

CALIDAD DE SEMILLA DE CEBOLLA (*Allium cepa* L.)
EN GENERACIONES AVANZADAS. IMPACTO EN LA
PRODUCCION DEL BULBO

PAULINO VERGARA PINEDA

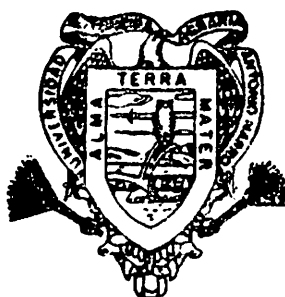
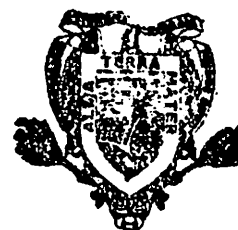
T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE: **Universidad Autónoma Agraria**
"ANTONIO NARRO"

MAESTRO EN CIENCIAS

EN TECNOLOGIA DE SEMILLAS



BIBLIOTECA
Universidad Autónoma Agraria
"Antonio Narro"

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

JUNIO DEL 2000

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

SUBDIRECCION DE POSTGRADO


CALIDAD DE SEMILLA DE CEBOLLA (*Allium cepa* L.) EN GENERACIONES
AVANZADAS. IMPACTO EN LA PRODUCCION DEL BULBO.

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y aprobada
como requisito parcial para optar al grado de :

MAESTRO EN CIENCIAS EN
TECNOLOGIA DE SEMILLAS

COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal:



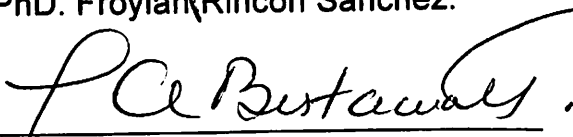
M.C. Victor M. Serrato Castrillón.

Asesor:

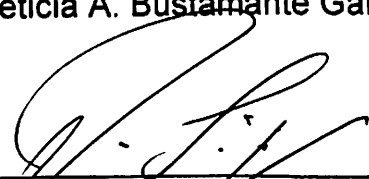


PhD. Froylán Rincón Sánchez.

Asesor:



MSc. Leticia A. Bustamante García.



Dr. Ramiro López Trujillo
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Junio de 2000.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico brindado para la realización de mis estudios de maestría.

A la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" por haberme permitido obtener un grado académico más en mi vida profesional.

A todo el personal que integra el Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS) que de una u otra forma participaron en el logro de mis objetivos.

Al M.C. Victor M. Serrato Castrillón quién como asesor principal me brindó todo su apoyo en la conclusión de mi investigación.

Al PhD. Froylán Rincón Sánchez por su valiosa contribución en los aspectos estadísticos y de campo.

A la MSc. Leticia A. Bustamante García por sus sugerencias en el apartado de calidad de semilla.

Al Ing. Alfredo Colín Guadarrama quién me proporcionó la semilla de cebolla de generaciones avanzadas para llevar a cabo este trabajo.

Una mención muy especial para la **M.C. Maricela García Martínez** quién en todo momento fue participe en el logro de los trabajos de campo y en la toma de datos en laboratorio.

Agradezco la atención y apoyo brindado del Sr. Ruben García Ramírez e hijos quienes fueron participes en la producción de la plántula, así mismo al Sr. Francisco García Cirilo propietario del Rancho San Fernando.

DEDICATORIA

A nuestro Dios padre quien me ha infundido fortaleza en todos los momentos y situaciones de mi vida.

A mis padres:

Sr. Heladio Vergara Sánchez

Sra. Catalina Pineda Castro

Quienes con su ejemplo y cariño supieron educarme para afrontar los retos que me ha deparado la vida.

A mis hermanos Edgar, Eladio, M^a. de Jesús, Abelardo y Santiago con quienes he compartido gratos momentos de nuestra vida familiar.

A la Profa. M^a. del Socorro Rodríguez Vergara y familia de quienes he tenido la dicha de recibir su aprecio y apoyo así como de sus valiosos consejos.

A la familia Pariente Vergara con quienes he tenido la dicha de haber convivido el calor de su hogar.

COMPENDIO

Calidad de semilla de Cebolla (*Allium cepa* L.) en generaciones avanzadas.
Impacto en la producción del bulbo.

POR

PAULINO VERGARA PINEDA

MAESTRIA

TECNOLOGIA DE SEMILLAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO COAHUILA. JUNIO DE 2000

M.C. Victor M. Serrato Castrillón - Asesor -

Palabras claves: cebolla, generaciones avanzadas, rendimiento, calidad de semilla.

El presente trabajo se realizó con el fin de evaluar el comportamiento de genotipos de cebolla y sus generaciones avanzadas y determinar los principales factores de calidad de semilla en generaciones avanzadas de híbridos.

De acuerdo al de análisis de varianza la variable de campo diámetro ecuatorial presentó diferencias significativas entre los genotipos Early Supreme PRR F₁ y la generación avanzada F₂.

En relación a las variables, número de hojas y peso del bulbo el comportamiento de los genotipos fue similar ya que tanto el híbrido F₁ como la generación avanzada F₃ tuvieron la misma respuesta siendo superior al comportamiento mostrado por el genotipo F₂ con las medias más altas.

De las diferentes formas del bulbo evaluadas, el genotipo F₁ presentó el mayor porcentaje para la forma globe, seguido por el genotipo F₃ y F₂ respectivamente. En base al análisis de las medias la forma top presentó diferencias para el material F₂ con la media más alta en comparación a los genotipos F₃ y al híbrido F₁.

El genotipo que mostró mejor comportamiento en cuanto a rendimiento fue el híbrido F₁ con 52 ton ha⁻¹, seguido por la generación avanzada F₃ con 51 ton ha⁻¹ y por último el genotipo F₂ con 47 ton ha⁻¹.

En cuanto al tamaño del bulbo solo se apreció diferencia para la categoría de segunda entre los genotipos F₃ con la media más alta y el genotipo F₂.

La variable planta con flor resulto con el valor más bajo para el híbrido F_1 con 11.8 por ciento, seguido por la generación avanzada F_2 con 17.6 por ciento y F_3 con 70.6 por ciento de incidencia de plantas con floración. Esta misma tendencia se presentó para la variable bulbo doble con porcentajes de 11.1 para el genotipo F_1 seguido por el genotipo F_2 con 22.2 por ciento y 66.7 por ciento para el genotipo F_3 .

El análisis de la calidad física de la semilla mostró diferencias estadísticas entre los genotipos para la variable peso de mil semillas con el valor más alto para la generación avanzada F_3 de 4.2 g, F_2 con 3.9 g y F_1 con el valor más bajo de 3.6 g.

Para las variables de calidad fisiológica de la semilla, los genotipos presentaron diferencias estadísticas presentando el genotipo F_1 el resultado más bajo tanto en germinación como en las pruebas de vigor.

ABSTRACT

Onion (*Allium cepa* L.) seed quality in advanced generations and its effect upon bulb production.

BY

PAULINO VERGARA PINEDA

MASTER OF SCIENCE

SEED TECHNOLOGY

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO COAHUILA. JUNE 2000

M.C. Victor M. Serrato Castrillón - Advisor -

Key words: onion, advanced generations, yield, seed quality.

Research work was carried out in order to determine the performance of onion genotypes in advanced generations as well as for the seed quality of the seed advanced hybrid generations.

According to the analysis of variance, the bulb equatorial diameter showed significant differences between the genotypes Early Supreme PRR F_1 and the advanced generation F_2 .

Related to the variables, number of leaves, and bulb weight the performance of genotypes was similar, since hybrid F_1 , and the advanced generation F_3 , had the same response, superior to the genotype F_2 performance, with the highest means.

Among the assessed types of bulb the genotype F_1 showed the highest percentage for the globe form, followed by genotype F_3 and F_2 , respectively. And based on the arithmetic mean, the top form showed differences for the genotype F_2 , with the highest mean as compared to genotypes F_3 and to the hybrid F_1 .

The genotype that showed the best performance for yield was hybrid F_1 with 52 ton ha^{-1} , followed by the advanced generation F_3 with 51 ton ha^{-1} , and by last genotype F_2 with 47 ton ha^{-1} .

In relation to the bulb size, a difference was observed for the second hand category between genotypes F_3 , with the highest mean and the genotype F_2 .

The variable flowering plants showed the lowest value for hybrid F_1 with 11.8 percent, followed by the advanced generation F_2 with 17.6 percent, and F_3 ,

with an incidence of 70.6 percent of flowering plants. The same trend showed up for the variable double bulb with percentages of 11.1 for genotype F₁, followed by the genotype F₂ with 22.2 percent, and 66.7 percent for genotype F₃.

The assessment of the physical seed quality showed differences between genotypes for the variable thousand seed weight with the highest value for the advanced generation F₃ (4.2 g); F₂ (3.9 g), and F₁ with the lowest value (3.6 g).

And as far as for the physiological seed quality is concerned, the genotypes showed differences, genotype F₁ had the lowest results for germination and seed vigor showed in the standard germination and the vigor tests.

INDICE DE CONTENIDO

| | Página |
|---|--------|
| INDICE DE CUADROS..... | xiii |
| INDICE DE FIGURAS..... | xiv |
| INTRODUCCION..... | 1 |
| REVISION DE LITERATURA..... | 4 |
| Origen de la Cebolla..... | 4 |
| Clasificación Botánica..... | 4 |
| Características Generales..... | 5 |
| Morfología y Anatomía de la Planta..... | 6 |
| Semilla..... | 6 |
| Raíz..... | 6 |
| Hojas..... | 7 |
| Tallo Verdadero..... | 8 |
| Falso Tallo..... | 8 |
| Tallo Floral..... | 8 |
| Inflorescencia y Flor..... | 9 |
| Fruto..... | 10 |
| Bulbo..... | 10 |
| Producción de Semilla..... | 12 |
| Bulbo a Semilla..... | 12 |
| Semilla a Semilla..... | 17 |
| Producción de Semilla Híbrida..... | 18 |
| Aislamientos..... | 20 |
| Maduración y Cosecha de la Semilla..... | 20 |
| Heterosis y Generaciones Avanzadas de los Híbridos..... | 22 |
| Calidad de Semillas..... | 24 |
| Germinación..... | 26 |
| Vigor..... | 28 |
| MATERIALES Y METODOS..... | 30 |
| Ubicación del Sitio Experimental..... | 30 |
| Materiales en Estudio..... | 31 |
| Producción de Plántula..... | 32 |
| Derramadero..... | 32 |
| Rancho San Fernando..... | 33 |
| Diseño de Campo..... | 34 |

| | |
|--|-----------|
| Diseño Experimental y Análisis Estadístico..... | 35 |
| Labores Culturales..... | 35 |
| Preparación del Terreno..... | 35 |
| Plantación..... | 36 |
| Riegos..... | 36 |
| Fertilización..... | 36 |
| Cultivos..... | 37 |
| Control de Plagas y Enfermedades..... | 37 |
| Cosecha..... | 37 |
| Características de la Planta Evaluadas en Campo..... | 38 |
| Altura de planta..... | 38 |
| Diámetro Ecuatorial..... | 38 |
| Diámetro Polar..... | 39 |
| Número de Hojas..... | 39 |
| Peso..... | 39 |
| Forma del Bulbo..... | 39 |
| Tamaño del Bulbo..... | 40 |
| Planta con Flor..... | 40 |
| Bulbo Doble..... | 41 |
| Rendimiento..... | 41 |
| Características de la Semilla Evaluadas en el Laboratorio..... | 41 |
| Calidad Física..... | 41 |
| Calidad Fisiológica..... | 43 |
| RESULTADOS Y DISCUSION..... | 47 |
| Variables Agronómicas..... | 47 |
| Altura de Planta..... | 49 |
| Diámetro Ecuatorial..... | 49 |
| Número de Hojas..... | 50 |
| Peso..... | 50 |
| Forma del Bulbo..... | 51 |
| Tamaño del Bulbo..... | 53 |
| Planta con Flor..... | 55 |
| Bulbo Doble..... | 55 |
| Características de la Semilla Evaluadas en el Laboratorio..... | 56 |
| Calidad Física..... | 56 |
| Calidad Fisiológica..... | 60 |
| CONCLUSIONES..... | 65 |
| RESUMEN..... | 68 |
| LITERATURA CITADA..... | 71 |

INDICE DE CUADROS

| Cuadro | | Página |
|--------|---|--------|
| 4.1 | Cuadros medios del análisis de varianza de las variables de campo evaluadas de los genotipos de cebolla, Rancho San Fernando. 1999..... | 48 |
| 4.2 | Medias de los tratamientos para las variables de campo evaluadas de los genotipos de cebolla..... | 48 |
| 4.3 | Cuadros medios del análisis de varianza para la variable forma del bulbo de los genotipos de cebolla..... | 51 |
| 4.4 | Medias de la variable forma de bulbo de los genotipos de cebolla..... | 52 |
| 4.5 | Porcentaje de las diferentes formas de los bulbos cosechados de los genotipos de cebolla..... | 53 |
| 4.6 | Cuadros medios del análisis de varianza para las categorías de tamaño del bulbo de los genotipos de cebolla..... | 54 |
| 4.7 | Medias de la variable calidad del bulbo de los genotipos de cebolla..... | 54 |
| 4.8 | Cuadros medios del análisis de varianza de las variables de calidad física de los genotipos de cebolla, CCDTS – UAAAN 1999..... | 57 |
| 4.9 | Medias de los tratamientos de las variables de calidad física de los genotipos de cebolla..... | 57 |
| 4.10 | Cuadros medios del análisis de varianza de las variables de calidad fisiológica de los genotipos de cebolla..... | 61 |
| 4.11 | Medias de los tratamientos, de las variables de calidad fisiológica de los genotipos de cebolla..... | 61 |

INDICE DE FIGURAS

| Figura | | Página |
|--------|---|--------|
| 3.1 | Clasificación de las diferentes formas del bulbo, (Dessert Seed, 1982)..... | 40 |

INTRODUCCION

La cebolla (*Allium cepa* L.) es una hortaliza que forma parte de nuestra alimentación, su importancia se debe a la gran diversidad de usos y a sus propiedades nutritivas.

Los principales países productores de cebolla en el mundo son China, India, Estados Unidos de Norteamérica y Rusia (Pike, 1986).

En México el cultivo de la cebolla ocupó durante el ciclo agrícola 1999 el cuarto lugar dentro de las especies hortícolas con una superficie sembrada de 53,443 ha (<http://www.sagar.gob.mx/cea.htm>., 2000, Marzo 19), cultivándose prácticamente en todos los estados del país. Dentro de la producción de las cuatro especies hortícolas más importantes, la cebolla participa con el 11 por ciento en la producción y su valor de exportación es de 165 millones de dólares, lo que representa el 11 por ciento de los productos hortícolas en exportación (Bancomext, 1996).

El 100 por ciento de la semilla utilizada en la siembra de esta hortaliza, proviene de compañías transnacionales tanto de variedades de polinización libre como de híbridos, estimándose en 97 toneladas las necesidades.

Es importante destacar que del total de la superficie sembrada de esta legumbre en el país, el 50 por ciento se hace con semilla certificada de híbridos y variedades de polinización abierta y el resto de la superficie (50 por ciento) con materiales de dudoso origen genético, lo que repercute en un bajo establecimiento en el almácigo al presentar baja germinación.

Los bulbos producidos con semilla de origen dudoso presentan diferencia en el llenado del bulbo que va desde plantas con bulbo grande, pequeño y hasta sin bulbo además de otras con bulbos dobles, por lo que el rendimiento es variable (Palacios e Inoue, 1999). Sin embargo, el productor recurre a estos materiales por su bajo precio, aduciendo que presentan mejor adaptación a condiciones adversas.

En algunas regiones de México donde se cultiva cebolla como es el caso del Bajío y Edo. de México, el sistema de producción está enfocado además de la producción de bulbo para mercado en fresco, a la obtención de semilla de generaciones avanzadas la cual es comercializada en las regiones productoras, calculándose que aproximadamente el 50 por ciento de ella proviene de materiales híbridos, y el resto es derivada de generaciones subsecuentes.

Cabe señalar que debido al alto precio de la semilla certificada que para el caso del híbrido F₁ Early Supreme PRR es de aproximadamente \$ 800.00 por lata en presentación de 100 mil semillas (Productora Agropecuaria Harris S.A. de C.V.) y para los materiales de generaciones avanzadas el precio va de

aproximadamente \$ 500.00 por kg para la semilla de generación F_2 , y de \$300.00 por kg para la semilla F_3 en el mercado libre; es común que los productores utilicen estos materiales, lo cual trae como consecuencia una baja producción tanto en cantidad como en calidad de bulbo.

Por lo anteriormente señalado se realizó la presente investigación con los siguientes objetivos:

1. Evaluar el comportamiento de genotipos de cebolla y sus generaciones avanzadas para rendimiento y características agronómicas.
2. Determinar los principales factores de calidad de semilla en generaciones avanzadas de híbridos.
3. Caracterizar los genotipos con la finalidad de definir su variación fenotípica y su relación con los factores de calidad.

Hipótesis

Existen diferencias en la productividad y calidad de semilla de cebolla entre genotipos y sus generaciones avanzadas.

REVISION DE LITERATURA

Origen de la Cebolla

Las formas silvestres de cebolla no son conocidas, sin embargo, como centro de domesticación generalmente se señala a Asia Central (Rubatzky y Yamaguchi, 1997). Según indican Sobrino y Sobrino (1992) existen además dos centros secundarios, el Próximo Oriente y el Mediterráneo, este último para los tipos de cebolla de gran tamaño.

La cebolla se ha cultivado por más de 4000 años como alimento, condimento para la salud y con propósitos religiosos. La introducción en el norte de Europa ocurrió 500 A.D., al inicio de la Edad Media (Rubatzky y Yamaguchi, 1997). Existen citas de su utilización en la India, como medicina en el siglo VI a. de J.C. (Sobrino y Sobrino, 1992).

Clasificación Botánica

La clasificación botánica ha sido revisada por Hanelt (1990) la siguiente jerarquía ha sido adoptada:

| | |
|------------|-----------------|
| Clase: | Monocotiledonea |
| Superorden | Liliflorae |
| Orden | Asparagales |
| Familia | Alliaceae |
| Tribu | Alliae |
| Genero | <i>Allium</i> |
| Especie | <i>cepa</i> |

Anteriormente las Alliaceae se habían incluido en la familia Liliaceae y Amaryllidaceae por diferentes autores, clasificándola ahora como una familia separada. El genero *Allium* es grande y diverso con alrededor de 500 especies concluye este autor. El número de cromosomas es $2n = 16$ (Schwartz y Mohan, 1996).

Características Generales

Es una planta bianual que se aprovecha por el bulbo, formado durante el primer año de cultivo; este bulbo está constituido por varias capas carnosas en forma de escamas, las exteriores son más finas y transparentes, de color variable, del rojo o violeta al blanco, constituyendo lo que se denomina la piel, Japon (1982). Después de la cosecha el bulbo permanece en estado de reposo (vida latente) por un periodo de 2 - 6 meses (Alzuru, 1982).

La cebolla contiene un aceite esencial, cuyo componente principal es el bisulfito $C_6H_{12}S_{12}$, que es el causante de su sabor específico (Guenkov, 1974). El contenido de materia seca fluctúa de 7 a 15 por ciento, la cual se compone de 70 - 85 por ciento de carbohidratos, menos del uno por ciento de grasas, 10 - 20 por ciento de proteínas, peptidos y aminoácidos especiales, y uno a tres por ciento de cenizas (Cohat et al., 1993).

Morfología y Anatomía de la Planta

Semilla

Sobrino y Sobrino (1992) indican que la semilla como tal es de color negro, angulosa, aplastada y de superficie rugosa. Davis (1966) caracterizó la semilla externamente en forma de escudo, angular, aplanada en la parte ventral y de color marrón muy oscuro (negro). Por su parte, DeMason (1990) hace referencia al embrión como de forma semicircular en espiral o rizado, el cual se encuentra encerrado en el endospermo que es el tejido de reservas más importante de la semilla. El peso de mil semillas es del orden de 3.6 g (George, 1989).

Raíz

La primera raíz muere y deben formarse nuevas raíces adventicias para que la planta pueda continuar su crecimiento. La formación y crecimiento de

nuevas raíces, al tiempo que mueren las viejas, es continua (Miguel y López, 1987). Estos autores señalan que las raíces profundizan en un rango de 30 a 60 cm y la mayoría de ellas sólo alcanzan a profundizar entre 20 y 25 cm y no se separan más de 15 cm del centro del bulbo. Por su parte Rubatzky y Yamaguchi (1997) mencionan que las raíces de cebolla son poco profundas y la mayoría ocurren dentro de un rango de 15 a 20 cm de la superficie y raramente se extienden horizontalmente más allá de 50 cm.

Hojas

Las hojas de la cebolla se originan desde el tallo corona comprimido o "tallo plato"; las vainas de las hojas más viejas o exteriores encierran a las más jóvenes (Shinohara, 1989). Cada hoja nueva aparece dentro de la anterior, con una variación aproximada de 7 a 10 días, hasta un total de entre 13 y 18 hasta el comienzo de la bulbación, pero no todas ellas son visibles al mismo tiempo. Las tres o cuatro hojas más externas se suelen secar, dando las escamas protectoras del bulbo, y otras más internas, engrosadas o no, tienen abortada la parte aérea de la hoja (Miguel y López, 1987). La porción basal de las hojas envuelven completamente el tallo y cuando se hacen más gruesas forman el bulbo (Shinohara, 1989).

Tallo Verdadero

Miguel y López (1987), mencionan que el tallo es una corta porción de planta que toma la forma de cono invertido y de la que nacen las raíces en corona a la vez que va creciendo en anchura; en el centro del tallo está el ápice donde se forman las nuevas hojas. Por su parte, Guenkov (1974) menciona que el tallo verdadero o base del bulbo (plato) alcanza una altura dentro de un rango de 0.5 a 1.5 cm y 1.5 a 2.0 cm de ancho.

Falso Tallo

Guenkov (1974), describe que las hojas de la cebolla crecen sucesivamente, de manera que cada hoja más joven pasa por la vaina de la hoja ya crecida. Así, las vainas cilíndricas de las hojas se sitúan una dentro de otra, y de esta manera se forma el llamado falso tallo. Por consiguiente, es una formación foliar y no tiene nada que ver con el tallo verdadero.

Tallo Floral

Los puntos de crecimiento del tallo corona se elongan durante el segundo año formando el tallo floral (Shinohara, 1989). El tallo floral que termina en escapo alcanza una altura de 1 a 2 m (Brewester, 1994). Los tallos florales son verdes, huecos y ensanchados en su parte central (Guenkov,

1974). De acuerdo con Pike (1986), el número de tallos florales por planta depende del número de yemas laterales contenidas en la base del plato, en la parte inferior del bulbo. Por su parte, Shinohara (1989) menciona que dependiendo de la variedad, tamaño y almacenaje de los bulbos madre y tiempo de plantación, una planta desarrolla comúnmente de 1 a 20 tallos florales.

Inflorescencia y Flor

La inflorescencia de la cebolla es una umbela simple (Guenkov, 1974); dicha umbela se caracteriza porque los pedicelos de sus flores son casi de la misma longitud y emergen de un mismo lugar (Robles, 1984). Globerson *et al.* (1981) mencionan que el número de flores por umbela varía de 200 a 1000 y que depende del tiempo de plantación, tamaño del bulbo, tiempo y desarrollo del tallo floral y condiciones del cultivo; la duración de la floración es afectada por la temperatura en el tiempo de la floración, tamaño y uniformidad de los bulbos, el cultivar usado y las condiciones de cultivo. Asimismo, Miguel y López (1987) hacen referencia a los factores que producen la iniciación floral que son: temperatura, variedad y tamaño de la planta, en tanto que el fotoperíodo y la fertilización tienen muy poca influencia en este fenómeno.

La flor es hermafrodita (Wehner, 1999). Como resultado del retraso en la receptividad del estigma (protandria), la polinización cruzada es favorecida

(Pike, 1986). La mayor parte del polen es liberado entre 9 a.m. y 5 p.m. desde el primer día en que la flor abre (McGregor, 1976). Brewster (1994) apunta que de 75 a 90 por ciento de semillas resultan de la polinización cruzada en los campos de producción de semilla. Por su parte, McGregor (1976), reporta sólo nueve por ciento de autopolinización.

Fruto

El fruto es una cápsula con tres caras, de ángulos redondeados (Sobrino y Sobrino, 1992); esta cápsula trilocular puede contener en cada loculo de una a dos semillas (Shinohara, 1989) y mide aproximadamente 5 mm (Hanelt, 1990).

Bulbo

El bulbo es el órgano donde se acumulan las sustancias de reserva durante el primer año; consiste en túnicas o escamas carnosas, yemas y tallo verdadero (Guenkov, 1974).

Miguel y López (1987) señalan que los principales factores que afectan al inicio del engrosamiento del bulbo son: fotoperíodo, temperatura, tamaño de la planta y fertilizante nitrogenado.

Estos autores mencionan que no son bien conocidas las condiciones en las que se producen varios ápices de crecimiento y salen varios brotes dando lugar a bulbos dobles o múltiples. Normalmente se encuentran asociados a temperaturas frías, daños en brote terminal (helada, enfermedades o herbicidas), marco de plantación amplio y excesiva fertilización. También se presenta en plantas procedentes de bulbillos, sobre todo si son de tamaño grande. Igualmente algunas variedades tienen mayor tendencia que otras a dar varios brotes. Por su parte, Corgan e Izquierdo (1979) en Nuevo México, EEUU observaron que las plantas florecen cuando en el invierno el tiempo es cálido ocasionando un crecimiento excesivo o cuando en la primavera ocurren periodos de temperatura extraordinariamente bajas; ambas situaciones ambientales sobre el cultivo pueden ser desastrosos.

Cada variedad necesita una determinada longitud de día para iniciar la bulbación (Miguel y López, 1987). A este respecto Voss (1979) menciona que todas las cebollas son técnicamente plantas de día largo, la formación del bulbo es más rápida cuando se incrementa la longitud del día; cada variedad de cebolla tiene una longitud de día crítica para inducir la bulbación, sin considerar la temperatura o tamaño de planta. Variedades de día corto requieren de 12 a 14 h de luz, mientras que variedades de día largo requieren de 14 a 16 h de longitud del día. Algunas variedades son de día intermedio y requieren aproximadamente de 14 h de longitud del día.

Cohat et al. (1993) mencionan que el engrosamiento del bulbo ocurre bajo "temperaturas altas" (óptimo de 20° a 26°C) y días largos, con un umbral de fotoperíodo variable dependiendo de los cultivares de entre 11 h 30 min y 15 h.

Producción de Semilla

La producción de semilla de cebolla se limita a aquellas regiones con baja humedad atmosférica y poca precipitación, en especial en el momento de la cosecha (Acosta y Gaviola, 1989), a lo que Carver (1983) concluye que las condiciones climáticas que se presentan desde la floración hasta la madurez representan uno de los factores principales que determinan la localización de las áreas de producción.

Hay dos sistemas básicos de producción de semilla: producción bulbo a semilla y producción de semilla a semilla.

Bulbo a Semilla

La calidad de la semilla producida por el método bulbo a semilla es mejor que la producida por el método semilla a semilla, ya que es posible ejercer selección adicional y depurar bulbos antes de plantar para la producción de semilla (Rubatzky y Yamaguchi, 1997).

Este sistema es un proceso largo que normalmente toma dos años para producir una cosecha de semilla (Brewester, 1994). Se basa en la obtención de los bulbos madre durante el primer año, los que una vez seleccionados son plantados al año siguiente para que florezcan y produzcan semilla (Acosta y Gaviola, 1989). Este método puede dividirse en las siguientes etapas: producción de bulbos madre, almacenamiento, plantación y cosecha.

La producción de los bulbos madre es similar a la producción de bulbos comerciales, la diferencia estriba en que los bulbos deben tener un tamaño determinado para que sean capaces de producir semilla; los más altos rendimientos en semilla se obtienen con bulbos de 4 a 6 cm de diámetro. La clasificación de los bulbos madre es importante para el manejo posterior en el momento de la plantación, ya que la distancia entre plantas a utilizar, la uniformidad en la floración y los rendimientos en semilla dependen, en gran medida, del calibre de los bulbos.

La cosecha debe hacerse cuando la madurez está avanzada, sin que se haya secado todo el follaje. El mejor momento es cuando se aprecia un amarillamiento por madurez en la mitad de la longitud de las hojas y el falso tallo pierde rigidez y empieza a doblarse. Los bulbos una vez cosechados se secan al sol (curado) hasta que se desprenda el falso tallo. Cuando los bulbos han madurado y secado bien se aprecia buen cierre del cuello y el falso tallo se desprende sin tener que cortarlo.

Los bulbos antes de almacenarse se seleccionan, eliminando los que presenten daños mecánicos, los que se encuentran fuera de la forma típica de la variedad y los que muestran síntomas de enfermedades.

Los bulbos madre durante el almacenamiento se exponen a bajas temperaturas para inducir el desarrollo del tallo floral; la temperatura óptima esta entre 3 y 6°C, pero admite un rango desde dos hasta 12°C, a temperaturas mayores se favorece la emisión prematura de brotes. El período de vernalización tiene una duración óptima de 90 días, aunque se puede permitir un rango de 70 a 110 días (Muñoz et al., 1991). Rubatzky y Yamaguchi (1997), en este mismo sentido citan que los cultivares difieren mucho en su respuesta a las bajas temperaturas y la duración de exposición necesaria para la inducción del tallo floral. Un período de exposición de 5 a 10°C por uno a dos meses es adecuado para la vernalización de muchos cultivares y para otros, temperaturas de entre 10 y 15°C son adecuados para estimular la floración. Por su parte Hesse et al. (1979), realizaron un estudio para observar el efecto de cuatro tratamientos de almacenaje en los componentes del rendimiento de tres líneas de cebolla, el almacenaje de los bulbos madre a temperaturas de 10°C por 12 semanas seguido por un almacenaje adicional de 2°C por 12 semanas. El resultado obtenido fue un más alto rendimiento de semilla, encontrándose asociados con este alto rendimiento la floración precoz, hojas/bulbo, tallos florales grandes y número de flores/bulbo. Estos mismos autores concluyen

que bulbos de diferentes genotipos responden de manera diferente al ambiente de almacenaje.

Antes de la plantación de los bulbos madre se debe realizar la selección de bulbos según forma, tamaño, color, sanidad y resistencia a la brotación, dejando únicamente aquellos que reúnan las características del cultivar (Acosta y Gaviola, 1989).

George (1989) señala que bajo este método se debe realizar la depuración en las siguientes etapas:

- a) Antes de la madurez del bulbo. Eliminar plantas con follaje y bulbos fuera de tipo o de color del tallo, plantas con floración prematura en el primer año y plantas de maduración tardía.
- b) Al clasificar los bulbos cosechados. Controlar que la forma de los bulbos, su color y el tamaño corresponden al tipo.
- c) Al trasplantar. Comprobar los caracteres antes descritos y también los bulbos brotados prematuramente.
- d) Al principio de la floración. Controlar oportunamente los caracteres de las inflorescencias y flores.

Ahmed y George (1984), subrayan que los bulbos con alto contenido de potasio producen semillas más pesadas, a lo que recapitulan que los bulbos con un contenido bajo de nitrógeno, alto

fósforo y potasio son superiores para la producción de semilla. Estos mismos autores sugieren que los niveles de nutrientes para la producción de bulbos apropiados para la producción de semilla es probablemente de 100, 200 y 200 unidades de N, P y K respectivamente. Así mismo, los factores tanto genéticos como ambientales afectan a los bulbos en el número de dobles, floración prematura y las reservas nutricionales del bulbo lo que podría esperarse a que se reflejaran en el subsiguiente rendimiento y calidad de semilla.

La producción de semilla bajo este método se puede sintetizar en las siguientes prácticas:

Primer año: obtención de bulbos madre.

- a) Siembra del almácigo.
- b) Trasplante.
- c) Cosecha.
- d) Selección de bulbos y almacenamiento.

Segundo año: plantación de bulbos madre.

- a) Selección de bulbos.
- b) Plantación.
- c) Polinizadores: se colocan de 4 a 6 colmenas por ha en floración.
- d) Cosecha de semilla.

Semilla a Semilla

La ventaja del método semilla a semilla es que requiere de menos costos y labores para su producción y los rendimientos de semilla pueden ser tan altos o más altos que por el método bulbo a semilla (Rubatzky y Yamaguchi, 1997).

La producción de semilla a semilla es posible donde el cultivo puede sobrevivir al invierno durante el desarrollo de la planta. Es importante que la vernalización sea suficiente para inducir 100 por ciento de la floración, de otra manera este método de producción resultará en la selección de genotipos de fácil floración (Brewester, 1994). Por su parte, George (1989) menciona que las plantas deben haber alcanzado un tamaño suficiente para permitir la vernalización *in situ*.

Bajo este método la depuración se realiza en dos fases: 1) Durante el otoño del primer año se deben eliminar plantas con follaje, bulbos fuera de tipo y plantas espigadas que no reúnan las características del cultivar. 2) Al principio de la floración en el segundo año, eliminar las plantas con follaje y bulbos fuera de tipo que por su forma, color, tamaño no coincidan con los descriptores del cultivar o color del tallo y controlar que los caracteres de la inflorescencia son adecuados (George, 1989).

En resumen las prácticas que se llevan a cabo para la producción de semilla con este método son:

- a) Siembra de almácigo.
- b) Trasplante.
- c) Depuración.
- d) Polinización.
- e) Cosecha de semilla.

Producción de Semilla Híbrida

La producción de semilla de cebolla es un negocio agrícola riesgoso y particularmente la producción de híbridos F_1 (Peters, 1990). La producción de semilla híbrida utiliza principios de los dos métodos anteriores, y posee características específicas que permiten diferenciarlo (Acosta y Gaviola, 1989).

Los primeros híbridos de cebolla se hicieron entre plantas masculinas fértiles, sin embargo, la cantidad de semilla producida F_1 se dificultaba porque la emasculación del parental hembra era necesaria (Hosfield et al., 1977). Un hecho significativo en la mejora moderna, sin duda lo constituye el descubrimiento de una planta de cebolla androestéril, Italian Red 13 - 53 que mostró estar controlada por un mecanismo de tipo génico - citoplasmático que pudo ser utilizada para fines prácticos en la producción de híbridos; así, en

1952 se realizó el lanzamiento de un híbrido comercial de cebolla (Sobrino y Sobrino, 1992).

Para la producción de híbridos se requieren tres líneas consanguíneas; la línea macho estéril o línea A, la línea mantenedora o línea B necesaria para la perpetuación de la línea androesteril y una tercera línea consanguínea no relacionada con las anteriores o línea C la cual debe tener buena capacidad combinatoria con la línea A y sea macho fértil. El cruzamiento de AxC originará la semilla híbrida o F_1 mientras que el cruzamiento de AxB servirá para multiplicar la línea A. Las líneas C y B al ser fértiles se mantienen por si mismas (Acosta y Gaviola, 1989). Los caracteres de la línea mantenedora se transfieren a la línea androestéril por el método de retrocruza siendo requeridas de cinco a seis retrocruzas hacia el mantenedor (Kallo, 1988).

La sincronización de la floración de las líneas es necesaria, no sólo para lograr una buena polinización de las flores sino también para reducir la posibilidad de contaminación de otros cultivares. Las técnicas usadas para este fin son variadas e incluyen el uso de diferentes fechas de plantación para cada línea, el forzado de los bulbos para anticipar la floración, el uso de siembra directa en una línea y bulbos en otra, las plantaciones otoñales para una línea y primaverales para la otra, etc., resultando la elección según las características de las líneas selectas (Acosta y Gaviola, 1989).

La relación de surcos hembras y machos generalmente utilizadas son de 3 : 1 y 4 : 1; comúnmente son plantados seis u ocho surcos hembra que alternan con dos surcos macho (Peters, 1990).

Aislamientos

El aislamiento mínimo sugerido es de aproximadamente 400 m entre cultivares similares y de 5 km entre cultivares de diferente color (Peters, 1990). Por otra parte Currah y Proctor (1990) mencionan que la distancia de aislamiento recomendada para semilla certificada es de 400 m y de 1000 m para semilla de fundación.

Maduración y Cosecha de la Semilla

Steiner y Akintobi (1986), encontraron que el alto porcentaje de germinación y el peso de 1000 semillas a los 35 días después de la floración total es el tiempo en que la semilla se puede comenzar a cosechar sin detrimento del rendimiento y calidad de la semilla. Por otra parte, Globerson et al. (1981), mencionan que el mejor tiempo para cosechar mecánicamente la semilla es cuando contiene entre 60 y 70 por ciento de materia seca, que ocurre entre los 45 y 60 días después del inicio de la floración en campo.

La semilla es cosechada en forma manual cuando 25 - 30 por ciento de las umbelas muestran semilla madura debido a la dehiscencia de las cápsulas, las umbelas son cortadas alrededor de 15 cm del escapo floral. Para evitar perdidas de semilla durante la cosecha mecánica es mejor realizarla alrededor de 10 días antes, cuando la semilla madura puede verse sobre el 2 por ciento de las umbelas y cuando el contenido de humedad es de 30 - 40 por ciento. Los lotes de semilla pueden seleccionarse usando un separador magnético o por flotación durante el cual no se debe exceder de tres minutos (George, 1989).

La semilla de cebolla tiene una vida corta y no puede almacenarse por más de cuatro meses cuando el contenido de humedad es de más de 10 por ciento (Stumpf et al., 1996).

Comercialmente la semilla es secada alrededor de 6.3 por ciento de contenido de humedad, empacada y sellada en latas o envases de otro metal a prueba de humedad, bajo estas condiciones puede permanecer totalmente viable por lo menos tres años (Brewester, 1994). Por su parte, Acosta y Gaviola (1989), señalan que cuando la semilla es envasada herméticamente la humedad de ésta no debe ser mayor del 5 - 6 por ciento.

Rendimientos de semilla de alrededor de 500 kg ha⁻¹ es común en muchas regiones, pero en los EEUU, rendimientos entre 800 y 1000 kg ha⁻¹ son típicos; las diferencias en el promedio de los rendimientos dependen del

genotipo, localidad, temporada y método de producción (Brewester, 1994). Por su parte, Singh *et al.* (1997), reportan que con un peso promedio de los bulbos madre de 100 g obtuvieron un máximo rendimiento de semilla de 0.82 ton ha⁻¹, aduciendo que la reducción en el tamaño del bulbo esta asociado con una gradual reducción en el rendimiento de semilla. La producción de semilla híbrida F₁ normalmente es más baja que la de los cultivos de polinización libre y con frecuencia no supera los 100 kg ha⁻¹ (George, 1989).

Heterosis y Generaciones Avanzadas de los Híbridos

El incremento en el rendimiento, calidad en el almacenaje, uniformidad del bulbo y la madurez de los híbridos F₁ ha resultado en su aceptación rápida por los agricultores (Hosfield *et al.*, 1977).

La heterosis para el rendimiento en bulbos de cebolla se ha reconocido y explotado comercialmente mediante la producción de variedades híbridas F₁. La heterosis de los híbridos es alta, variando de 14 a 67 por ciento en mayor rendimiento que el mejor cultivar de polinización libre (Dowker y Gordon, 1983). Por su parte, Kallo (1988) indica que la heterosis se ha observado para precocidad, uniformidad, calidad en el almacenaje y contenido de materia seca; y en ciertos casos, los híbridos son inferiores comparados con las variedades de polinización libre. Por su parte, Van der Meer (1994) indica que los híbridos dominan el mercado de semilla de cebolla en los Países Bajos, Reino Unido y

Alemania, pero ellos sobrepasan a las variedades de polinización libre solo por un bajo porcentaje en rendimiento y/o calidad. En la actualidad, los híbridos de cebolla están disponibles en muchos países, pero a través del mundo, el mercado de semilla de cebolla todavía lo dominan las variedades de polinización libre.

Los cultivares de polinización libre de día corto son muy uniformes (conocidos como heterocigotos uniformes) para características tales como resistencia a enfermedades, forma del bulbo, color y tamaño. Los híbridos comerciales no son genéticamente homogéneos porque la mayor parte de las líneas endogámicas no son homocigotas (Janick, 1999).

La heterosis es mayor en la F_1 y los individuos presentan una uniformidad similar a los progenitores cuando éstos son homocigotes no relacionados, es decir, genéticamente diferentes, lo anterior indica que todos los individuos de la F_1 tienen el mismo genotipo y la variación que se manifiesta será ambiental. En la generación F_2 , la manifestación del vigor disminuye y la variación es alta, lo cual sugiere una segregación tanto para los genes que determinan caracteres cuantitativos como para aquéllos que determinan caracteres cualitativos; la variación obedece, por tanto, a causas genéticas y causas ambientales para cada uno de los individuos que integran la población F_2 (Reyes, 1985).

Las semillas de generaciones avanzadas de variedades híbridas se han utilizado para la siembra comercial, práctica que según evidencias no es aconsejable. Se reporta una reducción del 26 por ciento sembrando la generación F_2 de los híbridos dobles, y del 36 y 48 por ciento cuando sembró la segunda generación de un híbrido de tres y dos líneas respectivamente; los rendimientos de la generación F_3 de los híbridos simples y triples no diferían significativamente de sus rendimientos respectivos en la F_2 ; concluyendo que en teoría se alcanza el equilibrio genético tan pronto como los híbridos se reproducen. La generación F_3 debería tener el mismo rendimiento que la generación F_2 (Allard, 1980). En este mismo contexto, Márquez (1988) indica que en generaciones posteriores a la F_2 , si el tamaño de muestra de individuos reproductores es suficientemente grande el rendimiento, de acuerdo a la ley de Hardy - Weinberg permanece constante; la frecuencia génica en la generación F_2 será la misma que la de la generación F_1 puesto que el apareamiento ha sido aleatorio sin selección, mutación o migración. Robles (1986) menciona que la generación F_2 tiende a mantener el valor promedio de la F_1 , sin embargo, su intervalo de variación es mayor que el de la F_1 .

Calidad de Semillas

Desde el punto de vista agronómico, la calidad de la semilla se define por la proporción de semillas en una muestra capaces de germinar y formar

nuevas plantas y por la proporción de semillas de otras especies y material inerte como impurezas (Jiménez, 1990).

Los factores que puede esperarse afecten la calidad de la semilla son la zona de producción, el manejo del semillero, el método y momento de cosecha, la duración y condiciones de almacenamiento, los métodos de procesamiento y el tratamiento químico (Carver, 1983).

La calidad de la semilla es un concepto múltiple que comprende varios aspectos (Bustamante, 1982); y se puede expresar como la integral de tres componentes: genéticos, fisiológicos, sanitarios y las características físicas que afectan la capacidad de originar plantas de alta productividad.

El componente genético se refiere a la calidad genética es decir un material de características sobresalientes, material genético superior y viene determinada por el genotipo de la variedad o híbrido. Esta calidad se produce en la etapa del mejoramiento genético y constituye el primer componente esencial de la calidad total de la semilla (Garay, 1989).

El componente fisiológico implica integridad de estructuras y procesos fisiológicos que le permiten a la semilla mantenerse no sólo vivas, sino con alto índice de vitalidad (Garay, 1989); por lo tanto este componente hace referencia a las características de que la semilla sea viable, tenga alta capacidad de

germinación y vigor. Por su parte, Gabriel et al. (1997), hacen énfasis en que una buena calidad fisiológica de la semilla se manifiesta, en el cultivo a campo, a través de una emergencia uniforme y buen vigor de plantas, lo que favorece el establecimiento del cultivo y consecuentemente una mayor productividad.

El componente sanitario se refiere a que la semilla se encuentre libre de microorganismos portados en la semilla ya sea como contaminantes o asociados superficial o internamente. Moreno (1996) remarca que también pueden estar involucradas condiciones fisiológicas, tales como deficiencias de microelementos.

Las características físicas típicamente se asocian con la presencia o ausencia de cualquier contaminante distinto a la semilla (Garay, 1989). Algunas características son atributos o indicadores de la calidad de un lote de semillas como por ejemplo la pureza analítica, el peso de la semilla, y el contenido de humedad.

Germinación

En términos de tecnología de semillas, la germinación es definida como el desarrollo, a partir del embrión de la semilla, de una plántula con las estructuras esenciales que indican su capacidad para originar una planta

normal, cuando se le brindan condiciones favorables de crecimiento (Peretti, 1994).

La germinación de una semilla en una prueba de laboratorio es la emergencia y desarrollo de la plántula hasta un estado donde el aspecto de sus estructuras esenciales indican si es o no capaz para desarrollarse hasta una planta normal bajo condiciones favorables en el suelo (ISTA, 1996).

Hartman y Kester (1987), mencionan que para la iniciación de la germinación deben llenarse tres condiciones: la semilla debe ser viable; esto es, el embrión debe estar vivo y capaz de germinar; segundo, la semilla no debe estar en letargo ni el embrión quiescente; es decir, no deben existir barreras fisiológicas o físicas que induzcan letargo ni barreras químicas para la germinación; y tercero, la semilla debe estar expuesta a las condiciones ambientales apropiadas: disponibilidad de agua, temperatura adecuada, provisión de oxígeno y en ocasiones luz.

El ensayo de germinación proporciona información sobre el valor de las semillas en relación a su comportamiento a campo en condiciones agroclimáticas favorables, y permite la comparación de la máxima capacidad de siembra de diferentes lotes (Peretti, 1994).

Vigor

Según Cantliffe (1981), el vigor es definido como "aquellas propiedades de la semilla que determinan el potencial para una rápida y uniforme emergencia y desarrollo de plántulas normales bajo una amplia gama de condiciones de campo".

Lees (1980) menciona que la mayoría de las definiciones propuestas se centran en los efectos del vigor, la siguiente es una combinación precisa de dichas propuestas "el vigor es la propiedad de las semillas que les permite establecer poblaciones aceptables bajo condiciones de campo tanto óptimas como adversas".

Un vigor alto se relaciona con su genética y condiciones ambientales desde que la semilla inicia su desarrollo (Cantliffe, 1981); por su parte Perry (1983a) menciona que el vigor y la viabilidad pueden disminuir sobre la planta madre cuando se retrasa la cosecha y las semillas quedan expuestas a clima seco y húmedo alternados. Se ha mostrado que en condiciones de campo la diferencia de rendimiento entre semillas con vigor alto y vigor bajo puede ser de sólo 10 por ciento en situaciones en las que las condiciones adversas son mínimas; pero si éstas son severas, la diferencia de rendimiento puede pasar de 30 por ciento (Lees, 1980).

El objetivo del análisis de vigor es el de complementar la prueba de germinación de laboratorio y, de esta forma, determinar con mayor precisión el valor de una partida de semilla para la siembra a nivel de campo (Carver, 1983).

El valor principal del concepto de vigor de la semilla resulta de su aplicación a la semilla que se siembra en el campo, donde puede emplearse para describir diferencias observadas en el comportamiento de distintos lotes de semilla (Perry, 1983b). Finalmente, Esparza (1990) indica que los resultados de las pruebas de vigor son de mucha importancia en la toma de decisiones como: predicción de la capacidad potencial de almacenamiento, rechazo de lotes de semilla, renovación del "stock" de semillas, etc.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del Sitio Experimental

El trabajo de campo de la presente investigación se realizó durante el ciclo Otoño–Invierno 1998/1999 en dos localidades:

Rancho San Fernando ubicado en Paredón, Mpio. de Ramos Arizpe, Coah. Sus coordenadas geográficas son latitud Norte 25° 55' 39" y longitud Oeste 100° 54' 11"; con una altitud de 800 msnm (INEGI, 1998). El clima es muy seco, semicálido con invierno fresco, extremoso, con lluvias de verano. La temperatura media anual es de 21.4°C, con una precipitación total anual media de 173.5 mm (Mendoza, 1983).

El tipo de suelos esta clasificado como I+E+Rc/2 indicado como Litosol + Rendzina + Calcarico / Textura Media (CETENAL, 1977a).

Derramadero, Coah. que se ubica a 20 km al suroeste de la Cd. de Saltillo, Coah., sobre la carretera federal 54 a Zacatecas. Se localiza a los 25° 18' latitud Norte y 101° 18'35" longitud Oeste, a una altura de 1700 msnm (CETENAL, 1977b). La temperatura media anual es de 19.2 °C, los meses más

calurosos son de abril al mes de agosto. El período más frío se presenta de noviembre a febrero. La precipitación pluvial total anual es de 396.9 mm (Mendoza, 1983).

En base a las cartas publicadas por CETENAL (1977b) los suelos de Derramadero están clasificados como XI + Kh/3 indicado como Luvico + Haplico/Textura Fina.

Cabe mencionar que en esta última localidad no se tuvo la respuesta esperada del cultivo, ya que el establecimiento de la plántula fue en un bajo porcentaje, atribuible esto a una alta concentración de sales en el agua de riego y a un fuerte ataque de roedores por lo que dicha localidad tuvo que ser eliminada.

El análisis de la calidad física y fisiológica de la semilla se realizó en el laboratorio de ensayo de semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (CCDTS – UAAAN) en Buenavista, Saltillo, Coah.

Materiales en Estudio

En el presente trabajo de investigación se utilizó semilla de un cultivar de cebolla, representada por los siguientes genotipos con diferente constitución genética:

- Early Supreme F₁ PRR: híbrido producido por la Compañía Sunseed, con una germinación de 88 por ciento del mes al Abril de 1997 y 99.99 de pureza en presentación de 100 mil semillas en lata herméticamente sellada, proporcionada por la casa comercial Productora Agropecuaria Harris, S.A. de C.V. con las siguientes características:

| | | | | | |
|-------------------|--------------|--------------------|----------------------|------------------|-------|
| Madurez | muy temprana | Color | blanca | Forma | globo |
| Tamaño | grande | Firmeza | firme | Pungencia | suave |
| Almacenaje | corto | Comentarios | híbrido más temprano | | |

- Generación F₂: producida por el método bulbo – semilla a partir del híbrido Early Supreme F₁ PRR durante el ciclo Otoño - Invierno 1997/1998 en Tonicato, Edo de México.
- Generación F₃: producida por el mismo método y derivada de la generación F₂ del mismo híbrido y producido en el mismo ciclo y localidad.

Producción de Plántula

Derramadero

La producción de plántula para esta localidad se realizó en invernadero ubicado en la UAAAN; las temperaturas oscilaron de 18°C en la noche a 25°C

durante el día. La siembra se efectuó en cajas de madera de 49x35x15 cm utilizando como sustrato comercial la mezcla sunchine nº 3. Durante el desarrollo de la plántula se hicieron aplicaciones cada tercer día en solución con el agua de riego aplicado en aspersion de fertilizantes foliares complejos (Aminoleaf) y nitrato de calcio. Para controlar y/o prevenir posibles plagas y enfermedades se aplicó el insecticida Folimat mezclado con el fungicida Previcur. Las plántulas se podaron en tres ocasiones para promover su engrosamiento.

Rancho San Fernando

La plántula producida para esta localidad fue realizada en un campo aledaño a este Rancho empleando para tal efecto el paquete tecnológico propio de la región que consistió en:

- Preparación de melgas.
- Siembra al voleo.
- Riego con cintilla.
- Aplicación del fungicida Tecto 60 para la controlar la presencia del hongo *Botritis sp.*
- La fertilización se hizo con urea (46 por ciento N) aplicado al voleo.

En esta etapa se apreciaron diferencias entre los genotipos en cuanto al vigor de la plántula en su establecimiento, siendo el genotipo F₃ el más

sobresaliente seguido por el genotipo F_2 y F_1 respectivamente para ambas localidades.

Diseño de Campo

Rancho San Fernando: La parcela total consistió de tres camas de 1.80 m de ancho por 10 m de largo con cuatro líneas de plantación separadas 0.45 m por cama, con una superficie total de 54 m². La parcela experimental comprendió un total de 10 líneas de plantación, eliminándose las ubicadas en las orillas por lo que le correspondió una superficie de 45 m².

| | | | |
|----|----------------|----------------|----------------|
| R3 | F ₁ | F ₃ | F ₂ |
| R2 | F ₃ | F ₁ | F ₂ |
| R1 | F ₁ | F ₂ | F ₃ |

Derramadero: Aun cuando esta localidad fue eliminada la parcela total consistió de tres surcos de 1.0 m de ancho por 7.0 m de largo con una superficie de 21 m².

| | | | |
|----|----------------|----------------|----------------|
| R4 | F ₂ | F ₁ | F ₃ |
| R3 | F ₂ | F ₃ | F ₁ |
| R2 | F ₂ | F ₁ | F ₃ |
| R1 | F ₁ | F ₂ | F ₃ |

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

En el trabajo de campo se utilizó el diseño experimental en bloques completos al azar con tres repeticiones, cuyo modelo lineal es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = Es el valor que adquiere el i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición.

μ = El efecto de la media general.

τ_i = Efecto debido al i -ésimo tratamiento, los genotipos de cebolla.

β_j = Efecto debido al j - ésimo bloque.

ε_{ij} = Efecto aleatorio.

Para el análisis de laboratorio se utilizó el diseño completamente al azar cuyo modelo lineal es el siguiente:

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

donde:

μ = efecto de la media general.

τ_i = efecto de los tratamientos, los genotipos de cebolla.

ε_{ij} = efecto del error experimental.

Labores Culturales

Preparación del Terreno

La preparación del terreno consistió de dos barbechos, un paso de rastra, construyéndose posteriormente camas de 1.80 m de ancho colocándose dos cintillas por cama para el riego.

Plantación

Antes del trasplante la plántula fue protegida contra hongos de suelo con una solución fungicida a base de Previcur 1.5 ml más dos g de Prozicar por litro de agua.

El trasplante se realizó en seco el día siete de diciembre de 1998 a doble hilera a ambos lados de la cintilla de riego con una separación de 10 cm entre plantas.

Riegos

Al término de la plantación se inició el riego por cintilla, los riegos posteriores se proporcionaron aproximadamente cada cinco días según lo requirió la planta.

Fertilización

La fórmula aplicada fue 225 – 120 – 220 en tres partes: la primera fertilización se realizó a los 47 días de plantado con la fórmula 80 – 80 – 80 empleando como fuente 17 – 17 – 17; en la segunda fertilización se aplicó la fórmula 100 – 40 – 80 a los 35 días después de la primera empleando como fuentes 17 – 17 – 17, nitrato de amonio (33.5 por ciento) y sulfato de potasio (50 por ciento); y la tercera se realizó con la fórmula 45 – 00 – 60 a los 29 días

después de la segunda, usando como fuentes nitrato de amonio (33.5 por ciento) y sulfato de potasio (50 por ciento).

Cultivos

El control de malezas se llevó a cabo en forma manual, asimismo se realizaron dos pasos de cultivadora. En la etapa de crecimiento del bulbo se le dio una pasada con azadón para cubrir los bulbos y evitar el verdeo por efecto de la luz solar.

Control de Plagas y Enfermedades

Por lo que se refiere al ataque de plagas solamente se presentó un ataque de trips (*Trips tabaci*) que fue controlado con aplicaciones del insecticida Folimat mezclado con el insecticida a base de aceite de Neem habiendo sido necesario realizar cinco aplicaciones con un intervalo de quince días.

No se presentaron enfermedades, sin embargo se realizaron aplicaciones preventivas a base del fungicida Prozicar cada quince días realizándose en total cinco aplicaciones.

Cosecha

Antes de la cosecha fueron seleccionadas 50 plantas con competencia completa por parcela experimental, las cuales fueron marcadas. La cosecha de

las plantas se realizó al observarse aproximadamente un 80 por ciento de hojas dobladas como un indicativo de su madurez, lo cual ocurrió a los 201 días después de la siembra del almácigo y 138 días después de la plantación.

Características de la Planta Evaluadas en Campo

En la última fase de desarrollo del cultivo fueron seleccionadas 50 plantas al azar con competencia completa por parcela experimental, las 50 plantas marcadas con anterioridad representan el tamaño de muestra por parcela sumando 450 plantas en las tres repeticiones por localidad las que fueron consideradas para los análisis subsecuentes a fin de evaluar el comportamiento de los genotipos bajo estudio.

Altura de Planta

A cada planta le fue tomada esta variable y para tal efecto se utilizó una cinta métrica midiéndose desde el cuello hasta la punta de las hojas. Esta variable se estimó en un total de 450 plantas.

Diámetro Ecuatorial

Esta variable se tomó con el vernier en cm con un decimal, considerando la parte más ancha de cada bulbo perpendicularmente a los ejes del cuello/raíz (Grant y Carter, 1997). El número de plantas evaluadas fue de 450.

Diámetro Polar

Esta característica fue tomada con el vernier en cm con un decimal, desde la base del tallo hasta la base del cuello del bulbo. En total se evaluaron 450 plantas.

Número de Hojas

Para esta variable fueron consideradas todas las hojas presentes de cada una de las 450 plantas seleccionadas. Una vez tomada la lectura las hojas de cada bulbo fueron cortadas desde la base del cuello.

Peso

Para tal efecto fue empleada la báscula granataria pesando cada uno de los bulbos de las 450 plantas seleccionadas el resultado se expreso en g con un decimal.

Forma del Bulbo

Esta variable fue tomada en forma visual, tomando como referencia la clasificación por formas del bulbo usada por Dessert Seed, (1982). El resultado se expreso en número de bulbos para cada forma como se aprecia en la Fig 3.1.

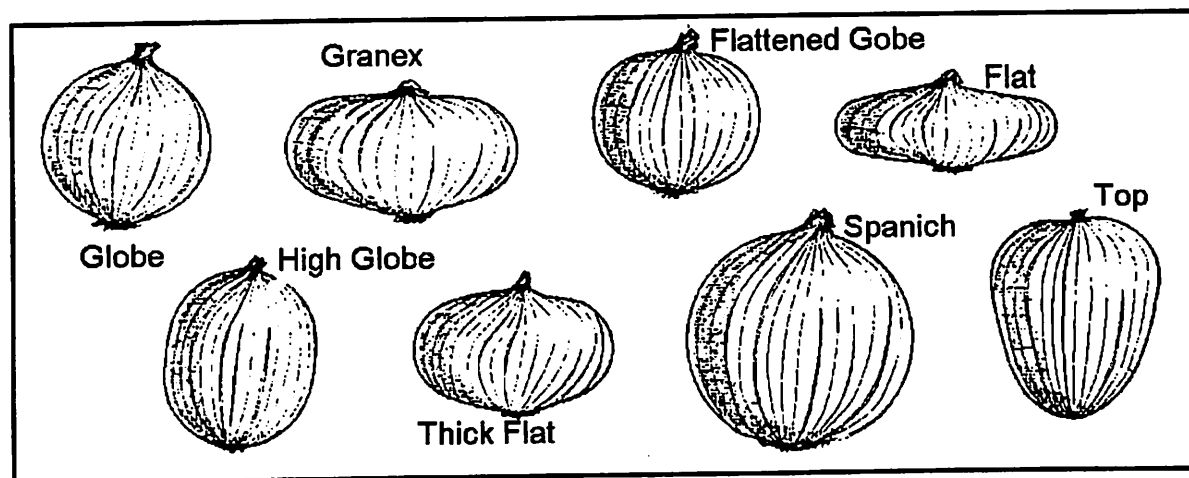


Figura 3.1 Clasificación de las diferentes formas del bulbo, (Dessert Seed, 1982).

Tamaño del Bulbo

Los bulbos cosechados fueron clasificados en base al diámetro del bulbo, para tal efecto se midió el diámetro en cm de cinco bulbos por repetición para un total de 15 bulbos y del promedio de las lecturas fueron clasificados de la siguiente forma en jumbo (10.1 cm), extra (8.3 cm), primera (8.1 cm), segunda (7.2 cm), tercera (6.4 cm) y desecho (5.8 cm) que es como el agricultor clasifica en el campo.

Planta con Flor

Esta variable fue cuantificada en forma visual en todo el campo donde fue conducido este experimento al observarse el vástago floral de las plantas que así lo manifestaron. Este dato se cuantificó antes de iniciar la cosecha, los resultados se transformaron a porcentaje.

Bulbo Doble

Esta variable fue cuantificada al observarse más de un punto de crecimiento en el tallo de cada bulbo cosechado y confirmado al hacer un corte transversal del mismo, el resultado se transformo en porcentaje.

Rendimiento

El rendimiento se estimo en base al peso promedio de los bulbos cosechados que en total fueron 150 por genotipo. El resultado se reportó en ton ha⁻¹.

Características de la Semilla Evaluadas en el Laboratorio

En el laboratorio de análisis de semillas del CCDTS – UAAAN se evaluó la calidad física y fisiológica de la semilla de cada genotipo considerando las siguientes variables:

Calidad Física

Peso de Mil Semillas (PMS).

Esta variable fue cuantificada pesando ocho repeticiones de 100 semillas de cada genotipo, después se cálculo el PMS promediando las ocho

repeticiones y multiplicado por diez, se obtuvo el PMS que expresó en gramos. El coeficiente de variación no fue superior a cuatro (Moreno, 1996).

Peso Volumétrico.

Se estimó en un vaso de precipitado de 250 ml que aforado al ras dio un volumen de 268 ml de agua. Considerando este volumen, fue llenado dicho vaso con la semilla al ras, realizando dos repeticiones por genotipo para posteriormente obtener el peso volumétrico en kg hl^{-1} .

Tamaño de la semilla.

Esta característica se evaluó midiendo con el vernier la longitud por el ancho de diez semillas con cuatro repeticiones por genotipo, después se obtuvo el promedio expresado en mm.

Peso y por ciento de Semilla Pura.

Para calcular estas variables la semilla de cada genotipo se homogeneizó en un divisor de suelo hasta obtener un tamaño de muestra de 80 g ajustado en la báscula; después por el método de mezcla y reducción manual se calculó un peso de ocho g como la muestra de trabajo (Moreno, 1996) de donde fueron separadas las impurezas presentes; posteriormente la semilla

pura fue pasada por el separador neumático por dos minutos a 3.5 cm de abertura para separar semilla vana; los resultados obtenidos tanto de impurezas como de semilla vana fueron expresados en porcentaje.

Calidad Fisiológica

Con el objetivo de observar la máxima expresión del potencial de la semilla de cada genotipo en el laboratorio, se realizaron pruebas preliminares de germinación estándar según la metodología de ISTA (1996), observándose que en las pruebas entre hojas de papel y enrolladas se tenía dificultad para la toma de datos por lo que se optó por llevar a cabo estas pruebas en charolas de 43.5 x 30 cm con tres papeles (dos abajo y uno encima para cubrir la semilla) para el mejor desarrollo de las plántulas y una mejor toma de datos. Afinada esta modalidad de la prueba de germinación estándar, se evaluaron en ella los genotipos y se tomaron en el mismo ensayo las diferentes variables.

Indice de Velocidad de Germinación (IVG).

Para estimar esta variable se sembró en las charolas cuatro repeticiones de cien semillas por genotipo, colocándolas en tres líneas separadas seis cm, con dos líneas de 33 y una de 34 semillas, las cuales se colocaron en la cámara de germinación a 25°C manteniendo una humedad constante del papel.

En total se realizaron 12 conteos a partir de la siembra, el resultado se expresó en número de semillas germinadas fisiológicamente, posteriormente se cálculo el IVG mediante el método propuesto por Maguire (1962):

$$IVG = \sum \frac{\text{N}^\circ \text{ de semillas germinadas}}{\text{día del primer conteo}} + \dots + \frac{\text{N}^\circ \text{ de semillas germinadas}}{\text{día del conteo final}}$$

Germinación Estándar.

La germinación estándar se estimó, anotando las plántulas normales al primer conteo a los seis días después de la siembra, un segundo conteo de plántulas normales se realizó a los 12 días de la prueba, estimando germinación normal, con la suma de plántulas normales del primero y segundo conteo, y se anotaron además las plántulas anormales y semillas muertas. Los resultados se expresaron en porcentaje.

Peso Seco Total.

Esta característica fue estimada del total de plántulas normales por repetición obtenidas al conteo de la germinación estándar y consistió en colocar dichas plántulas en cajas petri por 24 h al medio ambiente para posteriormente ser secadas a 80°C en la estufa por 24 h; y después de enfriarse se pesaron en una balanza analítica, el resultado se expresó en mg por plántula que se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Peso seco (mg/plántula)} = \frac{\text{Peso seco total}}{\text{N}^\circ \text{ de plántulas}} \times 1000$$

Deterioro Controlado.

Para el ensayo del vigor mediante deterioro controlado se determino primeramente el contenido de humedad (C.H) de la semilla de cada genotipo mediante el método de secado en la estufa de una etapa (Moreno, 1996). El contenido de humedad se cálculo mediante la fórmula:

$$\frac{P2 - P3}{P2 - P1} \times 100 = \% \text{ de humedad (con base en peso húmedo)}$$

Donde: P1 = Peso en g de la caja y su tapa de aluminio.

P2 = Peso en g de la caja y su tapa de aluminio y semilla

P3 = Peso en g de la caja y su tapa de aluminio y semilla después del secado en la estufa.

Una vez determinado el C.H. de la semilla, se procedió a calcular la cantidad de agua por añadir al número de semillas necesarias para la prueba mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Cantidad de agua(ml)} = \frac{100 - \text{humedad inicial de la semilla (\%)}}{100 - \text{humedad deseada en la semilla (\%)}} - 1 \times \text{Peso de semilla (g)}$$

Después de agregar el agua calculada a cada repetición, se selló la semilla puesta en bolsas de polietileno dobles y se colocaron en el refrigerador

durante 15 h para posteriormente someter al deterioro al colocarlas sumergidas en agua a 45°C por 24 h (Moreno, 1996); tiempo después del cual se sacaron de los envases y se sembraron en el ensayo de germinación descrito. Las plántulas normales obtenidas correspondieron a las semillas con alto vigor, tomando el mismo criterio de evaluación del ensayo de germinación estándar.

RESULTADOS Y DISCUSION

A fin de determinar las diferencias de los tratamientos (genotipos F₁, F₂, y F₃) para cada una de las variables evaluadas, se realizaron los análisis de varianza respectivos para cada una de ellas.

Variables Agronómicas

En el Cuadro 4.1 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza así como su significancia para las variables de campo. Se observa que los tratamientos presentan diferencias significativas $P(\leq 0.05)$ para las variables diámetro ecuatorial (DIAEC), peso de bulbo (PESO); y significancia $P(\leq 0.01)$ para la variable número de hojas (HOJA); en tanto que las variables altura de planta (APTA) y diámetro polar (DIAPOL) no mostraron diferencias estadísticas entre los tratamientos. El coeficiente de variación que para el diámetro polar fue de 12.1 por ciento como el valor más bajo, seguido por la altura de planta con un 12.6 por ciento, diámetro ecuatorial 14.2 por ciento, número de hojas 18.0 por ciento y peso del bulbo con un 34.6 por ciento como el valor más alto.

Las medias de los tratamientos para las variables de campo se presentan en el Cuadro 4.2 así como la media general y el error estándar.

Cuadro 4.1 Cuadrados medios del análisis de varianza de las variables de campo evaluadas de los genotipos de cebolla, Rancho San Fernando. 1999.

| F.V. | gl | APTA ¹ | DIAEC ¹ | DIAPOL [±] | HOJA [§] | PESO [‡] |
|--------------|-----|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| Repeticiones | 2 | 50.9 ns | 1.3 ns | 6.3 ** | 2.7 ns | 9986.1 ns |
| Genotipos | 2 | 165.6 ns | 3.6 * | 0.5 ns | 11.3 ** | 22259.8 * |
| Error | 445 | 67.6 | 1.1 | 0.9 | 2.3 | 6035.1 |
| C.V. (%) | | 12.6 | 14.2 | 12.1 | 18.0 | 34.6 |

*, ** = significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente.

ns = no significativo.

¹APTA = Altura de planta.

¹DIAEC = Diámetro ecuatorial del bulbo.

[±]DIAPOL = Diámetro polar del bulbo.

[§]HOJA = Numero de hojas.

[‡]PESO = Peso de bulbo.

Cuadro 4.2 Medias de los tratamientos para las variables de campo evaluadas de los genotipos de cebolla.

| GENOTIPO | APTA (cm) | DIAEC (cm) | DIAPOL (cm) | HOJA (nº/pta) ¹ | PESO (g) |
|----------------|----------------------|---------------|----------------|-------------------------------|-------------|
| F ₁ | 66.68 a [±] | 7.58 a | 7.99 a | 8.53 a | 233.85 a |
| F ₂ | 64.87 a | 7.28 b | 7.88 a | 8.10 b | 210.87 b |
| F ₃ | 64.86 a | 7.50 ba | 7.98 a | 8.60 a | 229.37 a |
| Media | 65.47 | 7.45 | 7.95 | 8.41 | 224.60 |
| Error Estándar | 0.67 | 0.09 | 0.08 | 0.12 | 6.34 |
| DMS | 1.87 | 0.24 | 0.22 | 0.34 | 1.97 |

¹Nº de hojas por planta.

[±]Medias para una misma variable seguidas por la misma letra son estadísticamente iguales (DMS $\alpha = 0.05$).

Altura de Planta

La comparación de medias para esta variable no muestra diferencias estadísticas entre los genotipos evaluados, sin embargo, se puede apreciar una mayor altura en el híbrido F_1 seguido por el genotipo F_2 y F_3 respectivamente. En este resultado puede aseverarse una mayor uniformidad en los datos de altura de la F_1 como una respuesta del vigor híbrido de este genotipo.

Diámetro Ecuatorial

Dentro de la variable diámetro ecuatorial del bulbo se pueden apreciar diferencias entre los genotipos, presentando diferencias estadísticas los genotipos F_1 vs F_2 . Esta respuesta era de esperarse ya que se puede apreciar un mayor diámetro en el híbrido F_1 ; este comportamiento puede interpretarse como una respuesta del vigor híbrido de este genotipo dando como resultado un mayor tamaño y uniformidad del bulbo. Reyes (1985), indica que los individuos de la F_1 tienen el mismo genotipo y la variación que se manifieste será atribuible al medio ambiente y en la generación F_2 la manifestación del vigor decrece y la variación aumenta como resultado de la segregación por lo que la variación es atribuible tanto a causas genéticas como ambientales. Para De Visser y Van den Berg (1998) el tamaño del bulbo es considerado un aspecto importante de la calidad de la cebolla, en general son preferidas las cebollas grandes (e . g., >60 mm). Por su parte Vidyasagar (1993), trabajando

con los componentes de rendimiento de 22 cultivares de cebolla encontró que el diámetro ecuatorial tuvo un efecto directo sobre el rendimiento de bulbo seguido por la forma, tamaño y número de hojas.

Número de Hojas

En la variable número de hojas se observaron diferencias estadísticas significativas entre los genotipos. El híbrido F_1 y la generación avanzada F_3 se agruparon en un solo grupo con la misma literal por lo que estadísticamente son iguales presentando el mayor número de hojas; no así F_2 que resultó con el menor número de hojas por planta. El vigor híbrido para esta variable no se ve de manifiesto en la F_1 en contraposición de los genotipos F_2 y F_3 en los que era de esperarse un comportamiento similar entre ellos como respuesta a la segregación y al medio ambiente. Al presentar un mayor número de hojas se puede inferir en una capacidad de generar más fotosintatos lo que repercute en un valor más alto en las variables de la planta evaluadas.

Peso

En la variable peso del bulbo se encontró diferencias estadísticas significativas ya que tanto los genotipos F_1 y F_3 se agrupan bajo la misma literal con un mayor peso respectivamente, no así F_2 que reporta el menor peso, situación que no se esperaba ya que en esta generación era de esperarse un similar peso en comparación al genotipo F_3 . Al estimar el rendimiento de cada

genotipo se obtuvieron los siguientes resultados: F_1 con 52 ton ha^{-1} , F_2 con 47 ton ha^{-1} y F_3 con un rendimiento de 51 ton ha^{-1} . A este respecto Allard (1980), menciona que en teoría se alcanza el equilibrio genético tan pronto como los híbridos se reproducen, entonces la generación F_3 debería tener el mismo rendimiento que la generación F_2 .

Forma del Bulbo

En el Cuadro 4.3 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza. Se encontraron diferencias estadísticas $P(\leq 0.05)$ entre los tratamientos solo para la forma top; en tanto que en el resto de las formas no presentaron diferencia estadística.

Cuadro 4.3 Cuadrados medios del análisis de varianza para la variable forma del bulbo de los genotipos de cebolla.

| F.V. | gl | FORMA DEL BULBO | | | | |
|--------------|----|-----------------|--------|--------|------------|------------|
| | | GLOBE | TOP | GRANEX | HIGH GLOBE | THICK FLAT |
| Repeticiones | 2 | 33.8 ns | 5.4 ns | 0.1 ns | 7.0 ns | 23.4 ns |
| Genotipos | 2 | 106.8 ns | 27.4 * | 0.4 ns | 16.3 ns | 7.4 ns |
| Error | 4 | 17.8 | 3.8 | 0.3 | 13.3 | 5.9 |

ns = no significativo.

* = significativo al 0.05 de probabilidad.

Al analizar el Cuadro 4.4 de las medias de los tratamientos nos permite apreciar que los genotipos F_1 y F_2 presentan diferencias estadísticas para la

forma globe, diferencia que se esperaba más marcada en el híbrido F_1 , dado que así se le reporta en su descripción varietal al presentar como característica del bulbo con esta forma por lo tanto la ocurrencia de otro tipo de formas es atribuible a las condiciones ambientales, y en la generación avanzada F_2 al manifestar la máxima variabilidad genética, la media resultante fue la más baja. En la forma top se encontró significancia estadística en el análisis de varianza y la prueba de medias nos determino que los genotipos F_1 y F_3 son iguales y diferentes estadísticamente a F_2 lo que es atribuible a su constitución genética. Esta forma no es deseable ya que se traduce en un valor de mercado más bajo.

Cuadro 4.4 Medias de la variable forma de bulbo de los genotipos de cebolla.

| GENOTIPO | GLOBE ¹ | GRANEX | HIGH GLOBE | THICK FLAT | TOP |
|----------------|---------------------|--------|------------|------------|--------|
| F_1 | 42.7 a [‡] | 0.7 a | 1.0 a | 0.0 a | 5.7 b |
| F_2 | 31.0 b | 0.7 a | 5.7 a | 2.3 a | 10.3 a |
| F_3 | 39.0 ab | 0.0 a | 3.3 a | 3.0 a | 4.7 b |
| Media | 37.5 | 0.4 | 3.3 | 1.8 | 6.9 |
| Error Estándar | 2.4 | 0.3 | 2.1 | 1.4 | 1.1 |
| DMS | 9.6 | 1.2 | 8.3 | 5.5 | 4.4 |

¹Las medias corresponden a las frecuencias para cada forma.

[‡]Medias para una misma variable seguidas por la misma letra son estadísticamente iguales (DMS $\alpha = 0.05$).

En el Cuadro 4.5 se presentan el porcentaje correspondiente a cada una de las formas cuantificadas de los bulbos evaluados siendo evidente la superioridad de la forma globe en el híbrido F_1 con un 85.4

por ciento, F₃ con 78 por ciento y F₂ con un 62 por ciento. Es de notarse que el genotipo F₂ presenta más variabilidad en las distintas formas seguido de F₃ y F₁ respectivamente.

Grant y Carter (1997) hacen énfasis en que la forma del bulbo es una característica importante para su aceptación en el mercado por su apariencia y además porque se facilita su empaque y concluyen que tanto influencias genéticas como ambientales determinan la forma del bulbo.

Cuadro 4.5 Resultados en por ciento de las diferentes formas de los bulbos cosechados de los genotipos de cebolla.

| FORMAS | GENOTIPOS | | |
|------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | F ₁ (%) | F ₂ (%) | F ₃ (%) |
| GLOBE | 85.4 | 62.0 | 78.0 |
| GRANEX | 1.3 | 1.3 | 0.0 |
| HIGH GLOBE | 2.0 | 11.3 | 6.7 |
| THICK FLAT | 0.0 | 4.7 | 6.0 |
| TOP | 11.3 | 20.7 | 9.3 |

Tamaño del Bulbo

En el Cuadro 4.6 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza para las diferentes categorías del bulbo. Se puede observar que no

existen diferencias entre los genotipos y los diferentes tamaños de clasificación comercial.

Cuadro 4.6 Cuadrados medios del análisis de varianza para las categorías de tamaño del bulbo de los genotipos de cebolla.

| F.V. | gl | JUMBO | EXTRA | PRIMERA | SEGUNDA | TERCERA | DESECHO |
|--------------|----|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Repeticiones | 2 | 0.3 ns | 10.1 ns | 1.8 ns | 15.4 ns | 1.8 ns | 7.1 ns |
| Genotipos | 2 | 1.0 ns | 0.1 ns | 41.4 ns | 37.4 ns | 10.1 ns | 7.1 ns |
| Error | 4 | 0.3 | 11.6 | 17.9 | 16.3 | 17.9 | 7.1 |

ns = no significativo.

En el Cuadro 4.7 se presentan las medias de los genotipos donde se observa diferencias estadísticas en los bulbos de segunda entre los genotipos F₂ y F₃. Para las demás clasificaciones no se aprecian diferencias estadísticas.

Cuadro 4.7 Medias de la variable tamaño del bulbo de los genotipos de cebolla.

| GENOTIPO | JUMBO ¹ | EXTRA | PRIMERA | SEGUNDA | TERCERA | DESECHO |
|----------------|--------------------|-------|---------|---------|---------|---------|
| F ₁ | 0.0 a | 8.0 a | 17.0 a | 15.7 ab | 9.3 a | 0.0 a |
| F ₂ | 0.0 a | 8.0 a | 18.3 a | 11.3 b | 12.3 a | 0.0 a |
| F ₃ | 1.0 a | 7.7 a | 11.3 a | 18.3 a | 9.0 a | 2.7 a |
| Media | 0.3 | 7.9 | 15.6 | 15.1 | 10.2 | 0.9 |
| Error Estándar | 0.3 | 1.9 | 2.5 | 1.5 | 2.5 | 1.5 |

¹Las medias corresponden a las frecuencias para cada tamaño del bulbo.

Planta con Flor

Esta variable es muy importante ya que repercute drásticamente al verse disminuido el rendimiento y calidad del bulbo. El híbrido F_1 presentó un 11.8 por ciento; F_2 , 17.6 por ciento y F_3 , 70.6 por ciento de floración, este resultado puede ser atribuible como una respuesta a las condiciones del medio ambiente así como al grado de segregación que han sufrido los genotipos F_2 y F_3 , y posiblemente a una baja presión de selección para esta característica durante el proceso de producción de semilla. En cuanto al genotipo F_1 este porcentaje puede deberse al origen de este lote de semilla en particular ya que no es muy común observar floración en campos comerciales con este material.

Pike (1986), señala que la resistencia a la brotación es importante para evitar la pérdida del cultivo por la formación de tallos florales en la producción de bulbos y debe evitarse con una presión de selección constante. Esta aseveración no concuerda con los resultados obtenidos ya que el genotipo F_3 aun con el porcentaje de floración más alto no se vio mermado en su rendimiento en comparación a los demás genotipos.

Bulbo Doble

Esta es una característica no deseable ya que también provoca mermas en la calidad del bulbo, los genotipos presentaron los siguientes

resultados: F₁ con 11.1 por ciento, F₂ con 22.2 por ciento y F₃ que presento el valor más alto con 66.7 por ciento. Pike (1986), indica que un sólo centro es importante para una buena producción de bulbos y por consiguiente una mayor capacidad de almacenamiento. A este respecto Miguel y López (1987) mencionan que no son bien conocidas las condiciones en las que se producen varios ápices de crecimiento y salen varios brotes dando lugar a bulbos dobles o múltiples. Igualmente algunas variedades tienen mayor tendencia que otras a dar varios brotes.

Características de la Semilla Evaluadas en el Laboratorio

Calidad Física

El resultado del análisis de varianza para las variables peso de mil semillas (PMS), peso volumétrico (PV) y tamaño de semilla se presenta en el Cuadro 4.8. Aquí se puede observar que existen diferencias significativas $P(\leq 0.01)$ entre los genotipos para las variables anteriores. Por lo que se puede afirmar que la semilla de los genotipos difiere en sus niveles de calidad física como consecuencia del origen de la misma. El coeficiente de variación que resulto de este análisis es de 0.50 por ciento como el más bajo y que le corresponde al peso volumétrico, 2.12 por ciento para el peso de mil semillas y en cuanto al tamaño de semilla de 5.68 por ciento en el largo y 8.43 por ciento para el ancho respectivamente.

Cuadro 4.8 Cuadrados medios del análisis de varianza de las variables de calidad física de los genotipos de cebolla, CCDTS-UAAAN 1999.

| F.V. | gl | PMS [†] | gl | PV [‡] | TAMAÑO DE SEMILLA | |
|-----------|----|------------------|----|-----------------|-------------------|-----------------|
| | | | | | gl | LARGO ANCHO |
| Genotipos | 2 | 0.0055 ** | 2 | 10.63 ** | 2 | 0.30 ** 0.20 ** |
| Error | 21 | 0.0001 | 3 | 0.05 | 117 | 0.03 0.03 |
| C.V. (%) | | 2.12 | | 0.50 | | 5.68 8.43 |

** = significativo al 0.01 de probabilidad.

†PMS = Peso de mil semillas.

‡PV = Peso volumétrico.

Las medias de los tratamientos para las variables de calidad física se presentan en el Cuadro 4.9.

Cuadro 4.9 Medias de los tratamientos, de las variables de calidad física de los genotipos de cebolla.

| GENOTIPO | PMS (g) | PV (kg hl ⁻¹) | TAMAÑO DE SEMILLA | |
|----------------|--------------------|------------------------------|-------------------|---------------|
| | | | LARGO (mm) | ANCHO (mm) |
| F ₁ | 3.6 c [‡] | 45.04 c | 3.25 a | 2.18 b |
| F ₂ | 3.9 b | 49.56 a | 3.11 b | 2.14 b |
| F ₃ | 4.2 a | 46.51 b | 3.27 a | 2.27 a |
| Media | 3.9 | 47.03 | 3.21 | 2.19 |
| Error Estándar | 0.003 | 0.165 | 0.029 | 0.029 |
| DMS | 0.01 | 0.74 | 0.08 | 0.08 |

‡Medias para una misma variable seguidas por la misma letra son estadísticamente iguales (DMS $\alpha = 0.05$).

Peso de Mil Semillas (PMS).

Para la variable PMS se pueden observar diferencias estadísticas entre los genotipos presentando la media más alta la semilla del genotipo F₃, seguido por la F₂ y F₁ respectivamente. Este resultado hace suponer que el lote del híbrido F₁ en particular la selección le correspondió un tamaño chico de semilla y que en los materiales de generaciones avanzadas durante el proceso de beneficio a que fueron sometidas fue en forma rústica sin el empleo de equipo para este propósito. George (1989) reporta que el peso de mil semillas es del orden de 3.6 g concordando con el resultado obtenido del peso del genotipo F₁. Para muchas especies entre las que se incluye cebolla, el peso de la semilla es una característica tomada como base para separar semillas que originan plantas de mayor vigor y/o producción (Gabriel *et al.* 1997); esto confirma lo observado en la etapa de producción de la plántula de esta investigación donde el mayor vigor lo mostró el genotipo F₃, seguido por el genotipo F₂ y F₁ respectivamente.

Peso Volumétrico.

En cuanto al peso volumétrico de los genotipos estos se agruparon en tres grupos, indicando diferencias estadísticas presentando la media más alta la semilla F₂ con 49.56 kg hl⁻¹, F₃ con 46.51 kg hl⁻¹ y F₁ con 45.04 kg hl⁻¹.

Shinohara (1989) menciona que el peso de la semilla de cebolla es de 450 g por litro, valor que concuerda con lo obtenido para el genotipo F₁.

Sobre este parámetro de calidad, Diehl et al. (1982) indica que la densidad de las semillas puede ser un dato importante, tanto desde el punto de vista técnico como comercial ya que nos puede revelar en muchos casos un aspecto de la calidad (grado de limpieza y selección, reservas de la semilla, sanidad, tamaño, estado de madurez, etc.).

Tamaño de semilla.

Por lo que respecta al tamaño de semilla se pueden apreciar diferencias estadísticas tanto en el largo como ancho de la semilla. El tamaño más grande de la semilla lo reporta F₃ con 3.27 x 2.27 mm, F₁ con 3.25 x 2.18 mm y F₂ con 3.11 x 2.14 mm. Sobre el particular Gabriel et al. (1997) menciona que para la semilla de cebolla, en general, se ha definido su "tamaño" en función de su peso, expresado como el peso de mil semillas (PMS), y se ha determinado la influencia de este sobre su calidad y producción.

Gil et al. (1991) observó que el tamaño grande de la semilla está asociado con un incremento en la emergencia. Por su parte, Gabriel et al. (1997) reporta que el poder germinativo se incrementa linealmente a medida que el diámetro de la semilla aumentaba y que hay un mayor efecto de la clasificación por diámetro de la semilla, que de la clasificación por peso, sobre

la emergencia y vigor de las plantas, la maduración de bulbo, el rendimiento y la calidad del producto comercial.

Peso y por ciento de Semilla Pura.

El análisis de la semilla del genotipo F_1 no arrojó impurezas por lo que es semilla con un 100 por ciento de pureza, esto es un buen indicativo de las bondades de la certificación de las semillas comerciales, en cuanto a F_2 y F_3 el porcentaje de pureza fue de 99.9 para ambos genotipos que a pesar de que no son materiales certificados es un excelente resultado lo que se traduce en beneficios para el productor que hace uso de estos materiales. En cuanto al porcentaje de semilla liviana se obtuvieron los siguientes resultados F_1 con 0.5, F_2 con 0.5 y F_3 con 3.4.

Calidad Fisiológica

El resultado obtenido del análisis de varianza para las variables germinación estándar (GERM), índice de velocidad de germinación (IVG), deterioro controlado (DETCON) y peso seco (PSECO) se presentan en el Cuadro 4.10. Se puede observar diferencias significativas $P(\leq 0.01)$ entre los tratamientos para este grupo de variables lo que presupone diferentes niveles de calidad fisiológica de la semilla.

Cuadro 4.10 Cuadrados medios del análisis de varianza de las variables de calidad fisiológica de los genotipos de cebolla.

| F.V. | g.l | GERM [†] | IVG [¶] | DETCO [§] | PSECO [‡] |
|-----------|-----|-------------------|------------------|--------------------|--------------------|
| Genotipos | 2 | 1568.6 ** | 106.2 ** | 6799.0 ** | 0.2 ** |
| Error | 9 | 73.6 | 0.8 | 14.3 | 0.003 |
| C.V. (%) | 11 | 11.5 | 2.7 | 7.4 | 3.0 |

* , ** = significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente.

[†]GERM = Germinación estándar.

[¶]IVG = Índice de velocidad de germinación.

[§]DETCO = Deterioro controlado.

[‡]PSECO = Peso seco.

En el Cuadro 4.11, se presentan las medias de los tratamientos de estas variables.

Cuadro 4.11 Medias de los tratamientos, de las variables de calidad fisiológica de los genotipos de cebolla.

| GENOTIPO | GERM (%) | IVG | DETCO (%) | PSECO (mg/pta) |
|----------------|----------------------|---------|-----------|----------------|
| F ₁ | 52.50 b [‡] | 26.95 c | 4.00 b | 1.4961 b |
| F ₂ | 90.25 a | 36.62 a | 78.00 a | 1.9311 a |
| F ₃ | 81.75 a | 34.85 b | 72.50 a | 1.9205 a |
| Media | 74.83 | 32.81 | 51.50 | 1.7826 |
| Error Estándar | 6.07 | 0.63 | 2.68 | 0.04 |
| DMS | 13.72 | 1.42 | 6.06 | 0.09 |

[‡]Medias para una misma variable seguidas por la misma letra son estadísticamente iguales (DMS $\alpha = 0.05$).

Germinación Estándar.

En la germinación no se observaron diferencias estadísticas entre los genotipos F_2 y F_3 , sin embargo, el híbrido F_1 resultó con la media más baja con un 52.5 por ciento a pesar de que la semilla se encontraba envasada en lata sellada herméticamente, por lo que una de las posibles causas de este resultado pudiera ser como consecuencia de que este lote y/o lata de semilla no recibió un adecuado acondicionamiento y/o almacenamiento ya que la etiqueta reporta un 88 por ciento de germinación. A este respecto Stanwood y Sowa (1995) señalan que el deterioro de la semilla ocurre por la acumulación de eventos bioquímicos y biofísicos a través del tiempo, resultando en una pérdida de la germinación. Estos eventos pueden ocurrir en paralelo y/o en serie. Dentro de las teorías del deterioro tal como (1) pérdida de la integridad de las membranas; (2) agotamiento de las reservas alimenticias; (3) pérdida de los promotores de la germinación; (4) degradación de las macromoléculas; (5) oxidación de los precursores metabólicos; y (6) la acumulación de compuestos tóxicos, son sólo algunas de ellas.

Índice de Velocidad de Germinación.

El índice de velocidad de germinación mostró diferencias estadísticas entre los tres tratamientos presentando la media más alta el genotipo F_2 , seguido por F_3 y F_1 respectivamente. Este resultado se ve de

manifiesto en la germinación ya que igualmente la semilla del genotipo F_2 presentó la media más alta lo que puede deberse al hecho de que fue producida recientemente y tuvo un buen beneficio al igual que el genotipo F_3 y con respecto al híbrido F_1 es de suponerse que el resultado tan bajo fue como consecuencia a la calidad fisiológica que presento en su respectivo análisis. Peretti (1994), menciona que a mayor velocidad de germinación se tiene un mayor vigor. Bajo esta premisa se puede deducir un rápido establecimiento de la semilla que presente el índice de velocidad de germinación más alto una vez sembrada.

Deterioro Controlado.

En cuanto al vigor estimado después del deterioro controlado, los genotipos F_2 y F_3 estadísticamente son iguales aunque con una media superior para F_2 , por su parte la semilla del híbrido F_1 presento un valor medio muy bajo lo que es atribuible a que su calidad fisiológica se encuentra en valores bajos presuponiéndose que este lote en particular tiene mucho tiempo en almacén.

Benerjee (1978), de sus observaciones sobre el deterioro de la semilla de cebolla encontró que éste se inicia en la punta del cotiledón progresando hacia el mesocotilo.

Peso Seco.

Por lo que respecta al peso seco de plántulas igualmente los genotipos F_2 y F_3 no mostraron diferencias estadísticas al ser agrupados bajo la misma literal con el valor medio más alto a diferencia de F_1 que mostró la media más baja. Este resultado refleja una mayor cantidad de reservas disponibles en la semilla lo que se traduce en un más alto vigor y como resultado mayor capacidad de producir peso seco.

De acuerdo con la AOSA (1983), la semilla del genotipo con más alto vigor es la que produce mayor peso seco por plántula y mayor número de plántulas normales.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos del presente trabajo de investigación y bajo las condiciones ambientales en que se condujo, se pueden emitir las siguientes conclusiones:

Es necesario conocer con mayor certeza el origen de la semilla antes de iniciar la siembra del cultivo, sobre todo de las generaciones avanzadas así mismo el nivel de avance generacional en que se encuentran.

Durante la etapa de producción de plántula las diferencias observadas fueron notorias ya que el vigor mostrado por el genotipo F_1 fue muy bajo en comparación a los genotipos F_3 y F_2 , que más que a su constitución genética, se debió a las diferencias en cuanto a su calidad fisiológica.

Los materiales de cebolla Early Supreme F_1 PRR y la generación avanzada F_2 fueron diferentes en cuanto a la variable diámetro ecuatorial y en relación a F_3 ambos genotipos resultaron con el mismo comportamiento.

En relación a las variables, número de hojas y peso del bulbo el comportamiento de los genotipos fue similar ya que tanto el híbrido F_1 como la

generación avanzada F_3 tuvieron la misma respuesta siendo superior al comportamiento mostrado por el genotipo F_2 con las medias más altas.

El rendimiento estimado para cada material fue: el híbrido Early Supreme F_1 PRR con 52 ton ha^{-1} , que fue ligeramente superior al reportado por la generación avanzada F_3 con 51 ton ha^{-1} y por último el genotipo F_2 con 47 ton ha^{-1} .

El genotipo F_1 presentó el mayor porcentaje para la forma globe, seguido por el genotipo F_3 y F_2 respectivamente. La forma top presentó diferencias para el material F_2 con la media más alta en comparación a los genotipo F_3 y al híbrido F_1 . En general el genotipo F_2 resulto con una mayor variabilidad para las diferentes formas, respuesta que se ve de manifiesto en un menor rendimiento.

En cuanto al tamaño del bulbo solo se aprecio diferencia para la categoría de segunda entre los genotipos F_3 con la media más alta y el genotipo F_2 . Para las variables planta con flor y bulbo doble el comportamiento de los materiales fue similar con el porcentaje más bajo para el híbrido F_1 seguido por la generación avanzada F_2 y F_3 respectivamente.

De las pruebas de laboratorio tanto físicas como fisiológicas fue evidente la superioridad de los genotipos F_2 y F_3 en comparación al híbrido F_1 , resultados atribuibles a la calidad misma de la semilla más que a su constitución genética.

Se sugiere evaluar el comportamiento de estos materiales en más de una localidad para poder precisar mejor su comportamiento e incluir su respectivo análisis económico.

RESUMEN

La cebolla es una hortaliza de importancia en nuestra dieta ya que se encuentra profundamente arraigada en nuestra cultura alimenticia siendo producida en prácticamente todos los estados del país por lo que se tiene disponibilidad durante todo el año.

En México el cultivo de la cebolla reviste gran importancia socioeconómica por la gran cantidad de jornales que origina aunado a las divisas generadas; sin embargo el uso de semilla de materiales de generaciones avanzadas y de dudoso origen genético por parte de los productores repercute drásticamente en la rentabilidad del cultivo.

Ante esta disyuntiva se creó en la necesidad de realizar este trabajo de investigación evaluando para tal efecto los materiales de cebolla Early Supreme F_1 PRR, y las generaciones avanzadas F_2 y F_3 , ambas derivadas del híbrido F_1 las cuales fueron producidas por el método bulbo - semilla en Tonatico, Edo. de México.

La fase de campo del experimento se realizó en el Rancho San Fernando ubicado en Paredón, Coah., bajo el diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. Las variables de campo evaluadas fueron las

siguientes: Altura de planta, diámetro ecuatorial y polar del bulbo, número de hojas, peso, forma y tamaño del bulbo. Para las variables planta con flor y bulbo doble el resultado se estimó en porcentaje.

El análisis de la semilla se realizó en el Laboratorio de Ensayo de Semillas del CCDTS – UAAAN usando el diseño experimental completamente al azar con ocho repeticiones para la variable peso de mil semillas y de cuatro para las variables peso volumétrico, tamaño de semilla, capacidad de germinación, índice de velocidad de germinación, vigor mediante deterioro controlado y peso seco de plántulas.

Los materiales de cebolla Early Supreme F₁ PRR y la generación avanzada F₂ fueron diferentes en cuanto a la variable diámetro ecuatorial y en relación a F₃ ambos genotipos resultaron con el mismo comportamiento.

En relación a ambas variables, número de hojas y peso del bulbo el comportamiento de los genotipos fue similar ya que tanto el híbrido F₁ como la generación avanzada F₃ tuvieron la misma respuesta siendo superior al comportamiento mostrado por el genotipo F₂ con las medias más altas.

El rendimiento estimado para cada material fue: el híbrido Early Supreme F₁ PRR con 52 ton ha⁻¹, que fue ligeramente superior al reportado por la

generación avanzada F_3 con 51 ton ha^{-1} y por último el genotipo F_2 con 47 ton ha^{-1} .

De las diferentes formas del bulbo evaluadas el genotipo F_1 presentó el mayor porcentaje para la forma globe, seguido por el genotipo F_3 y F_2 respectivamente. En base al análisis de las medias la forma top presentó diferencias para el material F_2 con la media más alta en comparación a los genotipos F_3 y F_1 . En general el genotipo F_2 resulto con una mayor variabilidad para las diferentes formas.

En cuanto al tamaño del bulbo solo se aprecio diferencia para la categoría de segunda entre los genotipos F_3 con la media más alta y el genotipo F_2 . Para las variables planta con flor y bulbo doble el comportamiento de los materiales fue similar con el porcentaje más bajo para el híbrido F_1 seguido por la generación avanzada F_2 y F_3 respectivamente.

De las pruebas de laboratorio tanto físicas como fisiológicas fue evidente la superioridad de los genotipos F_2 y F_3 en comparación al híbrido F_1 , resultados atribuibles a la calidad misma de la semilla más que a su constitución genética.

LITERATURA CITADA

- Acosta, A. R., y J. C. Gaviola. 1989. Manual de producción de semilla de cebolla. Monografía. FAO – RLAC. 84. Estación Experimental Agropecuaria “La Consulta”. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Mendoza, Arg. 60 p.
- Alzuru, Y. 1982. Manual para el manejo post – cosecha de cebolla. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP). Fundación CIEPE. San Felipe, Venezuela. 30 p.
- Allard, R. W. 1980. Principios de la mejora genética de las plantas. Trad. del inglés por J. L. Montoya. 4ª ed. Omega. Barcelona, España. 498 p.
- Ahmed, A. E. G. and R. A. T. George. 1984. The effects of mineral nutrition on seed yield and quality in onion. *Acta Horticulturae* 143: 107 – 118.
- Association of Official Seed Analysts. (AOSA). 1983. Seed Vigor Testing Handbook, Contribution N° 32 to the Handbook on Seed Testing. USA 88 p.
- Banco de Comercio Exterior (Bancomext). 1996. Oportunidad de negocios en hortalizas frescas. Dirección General Adjunta de Promoción Sectorial. Dirección ejecutiva del sector primario e industria ligera. Octubre de 1996. 59 p.
- Banerjee, S. K. 1978. Observations on the initiation of seed deterioration and its localisation in barley and onion. *Seed Sci. and Tech.* 6, 1025 – 1028.
- Brewster, J. L. 1994. Onions and other vegetable *Alliums*. CAB International. Cambridge, UK. 236 p.

- Bustamante, G. L. 1982. Semillas: control y evaluación de su calidad. *In: Memorias del curso de actualización sobre tecnología de semillas.* UAAAN. Saltillo, Coah. México. pp. 99 – 106.
- Carver, M. 1983. Producción de semilla de cereales de elevada calidad. *In: Hebblethwaite, P. D. (ed.). Producción moderna de semillas. Tomo I. Trad. del inglés por Federico Stanhan. Ed. Agropecuaria Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. pp. 355 - 369.*
- Cantliffe, D. J. 1981. Vigor in vegetable seeds. *Acta Horticulturae.* 111: 219 – 224.
- Centro de Estadística Agropecuaria (CEA). 2000. Avance de siembras y cosechas de hortalizas y forrajes cíclicos por modalidad. Enero 2000. SAGAR. Disponible: <http://www.sagar.gob.mx/cea.htm>. [2000, Marzo 19].
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). 1977a. Paredón. Carta edafologica. G14C14. Escala 1:50,000. México. 1 h.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). 1977b. Saltillo. Carta edafologica. G14C33. Escala 1:50,000. México. 1 h.
- Cohat, J., J. P. Leroux, M. Pichon, A. Beyries. 1993. Vegetatively propagated edible *Alliums*. INRA. Paris, Francia. 42 p.
- Corgan, J. N. and J. Izquierdo. 1979. Bolting control by ethephon in fall – planted, short – day onions. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104(3):387 – 388.
- Currah, L. and F. J. Proctor. 1990. Onions in tropical regions. Natural Resources Institute. Bulletin N° 35. Uk. 232 p.
- Davis, E. W. 1966. An improved method of producing hybrid – onion seed. *Journal of Heredity.* 57 (1): 55 – 57.
- DeMason, D. A. 1990. Morphology and anatomy of *Allium*. *In: Rabinowitch, H. D. and J. L. Brewster., (eds.). Onion and allied crops Vol. 1. CRC Press. Boca Raton, Florida. pp:27 - 52.*

- De Visser, C. L. M. y W. Van den Berg. 1998. A method to calculate the size distribution of onions and its use in an onion growth model. *Scientia Horticulturae* 77 : 129 – 143.
- Dessert Seed Company, Inc. 1982. Imperial Printer El Centro, Cal., U.S.A. 64 p.
- Diehl, R., J. M. Mateo B. y P. Urbano T. 1982. *Fitotecnia general*. 2ª ed. Mundi Prensa. Madrid, España. 814 p.
- Dowker, B. D. and G. H. Gordon. 1983. Heterosis and hybrid cultivars in onions. *In: Frankel, R. (ed.). Heterosis. Monographs on theoretical and applied genetics. Vol. 6. Springer – Verlag. Berlin. pp: 220 – 233.*
- Esparza, M. H. 1990. Viabilidad de las semillas. SARH. INIFAP. Campo Agrícola Experimental de la Laguna. Publicación Especial N°. 30. Matamoros, Coah., México. 15 p.
- Gabriel, L. E., M. A. Makuch and R. J. Piccolo. 1997. Seed size, germination and bulb uniformity in onion (*Allium cepa* L.) cv. Valcatorce INTA. *Acta Horticulturae* 433: 573 – 578.
- Garay, E. A. 1989. La Calidad de la semilla y sus componentes. Primer Curso Avanzado sobre Sistemas de Semillas para Pequeños Agricultores. CIAT. Cali, Colombia. Junio de 1989. 11 p.
- George, R. A. T. 1989. Producción de semillas de plantas horticolas. Mundi – Prensa. Madrid, España. 330 p.
- Gil, O. M., C. P. Werner and T. C. Crowther. 1991. Seed quality effects in bulb onions (*Allium cepa* L.). *Ann. Appl. Biol.* 118: 663 – 669.
- Globerson, D., A. Shair and R. Eliasi. 1981. The nature of flowering and seed maturation of onions as a basis for mechanical harvesting of the seeds. *Acta Horticulturae* 111: 99 – 108.

- Grant, D.G. and B. V. Carter. 1997. The influence of cultural factors on the bulb shape of the onion (*Allium cepa* L.) cultivar "Pukekohe Longkeeper". *Acta Horticulturae* 433: 527 – 532.
- Guenkov, G. 1974. *Fundamentos de la horticultura cubana*. Ed. Instituto Cubano del Libro. La Habana, Cuba. 355 p.
- Hanelt, P. 1990. Taxonomy, evolution and history. *In*: Rabinowitch, H. D. and J. L. Brewster. (eds.). *Onion and allied crops*. Vol. 1. CRC Press. Boca Raton, Florida. pp: 1 - 26.
- Hartman, H. T. y D. E. Kester. 1987. *Propagación de plantas. Principios y prácticas*. Trad. del inglés por A. Marino A. Ed. Continental. México. 760 p.
- Hesse, P. S., G. Vest and S. Honma. 1979. The effects of 4 storage treatments on seed yield components of 3 onion inbreds. *Scientia Horticulturae*, 11: 207 – 215.
- Hosfield, G. L., G. Vest and C. E. Peterson. 1977. Heterosis and combining ability in a diallel cross of onions. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102(3): 355 – 360.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.(INEGI). 1998. Paredón. Carta Topográfica. G14C14. Escala 1:50,000. INEGI/Dirección General de Geografía. México. 1 h.
- International Seed Testing Association (ISTA). 1996. *International rules for seed testing*. Seed Sci. and Tech. The Netherlands. 24. 335 p.
- Janick, J. 1999. Exploitation of heterosis: Uniformity and stability. *In*: Coors, J. G. and S. Pandey. (eds.). *The genetics and exploitation of heterosis in crops*. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA. pp: 319 -333.
- Japon, Q. J. 1982. *Cultivo extensivo de la cebolla*. Hojas divulgadoras del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Núm. 18/82 HD. Madrid, España. 19 p.

- Jiménez, M. A. 1990. Semillas forrajeras para siembra. UACH. México. 84 p.
- Kallo. 1988. Vegetable Breeding. Vol. I. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA. 239 p.
- Lees, P. 1980. Vigor de la semilla clave de mejores cosechas. Rev. Agricultura de las Américas. Año 29, N° 8. Overland Park, Kansas, E.U.A. 42 p.
- Maguire, J. D. 1962. Speed of germination: Aid in selection and Evaluation for Seedling Emergence and Vigour. Crop Sci. 2: 176 – 177.
- Márquez, S. F. 1988. Genotecnia vegetal. Métodos teoría resultados. Tomo II . AGT Editor. México. 665 p.
- McGregor, S. E. 1976. Insect pollination of cultivate crop plants. Washington, DC, USA: USDA. Agriculture. Handbook N° 496. 360 p.
- Mendoza, H. J. 1983. Diagnóstico climático para la zona de influencia inmediata de la UAAAN. Depto. de Agrometeorología, UAAAN. Saltillo, Coah. 615 p.
- Miguel, G. A. y M. López P. 1987. Cultivo de cebolla de día corto. Serie de divulgación técnica N° 5. Generalitat Valenciana. Conselleria D'Agricultura I Pesca. Dirección General de Innovación y Tecnología Agrarias. Servicio de Transferencia de Tecnología Agraria. Valencia, España. 40 p.
- Moreno M, E. 1996. Análisis físico, y biológico de semillas agrícolas. 3ª ed. Instituto de Biología. UNAM. México. 393 p.
- Muñoz, C. L., A. Prats P. y G. Brito I. 1991. Técnica de Producción de Semilla de Cebolla. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical. Ministerio de la Agricultura. Ed. CIDA. La Habana, Cuba. 15 p.
- Palacios, A. A., y K. Inoue. 1999. Desarrollo de variedades de cebolla para el estado de Morelos a partir de material nacional. *In*: Horticultura Mexicana. Vol. 7 N° 1. VIII Congreso de Horticultura. 25 – 30 de abril. Manzanillo, Col., México. p. 92.

- Peretti, A. 1994. Manual para análisis de semillas. INTA. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 281 p.
- Perry, D. A. 1983a. Deterioro de la semilla de cebada y su efecto sobre el comportamiento en el campo. *In*: Hebblethwaite, P. D. (ed.). Producción moderna de semillas. Tomo I. Trad. del inglés por Federico Stanhan. Ed. Agropecuaria Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. pp: 393 - 405.
- _____. 1983b. El concepto de vigor de la semilla y su relevancia con respecto a las técnicas de producción de semilla. *In*: Hebblethwaite, P. D. (ed.). Producción moderna de semillas. Tomo I. Trad. del inglés por Federico Stanhan. Ed. Agropecuaria Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. pp: 693 - 701.
- Peters, R. 1990. Seed production in onion and some other *Allium* species. *In*: Rabinowitch, H. D. and J. L. Brewster. (eds.). Onion and allied crops Vol. 1. CRC Press. Boca Raton, Florida. pp: 161 - 176.
- Pike, L. M. 1986. Onion breeding. *In*: Basset, M. J. (ed.). Breeding vegetable crops. AVI. Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut, USA. pp: 357 - 392.
- Reyes, C. P. 1985. Fitogenotecnia básica y aplicada. A. G. T. Editor. México. 460 p.
- Robles, S. R. 1984. Terminología genética y fitogenética. 3ª ed. Trillas. México. 163 p.
- Robles, S. R. 1986. Genética elemental y fitomejoramiento práctico. Limusa. México. 477 p.
- Rubatzky, V. E. and M. Yamaguchi. 1997. World vegetables: Principles, production and nutritive values. 2ª. ed. Chapman & Hall. 843 p.
- Schwartz, H. F. and S. H. Mohan. 1996. Compendium of onion and garlic diseases. 2ª. ed. The American Phytopathological Society. APS PRESS. USA. 54 p.

- Shinohara, S. 1989. Vegetable seed production technology of Japan elucidated with respective variety development histories, particulars. Vol. II. Ref. N° 5. SAACEO. Tokio, Japan. 317 p.
- Singh, D., J. S. Dhiman, S. S. Brar and M. S. Saimbhi. 1997. Research on onion seed cropping India. *Acta Horticulturae* 433: 323 – 326.
- Sobrinho, I. E., y E. Sobrinho V. 1992. Tratado de horticultura herbácea Tomo II. Aedos . Barcelona, España. 333 p.
- Stanwood, P. C. and S. Sowa. 1995. Evaluation of onion (*Allium cepa* L.) seed after 10 years of storage at 5, -18, and -196°C. *Crop Sci.* 35: 852 – 856.
- Steiner, J. J. and D.C. Akintobi. 1986. Effect of harvest maturity on viability of onion seed. *HortScience.* 21(5): 1220 – 1221.
- Stumpf, L. C., S. T. Peske, and L. Baudet. 1996. Storage potential of onion seeds hermetically packaged at low moisture content. *Seed Sci. Tech.* The Netherlands. 25: 25 – 33.
- Van der Meer, P. Q. 1994. Onion hybrids: Evaluation, prospects, limitations and methods. *Acta Horticulturae.* 358: 243 – 248.
- Vidyasagar, M. 1993. Inter – relationship of yield components in onion (*Allium cepa* L.). *South Indian Horticulture.* 41(4):201 – 203.
- Voss, R. E. 1979. Onion production in California. Agricultural sciences publications, Division of agricultural sciences. University of California. Berkeley, California, USA. 49 p.
- Wehner, T. C. 1999. Heterosis in vegetable crops. *In*: Coors, J. G. and S. Pandey. (eds.). The genetics and exploitation of heterosis in crops. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA. pp: 387 - 397.