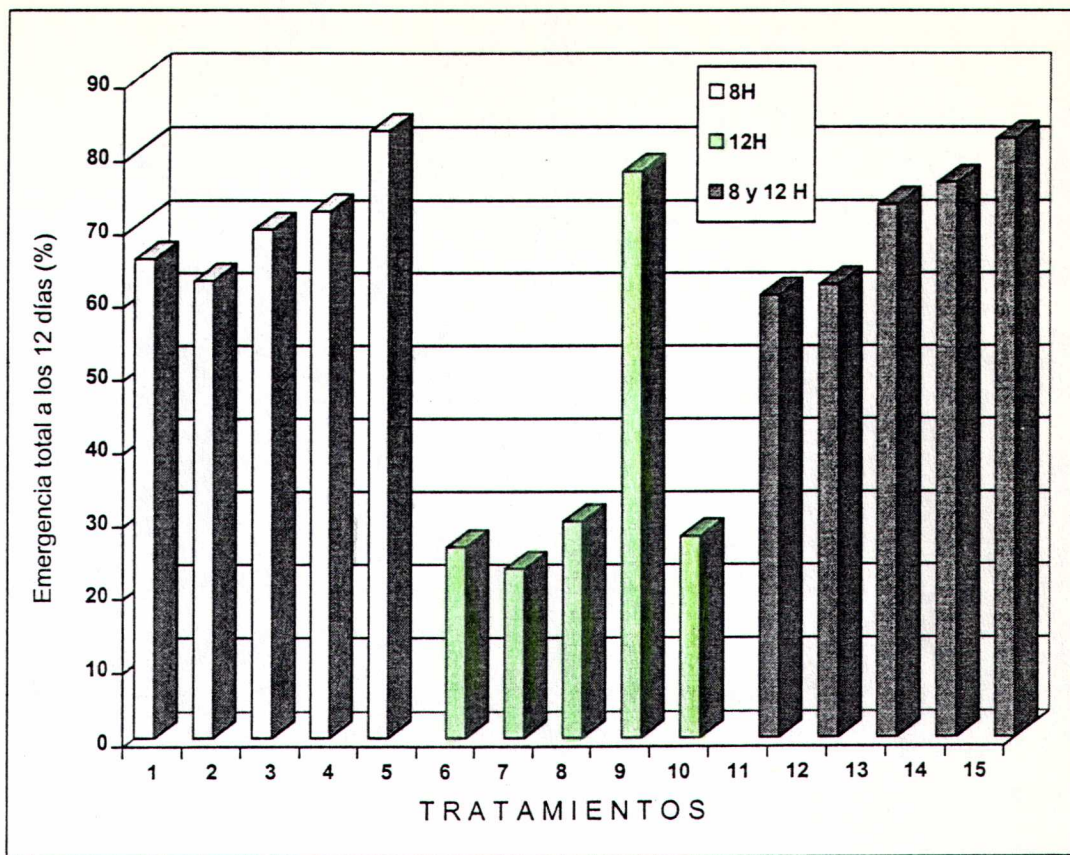


Figura 25. Porcentaje de plántulas de lechuga emergidas doce días después de la siembra, por efecto de tratamientos para inducción floral y producción de semilla.

Lo anterior indica, en principio, que la velocidad de germinación-emergencia y sobre todo que la semilla no presentó latencia (Arjona, 1991) pudiendo ser utilizada en ciclos inmediatos de producción. Los resultados de los factores y tratamientos estudiados manifiestan la oportunidad de aprovechar la zona como una posible área de producción de semilla botánica de lechuga ya que las variaciones de emergencia detectadas es en parte resultado del ambiente, época de siembra, metodología aplicada y del contenido de AG<sub>3</sub> que pudo acumular el embrión al madurar la semilla (Bidwell, 1979), el cual estuvo en función de las dosis de los

tratamientos. Cabe hacer mención que durante el desarrollo de la prueba se tuvo buenas luz y humedad) para la emergencia de la plántula, situación que se reflejó en los resultados del testigo agronómico (65.5 %).

Los promedios de hojas que presentaron las plántulas (NHV) por efecto de los tratamientos fueron estadísticamente iguales ( $\alpha=0.05$ ) con excepción del T<sub>7</sub>. Los valores superiores fueron producidos por los tratamientos T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>9</sub>, T<sub>11</sub>, T<sub>12</sub>, T<sub>13</sub>, T<sub>14</sub> y T<sub>15</sub> (Cuadro 23), manifestándose el efecto positivo tanto de las dosis como de las etapas de aplicación del AG<sub>3</sub> a las plantas en campo así como las condiciones favorables del invernadero en el que se desarrolló la fase de investigación.

Los promedios de las variables PSR y PSPA se relacionan directamente con las variables VE diaria, PET<sub>12</sub> y NHV ya que el crecimiento del vástago de raíz y del vástago aéreo permitieron el desarrollo de las estructuras morfológicas que los componen, lo cual favoreció la acumulación de hidratos de carbono (peso seco) como puede observarse en la Figura 26.

Como un dato adicional se determinó el índice de evaluación del desarrollo de las plantas (IEDP). El lote de semilla del tratamiento T<sub>7</sub> fue el único que manifestó tanto un bajo vigor como una germinación deficiente (Cuadro 24), concordando con lo encontrado tanto en la prueba de calidad como de vigor de la semilla.

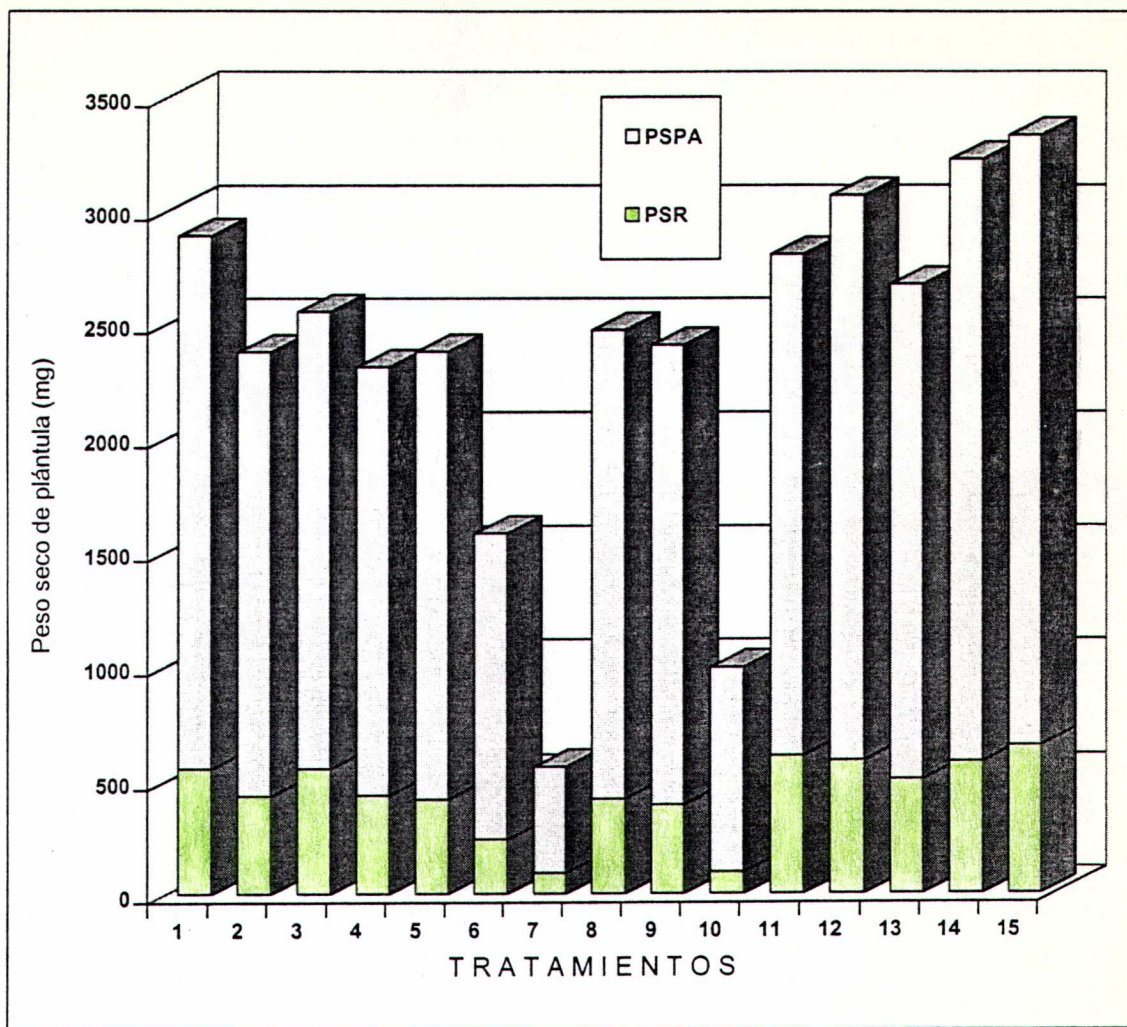


Figura 26. Miligramos de materia seca de raíz y parte aérea de plántulas de lechuga a los 12 días después de sembradas bajo condiciones de invernadero

La mayoría de las muestras presentaron entre deficiente a regular germinación de la semilla. Sin embargo, el vigor fue alto. Esto es típico de la semilla recién cosechada cuya calidad es afectada por las condiciones ambientales que incidieron durante la etapa de formación-cosecha de semilla, lo que indica la importancia de programar adecuadamente la fecha de establecimiento del lote de producción acorde con las condiciones ambientales de la zona. No obstante, cabe remarcar la respuesta positiva



Cuadro 24. Índice de evaluación del desarrollo de la planta, vigor y germinación de semilla de lechuga por efecto de 15 combinaciones (tratamientos) de inducción floral. Producción de semila de lechuga Cv Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996

| TRAT               | Semillas<br>muertas<br>(No.) | Plántulas<br>normales<br>(No.) | Peso seco<br>de plántulas<br>(mg) | IEDP<br>(mg/plántula) | Vigor | Germinación |
|--------------------|------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|-------|-------------|
| T <sub>1</sub> T.A | 17                           | 33                             | 2893.0                            | 87.66                 | Alto  | Deficiente  |
| T <sub>2</sub>     | 18                           | 32                             | 2380.0                            | 74.37                 | Alto  | Deficiente  |
| T <sub>3</sub>     | 15                           | 35                             | 2558.0                            | 73.08                 | Alto  | Regular     |
| T <sub>4</sub>     | 14                           | 36                             | 2314.0                            | 64.27                 | Alto  | Regular     |
| T <sub>5</sub>     | 8                            | 42                             | 2382.5                            | 56.72                 | Medio | Buena       |
| T <sub>6</sub>     | 37                           | 13                             | 1582.5                            | 121.73                | Alto  | Deficiente  |
| T <sub>7</sub>     | 38                           | 12                             | 562.5                             | 46.87                 | Bajo  | Deficiente  |
| T <sub>8</sub>     | 35                           | 15                             | 2477.0                            | 165.13                | Alto  | Deficiente  |
| T <sub>9</sub>     | 11                           | 39                             | 2410.0                            | 61.79                 | Medio | Regular     |
| T <sub>10</sub>    | 36                           | 14                             | 992.5                             | 70.89                 | Alto  | Regular     |
| T <sub>11</sub>    | 19                           | 31                             | 2812.5                            | 90.72                 | Alto  | Deficiente  |
| T <sub>12</sub>    | 19                           | 31                             | 3072.5                            | 99.11                 | Alto  | Baja        |
| T <sub>13</sub>    | 13                           | 37                             | 2178.5                            | 58.87                 | Medio | Baja        |
| T <sub>14</sub>    | 12                           | 38                             | 3232.5                            | 85.06                 | Alto  | Regular     |
| T <sub>15</sub>    | 9                            | 41                             | 3337.5                            | 81.40                 | Alto  | Regular     |
| Media              | 19.4                         | 29.9                           | 2345.7                            | 78.37                 | Alto  |             |

Trat = Tratamientos; T.A = Testigo agronómico

tanto en vigor como en energía de las semillas producidas por las plantas que recibieron las dosis de 40 y 50 ppm de AG<sub>3</sub> en la etapa de 8 hojas (al 50 ó 100 %).

Según Moreno (1984), la prueba es capaz de detectar pequeñas diferencias en el vigor de las plántulas, diferencias debidas al genotipo, tamaño de semilla, zona de producción, daño por heladas u otros factores que incidan en la calidad biológica de la semilla. La prueba es muy confiable siempre y cuando se sigan cuidadosamente las instrucciones para su implementación.

#### 4.3.4 Correlación de medias para las variables componentes del vigor de la semilla

Las correlaciones entre los factores de estudio y las diferentes variables componentes del rendimiento de interés se muestran en el Cuadro 25. Se observa que las dosis de  $AG_3$  aplicada presentó una correlación baja no significativa con todas las variables de estudio indicando que, el uso de una mayor o menor dosis no influyó en los valores expresado.

La etapa de aplicación de  $AG_3$  mostró una correlación negativa significativa con  $PET_{12}$ ,  $VG_{12}$  y  $NHV$ ; mientras que fue altamente significativa con  $PSR$  y  $PSPA$ . Lo anterior indica que cuando se realizó la aplicación en la etapa de desarrollo más avanzada (12 hojas), se redujo el porcentaje de emergencia total y disminuyó la velocidad de germinación así como el número de hojas funcionales en las plántulas. Lo anterior son aspectos que de cierta manera conllevaron a la reducción del peso seco (acumulación de materia seca) tanto de la raíz como de la parte aérea. Lo anterior puede atribuirse a que las semillas, provenientes de dichas plantas, no pudieron acumular en su embrión una mayor cantidad de  $AG_3$  afectándose la síntesis de la enzima alfa amilasa y la disponibilidad de glucosa lo que en consecuencia repercutió en un menor crecimiento y desarrollo tanto de la radícula como de la parte aérea y con ello la reducción del peso seco de la planta.

El  $PET_{12}$ , mostró una correlación positiva altamente significativa con  $NHV$ ,  $PSR$  y  $PSPA$  indicando que, conforme aumentó el número de plántulas emergidas y el

Cuadro 25. Correlación de las variables componentes del vigor de semilla, dosis de AG<sub>3</sub> y etapa de aplicación. Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996.

|       | Dosis         | Etapa                             | PET12                                 | VG12                                  | LPPB                                  | NHV                                   | PSR                                    | PSPA                                  |
|-------|---------------|-----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|
| Dosis | 1.0000<br>0.0 | 0.0000<br>1.0000<br>1.0000<br>0.0 | 0.3594<br>0.1883<br>-0.6176<br>0.0141 | 0.3593<br>0.1883<br>-0.6175<br>0.0142 | 0.0726<br>0.7971<br>-0.2498<br>0.3691 | 0.3473<br>0.2046<br>-0.5877<br>0.0212 | -0.0489<br>0.8625<br>-0.7924<br>0.0004 | 0.0767<br>0.7857<br>-0.7294<br>0.0020 |
| PET12 |               |                                   | 1.0000<br>0.0                         | 1.0000<br>0.0001                      | 0.4229<br>0.1163                      | 0.7789<br>0.0006                      | 0.7561<br>0.0011                       | 0.7603<br>0.0010                      |
| VG12  |               |                                   | 1.0000<br>0.0                         | 1.0000<br>0.0                         | 0.4228<br>0.1163                      | 0.7789<br>0.0006                      | 0.7560<br>0.0011                       | 0.7638<br>0.0010                      |
| LPPB  |               |                                   |                                       | 1.0000<br>0.0                         | 1.0000<br>0.0                         | 0.4004<br>0.1391                      | 0.5140<br>0.0499                       | 0.5112<br>0.0514                      |
| NHV   |               |                                   |                                       |                                       | 1.0000<br>0.0                         | 1.0000<br>0.0                         | 0.7204<br>0.0024                       | 0.8485<br>0.0001                      |
| PSR   |               |                                   |                                       |                                       |                                       | 1.0000<br>0.0                         | 1.0000<br>0.0                          | 0.9558<br>0.0001                      |
| PSPA  |               |                                   |                                       |                                       |                                       |                                       | 1.0000<br>0.0                          | 1.0000<br>0.0                         |

Coefficientes de correlación de Pearson : Prob / R / bajo Ho: Rho=0. Coef. Corr:  $P \leq 0.0001$  (Altamente significativo); Coef. Corr:  $P \leq 0.009$  (Medianamente significativo); Coef. Corr:  $P \leq 0.05$  Significativo); Coef. Corr:  $P > 0.05$  (No significativo).

PET<sub>12</sub> = Porcentaje de emergencia total doce días después de la siembra ; VG<sub>12</sub> = Velocidad de emergencia doce días después de la siembra; LPPB = ; Longitud de la planta a la primera bifurcación; NHV = Número de hojas verdaderas (funcionales);PSR = Peso seco de raíz ; PSPA = Peso seco de la parte aérea.



crecimiento y desarrollo de las estructuras que componen a la plántula, el peso seco que se logre será mayor.

La LPPB, presentó una correlación positiva y significativa sólo con PSR indicando que a mayor elongación del hipocotilo, se obtuvo mayor peso seco de raíz.

El NHV correlacionó positivo y altamente significativo con el PSR y PSPA; lo anterior indica que a mayor NHV, tanto el peso seco de raíz como el peso seco de la parte aérea fueron mayores.

El PSR correlacionó positiva y altamente significativo con PSPA; de lo cual se intuye que, un mayor crecimiento y desarrollo de la raíz influyó en el desarrollo de la parte aérea y en consecuencia sobre la cantidad de peso seco acumulable.

Los valores de correlación relacionados con las características de la plántula obtenida en el invernadero se asemejan mucho a los encontrados en las variables evaluadas en el laboratorio de lo cual se resalta la importancia de que las semillas contengan en el embrión la mayor concentración de  $AG_3$  ya que además de actuar como un compensador de luz para romper el letargo de las semillas, participa en el aumento en empuje por parte de la radícula así como en el debilitamiento de la barrera del endospermo cercana a la punta de la radícula rompiendo las capas que la rodean favoreciendo la velocidad de emergencia y desarrollo de la plántula en un menor tiempo indicándose con ello, el vigor de la semilla

#### 4.4 ANÁLISIS GENERAL

De la fase de campo se desprende que, los niveles de 40 y 50 ppm aplicados a las plantas de lechuga ya sea en 8 o bien en 8 y 12 hojas, de manera general, prodijeron las mejores respuestas para las variables componentes del rendimiento. Lo anterior se atribuye a que las dosis exógenas aplicadas al inicio del crecimiento de las plantas provocaron en su interior, un balance hormonal adecuado que afectó positivamente la velocidad de crecimiento del tallo floral, los días a floración y cosecha así como el rendimiento de semilla; sin embargo, a la par se ocasionó el crecimiento y desarrollo del tallo basal (alargamiento del hipocótilo) en el cual se activaron y desarrollaron yemas que dieron origen a ramas florales así como epinastias y la pérdida del color verde en las hojas de la planta debido al aumento del área foliar y con ello el desacomodo de los cloroplastos.

De lo anterior, se desprende la importancia de conocer la mejor dosis y etapa del desarrollo de la planta en la cual pueda participar eficientemente una hormona ya que la aplicación de ácido giberelico en lechuga, favoreció a que las plantas acorten su ciclo biológico para la producción de semilla permitiéndolo obtener un rendimiento aceptable para la zona y tipo de lechuga que se evaluó.

El valor encontrado en las variables evaluadas para determinar la calidad de semilla indicaron que, fue mejor el lote de semilla de las plantas que recibieron en dos etapas de su desarrollo las dosis de AG<sub>3</sub>, divididas al 50% de la concentración, ya que se

favorece a que la planta tenga mejor oportunidad de almacenarlo en los embriones de las semillas el cual actúa como un compensador de luz logrando reducir la latencia de semilla y con ello la oportunidad de poder hacer uso de esta estructura reproductiva en ciclos inmediatos de producción ya que fue notorio el efecto sobre el peso de semilla, porcentaje de semilla germinada y de plántula normal y la reducción en el número de semilla latente.

Por último, los valores encontrados en las variables relacionadas con el vigor de semilla, corrobora las tendencias y valores de las variables evaluadas tanto en campo como en laboratorio sobresaliendo nuevamente las dosis de 40 y 50 ppm y la etapa de aplicación  $E_1$  (8 hojas) o bien la  $E_3$  (8 y 12 hojas). Al recibir la planta el estímulo de la hormona en una etapa del desarrollo temprana, además de utilizarla como un compensador de luz para inducir el florecimiento rápido, tiene la oportunidad de almacenarlo en el embión de la semilla participando en el aumento de la alfa amilasa así como en el empuje por parte de la radícula y en el debilitamiento de la barrera del endospermo cercana a la punta de la radícula rompiendo las capas que la rodean favoreciendo la velocidad de emergencia y desarrollo de la plántula en un menor tiempo indicándose con ello, el vigor de la semilla.



## V. CONCLUSIONES

De acuerdo con los análisis estadísticos, metodología utilizada y bajo las condiciones en que se desarrolló esta investigación, se concluye lo siguiente:

- 1.- La aplicación de ácido giberélico en lechuga, favorece que las plantas acorten su ciclo biológico para la producción de semilla ya que el número de días a la emisión y crecimiento del tallo floral, a floración y a inicio de cosecha, se reduce hasta en 48 días en relación al valor cualitativo expresado por el testigo experimental.
- 2.- La aplicación de ácido giberélico en lechuga, favorece una mayor altura y ramificación del tallo floral incrementándose la amplitud de la umbela principal en relación al testigo agronómico, siendo las dosis de 40 y 50 ppm las que permitieron lograr los mayores rendimientos ( $122.3 \text{ kg ha}^{-1}$  y  $109.4 \text{ kg ha}^{-1}$  respectivamente)
- 3.- La aplicación fraccionada de ácido giberélico en lechuga, en la etapa de 8 y 12 hojas verdaderas, favorece la amplitud del racimo (umbela) floral principal, la reducción en el tiempo a maduración total de semilla así como el rendimiento de semilla ( $114.3 \text{ kg ha}^{-1}$ ) en relación a la aplicación en la etapa de 8 ( $95.0 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y 12 hojas ( $90.0 \text{ kg ha}^{-1}$ ) siendo mayor en esta última los días a cosecha.

- 4.- La aplicación de 40 ppm de ácido giberélico a la lechuga, en dosis fraccionada al 50% de la concentración, durante el desarrollo de 8 y 12 hojas, permitió alcanzar el mayor rendimiento ( $142.5 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y calidad de semilla.
- 5.- La aplicación de 50 ppm de ácido giberélico en lechuga, en dosis fraccionada al 50%, tanto en 8 como en 12 hojas, favoreció el mayor vigor de la semilla.
- 6.- La aplicación de ácido giberélico en lechuga de la variedad capitata, hace que las plantas se ajusten a su fotoperiodo para florecer. Las semillas producidas, poseen la capacidad de germinar y con ello la posibilidad de ser usada en ciclos inmediatos de producción.

## VI. SUGERENCIAS

- ◆ Fraccionar el valor de las dosis usadas de ácido giberélico y valorar la respuesta de la planta en las etapas de 4, 6 y 8 hojas verdaderas.
- ◆ Evaluar fechas de establecimiento de la investigación a lo largo del año con el propósito de determinar y reducir los factores que influyan en el rendimiento y calidad de la semilla producida en Valles Altos.
- ◆ Considerar varios cultivares agronómicos en un mismo experimento para determinar si alguno tiene mejor respuesta a la acción del ácido giberélico.
- ◆ Conocer la respuesta en rendimiento y calidad de semilla en función del establecimiento del experimento por siembra directa y por trasplante.
- ◆ Evaluar los diferentes métodos de producción de semilla de lechuga a fin de conocer su efecto en el rendimiento, calidad y vigor de semilla así como las limitantes técnicas y económicas para su implementación .
- ◆ Realizar un estudio sobre beneficio de semilla de lechuga y su relación con la calidad y vigor.



## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Abdul-Baskin A., A. and J. D. Anderson. 1973. Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. *Crop Sci.* 13:630-633
- Anderson J., D. 1973. Physiological and biochemical differences in deteriorating barley seed. *Crop Sa.* 10: 36 - 39.
- Andrade B., H. J. 1992. Mejoramiento del vigor con semillas de maíz y su relación con la emergencia y rendimiento. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 89 p.
- Arjona M., O. 1991. Cultivos hidropónicos: La Lechuga. Ed. Ver LTDA. Bogotá, Colombia. pp: 329 - 344.
- Audus L., J. 1989. Plant growth substances. Leonard Hill (Books). Limited. London.
- Ayala H., J. J. 1992. Dosis óptima económica de fertilización y densidades de población para lechuga (*Lactuca sativa* L.) en la zona de Chapingo, México. Tesis de Licenciatura. U.A.Ch. Chapingo, Edo. de México. 125 p.
- Azcón B., J. y M. A. Talon. 1993. Fisiología y Bioquímica Vegetal. Ed. INTERAMERICANA Mc. GRAW-HILL. 1ra. e. Madrid, España. 581 p.
- Badawi M., A. y F. K. El-Sahhar. 1980. Influence of some growth substances on different characters of cabbage. *Hort. Abstracts. Journal of Horticulture* 6 (2): 221 - 235.
- Barkín D., y B. Suárez 1983. El Fin del Principio: Las Semillas y la Seguridad Alimentaria. Ed. Océano, S.A. 1ra. e. México, D. F. 187 p.
- Bewley J., D. and M. P. Black. 1986. Seed Physiology of Development and Germination. Second edition. Plenum Press. New York. 8 (3): 115 - 128.
- Bidwell R., G. S. 1979. Fisiología Vegetal. Ed. AGT Editor, S.A. México, D.F. PP: 416-438, 728 - 745.
- Cachón A., G. Nery y C. M. Cuanalo. 1976. Los suelos del área de influencia de Chapingo. Tesis de Licenciatura. Chapingo, México. 110 p.
- Cásseres E., A. 1984. Producción de Hortalizas. Ed. Herrero Hnos. 3ra e. México, D.F. 204 p.

- Chin H., F. 1977. Influence of seed quality on plant growth and development seed technology in the tropics. Faculty of Agriculture. University Dertunian Malaysia. pp: 75 - 83.
- Copeland O., L. 1976. Principles of seed science and technology. Burgess Publishing Company. Mineapolis Minnesota. U.S.A. 95 p.
- Cortés M., A. 1990. *Erwinia carotovora* pv *carotovora*, causal agent of rot disease in some crops in Puerto Rico. The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico. 74 (1): 83 - 93.
- Díaz A., A. 1977. La Lechuga en los Estados de Guanajuato y Queretaro. INIA/SARH. Campo Agrícola Experimental Bajío. (CIAB). México. 35 p.
- Edmond J., B. y S. E. Andrews. 1985. Principios de Horticultura. Ed. Continental. 8va e. México, D. F. 215 p.
- Esaú K., M. 1985. Anatomía Vegetal. Ed. OMEGA, S. A. Barcelona, España. pp: 602 - 605.
- Escalante E., J. E. 1988. Producción de Semillas Mejoradas. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Cocula, Gro. México. 110 p.
- Fersini A., L. 1978. Horticultura Práctica. Ed. Diana, México, D. F. 130 p.
- Galicia S., A. 1992. Evaluación de fitorreguladores en tomate de cáscara (*Phisalis ixocarpa*, Brot) en Chapingo, México. Tesis de Licenciatura. Chapingo, México. 65 p.
- Garay A., E. 1989. La Calidad de la Semilla y sus Componentes: control de calidad en el campo, beneficio y almacenamiento de semilla. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. pp: 1 - 11.
- García M., E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 5ta. e. Instituto de Geografía. U.N.A.M. México, D. F. 250 p.
- García P., A. 1967. La Lechuga su Cultivo y Comercialización. Tratado de especialización agrícola. Ed. Okius, S. A. Barcelona, España. 120 p.
- Garza L., J. M. 1981. Apuntes para el curso de Hortalizas. Fitotecnia. U.A.Ch. Chapingo, México. 85 p.
- 1985. Las Hortalizas cultivadas en México: su importancia. Fitotecnia. U.A.Ch. Chapingo, México. 28 p.



- Gómez C., M., R. R. Schwentesius y A. S. Merino. 1993. Consumo de Hortalizas en México y el Tratado de Libre Comercio con E.U. y Canadá. C.I.E.S.T.A.M. Reporte de divulgación No. 07, UACH. México. 19 p.
- , 1996. El Sector Hortícola de México y Estados Unidos. Evolución en cifras (1970 - 1994). CIESTAM-UACH. Chapingo, México. 76 p.
- González C., L. H. 1986. Estudio del efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada y distanciamiento entre plantas en el rendimiento y calidad de semilla de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Tesis de Licenciatura. Marín, N. L. 89 p.
- Granval M., N. 1989. Elementos de Mejoramiento Genético de la Lechuga aplicados a la Producción de Semilla. Curso Internacional de semillas de hortalizas. F.A.O. Santiago de Chile. 310 p.
- Guenkov G., R. 1974. Fundamentos de la Horticultura Cubana. Ed. I.I.C.A. La Habana, Cuba. pp: 321 - 324.
- Halmer P., and J. Bewley H. 1984. A physiological perspective on seed vigor testing. Seed Sci. and Technology 12 (2): 561 - 575.
- Hegarty T., W and A. H. Ross. 1979. Effects of light and growth regulators on germination and radicle of lettuce seeds held under high temperature stress and water stress. New Phytologist 82 (1): 49 - 53.
- Hall H., S. Wada and R. E. Voss. 1975. Growing lettuce. Vegetable gardening, Division of Agricultural Science. University of California, U.S.A. 76 p.
- Hartmann H., T. y E. D. Kester. 1976. Propagación de Plantas: Principios y Prácticas. Ed. Continental, S. A. México, D.F. 662 p.
- Harrington J., F. y C. R. Thompson. 1973. Effect of variety and area of production on subsequent germination of lettuce seed at high temperatures. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 59: 445 - 450.
- Hawthor L., R. y H. L. Pollar. 1974. Vegetable and flower seed production. The Blakiston, Inc. N.Y. 236 p.
- Hill T., A. 1977. Hormonas Reguladoras del Crecimiento Vegetal. Ed. Omega. Barcelona, España. 328 p.
- Hernández C., T. y A. D. Búrges. 1983. Valor Nutritivo de algunos Alimentos y Combinaciones. Instituto Nacional de la Nutrición. México. 57 p.



- Holguín S., A. A. 1978. La Lechuga, su explotación racional. Ed. La Prensa, S. A. Chihuahua, México. 238 p.
- ISTA (Internacional Seed Testing Association). 1976. Internacional Rules for Seed Testing. Seed Science and Technology. 4: 3 - 49.
- Jones H., A. 1927. Pollination and life history studies of lettuce (*Lactuca sativa* L.). Hilgardia 2: 245-279.
- Kotowsky F., T. 1976. Temperature relation to germination of vegetable seed. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 23: 1 - 9.
- Lamee M., R. , and M. G. Vereecke. 1977. Leaf colour and total chlorophyll content in relation with gibberellic acid on *Lactuca sativa* L. Abstracts. Rijksuniversiteit Gent 42: 345 - 349. Germany.
- Landa H., J. 1995. Efecto de tres fechas de aplicación de AG<sub>3</sub>, ANA y Urea en la producción de lechuga de oreja (*Lactuca sativa* L.) var longifolia Lam. Tesis de Licenciatura. U.A.CH. Chapingo, México. 126 p.
- León G., H. M. 1984. Memorias del II Congreso de Semillas. Centro de desarrollo y Tecnología de Semillas. U.A.A.A.N. Saltillo, Coahuila México. pp: 35 - 38
- Leslien J., L. 1983. Las Semillas Agrícolas y Hortícolas: producción, control y distribución. Roma, Italia. 218 p.
- Maguirre J., D. 1962. Speed of germination-AID in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Sci. 2: 176 - 177.
- 1977. Seed quality and germination; The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination. North-Holland Publishing. Co. New York . pp: 219 - 235.
- Mallar A., 1978. La Lechuga. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires Argentina. 19 p.
- Maroto B., J. B. 1982. Horticultura Herbácea Especial. Ed. Mundi-Prensa. 4ta. e. Madrid, España. 438 p.
- Martínez de la C., J. 1984. Efecto de las bajas temperaturas en la germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía, U.A.N.L. México. 98 p.
- McDaniel M., B. 1975. A review and evaluation of seed vigor test. Procc Assoc of Seed anal. 65: 109 - 139.

- Messiaen C., M. y R. P. Lafón. 1979. Enfermedades de las Hortalizas. Ed. Oikos-Tau. Barcelona, España. 185 p.
- Miller S., A. 1980. Suceptibility of lettuce cultivars to marginal leave blight caused by *Pseudomonas marginalis*. Journal of Experimental Agriculture, 8 (2). U.S.A.
- Molina M., J., y J. A. G. Estrada. 1990. Análisis de la Enseñanza, Producción e Investigación de Semillas en México. SARH-INIFAP. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. pp: 3 - 37.
- Moreno M., E. 1984. Análisis Físico y Biológico de Semillas Agrícolas. Instituto de Biología. U.N.A.M. México, D.F. 383 p.
- Muñoz F., I. 1961. Novedades Hortícolas. INIA/SAG. Vol. X, No. 4. México, D.F. 16 p.
- Muñiz D., I. E. 1997. Efecto del ácido giberélico y etapa de aplicación en el rendimiento y calidad de semilla de lechuga var Parris Island Cos. Tesis de Licenciatura. U.A.Ch. Chapingo, México. 57 p.
- Nickell L., G. 1983. Plant growth regulating chemicals. Vol. 2. CRC Press. Boca Raton, Florida, U.S.A. 89 p.
- Oliver G., W. 1962. A simplified method of plant breeding. J.S. Bur. Plant. Ind. Bull. 167 p.
- Pérez G., M. 1991. Apuntes de Genotécnia de Hortalizas. Tesis de Licenciatura. Fitotecnia, U.A.Ch. Chapingo, México. pp: 362 - 389.
- Person O., H. 1962. A simplified method for emasculating lettuce flowers. Veg. Imp. Newsl. pp: 4, 6.
- Perry D., A. 1980. The concep of seed vigour and relevance to seed production technique. In: Seed production. Ed by P. D. Hebbletwaite. pp: 585 - 591.
- Pirson G., A. and H. M. Zimmermann. 1985. Encyclopedia of plant physiology. Vol.11. Springer-Verlag. Berlin. pp: 675 - 680.
- Raimond G., A. T. 1989. Producción de Semillas de Plantas Hortícolas. Ed Mundi-Prensa. España. 349 p.
- Ray P., M. 1988. La Planta Viviente. Ed. C.E.C.S.A. México, D.F. 272 p.



- Rincón S., F. 1989. Deterioro de las semillas de maíz y su relación con las condiciones de almacenamiento. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 85 p.
- Rojas G., M. 1984. Fisiología Vegetal Aplicada. Ed. Mc Graw Hill. 3ra. e. México, D.F. 252 p.
- 1990. Manual Teórico-Práctico de Herbicidas y Fitorreguladores. Ed. Mc Graw- Hill. 2da e. México, D. F. 144 p.
- Rojas G., M. y H. R. Ramírez. 1987. Control Hormonal del Desarrollo de las Plantas. Ed. LIMUSA. México, D.F. 135 p.
- Rosentein S., E. 1992. Diccionario de Especialidades Agroquímicas. 5ta. e. México, D. F. 1010 p.
- Ryder E. J. 1986. Lettuce Breeding. Edited by Bassett in Breeding vegetable crops. AVI Publishing Company. Inc Wesport Connecticut. U. S. A. pp: 433 - 434.
- Ryder E., J., and S. A. Jhonson. 1974. Mist depollination of lettuce flowers. Hort Sciennce 9: 584.
- S.A.S. 1979. Stadistical Analysis System. Institute, Inc. User guide by Jane T. Helwing and Khathryn A Council. U.S.A.
- Salisbury B., F., y C. W. Ross. 1992. Fisiología Vegetal. Ed. Iberoamericana. México, D. F. 759 p.
- Santiago J., G. 1994. Germinación y vigor en semillas de maíz y su relación con el establecimiento en campo. Tesis de Licenciatura. U.A.Ch. Chapingo, México. 52 p.
- S. A. R. H. 1993. Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos. Secretaría de planeación. México, D.F. pp: 15 - 19.
- Shuck A., L. 1984. Some factors influencing the germination of lettuce seed in seed laboratory practices. New York (Geneva).Agric. Exp. Sta Tech. Bull. 222.
- Sivori E., M., R. E. Montaldi y H. O. Caso. 1980. Fisiología Vegetal. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 856 p.
- Stuartn W., and M. H. Catey. 1961. Applied aspects of the gibberellins. Annual Review of Plants physiology. (12): 369 - 392.



- Sumblest Seed Company. 1982. Descriptive list of vegetables varieties; Dessert Seed. El Centro, California, U.S.A. 87 p.
- Suraphong-Retanakosol. 1988. Effect of gibberellic acid and harvesting time on seed yield and quality of head lettuce (*Lactuca sativa* L.). Kasetsart University. Barigkol. Thailand. Thesis M. Sc. in Agriculture. Seed production. 6: 345 - 347.
- Tamaro B., J. V. 1983. Horticultura Herbácea Especial. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 533 p.
- Tiscornia J., R. 1979. Hortalizas de Hoja. Ed. ALBATROS. Buenos Aires, Argentina. 523 p.
- Treviño A., M. 1971. Prueba comparativa de adaptación y rendimiento de 8 variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en la región de Gral. Escobedo, N.L. Tesis de Licenciatura. U.A.N.L. México. 89 p.
- Turchi A., T. 1987. "Guía Práctica de Horticultura". Ed. C.E.A.C. Barcelona, España. 231 p.
- United States Department of Agriculture (U.S.D.A). 1986. Semillas. Ed. C.E.C.S.A. México, D.F. pp: 83, 97.
- Valadez L., A. 1992. Producción de Hortalizas en México. Ed. LIMUSA. México, D.F. 297 p.
- Valdés G., F. J. 1988. Respuesta de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) a la aplicación de urea, 2,4-D y ácido giberélico. Tesis de Licenciatura. Depto. de Fitotecnia. Chapingo, México. 81 p.
- Vaughan E., Ch., B. R. Gregg y J. C. Delouche. 1970. Procesamiento Mecánico y Beneficio de Semillas. Ed. Herrero Hnos. 1ra edición en español México, D. F. 283 p.
- Wain R., L. 1980. Los Reguladores de las Plantas y los Insectos. CONACYT. México, D.F. 384 p.
- Weaver R., J. 1990. Reguladores del Crecimiento de las Plantas en la Agricultura. Ed. Trillas, S. A. México, D.F. 622 p.
- Wilkins M., B. 1984. Advanced plant physiology. Pitman Publishing Limited. London. pp: 235 - 242.
- Whitaker W., E. J. Ryder y O. A. Hills. 1965. La Lechuga y su Producción. U.S.D.A. Centro Regional de Ayuda Técnica. México. Manual de agricultura No. 221.

Cuadro 1A. Superficie cultivada (ha) con lechuga en México (1981 - 1994).

| Año  | Total | Riego | Temporal | Prim-Ver | Otoño-Inv |
|------|-------|-------|----------|----------|-----------|
| 1981 | 3,690 | 3,396 | 294      | 1,742    | 1,948     |
| 1984 | 5,205 | 5,179 | 26       | 2,269    | 2,936     |
| 1985 | 4,223 | 4,141 | 82       | 1,475    | 2,748     |
| 1989 | 7,267 | 7,177 | 90       | 3,114    | 4,153     |
| 1990 | 6,605 | 6,499 | 106      | 2,443    | 4,162     |
| 1991 | 7,744 | 7,505 | 239      | 3,824    | 3,920     |
| 1994 | 7,284 | 7,032 | 252      | 3,100    | 4,184     |

Fuente: Gómez, 1996.

Cuadro 2A. Fitorreguladores de uso común. Muchos productos tienen otros nombres comerciales y usos registrados además de los indicados.

| Nombre comercial | Producto activo<br>N. técnico y Quím. | Tipo de producto     | Uso<br>registrado o experimental.                                                                           |
|------------------|---------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Activol          | GA (giberelina)                       | Hormonal             | Estimulación general.<br>Estimulación de germinación de semillas y yemas.                                   |
| Alar             | Daminozide                            | No hormonal          | Resistencia al estrés.<br>Floración profusa.<br>Entrenudos cortos.                                          |
| Biozyme<br>BNOA  | GA + extractos<br>Noxa                | Complejo<br>Hormonal | Estimulación general<br>Previene caída de flor en tomatero.                                                 |
| Cultar           | Paclobutrazol<br>(PP333)              | No hormonal          | Resistencia a la helada.<br>Controla crecimiento vegetativo y aumenta la floración en pomáceos y drupáceos. |
| Cycocel          | Clormequat                            | No hormonal          | Resistencia al estrés de sequía y frío.                                                                     |
| Cytex            | Extracto de algas                     | Complejo             | Estimulación general.                                                                                       |
| Cytozyme         | Extracto de algas                     | Complejo             | Estimulación general.                                                                                       |
| Dormatone        | MENA                                  | Hormonal             | Inhibir brotación del tubérculo de papa.                                                                    |
| Ethrel           | Etefón                                | Hormonal             | Acelera la maduración.                                                                                      |
| Fitocime         | Extractos veg. + auxinas              | Complejo             | estimulación general.                                                                                       |
| Gapol            | IAA, metabolitos                      | Complejo             | Prevenir caída de flores.                                                                                   |
| Polaris          | Glifosine                             | No hormonal          | Aumentar contenido de azúcar en caña.                                                                       |
| Radix            | IBA + NAA                             | Hormonal             | Estimula enraizamiento de estacas                                                                           |
| Tomato fix       | 4-CPA                                 | Hormonal             | prevenir caída de flor en tomatero.                                                                         |

Fuente: Rojas, 1990.



Cuadro 3A. Condiciones ambientales que prevalecieron durante el desarrollo del experimento de lechuga Var. Capitata. Cv. Grandes Lagos 407. Meteorológico de Chapingo. Chapingo, México. 1996.

| Mes   | Día | Media (°C) | Máx. (°C) | Mín. (°C) | pp (mm) | H.R. (%) |
|-------|-----|------------|-----------|-----------|---------|----------|
| Enero | 1   | 13.5       | 19.2      | 5.0       | 0       | 32       |
|       | 2   | 13.4       | 19.5      | 0.1       | 0       | 36       |
|       | 3   | 12.8       | 20.2      | -1.8      | 0       | 42       |
|       | 4   | 16.0       | 23.1      | 3.9       | 0       | 36       |
|       | 5   | 14.7       | 23.0      | -1.5      | 0       | 39       |
|       | 6   | 15.4       | 24.2      | -0.5      | 0       | 44       |
|       | 7   | 13.7       | 21.4      | -0.5      | 0       | 47       |
|       | 8   | 10.6       | 19.2      | -2.5      | 0       | 48       |
|       | 9   | 13.0       | 21.3      | -3.4      | 0       | 30       |
|       | 10  | 13.9       | 23.4      | -3.6      | 0       | 34       |
|       | 11  | 14.5       | 22.4      | -0.5      | 0       | 40       |
|       | 12  | 11.9       | 20.2      | -1.9      | 0       | 40       |
|       | 13  | 12.0       | 20.6      | -5.9      | 0       | 36       |
|       | 14  | 14.0       | 23.9      | -4.1      | 0       | 32       |
|       | 15  | 14.8       | 24.5      | -4.0      | 0       | 30       |
|       | 16  | 14.8       | 22.8      | -3.4      | 0       | 34       |
|       | 17  | 14.4       | 22.0      | -1.0      | 0       | 47       |
|       | 18  | 16.0       | 23.8      | -0.4      | 0       | 32       |
|       | 19  | 14.2       | 23.4      | -0.8      | 0       | 49       |
|       | 20  | 15.9       | 23.9      | 0.9       | 0       | 42       |
|       | 21  | 15.9       | 23.8      | -0.4      | 0       | 45       |
|       | 22  | 15.5       | 23.6      | 0.8       | 0       | 37       |
|       | 23  | 16.1       | 23.4      | -1.1      | 0       | 31       |
|       | 24  | 16.2       | 25.0      | -0.4      | 0       | 38       |
|       | 25  | 16.5       | 25.9      | -0.5      | 0       | 40       |
|       | 26  | 17.7       | 25.0      | 1.6       | 0       | 33       |
|       | 27  | 14.1       | 21.5      | 1.5       | 0       | 41       |
|       | 28  | 15.8       | 23.6      | 0.4       | 0       | 46       |
|       | 29  | 17.8       | 25.7      | 1.9       | 0       | 34       |
|       | 30  | 17.3       | 24.5      | 1.8       | 0       | 30       |
|       | 31  | 16.3       | 24.5      | 0.2       | 0       | 34       |
|       | x   | 14.8       | 23.0      | -0.7      | 0       | 38       |

Continuación...

| Mes | Día | Media | (°C) Máx. (°C) | Mín. (°C) | pp (mm) | H.R. (%) |
|-----|-----|-------|----------------|-----------|---------|----------|
| Feb | 1   | 16.2  | 22.3           | 0.3       | 0       | 51       |
|     | 2   | 16.3  | 22.0           | 5.0       | 0       | 36       |
|     | 3   | 16.5  | 23.2           | 1.0       | 0       | 32       |
|     | 4   | 12.9  | 20.5           | 0.5       | 0       | 54       |
|     | 5   | 13.0  | 21.4           | -2.2      | 0       | 43       |
|     | 6   | 13.8  | 21.9           | -3.1      | 0       | 24       |
|     | 7   | 14.3  | 22.5           | -2.6      | 0       | 33       |
|     | 8   | 15.6  | 23.1           | -0.9      | 0       | 35       |
|     | 9   | 15.9  | 26.6           | 1.8       | 0       | 49       |
|     | 10  | 16.7  | 22.6           | 6.4       | 0       | 50       |
|     | 11  | 15.9  | 24.4           | 2.5       | 0       | 51       |
|     | 12  | 14.5  | 20.1           | 3.1       | 0       | 55       |
|     | 13  | ---   | ---            | ---       | -       | --       |
|     | 14  | ---   | ---            | ---       | -       | --       |
|     | 15  | 18.8  | 26.0           | 3.1       | 0       | 43       |
|     | 16  | 16.7  | 24.8           | 3.9       | 0       | 53       |
|     | 17  | 17.7  | 26.4           | 2.2       | 0       | 44       |
|     | 18  | 17.7  | 24.8           | 2.9       | 0       | 44       |
|     | 19  | 18.2  | 25.1           | 4.3       | 0       | 36       |
|     | 20  | 20.0  | 27.2           | 4.2       | 0       | 32       |
|     | 21  | 19.5  | 26.6           | 4.0       | 0       | 27       |
|     | 22  | 19.0  | 26.8           | 1.2       | 0       | 26       |
|     | 23  | 19.3  | 28.0           | 1.8       | 0       | 32       |
|     | 24  | 18.9  | 26.7           | 2.9       | 0       | 40       |
|     | 25  | 19.5  | 26.8           | 4.1       | 0       | 39       |
|     | 26  | 18.8  | 27.2           | 4.2       | 0       | 39       |
|     | 27  | 19.1  | 26.3           | 4.2       | 0       | 37       |
|     | 28  | 19.5  | 26.8           | 4.3       | 0       | 40       |
|     | 29  | 18.8  | 24.8           | 5.4       | 0       | 49       |
|     | x   | 17.5  | 24.6           | 2.4       | 0       | 41       |

Continuación...

| Mes   | Día | Media (°C) | Máx. (°C) | Mín. (°C) | pp (mm) | H.R. (%) |
|-------|-----|------------|-----------|-----------|---------|----------|
| Marzo | 1   | 20.0       | 25.7      | 7.3       | 0       | 45       |
|       | 2   | 19.5       | 25.6      | 4.6       | 0       | 41       |
|       | 3   | 20.1       | 27.4      | 4.4       | 0       | 38       |
|       | 4   | 20.1       | 26.4      | 4.6       | 0       | 42       |
|       | 5   | 19.2       | 26.2      | 5.4       | 0       | 43       |
|       | 6   | 19.2       | 25.9      | 5.3       | 0       | 44       |
|       | 7   | 17.6       | 23.9      | 5.3       | 0       | 54       |
|       | 8   | 14.2       | 22.4      | 5.1       | 0       | 64       |
|       | 9   | 12.8       | 19.0      | 2.5       | 0       | 62       |
|       | 10  | 13.1       | 19.7      | -0.4      | 0       | 43       |
|       | 11  | 15.6       | 21.9      | -3.6      | 0       | 23       |
|       | 12  | 17.3       | 24.1      | -0.7      | 0       | 26       |
|       | 13  | 19.0       | 25.4      | 3.8       | 0       | 34       |
|       | 14  | 21.0       | 27.7      | 5.6       | 0       | 31       |
|       | 15  | 20.6       | 28.1      | 4.8       | 0       | 35       |
|       | 16  | 20.6       | 25.6      | 6.1       | 0       | 33       |
|       | 17  | 21.0       | 26.1      | 0.6       | 0       | 24       |
|       | 18  | 19.2       | 26.8      | 1.9       | 0       | 27       |
|       | 19  | 17.0       | 23.8      | 4.0       | 0       | 44       |
|       | 20  | 15.7       | 23.5      | 1.6       | 0       | 47       |
|       | 21  | 15.9       | 23.6      | 1.3       | 3.6     | 56       |
|       | 22  | 16.5       | 23.8      | 5.1       | 6.2     | 60       |
|       | 23  | 18.2       | 22.9      | 5.0       | 0       | 38       |
|       | 24  | 18.0       | 24.5      | 3.1       | 0.6     | 38       |
|       | 25  | 19.3       | 25.2      | 3.2       | 0       | 32       |
|       | 26  | 18.5       | 23.2      | 6.9       | 0       | 41       |
|       | 27  | 19.4       | 24.2      | 9.2       | 0       | 36       |
|       | 28  | 19.0       | 24.2      | 3.5       | 0       | 35       |
|       | 29  | 19.9       | 25.4      | 4.6       | 0       | 34       |
|       | 30  | 21.4       | 27.7      | 4.5       | 0       | 27       |
|       | 31  | 20.3       | 27.8      | 4.5       | 0       | 38       |
|       | x   | 18.4       | 24.8      | 4.2       | 11.1    | 40       |



Continuación...

| Mes   | Día | Media (°C) | Máx. (°C) | Mín. (°C) | pp (mm) | H.R. (%) |
|-------|-----|------------|-----------|-----------|---------|----------|
| Abril | 1   | 17.6       | 25.5      | 5.4       | 0       | 52       |
|       | 2   | 19.3       | 26.6      | 2.9       | 0       | 38       |
|       | 3   | 21.4       | 27.1      | 6.4       | 0       | 27       |
|       | 4   | 21.0       | 26.6      | 5.0       | 0       | 27       |
|       | 5   | 21.0       | 26.5      | 4.9       | 0       | 27       |
|       | 6   | 20.1       | 23.7      | 10.9      | 0       | 32       |
|       | 7   | 18.4       | 21.8      | 10.4      | 0       | 38       |
|       | 8   | 18.2       | 23.2      | 6.8       | 0       | 41       |
|       | 9   | 16.3       | 24.6      | 4.9       | 0       | 37       |
|       | 10  | 18.1       | 26.0      | 3.5       | 0       | 38       |
|       | 11  | 19.6       | 26.1      | 5.2       | 0       | 37       |
|       | 12  | 21.3       | 26.4      | 10.5      | 0       | 31       |
|       | 13  | 22.2       | 27.5      | 7.6       | 0       | 31       |
|       | 14  | 23.0       | 28.9      | 6.4       | 0       | 30       |
|       | 15  | 19.0       | 25.6      | 6.5       | 0       | 54       |
|       | 16  | 17.1       | 25.5      | 3.7       | 2.6     | 64       |
|       | 17  | 18.5       | 24.2      | 6.6       | 0       | 47       |
|       | 18  | 21.2       | 27.4      | 6.9       | 0       | 33       |
|       | 19  | 22.1       | 28.1      | 7.4       | 0       | 31       |
|       | 20  | 22.3       | 28.5      | 9.2       | 0       | 34       |
|       | 21  | 22.3       | 28.9      | 10.0      | 0       | 35       |
|       | 22  | 22.6       | 29.0      | 10.5      | 0       | 30       |
|       | 23  | 17.3       | 23.5      | 8.4       | 2.8     | 65       |
|       | 24  | 17.4       | 25.2      | 10.2      | 6.1     | 65       |
|       | 25  | 19.3       | 24.6      | 9.2       | 0       | 45       |
|       | 26  | 21.3       | 27.1      | 8.0       | 0       | 34       |
|       | 27  | 20.6       | 27.1      | 4.4       | 0       | 21       |
|       | 28  | 21.4       | 27.4      | 6.0       | 0       | 33       |
|       | 29  | 21.0       | 25.8      | 10.2      | 0       | 42       |
|       | 30  | 17.7       | 24.4      | 9.8       | 1.3     | 70       |
|       | x   | 20.0       | 26.1      | 7.3       | 22.6    | 40       |

Continuación...

| Mes  | Día | Media (°C) | Máx. (°C) | Mín. (°C) | pp (mm) | H.R. (%) |
|------|-----|------------|-----------|-----------|---------|----------|
| Mayo | 1   | 19.7       | 26.0      | 7.7       | 0       | 49       |
|      | 2   | 21.7       | 27.8      | 8.2       | 0       | 38       |
|      | 3   | 20.7       | 28.4      | 9.1       | 0       | 45       |
|      | 4   | 23.0       | 29.0      | 8.0       | 0       | 31       |
|      | 5   | 22.4       | 29.9      | 7.0       | 0       | 24       |
|      | 6   | 21.4       | 28.6      | 8.3       | 0       | 38       |
|      | 7   | 19.9       | 27.8      | 9.7       | 0.6     | 59       |
|      | 8   | 19.3       | 26.4      | 9.0       | 1.7     | 60       |
|      | 9   | 22.4       | 27.2      | 10.2      | 0       | 38       |
|      | 10  | 22.5       | 28.4      | 7.5       | 0       | 28       |
|      | 11  | 20.9       | 28.0      | 5.2       | 0       | 37       |
|      | 12  | 20.5       | 25.8      | 7.4       | 0       | 41       |
|      | 13  | 21.9       | 27.8      | 8.4       | 0       | 37       |
|      | 14  | 21.9       | 27.7      | 8.0       | 0.3     | 37       |
|      | 15  | 21.8       | 27.3      | 8.5       | 0       | 58       |
|      | 16  | 20.9       | 24.9      | 7.5       | 0       | 38       |
|      | 17  | 19.8       | 25.2      | 6.3       | 0       | 43       |
|      | 18  | 20.3       | 26.5      | 7.5       | 0       | 43       |
|      | 19  | 21.4       | 28.6      | 9.6       | 0       | 43       |
|      | 20  | 21.5       | 29.5      | 8.0       | 0       | 34       |
|      | 21  | 23.7       | 30.2      | 6.5       | 0       | 27       |
|      | 22  | 23.9       | 30.6      | 7.7       | 0       | 34       |
|      | 23  | 22.8       | 31.6      | 11.8      | 0       | 36       |
|      | 24  | 24.5       | 30.0      | 10.8      | 0       | 38       |
|      | 25  | 24.2       | 28.9      | 5.1       | 0.4     | 45       |
|      | 26  | 23.6       | 29.2      | 15.0      | 0       | 51       |
|      | 27  | 22.7       | 29.1      | 14.6      | 0       | 58       |
|      | 28  | 24.0       | 28.0      | 10.7      | 0       | 46       |
|      | 29  | 22.4       | 28.5      | 12.5      | 1.7     | 55       |
|      | 30  | 12.4       | 27.5      | 11.4      | 0       | 48       |
|      | 31  | 20.4       | 27.6      | 13.0      | 4.9     | 65       |
|      | x   | 21.9       | 28.1      | 9.0       | 10.4    | 43       |

| Mes   | Día | Media (°C) | Máx. (°C) | Mín. (°C) | pp (mm) | H.R. (%) |
|-------|-----|------------|-----------|-----------|---------|----------|
| Junio | 1   | 20.1       | 27.0      | 10.6      | 1.0     | 61       |
|       | 2   | 21.6       | 27.1      | 13.0      | 0       | 41       |
|       | 3   | 19.3       | 23.6      | 8.0       | 0.8     | 41       |
|       | 4   | 18.6       | 25.6      | 9.5       | 0       | 52       |
|       | 5   | 19.1       | 23.2      | 12.2      | 0       | 60       |
|       | 6   | 18.2       | 23.4      | 13.4      | 2.5     | 84       |
|       | 7   | 21.2       | 27.0      | 10.6      | 0       | 55       |
|       | 8   | 20.8       | 25.7      | 11.0      | 0       | 51       |
|       | 9   | 19.6       | 24.0      | 9.0       | 0       | 61       |
|       | 10  | 21.0       | 28.7      | 12.0      | 0       | 61       |
|       | 11  | 19.7       | 26.5      | 7.7       | 0.4     | 62       |
|       | 12  | 19.9       | 25.9      | 10.9      | 0.5     | 63       |
|       | 13  | 19.8       | 25.0      | 7.7       | 0       | 57       |
|       | 14  | 20.1       | 25.4      | 9.6       | 0.3     | 62       |
|       | 15  | 18.0       | 23.8      | 9.8       | 3.4     | 88       |
|       | 16  | 19.4       | 25.0      | 14.0      | 0       | 78       |
|       | 17  | 18.6       | 24.5      | 12.9      | 0.4     | 83       |
|       | 18  | 18.3       | 21.8      | 13.1      | 0.5     | 81       |
|       | 19  | 18.3       | 23.5      | 12.0      | 1.4     | 83       |
|       | 20  | 18.4       | 25.3      | 9.4       | 6.5     | 85       |
|       | 21  | 20.5       | 25.7      | 10.2      | 0       | 63       |
|       | 22  | 20.3       | 24.5      | 12.5      | 0       | 62       |
|       | 23  | 20.4       | 24.0      | 13.6      | 0       | 57       |
|       | 24  | 21.0       | 26.1      | 11.2      | 0       | 54       |
|       | 25  | 19.4       | 24.2      | 12.5      | 0.5     | 65       |
|       | 26  | 18.4       | 23.1      | 12.2      | 5.3     | 77       |
|       | 27  | 18.3       | 23.0      | 10.6      | 0       | 68       |
|       | 28  | 18.1       | 23.4      | 5.9       | 2.6     | 58       |
|       | 29  | 15.8       | 19.6      | 12.5      | 0.4     | 93       |
|       | 30  | 17.3       | 20.6      | 10.6      | 1.7     | 83       |
|       | x   | 19.3       | 24.5      | 10.9      | 44.8    | 66       |



| Mes   | Día | Media (°C) | Máx. (°C) | Mín. (°C) | pp (mm) | H.R. (%) |
|-------|-----|------------|-----------|-----------|---------|----------|
| Julio | 1   | 19.0       | 24.3      | 7.6       | 0       | 58       |
|       | 2   | 18.2       | 21.9      | 7.8       | 24.0    | 69       |
|       | 3   | 18.3       | 22.8      | 9.4       | 0.4     | 76       |
|       | 4   | 18.0       | 24.0      | 12.3      | 1.1     | 83       |
|       | 5   | 17.8       | 25.6      | 10.7      | 19.6    | 84       |
|       | 6   | 19.8       | 22.6      | 9.9       | 0.2     | 62       |
|       | 7   | 18.4       | 23.6      | 11.6      | 14.1    | 78       |
|       | 8   | 18.8       | 26.4      | 12.5      | 5.1     | 64       |
|       | 9   | 20.5       | 27.2      | 7.7       | 0       | 56       |
|       | 10  | 21.9       | 26.7      | 10.5      | 0       | 44       |
|       | 11  | 21.3       | 24.2      | 10.9      | 0       | 48       |
|       | 12  | 19.5       | 26.5      | 8.9       | 0       | 54       |
|       | 13  | 19.8       | 22.5      | 9.5       | 3.4     | 67       |
|       | 14  | 19.0       | 25.3      | 12.2      | 0       | 73       |
|       | 15  | 20.5       | 24.4      | 9.6       | 0       | 51       |
|       | 16  | 18.7       | 21.0      | 10.9      | 0.4     | 68       |
|       | 17  | 17.7       | 21.2      | 11.1      | 7.8     | 81       |
|       | 18  | 19.3       | 24.0      | 10.9      | 1.3     | 68       |
|       | 19  | 19.3       | 26.7      | 8.6       | 0       | 59       |
|       | 20  | 19.7       | 24.3      | 7.0       | 1.8     | 60       |
|       | 21  | 19.2       | 22.5      | 9.9       | 5.9     | 70       |
|       | 22  | 18.0       | 25.0      | 10.0      | 2.2     | 97       |
|       | 23  | 21.0       | 26.2      | 10.4      | 0       | 55       |
|       | 24  | 21.2       | 25.5      | 10.5      | 0       | 51       |
|       | 25  | 20.2       | 25.4      | 9.0       | 0       | 47       |
|       | 26  | 20.1       | 24.4      | 10.1      | 0       | 50       |
|       | 27  | 18.5       | 24.3      | 8.3       | 0       | 65       |
|       | 28  | 19.6       | 24.8      | 8.4       | 0       | 51       |
|       | 29  | 20.1       | 22.1      | 12.2      | 0       | 50       |
|       | 30  | 16.9       | 22.6      | 9.6       | 19.9    | 81       |
|       | 31  | 16.3       | 22.2      | 12.0      | 0       | 79       |
|       | x   | 19.2       | 24.4      | 10.0      | 88.2    | 64       |

Continuación...

| Mes    | Día | Media (°C) | Máx. (°C) | Mín. (°C) | pp (mm) | H.R. (%) |
|--------|-----|------------|-----------|-----------|---------|----------|
| Agosto | 1   | 15.9       | 23.0      | 8.5       | 9.6     | 84       |
|        | 2   | 17.1       | 22.0      | 8.8       | 0.5     | 79       |
|        | 3   | 19.7       | 25.1      | 8.4       | 0       | 64       |
|        | 4   | 20.2       | 26.0      | 8.5       | 0       | 62       |
|        | 5   | 18.3       | 24.9      | 10.2      | 9.5     | 81       |
|        | 6   | 19.3       | 24.3      | 8.5       | 0       | 58       |
|        | 7   | 19.2       | 25.0      | 8.7       | 8.1     | 63       |
|        | 8   | 17.8       | 23.4      | 9.9       | 1.3     | 83       |
|        | 9   | 17.0       | 19.8      | 10.6      | 0.4     | 85       |
|        | 10  | 19.2       | 23.0      | 11.6      | 0       | 69       |
|        | 11  | 18.6       | 24.4      | 11.9      | 0       | 76       |
|        | 12  | 19.5       | 24.6      | 7.5       | 0.5     | 64       |
|        | 13  | 20.2       | 26.7      | 7.5       | 0       | 53       |
|        | 14  | 17.9       | 21.5      | 8.6       | 1.1     | 67       |
|        | 15  | 17.3       | 22.6      | 11.3      | 3.9     | 74       |
|        | 16  | 16.1       | 20.4      | 12.3      | 0       | 90       |
|        | 17  | 17.4       | 21.1      | 12.3      | 0       | 84       |
|        | 18  | 17.1       | 21.5      | 10.2      | 0       | 87       |
|        | 19  | 19.2       | 24.2      | 8.8       | 0       | 57       |
|        | 20  | 17.9       | 21.9      | 11.8      | 0       | 63       |
|        | 21  | 17.1       | 20.4      | 11.9      | 0       | 77       |
|        | 22  | 17.2       | 20.8      | 12.6      | 0.4     | 81       |
|        | 23  | 15.3       | 19.6      | 12.5      | 15.4    | 97       |
|        | 24  | 16.7       | 23.0      | 12.5      | 0       | 87       |
|        | 25  | 18.3       | 21.2      | 10.4      | 3.6     | 79       |
|        | 26  | 18.0       | 21.5      | 11.4      | 0.7     | 77       |
|        | 27  | 18.7       | 23.5      | 11.6      | 1.0     | 76       |
|        | 28  | 18.7       | 24.1      | 10.1      | 0.3     | 80       |
|        | 29  | 19.6       | 24.3      | 9.4       | 0       | 71       |
|        | 30  | 19.2       | 25.5      | 9.6       | 12.7    | 76       |
|        | 31  | 19.4       | 25.3      | 10.4      | 1.2     | 74       |
|        | x   | 18.2       | 23.0      | 10.2      | 70.0    | 75       |

Cuadro 4A. Características particulares de la lechuga (*Lactuca sativa* L.)  
 Var. Capitata Cv. "Grandes Lagos 407" utilizada en el  
 experimento sobre producción de semilla. Chapingo, Méx.1996.

| Características                          | Descripción                                                      |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Especie:                                 | Lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.)                              |
| Variedad:                                | Grandes Lagos 407                                                |
| Hojas:                                   | Forman cabeza crespa. Las de protección<br>son firmes y erectas. |
| Tamaño de cabeza:                        | Grande                                                           |
| Color de cabeza:                         | Verde brillante                                                  |
| Corazón:                                 | Grande                                                           |
| Apariencia:                              | Aceptable                                                        |
| Solidez:                                 | Buena (dura)                                                     |
| Resistencia a quemazón<br>de las puntas: | Muy buena                                                        |
| Ciclo vegetativo:                        | 90 a 100 días a madurés en condiciones de<br>invierno            |

Fuente: Sumblest Seed Company. 1982. Descriptive list of vegetables  
 varieties; Dessert Seed. El Centro California, U.S.A.



Cuadro 5A. Cuadrados medios, significancia estadística y estadísticos descriptivos del análisis para dos variables. Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996.

| Fuente de variación | Grados de libertad | PPE (%)       | PPFT (%)       |
|---------------------|--------------------|---------------|----------------|
| Bloque              | 3                  | 760.454330 ** | 0.08070764 N.S |
| Dosis (D)           | 4                  | 675.087164 ** | 0.19907886 N.S |
| Etapa (E)           | 2                  | 282.024793 ** | 1.11914601 N.S |
| D x E               | 8                  | 67.342459 **  | 0.47348485 N.S |
| Error               | 45                 | 12.864799     | 0.36766816     |
| Total               | 63                 | 116.484190    | 0.37791674     |
| C.V                 |                    | 16.86193      | 341.50         |
| R <sup>2</sup>      |                    | 0.921113      | 0.305085       |
| Media               |                    | 21.271306     | 0.17755682     |

C.V. = Coeficiente de variación

N.S. = No significativo ( $\alpha=0.05$ )

\*\* = Altamente significativo ( $\alpha=0.01$ )

PPE = Porcentaje de plantas enfermas (%)

PPFT = Porcentaje de plantas fuera de tipo (%)

Cuadro 6A. Porcentaje de plantas enfermas por efecto de bloques. Producción de semilla de lechuga.Chapingo, Méx. 1996.

| Bloque | PPE (%) |
|--------|---------|
| 1      | 29.97 a |
| 2      | 23.15 b |
| 3      | 17.89 c |
| 4      | 14.06 d |
| DMS    | 3.38    |

Valores con la misma letra dentro de columna son estadísticamente iguales, según prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

DMS = Diferencia mínima significativa; PPE = Porcentaje de plantas enfermas(%)

Cuadro 7A. Comparación de medias de porcentajes de plantas enfermas.  
Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos  
407. Chapingo, Méx. 1996.

| Tratamiento | PPE<br>(%) |
|-------------|------------|
| 16          | 47.15 a    |
| 12          | 30.11 b    |
| 8           | 25.00 bc   |
| 13          | 23.29 bcd  |
| 3           | 23.29 bcd  |
| 11          | 22.72 bcd  |
| 10          | 21.59 bcde |
| 15          | 20.45 cde  |
| 6           | 20.45 cde  |
| 2           | 19.31 cde  |
| 14          | 19.31 cde  |
| 7           | 16.47 cdef |
| 9           | 15.34 def  |
| 4           | 14.20 def  |
| 1           | 13.06 ef   |
| 5           | 8.52 f     |
| DMS         | 9.19       |

Valores con la misma letra dentro de columna son estadísticamente iguales,  
según prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

DMS = Diferencia mínima significativa.

Cuadro 8A. Porcentaje de plantas enfermas por efecto de los niveles  
de AG<sub>3</sub>. Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes  
Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996.

| Dosis<br>(ppm) | PPE<br>(%) |
|----------------|------------|
| 0              | 47.15 a    |
| 30             | 23.86 b    |
| 20             | 21.97 bc   |
| 10             | 18.75 cd   |
| 50             | 16.85 d    |
| 40             | 16.03 d    |
| DMS            | 5.03       |

Valores con la misma letra dentro de columna son estadísticamente iguales,  
según prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

DMS = Diferencia mínima significativa.

Cuadro 9A. Porcentaje de plantas enfermas por efecto de la etapa de aplicación de AG<sub>3</sub>. Producción de semilla de lechuga Cv. Grandes Lagos 407. Chapingo, Méx. 1996.

| Etapa de aplicación<br>(hojas) | PPE<br>(%) |
|--------------------------------|------------|
| Sin aplicación                 | 47.15 a    |
| 8 y 12                         | 23.18 b    |
| 12                             | 19.77 bc   |
| 8                              | 15.68 c    |
| DMS                            | 4.27       |

Valores con la misma letra dentro de columna son estadísticamente iguales, según prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

DMS = Diferencia mínima significativa.