



**Universidad Michoacana
de San Nicolás de Hidalgo**

**ESCUELA DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS**



**“Sistemas de plantación y fertilización nitrogenada en el
cultivo de cebolla en Apatzingán Michoacán”**

Tesis que presenta:

Manuel Suarez Lúa

como requisito parcial para obtener
el Título de:

Ingeniero Agrónomo Horticultor

**Director de Tesis: M. C. en producción agrícola sustentable
Juan Carlos Álvarez Hernández**

Apatzingán Michoacán, Enero del 2014

DEDICATORIA

A MI FAMILIA, ESPOSA TANIA MELISSA ZAVALA SANCHEZ, A MIS HIJOS MELISSA, JAZMIN Y MANUEL MARTIN SUAREZ ZAVALA, POR HABERME APOYADO EN CADA MOMENTO PARA PODER SER QUIEN SOY HASTA EL MOMENTO.

AGRADECIMIENTOS

A MIS PADRES, LEONIDES SUAREZ GONZALEZ Y ESTHER LUA REYNA POR DARMER LA VIDA Y ESTUDIO BASICO

A MIS PADRES ABUELOS IGNACIO ZAMORA MARTINEZ (†) Y ALICIA REYNA ESTRELLA POR SU GRAN APOYO PARA PODER TERMINAR MI CARRERA.

A MIS HERMANAS, ROCIO, MARIA DEL CARMEN, FATIMA Y EDITH SUAREZ LUA, QUE AUNQUE NO HEMOS ESTADO JUNTOS NOS HEMOS APOYADO

Y A TODOS AQUELLOS QUE DIRECTAMENTE COMO EL M.C JUAN CARLOS ALVAREZ HERNANDEZ, ING. SALVADOR VENEGAS FLORES Y ING. LEONEL ZAVALA SANCHEZ, HAN HECHO POSIBLE ESTE TRABAJO, Y TAMBIEN AQUELLOS QUE INDIRECTAMENTE ME APOYARON.

EN EL PRESENTE TRABAJO DE INVESTIGACION, PARA EL DESARROLLO Y LA ELABORACION DE LA TESIS PROFESIONAL TITULADA **“SISTEMAS DE PLANTACION Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL CULTIVO DE CEBOLLA EN APATZINGÁN MICHOACÁN”**, ESTUVO BAJO LA DIRECCION DEL M. C. JUAN CARLOS ÁLVAREZ HERNÁNDEZ Y ASESORÍA DEL ING. SALVADOR VENEGAS FLORES, PROFESORES DE LA ESCUELA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS DE LA UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO.

DIRECTOR DE TESIS

M. C. JUAN CARLOS ALVAREZ HERNANDEZ

ASESOR DE TESIS

ING. SALVADOR VENEGAS FLORES

APROBACION DE TESIS

**“SISTEMAS DE PLANTACION Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL
CULTIVO DE CEBOLLA EN APATZINGÁN MICHOACÁN”**

TESIS

QUE SOMETE A LA CONSIDERACION DEL H. JURADO EXAMINADOR EL
C. MANUEL SUAREZ LUA, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRONOMO HORTICULTOR

APROBADA

M.C. DANIEL MUNRO OLMOS

PRESIDENTE DEL JURADO

ING. JOSE JAIME HERRERA HERNANDEZ

SINODAL

ING. SALVADOR VENEGAS FLORES

SINODAL

INDICE

INDICE DE CUADROS.....	1
INDICE DE FIGURAS.....	2
INDICE DE CUADRO DE ANEXOS.....	3
RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	5
I. INTRODUCCION.....	6
II. ANTECEDENTES.....	9
2.1 origen y distribución.....	9
2.2 taxonomía.....	9
2.3 Descripción botánica.....	10
2.4 Propagación y cultivares en México.....	11
2.5 Requerimientos climáticos.....	12
2.6 Requerimientos edáficos.....	12
2.7 Densidad de población.....	13
2.8 Requerimientos de fertilización.....	16
2.8.1 Fertilización nitrogenada.....	17
III. OBJETIVO GENERAL	21
IV. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	21
V.HIPOTESIS.....	21
VI. MATERIALES Y METODOS.....	22
6.1 Localización del área de estudio.....	22
6.2 Características ambientales del área de estudio.....	22
6.3 Material vegetal.....	22
6.4 Establecimiento y desarrollo en almacigo.....	23
6.5 Preparación de la parcela experimental.....	24
6.6 Tratamientos a evaluar y diseño experimental.....	24
6.7 Manejo del cultivo.....	25
6.8 Determinación del tamaño de muestra.....	25

6.9 Variables a evaluar.....	25
6.9.1 Desarrollo fenológico.....	25
6.9.2 Características productivas.....	27
6.9.3 Características físico-químicas.....	27
6.10 Análisis de datos.....	28
VII. RESULTADOS.....	29
7.1 Desarrollo fenológico.....	29
7.1.1 Altura de la planta.....	29
7.1.2 Diámetro de pseudotallo.....	31
7.1.3 Número de hojas.....	33
7.2 Caracterización de bulbos cosechados.....	35
7.2.1 Tamaño y peso.....	35
7.3 Rendimiento.....	36
7.4 Características cualitativas.....	37
VIII. DISCUSION.....	39
IX. CONCLUSIONES.....	43
X. LITERATURA CITADA.....	44
XI. A N E X O S.....	54

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Registro de temperatura y precipitación durante el transcurso del ensayo 2010-2011.....	23
2	Características físico-químicas del suelo de la parcela experimental, Apatzingán Michoacán, 2011.....	22
3	Altura de planta (cm) de cebolla a diferentes días después del trasplante (ddt). Cuatro sistemas de plantación (A, B, C y D), y cuatro sistemas de adición de nitrógeno (a, b, c y d), Apatzingán Michoacán, 2011.....	30
4	Diámetro de pseudotallo (cm) de planta de cebolla a diferentes días después del trasplante (ddt). Cuatro sistemas de plantación (A, B, C y D), y cuatro sistemas de adición de nitrógeno (a, b, c y d), Apatzingán Michoacán, 2011.....	32
5	Número de hojas en planta de cebolla a diferentes días después del trasplante (ddt). Cuatro sistemas de plantación (A, B, C y D), y cuatro sistemas de adición de nitrógeno (a, b, c y d), Apatzingán Michoacán, 2011.....	34
6	Parámetros cuantitativos de bulbos de cebolla, cuatro sistemas de plantación (A, B, C y D), y cuatro sistemas de adición de nitrógeno (a, b, c y d), Apatzingán Michoacán, 2011.....	36
7	Rendimiento de cebolla. Cuatro sistemas de plantación (A, B, C y D), y cuatro sistemas de adición de nitrógeno (a, b, c y d), Apatzingán Michoacán, 2011.....	37
8	Parámetros cualitativos de bulbos de cebolla. Cuatro sistemas de plantación (A, B, C y D), y cuatro sistemas de adición de nitrógeno (a, b, c y d), Apatzingán Michoacán, 2011.....	38

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Distribución de los tratamientos y repeticiones en sitio experimental	26
2	Análisis de regresión de la altura de planta de cebolla en el tiempo, cuatro sistemas de plantación (A, B, C y D), y cuatro sistemas de adición de nitrógeno (a, b, c y d), Apatzingán Michoacán, 2011.....	31
3	Análisis de regresión del diámetro de pseudotallo en planta de cebolla en el tiempo, cuatro sistemas de plantación (A, B, C y D), y cuatro sistemas de adición de nitrógeno (a, b, c y d), Apatzingán Michoacán, 2011.....	33
4	Análisis regresión del número de hojas en planta de cebolla en el tiempo, cuatro sistemas de plantación (A, B, C y D), y cuatro sistemas de adición de nitrógeno (a, b, c y d), Apatzingán Michoacán, 2011.....	35

INDICE DE CUADROS DE ANEXOS

Cuadro		Página
1 ^a	Análisis de varianza para la variable altura de planta de cebolla a 20 ddt.....	54
2 ^a	Análisis de varianza para la variable altura de planta de cebolla a 34 ddt.....	54
3 ^a	Análisis de varianza para la variable altura de planta de cebolla a 48 ddt.....	54
4 ^a	Análisis de varianza para la variable altura de planta de cebolla a 62 ddt.....	54
5 ^a	Análisis de varianza para la variable altura de planta de cebolla a 76 ddt.....	55
6 ^a	Análisis de varianza para la variable diámetro de pseudotallo de cebolla a 20 ddt.	55
7 ^a	Análisis de varianza para la variable diámetro de pseudotallo de cebolla a 34 ddt.	55
8 ^a	Análisis de varianza para la variable diámetro de pseudotallo de cebolla a 48 ddt.	55
9 ^a	Análisis de varianza para la variable diámetro de pseudotallo de cebolla a 62 ddt.	56
10 ^a	Análisis de varianza para la variable diámetro de pseudotallo de cebolla a 76 ddt	56
11 ^a	Análisis de varianza para la variable número de hojas de cebolla a 20 ddt.	56
12 ^a	Análisis de varianza para la variable número de hojas de cebolla a 34 ddt.	56
13 ^a	Análisis de varianza para la variable número de hojas de cebolla a 48 ddt.	57
14 ^a	Análisis de varianza para la variable número de hojas de cebolla a 62 ddt.	57
15 ^a	Análisis de varianza para la variable número de hojas de cebolla a 76 ddt.	57
16 ^a	Análisis de varianza para la variable peso de bulbo cosechado	57
17 ^a	Análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial de bulbo cosechado.....	58
18 ^a	Análisis de varianza para la variable diámetro polar de bulbo cosechado.	58
19 ^a	Análisis de varianza para la variable pH de bulbo cosechado.....	58
20 ^a	Análisis de varianza para la variable porcentaje de humedad en bulbo cosechado.	58
21 ^a	Análisis de varianza para la variable sólidos solubles de bulbo cosechado.	59

RESUMEN

En años recientes, la zona productora de cebolla en Michoacán, se ha visto afectada por una serie de factores ambientales que repercuten directamente en el cultivo, ocasionando pérdidas parciales y en algunos sitios en su totalidad, y por consiguiente el encarecimiento del producto al consumidor alcanzando precios de hasta \$ 25 pesos el kg. Por lo anterior y para hacer frente a esta problemática, la exploración de lugares alternativos y viables en el estado de Michoacán, es una acción necesaria. La cebolla desarrolla bien en diferentes suelos y climas comprendidos entre 50 y 900 msnm, por ello es viable su establecimiento en el “Valle de Apatzingán” durante el ciclo otoño-invierno. En el manejo agronómico, dos aspectos importantes a considerar son la densidad de siembra y la fertilización nitrogenada. Con relación al primero, ha sido considerado invariable, pues influye directamente en el tamaño de bulbo y en la producción. Por otra parte, existen controversias con relación a la fertilización, ya que la falta de respuesta a la aplicación de diferentes dosis, fuentes y periodos de aplicación, no se ven reflejados de manera clara estadísticamente, sin embargo, se logran tendencias a mayor rendimiento. Por ello, el objetivo fue evaluar el efecto de sistemas de plantación y fertilización nitrogenada en el cultivo de cebolla, en las condiciones ambientales de Apatzingán Michoacán. El trabajo se desarrolló en la Escuela de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en Apatzingán Michoacán. Se evaluaron dos factores: 4 densidades (22.3, 33.4, 29.6 y 36.9 plantas/m²); y nitrógeno (adición de nitrógeno con la fórmula 140-0-0) en una y dos partes, nitrógeno al follaje y testigo, bajo un diseño experimental bifactorial de tres repeticiones. Se registraron variables del desarrollo fenológico, características productivas y de bulbos. No se reflejaron diferencias estadísticas en las variables evaluadas, pero si tendencias, principalmente en el factor distancias entre la menor y mayor densidad, pues el mayor rendimiento correspondió a la mayor densidad (18,420 a 20,240 kg/ha).

Palabras claves: *Allium cepa*, densidad de población, adición de nitrógeno, rendimiento.

ABSTRACT

In recent years, the onion producing area in Michoacán, has been affected by a series of environmental factors that directly affect the crop, causing partial losses and in some places entirely, and therefore the increase of the product reaching the consumer prices of up to \$ 25 pesos per kilo. By the above and confront this problematic, the exploration of alternative locations and viable in the state of Michoacán, is a necessary action. Onion develops well in different soils and climates from 50 to 900 meters, therefore it is possible its establishment in the "Valley of Apatzingán" during the fall-winter cycle. In agronomic management, two important aspects to consider are the planting density and nitrogen fertilization. With respect to the first, has been considered unchanged, because directly affects the size of the bulb and in the production. On the other hand, there are controversies in relation to fertilization, since the lack of response to the application of different doses, sources and periods of application are not reflected in a clear way statistically, however, are achieved higher performance trends. Therefore, the objective was to evaluate the effect of plantation systems and nitrogen fertilization in the cultivation of onion in the environmental conditions of Apatzingán Michoacan. The work was developed in the Escuela de Ciencias Agropecuarias of the Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo in Apatzingán Michoacán. Two factors were evaluated: 4 densities (22.3, 33.4, 29.6 and 36.9 plants/m²); and nitrogen (addition of nitrogen with the formula 140-0-0) in one and two parts, nitrogen to the foliage and control, under an experimental design bifactorial with three replicates. Variables were recorded of the phenological development, productive characteristics and the bulbs. Statistical differences in the variables evaluated were not reflected, but if trends, mainly in the factor distances between the lowest and highest density, for the best performance corresponded to the higher density (18.420 a 20.240 kg/ha).

Key words: *Allium cepa*, population density, nitrogen addition, performance

I. INTRODUCCION

La cebolla (*Allium cepa* L.) es una planta herbácea bianual que se desarrolla a partir de un bulbo carnosos formado por hojas modificadas llamadas "escamas" su altura es de menos de 1 m; las hojas son envoltantes y largas de color verde cenizo, tubulares y huecas; el tallo es muy rudimentario y pequeño, ya que alcanza solo unos cuantos mm de longitud; (Valadez, 1998; Pulido, 2002). Las cebollas son fáciles de cultivar y típicamente producen bien con poco trabajo. Una cebolla perfectamente cultivada tendrá 13 hojas y 13 anillos de escalas alrededor del bulbo, cada hoja corresponde con un anillo en el bulbo (Haynes *et al.*, 2002).

Al ser una de las hortalizas de mayor importancia en el consumo humano, su demanda es bastante alta, encontrándose en todos los mercados durante todo el año. El consumo de cebolla está asociado con la reducción de lípidos en la sangre, el colesterol y la actividad anti-plaquetaria, factores que contribuyen a disminuir los riesgos de padecer enfermedades cardiovasculares. El valor nutritivo de la cebolla es muy bajo, siendo sus principales vitaminas A y C. En 100 g de tejido fresco de bulbo hay 50 unidades de vitamina A, 9 mg de ácido ascórbico, 0.03 g de tiamina, 0.04 mg de rivo flavina y 0.02 mg de niacina (Pulido, 2002). El sabor de la cebolla esta dado por compuestos azufrados volátiles y no volátiles y en menor medida por azúcares solubles. La pungencia se desarrolla cuando compuestos azufrados conocidos como precursores de sabor, luego de cortado el bulbo y cuando se rompe el tejido, reaccionan con una enzima llamada allinasa. Esta enzima convierte a los precursores de sabor en compuestos azufrados muy inestables, responsables del sabor y el efecto lacrimógeno de la cebolla

A nivel mundial en el año 2008, México ocupó el lugar número 14 en superficie cultivada de cebolla con 42,998 ha, rendimiento medio de 29.127 ton/ha, y una producción de 1,252,441 ha (FAOSTAT, 2008). Para el año 2009 a nivel nacional la superficie establecida fue de 42,888 ha, donde Baja California ocupó el primer lugar con 7,049 ha, seguido de Guanajuato 5,131, Tamaulipas 4,589, Chihuahua 4,394, Puebla 3,936, Zacatecas 3,753 y Michoacán en el séptimo lugar con 3,666 ha; sin

embargo con relación al rendimiento Michoacán ocupó el 2do lugar con 35 ton/ha, le antecede Chihuahua con 36.5 ton/ha (SIAP-SAGARPA, 2009).

En años recientes, la zona productora de cebolla en Michoacán, se ha visto afectada por una serie de factores ambientales que repercuten directamente en el cultivo, ocasionando pérdidas parciales y en algunos sitios en su totalidad, y por consiguiente el encarecimiento del producto al consumidor alcanzando precios de hasta \$ 25 pesos el kg de cebolla. Por lo anterior y para hacer frente a esta problemática, la exploración de lugares alternativos y viables en el estado de Michoacán, es una acción necesaria. Dado que la cebolla desarrolla bien en diferentes suelos y climas comprendidos entre los 50 y 900 msnm, es viable su establecimiento en el “Valle de Apatzingán” durante el ciclo otoño-invierno. A partir del año 2000, en la Escuela de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en Apatzingán Michoacán, se inició con el establecimiento de pequeños lotes experimentales del cultivo. Actualmente, se ha adoptado como una línea de investigación en la Institución, en la que se persiguen diversos aspectos a fin de integrar un paquete tecnológico propio del cultivo para la región.

Dentro del manejo agronómico del cultivo, destacan dos aspectos importantes a considerar: la densidad de siembra y la fertilización del cultivo, principalmente la nitrogenada. El correcto espaciamiento asegura un producto de un tamaño determinado, obtenido en la época adecuada, y por lo tanto con el máximo beneficio. Por otra parte la fertilización del cultivo debe estar asociada a la aplicación integral y balanceada de elementos que necesita la planta, ya sea por vía foliar o edáfica.

Con relación a la densidad de siembra, esta influye directamente en el tamaño del bulbo y en la producción, pues hasta 60 plantas/m² incrementa la producción comercial y disminuye el porcentaje de bulbos gruesos. En variedades de bulbo aplanado, la plantación de 35-40 plantas/m² puede ser lo más adecuado, mientras que en variedades globosas se puede establecer aproximadamente 45 plantas/m², lo que corresponde con distanciamientos de 15 a 18 cm entre hileras y de 12,5 a 15 cm

entre plantas (Fueyo *et al.*, 1999). Respecto a la fertilización del cultivo, a nivel mundial son pocas las investigaciones realizadas y actualmente no se ha podido definir la dosis de fertilización adecuada en cebolla con la que se puede lograr la máxima producción, por lo que los análisis de suelo y foliares ayudan a determinar la formula y cantidad de abono que se van a usar. En un estudio reciente en las condiciones ambientales de Apatzingán Michoacán sobre la respuesta del cultivo de cebolla criolla a la aplicación de diferentes fuentes de fertilizante, se obtuvo que aún cuando no se encontraron diferencias estadísticas, se establecieron las pautas a seguir donde se sugiere la evaluación de los elementos N y S conjugados (Álvarez *et al.*, 2011).

II. ANTECEDENTES

2.1 Origen y distribución

La cebolla (*Allium cepa* L.) es originaria de Asia (Irán, Pakistán y países adyacentes), las primeras referencias se remontan hacia 3,200 a. C. pues fue muy cultivada por los egipcios, griegos y romanos. Durante la Edad Media su cultivo se desarrolló en los países mediterráneos, donde se seleccionaron las variedades de bulbo grande, que dieron origen a las variedades modernas. Aunque se reportan formas primitivas en una amplia zona ecológica de Grecia, India, Turquía y Rusia, la mayoría de los botánicos opinan que la cebolla no existe en estado silvestre. Los centros de diversificación reportados abarcan el Cinturón geográfico de Afganistán hasta la península Ibérica, desde allí se introdujeron a América por medio de viajeros e inmigrantes (Valadez, 1998; Lemus y Lemus, 2009; Olson *et al.*, 2009).

2.2 Taxonomía

La clasificación de *Allium*, revisada según resultados recientes usando técnicas moleculares fue resumida por Friesen *et al.* (2006). El género ocupa el contexto taxonómico siguiente (APG, 2003; Lemus y Lemus, 2009; Olson *et al.*, 2009):

Reino: Vegetal

Subreino: Embriobyonta

División: Magnoliophyta

Subdivisión: Angiospermae

Clase: Monocotiledónea

Subclase: Dialipétala

Orden: Asparagales

Familia: Alliaceae (Amarillidaceae)

Género: *Allium*

Especie: *Allium cepa* L.

Después del orden Poales, que incluyen a los cereales, el orden Asparagales es el segundo orden económicamente importante de las monocotiledoneas. Incluye el agave, la sábila, el espárrago, la cebolleta, el ajo, el lirio, el puerro, la cebolla, la orquídea y la vainilla (Kuhl *et al.*, 2004). Se estiman cerca de 780 especies dentro del género *Allium* (Friesen *et al.*, 2006)

2.3 Descripción botánica

La cebolla es una especie herbácea bianual cultivada como anual o perenne en estado natural. El bulbo de esta hortaliza presenta una amplia variación en sus características de color, forma y sabor, los bulbos pueden ser de color blanco, amarillo y rojo, la forma puede ser desde ovalada o ligeramente aplanada hasta globosa. Algunos bulbos son dulces mientras que otros son picantes. El bulbo está integrado por numerosas capas gruesas y carnosas al interior, que realizan las funciones de reserva de sustancias nutritivas necesarias para la alimentación de los brotes y están recubiertas de membranas secas, delgadas y transparentes, que son base de las hojas. Las hojas inferiores o catafilos se encuentran siempre en las partes inferiores subterráneas en formas de escamas y casi nunca tienen coloración verde. Las hojas exteriores son de tipo tubulares, huecas, fistulosas y puntiagudas en su parte libre y están dispuestas en forma opuesta, son de color verde cenizo. Cuando la planta es adulta llega a formar de 10 a 30 hojas de 40 cm aproximadamente, no presentan peciolo y se unen al pseudotallo por una amplia base, son paralelinervias y el borde generalmente es entero. El pseudotallo es hipogeo, erecto, tiene una forma de disco subcónico con diámetro de 1.5 a 2.0 cm situado en la base del bulbo. Con ciertas condiciones ambientales y de desarrollo, su yema apical y a veces las laterales generan cada una un tallo floral o escapo que es hueco y derecho de 80 a 150 cm de altura con inflamamiento ventrudo en su mitad inferior, el número de tallos florales puede ser de 1 a 20 o hasta mas por planta. La inflorescencia (umbela) puede llegar a tener de 50 a 2,000 flores. Las flores son pequeñas, verdosas, blanquecinas o violáceas actinomorfas hermafroditas. El fruto es una cápsula con tres caras de ángulos redondeados, que contienen las semillas, las cuales son de color negro, angulosas, aplastadas y de superficie rugosa, mide de

4 x 2 mm, la mayor parte de la semilla está constituida por el endospermo en cuyo interior se ubica el embrión, el cual tiene forma cilíndrica y está retorcido en un espiral. Un gramo contiene entre 250 y 300 semillas. El sistema radicular es fasciculado o fibroso siendo las raíces blancas, carece de raíz principal, las raicillas salen del mismo sitio dando el aspecto de una cabellera, la longitud total del sistema de raíces de una planta de cebolla es aproximadamente de 20-25 m (Heredia, 1985; Pérez *et al.*, 1997; Valadez, 1998).

2.4 Propagación y cultivares en México

La propagación de la cebolla se realiza por semilla y por bulbos. El método de trasplante es el método de siembra más común, donde se establece la semilla en almácigos (1.5-2.0 kg/ha) hasta que las plantas alcanzan 20 cm (de 1.5 a 2 meses aproximadamente), el trasplante al lugar definitivo se realiza cuando los bulbos tienen un diámetro de 6 a 7 mm. En México la siembra directa (bulbos) es la más utilizada en condiciones de temporal en las principales regiones cebolleras, sin embargo, bajo condiciones de riego y cuando la producción se destina para la exportación, el sistema de trasplante es el más recomendable.

En general, la base del cultivo de cebolla para el consumo en fresco depende de la elección de las variedades más adecuadas. Las denominadas de días cortos, se establecen a finales del verano e inicio del otoño, estas ofrecen la posibilidad de cosecharlas y comercializarlas en primavera-verano del año siguiente. En nuestro país el cultivo se realiza en dos ciclos agrícolas, siendo el de otoño-invierno el más importante, con el 60% de la producción total.

Según Robles (2000), en México los cultivares más utilizados son:

- Cebolla blanca. White Lisboa, Early Supreme, Early White, Granex 33, Cristal Wax, Cojumatlán, Astro entre otras.
- Cebolla amarilla. Primavera, Chula Vista, Grandex Yellow, Sentinel entre otras.
- Cebolla roja. Red granex, Rojo P.R.T., Red Star.
- Cebollines. Eclipse, Española dulce, Blanca de Lisboa y White Globe.

- Nacionales. La Chona, Cojumatlan, Santa Cruz, Veracruz, Cojumatlan Roja y Criolla del País.
- Polinización abierta. Cristal Wax, Early White, Ringmaster, Colossal, Yellow Granex, Texas Early, New México, Texpan, Red Star.

Cabe mencionar que los agricultores prefieren la semilla de importación la cual se cotiza alrededor de 200 dólares/kg, lo que les permite asegurar un rendimiento de 20 a 50 ton/ha; por otra parte la semilla nacional se cotiza alrededor de 60 dólares/kg y se pueden obtener rendimientos entre 10 y 20 ton/ha (Quintana, 2009).

2.5 Requerimientos climáticos

La cebolla es una especie de climas templados, sin embargo, desarrolla bien en climas cálidos y fríos comprendidos entre 50 y 300 msnm, su producción es mejor en altitudes por encima de 900 m, con ambiente seco y luminoso. La temperatura ambiental debe oscilar entre 18 y 25° C, temperaturas por encima de 33° C sólo influyen en el crecimiento retardado de sus bulbos, a su vez, es un cultivo que resiste en forma adecuada las bajas temperaturas entre 7 y 12° C, siendo favorables para su desarrollo en la etapa previa a la floración (vernalización). Esta especie tiene la característica de estar influenciado directamente por el fotoperíodo, esto es las horas-luz a las que está expuesta, existen tres clasificaciones del fotoperíodo: corto (10-12 h), intermedio (12-14 h) y largo (≤ 14 h). Debido a la latitud en que se ubica nuestro país, el uso de variedades con fotoperíodos cortos son las más utilizadas (Castaños, 1993; Valadez, 1998; Lemus y Lemus, 2009).

2.6 Requerimientos edáficos

La cebolla se adapta a una amplia gama de suelos, siendo preferible suelos francos con buen contenido de materia orgánica y fértiles, ausencia de piedras y con un contenido de arcilla inferior al 30%, por encima de este rango casi siempre causa lesiones a bulbos y dificulta su desarrollo. Es una de las hortalizas más tolerantes al Boro y ligeramente tolerante a la acidez (pH 6,0 y 6,8) siendo el óptimo alrededor de

7,0 y medianamente tolerante a la salinidad. Los rendimientos del cultivo son severamente reducidos por la salinidad del suelo, colocándose dentro de los cultivos más sensibles (Allen *et al.*, 1998, citado por Brewster, 2008), por lo tanto, suelos con alto contenido de sales (conductividad eléctrica por encima de 4 mmho) reducen el crecimiento del bulbo. El intervalo para repetir este cultivo en un mismo suelo no debe ser inferior a tres años, y los mejores resultados se obtienen cuando se establece en terrenos no utilizados anteriormente para cebolla. Es muy sensible al exceso de humedad, pues los cambios bruscos pueden ocasionar el agrietamiento de los bulbos. Una vez que las plantas han iniciado el crecimiento, la humedad del suelo debe mantenerse por encima del 60% del agua disponible en los primeros 40 cm del suelo. El exceso de humedad al final del cultivo repercute negativamente en su conservación. Se recomienda que el suelo tenga una buena retención de humedad en los 15-25 cm superiores del suelo (Castaños, 1993; Pérez *et al.*, 1997; Valadez, 1998; Maroto, 2002).

2.7 Densidad de población

El rendimiento de los cultivos está determinado por: i) la cantidad de luz absorbida por las hojas, mientras se acumula la materia seca que se está produciendo; ii) la eficiencia de la luz absorbida y que se convierte mediante la fotosíntesis en sacarosa; iii) la conversión de la sacarosa fotosintética y los constituyentes bioquímicos en materia acumulada; iv) la salida proporcional fotosintética a la fracción acumulada en la planta; y v) la pérdida de peso debido a la respiración y la decadencia posterior por encima en que los procesos fotosintéticos y biosintéticos han ocurrido (Brewster, 2008). Comparando siembras de cebolla irrigada en otoño y primavera, los rendimientos suelen variar por un factor independiente a los cinco mencionados, esto es, que depende del cultivar, periodo de establecimiento y la densidad de plantas (Mondal, 1985, citado por Brewster, 2008). Por tal motivo, estas diferencias en el rendimiento no pueden ser explicadas únicamente por las diferencias en la eficiencia de la interceptación de la luz al ser convertida en materia seca. Bajo este enfoque, el efecto de las densidades (25, 100 y 400 plantas/m²) sobre el rendimiento de bulbo y la luz interceptada en el cv 'Augusta' establecida en

abril de 1982 en Wellsborne U.K., arroja lo siguiente: el rendimiento de bulbo 0.46, 0.71 y 1.02 kg/m² de materia seca; el índice de área foliar durante la bulbificación 0.82, 1.5 y 2.3; la luz interceptada por el follaje 30, 46 y 59.4%; y la fecha de madurez 14 de agosto, 2 agosto y 24 de julio, para las tres densidades mencionadas respectivamente. Se deduce que el rendimiento de bulbo incrementa conforme aumenta la densidad de plantas, y este comportamiento está relacionado con el porcentaje en la intercepción de luz, asimismo, adelanta el periodo de madurez (Mondal, 1985, citado por Brewster, 2008).

Es imprescindible que la presión de la población afecta de manera importante las características de las plantas. Cuando la densidad de población se encuentra por debajo del nivel de competencia, el incremento de los individuos no tiene efectos sobre ellos y el rendimiento por unidad de superficie se eleva en razón directa con el aumento de la población. Así, la competencia puede ser utilizada para obtener tamaños determinados de un órgano de planta. Este hecho se basa en que las partes vegetales responden a incrementos de presiones poblacionales a través de una disminución del tamaño. La competencia en cebolla afecta el calibre del bulbo, por ejemplo Fueyo *et al.* (1999), recomienda establecer 60 plantas/m² para incrementar la producción bulbos comerciales y disminuir el porcentaje de calibres gruesos.

A pesar de que se ha demostrado la influencia de la distancia de plantación sobre el rendimiento y el tamaño del bulbo de cebolla (Villagrán y Escaff, 1982; Herison *et al.*, 1993; Rumpel y Felczynski, 1997; Lipinski *et al.*, 2002; Vilorio *et al.*, 2003), este aspecto ha sido considerado invariable por la mayoría de los productores. En las principales zonas productoras de cebolla en el mundo, se utiliza una densidad de plantación entre 138,000 a 260,000 plantas/ha (Krarup, 1975; Pérez *et al.*, 1997).

En un estudio realizado en Chile por Villagrán y Escaff (1982) con el cv. de cebolla 'Valenciana Corriente', evaluaron cinco densidades de población (266,666, 333,333, 400,000, 571,428 y 800,000 plantas/ha) lo que correspondió a variaciones de espaciamiento sobre hilera de 15, 12, 10, 7 y 5 cm respectivamente, y con una

separación de 50 cm entre camas, con dos hileras a 25 cm separadas entre ellas, obtuvieron el mayor porcentaje de bulbos comerciales (89.3-85.97 %) en la densidad de población de 266,666 a 571,428 plantas/ha, y rendimiento de 54.3-77.3 ton/ha respectivamente. Por otra parte, Lipinski *et al.* (2002) en Argentina, evaluaron cuatro densidades de siembra (30, 40, 50 y 60 plantas/m²) a tres bolillo en cebolla de día largo cv. `Cobrizo INTA´ y dispuesta en 4 hileras bajo riego por goteo en camas de 0.5 m de ancho, los resultados obtenidos indican que el mejor rendimiento se obtuvo con la densidad de plantas/m² de 50 (492,424 plantas/ha) y 60 (556,061 plantas/ha), sin embargo, en la densidad de 30 plantas/m² (300,000 plantas/ha) se alcanzó el mayor porcentaje de bulbos grandes cuyo calibre fue de 6.6-8.5 cm.

En honduras, el sistema de producción de cebolla utilizado es bajo riego por goteo y camas de 1.5 m, establecen a cuatro hileras de plantas con dos cintillas de riego y distancia entre plantas de 12, 10, 8 cm y 222,223, 266,667 y 333,333 plantas/ha; cinco hileras de plantas a 12, 10 y 8 cm y 277,779, 333,333 y 416,669 plantas/ha; y seis hileras de plantas con tres citillas de riego a 12, 10 y 8 cm y 333,335, 400,002 y 500,002 plantas/ha (Lardizabal, 2007).

La elección de la distancia de plantación se debe considerar con base al mercado de destino, para el mercado interno la distancia adecuada puede ser de 10 cm entre hilera (bulbos de 5-7 cm de diámetro) y 50-100 planta/m², si se pretende exportar se debe considerar distancia por encima de 12 cm entre hilera (25 a 50 plantas/m²). Para la producción de bulbos para siembra del año siguiente, la densidad considerada es de 1000 a 2000 plantas/m² (Brewster, 2008).

El rendimiento máximo alcanzado en alta densidad depende de las condiciones del suelo (fertilidad y humedad). Se han reportado rendimientos altos alcanzados en parcelas fertilizadas de regadío o bajo fertirrigación alcanzan de 100-120 t/ha (alrededor de 10 t/ha de materia seca), sin embargo, a nivel mundial los rendimientos comerciales se encuentran por debajo de la mitad mencionada, bajo condiciones de suelo secos y pobres con baja fertilidad (Brewster, 2008).

2.8 Requerimientos de fertilización

A nivel mundial existen controversias con relación a la fertilización del cultivo de cebolla, pues la falta de respuesta a la aplicación de diferentes dosis, fuentes y periodos de aplicación no se manifiesta claramente su efecto desde el punto de vista estadístico, sin embargo, si se logran tendencias a un mayor rendimiento (Villagrán y Escaff, 1982; Añez y Tavira, 1986; Colberg y Beale, 1991; Rana y Sharma, 1994; Comadug, 1998; Maulana, 1998; Ghaffoor *et al.*, 2003; Viloría *et al.*, 2003; Ruíz *et al.*, 2007; Álvarez *et al.*, 2011). Generalmente la fertilización del cultivo se basa en la aplicación empírica de prueba y error, cuyos métodos más utilizados consisten en características sintomáticas deficitarias (Rodríguez, 1982), formulas de fertilización preestablecidas (Palacios, 1978; Valadez, 1998), extracción de nutrientes con base a cantidad cosechada (Rodríguez *et al.*, 1994; Nwadukwe y Chude, 1995; Valadez, 1998) y determinación mediante análisis de suelo y tejido foliar (Rodríguez *et al.*, 1994; Olson *et al.*, 2009), siendo este último el método más acertado.

Para determinar una correcta fertilización en esta especie, es necesario comprender los procesos fisiológicos de la planta, ya que su sensibilidad a los nutrientes es totalmente diferente al resto de las hortalizas. El desarrollo de la planta se encuentra ligado a dos fases bien marcadas, la primera es la vegetativa (antes de la bulbificación y cuyo tamaño del bulbo alcanza 2 cm de diámetro) donde los requerimientos de nitrógeno son mayores, el fosforo y potasio son moderados. En la segunda fase (posterior a la bulbificación) el fosforo y el potasio juegan un papel importante mas no indispensable, mientras que la mayor parte del nitrógeno necesario proviene de las propias reservas asimiladas en las hojas.

Al clasificar 22 hortalizas sometidas a ensayos de fertilización, para determinar la sensibilidad a N-P-K, específicamente la respuesta de cebolla a N la colocó en el lugar ocho (Greenwood *et al.*, 1980a), al P en el lugar cuatro (Greenwood *et al.*, 1980b), y al K en el lugar cuatro (Greenwood *et al.*, 1980c). A primera vista esto es algo paradójico, porque la cebolla se encuentra entre las especies vegetales de crecimiento lento, y remueve menos P y K del suelo en la cosecha que muchas otras

hortalizas que logran máximos rendimientos con bajos niveles de P y K en el suelo como es la col. Sin embargo, debido a la densidad de raíz y la falta de pelos radicales, necesitan una elevada concentración de P y K en la solución del suelo para impulsar la difusión en la superficie de la raíz a una velocidad suficiente para satisfacer sus requerimientos en etapa de plántulas (Brewster, 2008).

Con relación al azufre, además de su función como regulador de pH, funciona como un elemento esencial en el cultivo, un papel poco considerado de azufre en la nutrición vegetal es su efecto sobre la utilización de N, ambos son componentes de las proteínas. Por ejemplo, Añez y Figueredo (1996) encontraron que adicionando 1,000 Kg/ha de S en polvo un mes antes del trasplante, el rendimiento tendió a ser mayor. Por otra parte, Álvarez *et al.* (2011), realizaron un estudio en Apatzingán, Michoacán, donde compararon tres fuentes de fertilización de N-P-K y un testigo, en todos los tratamientos se adicionó azufre en los riegos, obtuvieron tendencias de mayor rendimiento en dos tratamientos, uno ellos el testigo, al cual se atribuye el efecto al azufre. Por otra parte, el efecto pungente (característica gustativa fuerte) se atribuye a la existencia de azufre en el suelo, pues los diferentes cultivares tienen la capacidad de acumular compuestos sulfurados en sus células y dan lugar a compuestos volátiles. En suelos deficientes de azufre, como fuente nitrogenada se recomienda el sulfato de amonio. Para cebollas dulces (baja pungencia) es necesario que en el suelo haya poco azufre. La pungencia de la cebolla, se mide con base al nivel de ácido pirúvico desde 0 a 18 micromol/g de tejido de cebolla fresca, de 0-3 baja pungencia (extra dulces), de 3-7 pungencia media (dulces) y ≤ 7 alta pungencia (picantes).

2.8.1 Fertilización nitrogenada

En el cultivo de cebolla el nitrógeno es el elemento más importante en el desarrollo, pues su función en la planta puede alterar determinadamente las características fenotípicas y el potencial productivo de la planta. Este elemento se requiere en cantidades mucho mayores que la mayoría de los otros nutrientes, ya que es un componente importante de las proteínas, enzimas y vitaminas en la planta, y es una

parte central de la molécula esencial derivada de la fotosíntesis, la clorofila (Marschner, 1995). Su demanda por la planta puede ser satisfecha a partir de una combinación de N en el suelo y adición de fertilizantes para asegurar un crecimiento óptimo. El nivel de N absorbido por la cebolla puede variar desde menos de 50 kg a más de 300 kg/ha, dependiendo del cultivar, el clima, la densidad de siembra, la fertilización y niveles de rendimiento (Hegde, 1986, 1988; Sørensen, 1996; Suojala *et al.*, 1998; Salo, 1999; Pire *et al.*, 2001). A pesar de que la absorción de N es muy elevada, se recomienda no exceder de 125 kg/ha, ya que por encima de esta cantidad influye directamente en el desarrollo del bulbo y da lugar a bulbos más acuosos y con baja vida de anaquel, de igual manera, demasiado N puede resultar en un crecimiento vegetativo excesivo, retraso de la madurez, una mayor susceptibilidad a las enfermedades, el aumento de centros dobles en bulbo, reducido contenido de materia seca y capacidad de almacenamiento y, por tanto, causar pérdidas de rendimiento y calidad de los bulbos comerciables (Riekels, 1977; Brewster y Butler, 1989; Singh y Dankhar, 1991; Batal *et al.*, 1994; Henriksen y Hansen, 2001; Sørensen y Grevsen, 2001). Por otra parte, la baja disponibilidad de N en el suelo, acelera la formación de bulbo cerca del período crítico de fotoperiodo (semejante efecto de mayor largo del día). Por regla general, el suministro de este elemento basta con adicionarlo después del trasplante y días antes del engrosamiento del bulbo, si es necesario, puede ser suministrado vía foliar (Rodríguez *et al.*, 1994). Por otra parte, si el N adicionado proviene de una fuente nítrica, se favorece el rápido desarrollo de hojas y de altura de planta, pero el bulbo desarrolla pequeño y blando. También, el N mineral favorece la conservación de bulbos, ocurriendo lo contrario con el N orgánico.

Cuando se trata acerca de las necesidades de la fertilización de N, la cebolla es uno de los cultivos con mayor dificultad para satisfacer sus necesidades en forma eficiente. Henriksen (1987), reporta que el rendimiento de cebolla incrementa con aplicaciones de N por encima de 120 kg/ha. Por lo general, los rendimientos aumentan con el aumento de N aplicado en un rango de 0 a 150 kg/ha, y posteriormente se estabiliza. En consecuencia, la absorción de N por el cultivo disminuye a medida que la adición de N aumenta, y por lo general sólo se aprovecha

alrededor del 37% para lograr el máximo rendimiento. Esta escasa capacidad de absorción de N, es posiblemente a consecuencia del sistema radicular disperso y superficial de la especie (Brewster, 2008).

Para superar esta dificultad, es necesario dividir las aplicaciones de N, normalmente la aplicación de 60-80 kg/ha e incorporado al suelo antes de siembra, y una cantidad similar cuando las plantas presentan aproximadamente 10 cm de altura. La cantidad total de N aplicado debe ser ajustada junto con la adición química y el que se determine en el suelo mediante análisis de suelo antes de fertilizar. En Países Bajos, una práctica común en cebolla de primavera, es considerar el total de N disponible en los primeros 60 cm del suelo, mas el fertilizante agregado debe ser igual a 180 kg/ha (Brewster, 2008); igualmente, en Alemania y Escandinavia los valores objetivo para el contenido de N mineral se determinan en los primeros 30 cm del suelo. Estos valores de referencia deben ser suficientes para abastecer a un cultivo con el rendimiento total esperado y la absorción de N. Por ejemplo, en el sur de Suecia, el rendimiento de bulbo de 60 t/ha absorbe 120 kg/ha (Gertsson y Bjorklund, 2002). La cantidad de N mineral en el suelo es difícil de predecir y varía de año en año, ya que las tasas de mineralización y la lixiviación se ven afectados por las condiciones climáticas. Mediante el análisis del suelo, las cantidades de fertilizantes nitrogenados aplicados en cada etapa se pueden ajustar, de modo que la suma de todos los fertilizantes más el N mineralizado es igual a la meta proyectada.

Así, la cantidad de N aplicado y la respuesta del cultivo de cebolla varían de un lugar a otro. Variedades de alto rendimiento por lo general requieren más nitrógeno que las de bajo rendimiento. Los resultados de las diferentes regiones climáticas del mundo, también muestran diferentes respuestas a la adición de N. Por ejemplo, el rendimiento de cebolla se incrementó cuando se aplicaron dosis de N bajo el rango de 0-50 kg/ha en la región noroeste de Australia (Laughlin, 1989). En la región semiárida del sur de Texas, sin riego, Wiedenfeld (1994) no encontró ningún beneficio adicional de rendimiento por la aplicación de mayores cantidades de N arriba de 84 kg/ha y el promedio de eficiencia de la absorción de N fue menos del 10% con diferentes tiempos de aplicación. En suelo arcillo-limoso de regadío con un

alto nivel nitratos en Arkansas, EE.UU., Halvorson *et al.* (2002) observaron un aumento del 27% en el rendimiento de bulbo con una fertilización nitrogenada de 224 kg/h. En un suelo franco-arenoso de la región semi-árida irrigada de Etiopía, la adición de N entre 90 a 120 kg/ha influyó en mayor rendimiento comparado con el suelo no fertilizado (Aklilu, 1997). En Nigeria, en un suelo ultisol tropical, Asiegbu (1989) encontró un aumento en el rendimiento de cebolla, por la aplicación de N de hasta 150 kg/ha. Otros reportes indican aumento en el rendimiento de cebolla a partir de la adición de N de 143 a 246 kg/ha en suelos francos de Egipto (Haggag *et al.*, 1986); 200 kg/ha en suelos arenosos en Arabia Saudita (Al-Moshileh, 2001); y 299 a 358 kg/ha en las arenas silíceas en Australia (Maier *et al.*, 1990). Asimismo, la eficiencia en la utilización del N por el cultivo de cebolla, también se correlaciona con la disponibilidad de humedad del suelo (Hegde, 1986, 1988; Greenwood *et al.*, 1992; Wiedenfeld, 1994; Rahn *et al.*, 1996)

III. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de sistemas de plantación y fertilización nitrogenada en el cultivo de cebolla, en las condiciones ambientales de Apatzingán Michoacán.

IV. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Determinar el efecto de la densidad de población bajo diferentes sistemas de plantación en la fenología y productividad de cebolla.

Evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el desarrollo y productividad de plantas de cebolla.

V. HIPOTESIS

Comparado con el rendimiento medio nacional de cebolla, es posible incrementar el rendimiento productivo bajo algún sistema de plantación, sin demeritar las características cualitativas y cuantitativas de los bulbos en Apatzingán Michoacán.

Es factible el manejo de una fertilización nitrogenada adecuada y eficiente del cultivo de cebolla, y mejorar el rendimiento reportado para la región.

VI. MATERIALES Y METODOS

6.1 Localización del área de estudio

El trabajo experimental se desarrolló en el campo experimental de la Escuela de Ciencias Agropecuarias (ECA) de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), en Apatzingán Michoacán, geográficamente se localiza a 19° 05' 00" de Latitud Norte y 102° 22' 17" de Longitud Oeste y una altitud de 314 msnm.

6.2 Características ambientales del área de estudio

El área de estudio presenta un clima $Bs_1(h')w(W)$ que corresponde al grupo de climas cálidos-semisecos (el más húmedo de los cálidos semisecos), con lluvias en verano; la temperatura y precipitación media anual es de 28° C y 834 mm respectivamente (García, 1988). El tipo de vegetación está representado por tipos primarios de selva baja caducifolia de porte arbustivo de 4-8 m y arbóreo de 8-12 m de altura y etapas secundarias de sucesión natural, en áreas más altas se localizan pequeñas extensiones de bosques de encino y pino (Andrés *et al.*, 1994). El tipo de suelo en el sitio experimental es vertisol (arcilloso) (INEGI, 1983). Los registros de precipitación y temperatura durante el periodo del ensayo aparecen en el cuadro 1 y las características físico-químicas del suelo de la parcela experimental se muestran en el cuadro 2.

6.3 Material vegetal

Se utilizó semilla de cebolla criolla proveniente de la región Cienega de Chápala, en Michoacán.

Cuadro 1. Registro de temperatura y precipitación durante el transcurso del ensayo 2010-2011.

Mes	Temperatura promedio (°C)			Precipitación (mm)
	Máxima	Mínima	Media	
Octubre 2010	37.0	18.0	27.0	0.0
Noviembre 2010	35.0	12.0	24.9	0.0
Diciembre 2010	34.0	11.0	22.9	0.0
Enero 2011	35.0	10.5	23.2	0.0
Febrero 2011	37.0	13.0	25.3	0.0
Marzo 2011	37.5	12.0	26.0	0.0
Abril 2011	40.0	16.0	28.7	0.0
Mayo 2011	40.0	19.5	30.3	0.0

FUENTE: CONAGUA. DDR 097 "Lázaro Cárdenas". 2010-2011, Registros climatológicos.

Cuadro 2. Características físico-químicas del suelo de la parcela experimental, Apatzingán Michoacán, 2011.

variables	Resultado	Calificación
físico-químicas		
pH	7.94	Alcalino
Materia orgánica (%)	2.8	Medio
Nitrógeno inorgánico (mg/kg)	11	Bajo
Fósforo (mg/kg)	27	Muy alto
Potasio (mg/kg)	836	Muy alto
C. I. C. (mol/kg)	22	(≤5 - 40≥)
Densidad aparente (Ton/m ³)	1.35	---

6.4 Establecimiento y desarrollo en almacigo

La preparación del almacigo consistió en elegir de un suelo franco arenoso, en el que se aflojó el suelo, se adicionó e incorpora azufre en polvo a razón de 10 g/m², se trazaron surcos y drenes para el manejo del agua y se elevó la cama de siembra, se aplicó un insecticida al suelo (Diazinón) para eliminar las plagas del suelo, se

trazaron microsurcos transversales y se les adicionó micorrizas (Micofert®) espolvoreado y se humedeció, enseguida se colocó la semilla a chorrillo en zig-zag y se tapó la semilla con suelo o aserrín desinfectado, se adicionó riego por inundación sin rebasar la siembra, y se cubrió con sacate seco sin semilla o plástico negro por 4 días (esto dependió de la humedad relativa y la luminosidad de los rayos solares), posterior a ello, se destapó y se regó por aspersión constante hasta que se logró la germinación uniforme. Después de que las plántulas presentaron tres hojas, se levantó surcos entre los microsurcos y se adiciona sulfato de amonio y se cubrió, enseguida se aplicó riego por aspersión e inundación para diluir y percolar el fertilizante. Después de 60 días aproximados las plántulas presentaron el tamaño de bulbo de “cotonete” y estuvieron listas para el trasplante.

6.5 Preparación de la parcela experimental

Durante el desarrollo del almacigo, se preparó la parcela experimental dando periodos de tiempo entre cada labor de maquinaria, el proceso consistió a un barbecho a 30 cm, un paso de rastra, adición de azufre en polvo e incorporación del mismo mediante otro paso de rastra y surcado (según los diseños planteados).

6.6 Tratamientos a evaluar y diseño experimental

Se evaluaron dos factores conjugados (sistemas de plantación y fertilización nitrogenada), en el primer factor los tratamientos consistieron en 4 sistemas plantación: 1. camas de 60 cm a 2 líneas (22.3 plantas/m² ó 222,778 plantas/ha), 2. camas de 60 cm a 3 líneas (33.4 plantas/m² ó 334,000 plantas/ha), 3. camas de 90 cm a 4 líneas (29.6 plantas/m² ó 296,037 plantas/ha) y 4. camas de 90 cm a 5 líneas (36.9 plantas/m² ó 369,963 plantas/ha) (figura 1).

En el segundo factor los tratamientos consistieron en 4 sistemas de manejo de nitrógeno: 1. adición de nitrógeno (formula 140-0-0) en dos partes (antes de trasplante y 30 días posteriores), 2. adición de nitrógeno (formula 140-0-0) a 30 días después de trasplante, 3. Adición de nitrógeno al follaje (urea foliar) cada semana

después de trasplante y hasta los 60 días y 4. Testigo (sin nitrógeno). En todos los casos se utilizara un diseño experimental bifactorial con tres repeticiones (figura 1).

6.7 Manejo del cultivo

Dentro del manejo del cultivo se siguieron las recomendaciones establecidas por el INIFAP (2001), con modificaciones en el manejo de los tratamientos a evaluar.

6.8 Determinación del tamaño de muestra

Para determinar el tamaño de muestra, se seguirá el criterio de selección de tablas pre elaboradas con un 95% de precisión (Israel, 2003).

6.9 Variables a evaluar

6.9.1 Desarrollo fenológico

Altura de planta. Las plantas se midieron con una cinta métrica desde la base de las hojas con el suelo hasta el ápice de la hoja más larga, el será en centímetros.

Diámetro del pseudotallo. Con un vernier calibrado se tomó el diámetro a 2 cm arriba del suelo, el resultado se registrará en centímetros.

Número de hojas. Se registró la cantidad de hojas emitidas por planta.

El muestreo anterior se realizará con intervalos de 15 días contados a partir de la fecha de trasplante.

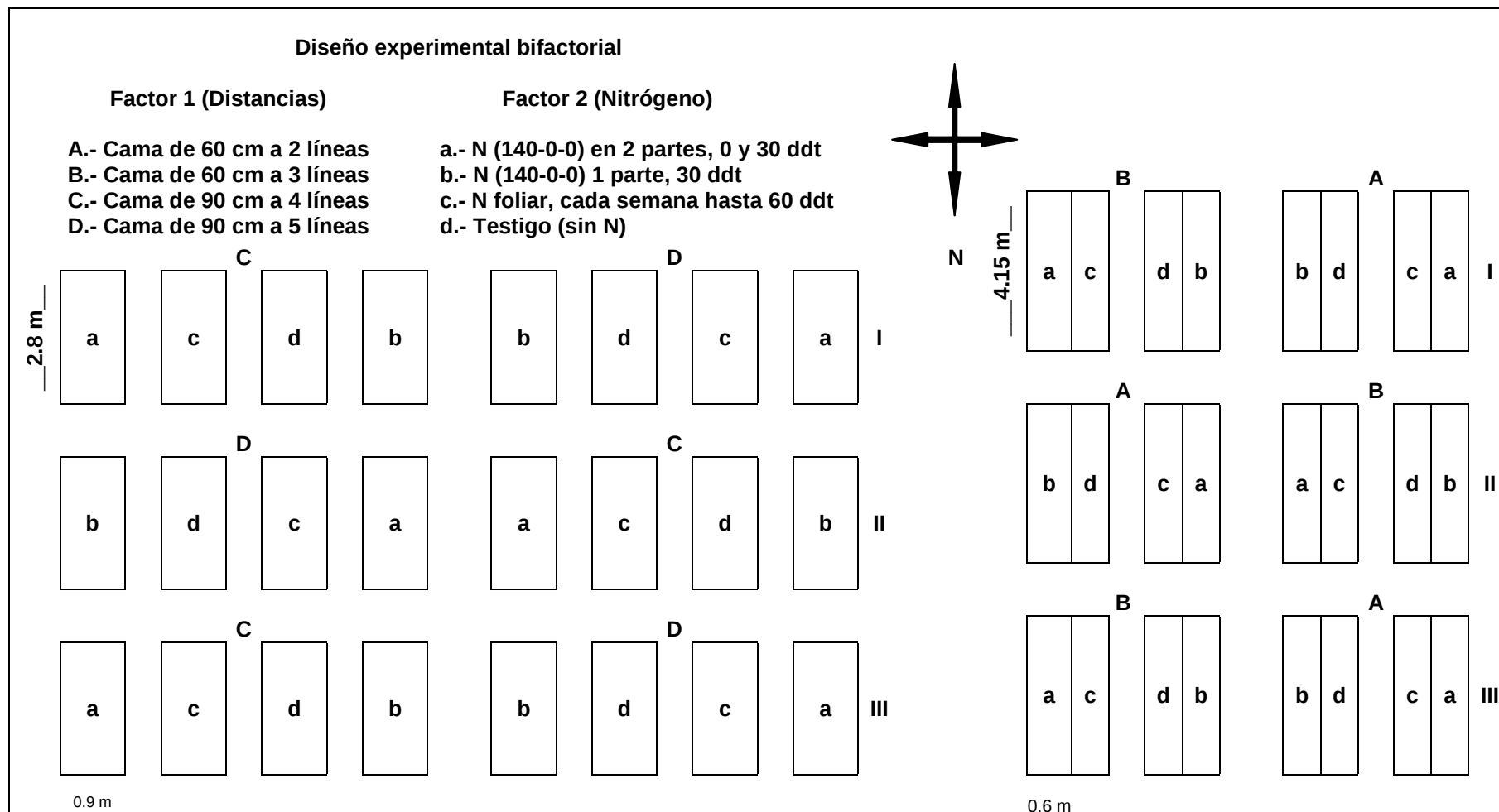


Figura 1. Distribución de los tratamientos y repeticiones en sitio experimental.

6.9.2 Características productivas

Peso promedio de bulbos. En periodo de cosecha se colectaron bulbos por tratamiento/repetición, estos se pesaron en para obtener el peso promedio, el registro fue en gramos.

Tamaño de bulbo. Con un cinta métrica se obtuvo la circunferencia polar y ecuatorial, el resultado se registró en centímetros.

Rendimiento. Con base al peso promedio por bulbo se calculó el rendimiento, considerando la población de plantas por hectárea, el resultado se expresó en kilogramos por hectárea.

6.9.3 Características físico-químicas

Durante el periodo de cosecha, se colectaron 10 bulbos fisiológicamente maduros por tratamiento/repetición a los cuales se obtuvieron las siguientes variables:

El pH, el procedimiento para determinar este parámetro consistió en cortar pedazos del bulbo y se colocó en un mortero y se agrega agua destilada para obtener una mezcla de jugo suficiente que se depositó en un vaso de precipitado, y con la ayuda de un potenciómetro manual (Hanna® modelo pHep) se registró los valores.

Los °Brix ó sólidos solubles, se obtuvieron con un refractómetro manual (Atago® modelo HSR-500), en el que se depositó una gota de extracto de cebolla en la base del refractómetro, enseguida se registró la lectura.

De igual forma se registró el contenido de humedad de bulbos. Para ello se pesaron 100 g de bulbos por tratamiento/repetición, estos fueron cortados en pedazos pequeños y se depositaron en platos de unicel que se mantuvieron a temperatura ambiente por 20 días, el porcentaje de humedad se obtuvo por diferencia de peso inicial y final.

6.10 Análisis de datos

El análisis de las variables fenológicas, productivas y características de bulbos se procesaron mediante análisis de varianza bajo un diseño factorial con dos factores y tres repeticiones. La comparación de medias se hizo con la prueba de Tukey ($P=0.05$). Asimismo, se efectuaron regresiones de las variables fenológicas. Específicamente para el peso de frutos se registraron los valores obtenidos, y mediante porcentaje se determinó la cantidad según el intervalo de peso. Para todos los casos se utilizó el paquete estadístico SAS (1997).

VII. RESULTADOS

7.1 Desarrollo fenológico

7.1.1 Altura de la planta

En el cuadro 3, se observan los resultados obtenidos para la variable altura de la planta bajo la interacción de los dos factores (distancia y nitrógeno), y en diferentes fechas de muestreo, el análisis de varianza practicado no reveló diferencias estadísticas significativas en los días muestreados (20, 34, 48, 62 y 76 ddt). Sin embargo, se conciben máximas alturas a los 62 y 76 ddt en la interacción de los factores distancia (C y D) y nitrógeno (a, b y c), fluctuando de 31.23 a 31.93 cm.

Asimismo en la figura 2, se muestran gráficamente las regresiones efectuadas de la tendencia que siguió el desarrollo de la altura de la planta en el tiempo, como se aprecia en los cuatro gráficos, el factor independiente distancia en combinación con el factor nitrógeno, a excepción de los tratamientos Ad, Bc, Cb y Dd, en el último muestreo (76 ddt) siguieron una tendencia lineal de desarrollo de altura, los demás tratamientos, mostraron una inflexión de los valores obtenidos a partir de la penúltima toma de datos (62 ddt).

Cuadro 3. Altura de planta (cm) de cebolla a diferentes días después del trasplante (ddt). Cuatro sistemas de plantación (A, B, C y D), y cuatro sistemas de adición de nitrógeno (a, b, c y d), Apatzingán Michoacán, 2011.

Tratamientos		Días después del trasplante (ddt)				
Distancia (Factor 1)	Nitrógeno (Factor 2)	20	34	48	62	76
A	a	19.23 a [†]	28.18 a	28.19 a	29.50 a	25.93 a
	b	22.56 a	29.88 a	31.25 a	31.40 a	31.00 a
	c	18.80 a	25.60 a	25.61 a	28.93 a	24.43 a
	d	21.15 a	28.28 a	28.81 a	31.95 a	34.03 a
B	a	20.31 a	27.73 a	28.26 a	31.36 a	28.83 a
	b	21.90 a	27.18 a	31.56 a	31.65 a	32.43 a
	c	18.26 a	24.31 a	28.15 a	29.15 a	31.63 a
	d	20.63 a	28.50 a	29.78 a	33.70 a	30.62 a
C	a	22.56 a	34.43 a	35.76 a	35.86 a	33.93 a
	b	23.28 a	29.91 a	30.66 a	32.38 a	35.40 a
	c	24.31 a	30.58 a	33.41 a	31.56 a	31.46 a
	d	21.01 a	30.06 a	31.75 a	29.91 a	29.73 a
D	a	24.95 a	35.05 a	35.25 a	37.83 a	33.83 a
	b	21.16 a	26.95 a	31.31 a	30.50 a	30.40 a
	c	20.96 a	28.48 a	29.06 a	29.73 a	31.23 a
	d	18.43 a ^{NS}	22.41 a	23.43 a	24.73 a	25.90 a
DMS		3.20	4.8	5.27	5.77	4.38
C.V.		15.12	16.88	17.49	18.46	14.28

[†] Medias seguidas de la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, 0.05).
NS: No Significativo. DMS: Diferencia Mínima Significativa. CV: Coeficiente de Variación.

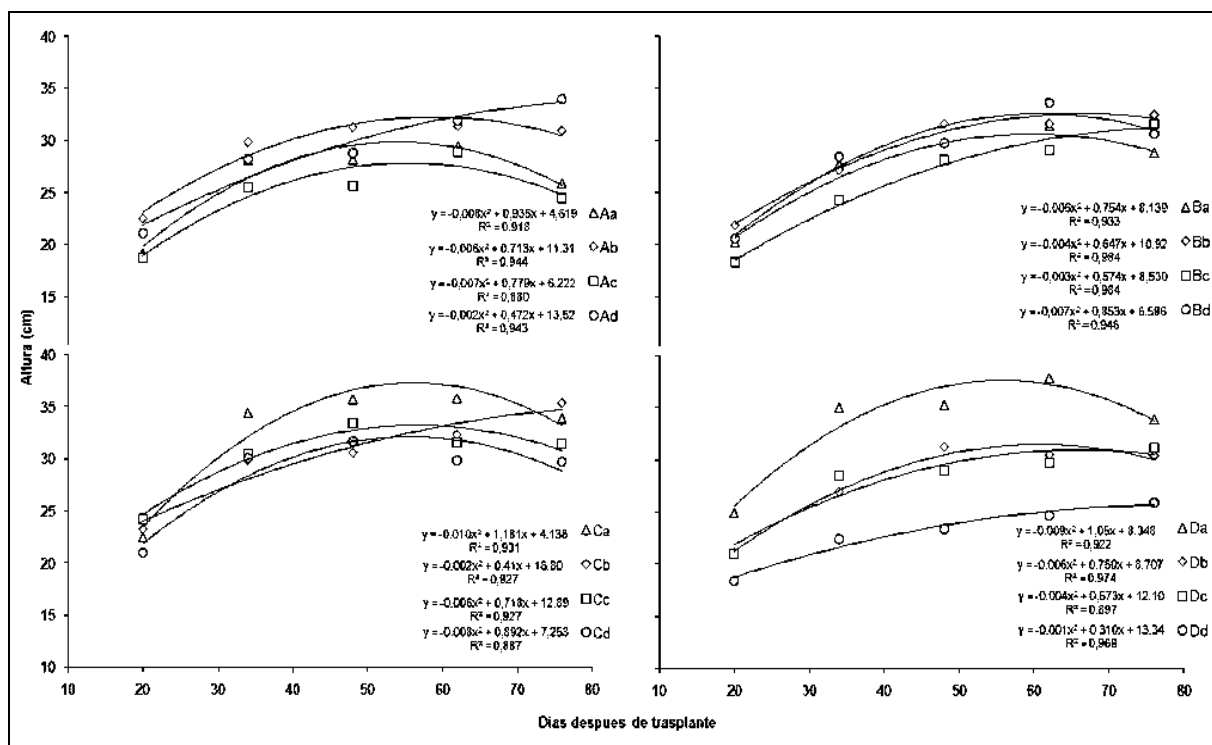


Figura 2. Análisis de regresión de la altura de planta de cebolla en el tiempo, cuatro sistemas de plantación (A, B, C y D), y cuatro sistemas de adición de nitrógeno (a, b, c y d), Apatzingán Michoacán, 2011.

7.1.2 Diámetro de pseudotallo

Por otra parte, en la variable diámetro de pseudotallo (cuadro 4), el análisis de varianza factorial no fue significativo bajo los diferentes muestreos. A diferencia de la variable anterior, a excepción del tratamiento Aa, los máximos valores se alcanzaron en el último muestreo (76 ddt), y oscilaron de 0.87 a 1.25 cm de diámetro.

Las regresiones efectuadas para la variable diámetro de pseudotallo se muestran en la figura 3, en los cuatro gráficos (factor distancia) el patrón que siguió el desarrollo en el grosor de pseudotallo es muy similar, y en su mayoría tiende a un desarrollo lineal durante los muestreos, sin embargo, en el último muestreo (76 ddt), según la curva, se estabiliza la tendencia.

Cuadro 4. Diámetro de pseudotallo (cm) de planta de cebolla a diferentes días después del trasplante (ddt). Cuatro sistemas de plantación (A, B, C y D), y cuatro sistemas de adición de nitrógeno (a, b, c y d), Apatzingán Michoacán, 2011.

Tratamientos		Días después del trasplante (ddt)				
Distancia (Factor 1)	Nitrógeno (Factor 2)	20	34	48	62	76
A	a	0.60 a [†]	0.69 a	0.81 a	1.03 a	0.92 a
	b	0.53 a	0.74 a	1.04 a	1.06 a	1.06 a
	c	0.44 a	0.63 a	0.79 a	0.83 a	0.88 a
	d	0.49 a	0.71 a	0.89 a	1.01 a	1.19 a
B	a	0.46 a	0.69 a	0.87 a	0.98 a	1.00 a
	b	0.55 a	0.74 a	1.00 a	1.01 a	1.05 a
	c	0.45 a	0.65 a	0.86 a	1.00 a	1.02 a
	d	0.51 a	0.73 a	0.86 a	1.15 a	1.16 a
C	a	0.51 a	0.81 a	1.20 a	1.21 a	1.22 a
	b	0.51 a	0.68 a	1.02 a	1.07 a	1.13 a
	c	0.55 a	0.79 a	1.03 a	1.03 a	1.06 a
	d	0.46 a	0.71 a	0.84 a	0.84 a	1.01 a
D	a	0.58 a	0.84 a	1.09 a	1.22 a	1.25 a
	b	0.53 a	0.63 a	0.91 a	0.91 a	0.92 a
	c	0.51 a	0.73 a	0.93 a	1.00 a	1.09 a
	d	0.40 a ^{NS}	0.51 a	0.74 a	0.86 a	0.87 a
DMS		0.08	0.11	0.16	0.15	0.22
C.V.		16.53	15.70	17.65	15.01	21.46

[†] Medias seguidas de la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, 0.05).
NS: No Significativo. DMS: Diferencia Mínima Significativa. CV: Coeficiente de Variación

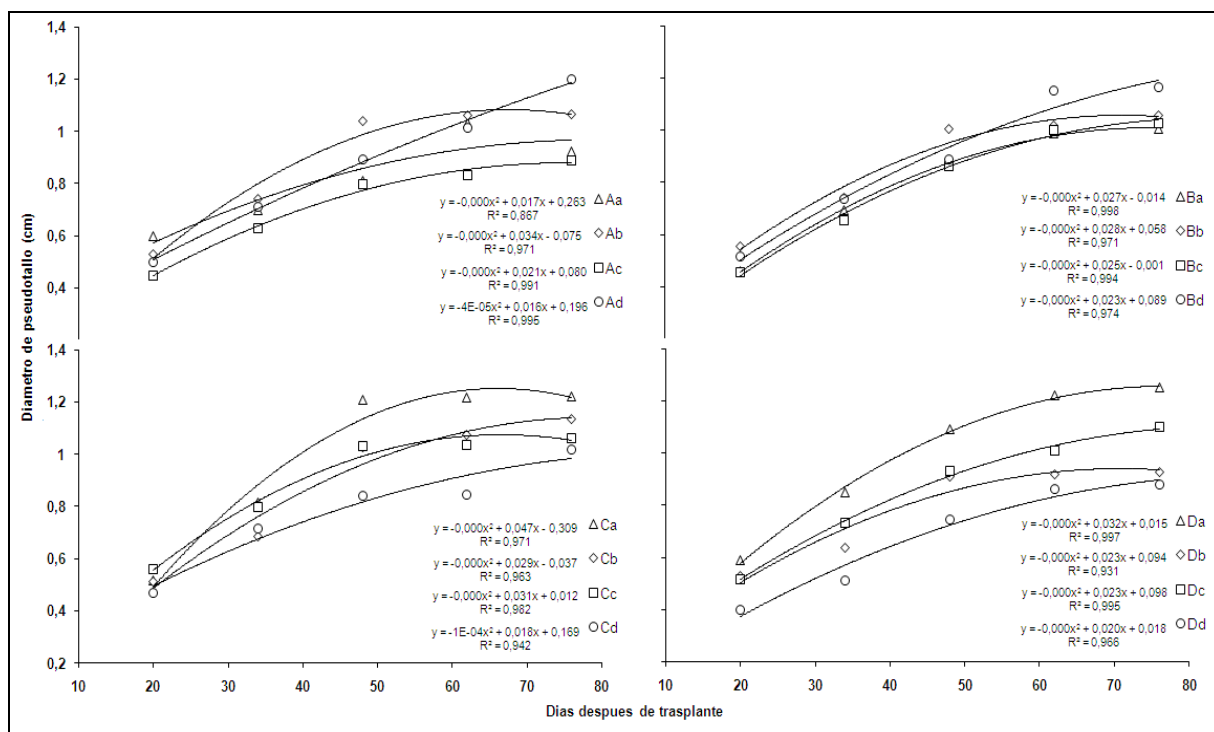


Figura 3. Análisis de regresión del diámetro de pseudotallo en planta de cebolla en el tiempo, cuatro sistemas de plantación (A, B, C y D), y cuatro sistemas de adición de nitrógeno (a, b, c y d), Apatzingán Michoacán, 2011.

7.1.3 Número de hojas

En el comportamiento del número de hojas durante las diferentes fechas de muestreo, fue similar a las variables anteriores, ya que el análisis de varianza no mostró diferencias estadísticas significativas (cuadro 5), no obstante, se aprecia de manera general dos flujos de desarrollo de hojas, uno entre los muestreos a los 34 y 48 ddt, y el segundo en la última fecha de muestreo (76 ddt).

De igual manera, en la figura 4 se muestran las regresiones en el tiempo efectuadas para esta variable en los dos factores (distancia y nitrógeno), así, con base a los resultados variables en la tendencia de hojas, el comportamiento aunque tiende a ser lineal, los coeficiente de determinación en la mayoría de los tratamientos son menores, a diferencia de las variables previas analizadas por este método.

Cuadro 5. Número de hojas en planta de cebolla a diferentes días después del trasplante (ddt). Cuatro sistemas de plantación (A, B, C y D), y cuatro sistemas de adición de nitrógeno (a, b, c y d), Apatzingán Michoacán, 2011.

Tratamientos		Días después del trasplante (ddt)				
Distancia (Factor 1)	Nitrógeno (Factor 2)	20	34	48	62	76
A	a	3.83 a [†]	5.16 a	4.23 a	3.83 a	5.86 a
	b	4.23 a	5.63 a	5.16 a	4.23 a	6.71 a
	c	3.70 a	5.16 a	4.26 a	3.70 a	6.00 a
	d	3.80 a	5.46 a	4.90 a	3.80 a	6.16 a
B	a	3.63 a	5.10 a	5.06 a	3.63 a	6.40 a
	b	3.90 a	5.50 a	5.83 a	3.90 a	6.13 a
	c	3.73 a	5.20 a	4.83 a	3.73 a	6.63 a
	d	3.63 a	5.36 a	4.86 a	3.63 a	7.56 a
C	a	4.13 a	5.63 a	5.63 a	4.13 a	6.76 a
	b	3.73 a	5.36 a	5.86 a	3.73 a	8.56 a
	c	4.00 a	5.76 a	5.60 a	4.00 a	6.70 a
	d	3.86 a	5.23 a	5.06 a	3.86 a	6.06 a
D	a	4.43 a	6.20 a	5.13 a	4.43 a	6.23 a
	b	4.03 a	5.16 a	5.20 a	4.03 a	6.06 a
	c	3.96 a	5.50 a	5.33 a	3.96 a	6.93 a
	d	3.26 a ^{NS}	4.43 a	4.60 a	3.26 a	6.00 a
DMS		0.42	0.60	0.85	0.98	0.98
C.V.		10.98	11.20	16.75	17.51	15.08

[†] Medias seguidas de la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, 0.05).
NS: No Significativo. DMS: Diferencia Mínima Significativa. CV: Coeficiente de Variación

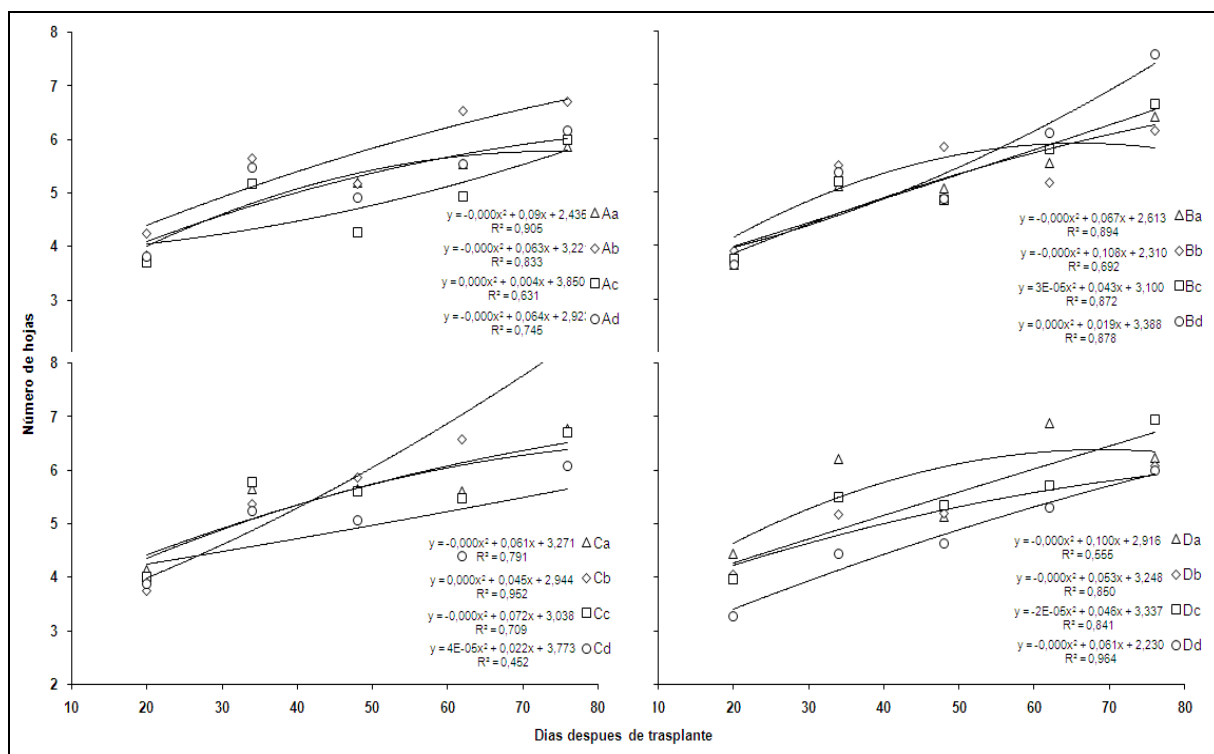


Figura 4. Análisis regresión del número de hojas en planta de cebolla en el tiempo, cuatro sistemas de plantación (A, B, C y D), y cuatro sistemas de adición de nitrógeno (a, b, c y d), Apatzingán Michoacán, 2011.

7.2 Caracterización de bulbos cosechados

7.2.1 Tamaño y peso

En lo referente a las variables del tamaño de bulbos cosechados (circunferencia ecuatorial y polar), el análisis estadístico no reveló diferencias significativas entre la interacción de los tratamientos (cuadro 6), a pesar de ello, el factor distancia en B, C y D (mayor población) presentan valores mayores, a diferencia de A; y de entre ellos (B, C y D) en el factor nitrógeno sobresalen a y b (adición de nitrógeno en dos y una parte, respectivamente) en mayor tamaño.

Similarmente en la variable peso de bulbo, el análisis de varianza no fue significativo (cuadro 6), pero en esta variable a diferencia del tamaño de bulbo, resaltan en el factor distancia los tratamientos de cama ancha C y D, y particularmente en factor

nitrógeno a, b y c, pues tendieron a un mayor tamaño de bulbo, a diferencia de A y B en sus diferentes sistemas de adición de nitrógeno, con excepción de Bb.

Cuadro 6. Parámetros cuantitativos de bulbos de cebolla, cuatro sistemas de plantación (A, B, C y D), y cuatro sistemas de adición de nitrógeno (a, b, c y d), Apatzingán Michoacán, 2011.

Tratamientos		Circunferencia ecuatorial (cm)	Circunferencia polar (cm)	Peso/bulbo (g)
Distancia (Factor 1)	Nitrógeno (Factor 2)			
A	a	9.29 a [†]	13.98 a	34.85 a
	b	10.77 a	14.96 a	45.63 a
	c	9.56 a	14.02 a	33.50 a
	d	10.78 a	14.91 a	42.96 a
B	a	11.52 a	14.73 a	44.40 a
	b	11.49 a	15.35 a	51.43 a
	c	10.41 a	14.35 a	42.35 a
	d	11.69 a	15.07 a	49.33 a
C	a	11.13 a	15.42 a	54.89 a
	b	12.37 a	15.75 a	57.68 a
	c	11.12 a	14.78 a	50.94 a
	d	10.47 a	14.05 a	40.02 a
D	a	12.13 a	15.90 a	54.71 a
	b	12.02 a	16.00 a	58.46 a
	c	11.42 a	14.71 a	49.79 a
	d	10.07 a ^{NS}	13.99 a	37.09 a
DMS		1.42	1.01	12.19
C.V.		12.90	6.85	26.07

[†] Medias seguidas de la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, 0.05). NS: No Significativo. DMS: Diferencia Mínima Significativa. CV: Coeficiente de Variación

7.3 Rendimiento

Por otra parte, en la variable rendimiento de bulbos, el análisis de varianza no determinó diferencias significativas, consecuentemente, desde el punto de vista estadístico, los tratamientos evaluados son considerados iguales (cuadro 7). Sin embargo, se aprecia una tendencia influenciada por el factor distancia en la mayor

población evaluada de 369,963 plantas/ha (D) y específicamente en el factor de nitrógeno a, b y c (adición de nitrógeno en dos y una parte, y adición foliar, respectivamente) y cuyos valores fluctuaron de entre 18,420 a 20,240 kg/ha.

Cuadro 7. Rendimiento de cebolla. Cuatro sistemas de plantación (A, B, C y D), y cuatro sistemas de adición de nitrógeno (a, b, c y d), Apatzingán Michoacán, 2011.

Tratamientos		Peso/bulbo (g)	Rendimiento (kg/ha)
Distancia (Factor 1)	Nitrógeno (Factor 2)		
A 222,778 plantas/ha	a	34.85 a [†]	7,763 a
	b	45.63 a	10,165 a
	c	33.50 a	7,463 a
	d	42.96 a	9,570 a
B 334,000 plantas/ha	a	44.40 a	14,829 a
	b	51.43 a	17,177 a
	c	42.35 a	14,144 a
	d	49.33 a	16,476 a
C 296,037 plantas/ha	a	54.89 a	16,249 a
	b	57.68 a	17,075 a
	c	50.94 a	15,080 a
	d	40.02 a	11,847 a
D 369,963 plantas/ha	a	54.71 a	20,240 a
	b	58.46 a	21,628 a
	c	49.79 a	18,420 a
	d	37.09 a ^{NS}	13,721 a

[†] Medias seguidas de la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, 0.05).
NS: No Significativo. DMS: Diferencia Mínima Significativa. CV: Coeficiente de Variación

7.4 Características cualitativas

Con relación a las variables cualitativas de bulbos (pH, sólidos solubles y humedad) los análisis de varianza no fueron significativos (cuadro 8). Generalmente, en la variable pH los valores en los tratamientos rondaron entre 6.24 y 6.60, únicamente a

excepción del tratamiento Dc que alcanzó 8.51; en sólidos solubles, los tratamientos Aa y Dd son limitativos a diferencia de los demás tratamientos que siguen un patrón similar entre 5.1 y 5.93; y respecto al porcentaje de humedad, tiende a variar el comportamiento, pues los tratamientos B y D junto con a, b y c, y Ad muestran valores mayores de humedad a diferencia de A y C conjuntamente con a, b y c, que presentan menor contenido de humedad.

Cuadro 8. Parámetros cualitativos de bulbos de cebolla. Cuatro sistemas de plantación (A, B, C y D), y cuatro sistemas de adición de nitrógeno (a, b, c y d), Apatzingán Michoacán, 2011.

Tratamientos		pH	Sólidos solubles (°Brix)	Humedad (%)
Distancia (Factor 1)	Nitrógeno (Factor 2)			
A	a	6.51 a [†]	4.60 a	89.50 a
	b	6.25 a	5.79 a	89.33 a
	c	6.43 a	5.01 a	88.66 a
	d	6.31 a	5.05 a	91.33 a
B	a	6.24 a	5.57 a	90.00 a
	b	6.49 a	5.10 a	91.00 a
	c	6.60 a	5.88 a	91.66 a
	d	6.45 a	5.60 a	90.00 a
C	a	6.37 a	5.93 a	87.00 a
	b	6.49 a	5.53 a	88.00 a
	c	6.43 a	5.71 a	89.66 a
	d	6.31 a	5.52 a	87.33 a
D	a	6.48 a	5.18 a	90.66 a
	b	6.46 a	5.27 a	91.33 a
	c	8.51 a	5.28 a	90.66 a
	d	6.45 a ^{NS}	6.17 a	89.66 a
DMS		0.97	0.58	2.42
C.V.		14.92	10.78	2.7

[†] Medias seguidas de la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey, 0.05). NS: No Significativo. DMS: Diferencia Mínima Significativa. CV: Coeficiente de Variación

VIII. DISCUSIÓN

Bajo las condiciones ambientales del “Valle de Apatzingán”, los resultados obtenidos no fueron estadísticamente diferentes, esto es, que las plantas no se vieron influenciadas por la interacción de los dos factores evaluados, con ello, se acepta la hipótesis nula, que establece que todos los tratamientos son iguales desde el punto de vista estadístico. La influencia del factor distancia se manifiesta de manera clara, pues afecta directamente en el tamaño de bulbo y el rendimiento (Villagrán y Escaff, 1982; Herison *et al.*, 1993; Rumpel y Felczynski, 1997; Lipinski *et al.*, 2002; Vilorio *et al.*, 2003). A diferencia del factor distancia, el factor N, sugiere poca claridad de su efecto, incluso algunos reportes coinciden en la falta de respuesta del cultivo a la adición de nutrientes, principalmente N (Wiedenfeld, 1994; Deho *et al.*, 2002; Álvarez *et al.*, 2011). Esta escasa capacidad de absorción de N, consecuentemente se deba al acomodo superficial y a la ausencia de un sistema radicular disperso (Brewster, 2008), y a las características fisiológicas y genotípicas de la especie, pues cuando se trata acerca de las necesidades de la fertilización de N, la cebolla es uno de los cultivos con mayor dificultad para satisfacer sus necesidades en forma eficiente, esto apoyado en las técnicas analíticas.

En la interacción de los dos factores (distancia y N), aún sin diferencias estadísticas, para las variables fenológicas altura de planta, en su mayoría alcanzaron los máximos valores en la penúltima fecha de muestreo (62 ddt) con valores fluctuantes de 24.73 a 37.83 cm para altura, en la siguiente fecha de muestreo (76 ddt), surge una reducción en valores con excepción de Bb, Bc, Dc y Dd (cuadro 3). Este comportamiento coincide con un estudio previamente realizado bajo condiciones similares (Álvarez *et al.*, 2011), donde igualmente a los 60 ddt, reportan máximos valores (39.58 a 42.48 cm), y en la última fecha de muestreo (75 ddt) presenta una inflexión. Por su parte Ghaffoor *et al.* (2003), reporta valores de altura de planta de 44.22 a 50.63 cm, bajo la interacción de seis niveles de fertilización N-P-K (0-180, 0-100, 0-100 kg/ha) en tres variedades de cebolla. Deho *et al.* (2002) al evaluar seis tratamientos de fertilización de N-P-K (40-80, 0-120, 0-80 kg/ha), reportan altura de planta de 39.07 cm.

Con respecto al diámetro de pseudotallo, en su mayoría los resultados tendieron a un mayor diámetro en la última fecha de muestreo (76 ddt), cuyo rango fluctuó de 0.87 a 1.25 cm. Por su parte Álvarez *et al.* (2011), reportan valores diferentes, bajo un estudio efectuado en ambiente similar, pues el máximo tamaño de pseudotallo lo reportan a los 60 ddt con valores de 1.05 a 1.11 cm. Asimismo, Kumar *et al.* (1988), reporta incrementos en el diámetro del pseudotallo con adición de N a razón de 150 kg/ha.

De igual forma, en la variable número de hojas, cabe la pena resaltar que bajo las condiciones particulares de este estudio, se presentaron dos flujos de emisión de hojas (34 y 76 ddt), este comportamiento no está muy claro, pues los coeficientes de variación para esas fechas son aceptables estadísticamente, sin embargo, se prevé que la variedad criolla utilizada junto con la influencia de algún cambio en el ambiente, pudo ser la causa de este doble flujo. En la última fecha de muestreo (76 ddt) se registraron de 5.86 a 7.56 hojas. Por su parte Álvarez *et al.* (2011) reportan de 7.26 a 8.31 hojas entre los 60 y 75 ddt para esta variedad criolla evaluada en condiciones similares. Ghaffoor *et al.* (2003), reportan 14.04 a 16.24 hojas/planta bajo seis niveles de N-P-K (0-180, 0-100, 0-100 kg/ha) en tres variedades de cebolla.

Por otra parte, la calidad y el rendimiento del bulbo directamente son influenciados por las densidades de plantación, pues algunos estudios sugieren que la cebolla responde a los incrementos poblacionales (Bleasdale, 1966, Frappel, 1973, Villagrán y Escaff, 1982). Aunque los resultados obtenidos no mostraron diferencias estadísticas, se pudieron apreciar tendencias mucho más claras que con el factor N. En la variable tamaño y peso de fruto, generalmente el comportamiento del experimento tendió a valores mayores a partir de la distribución de 3 a 5 líneas de cebolla (mayor densidad) por cama (tratamientos B, C y D, a excepción del testigo en C y D), y cuyos valores fluctuaron de 10.41 a 12.37 cm de circunferencia ecuatorial, 14.05 a 16 cm de circunferencia polar y 40.02 a 58.46 g de peso. Bajo condiciones similares, pero con otro enfoque de fertilización, en camas de 60 cm a 3 hileras, y con diferencia de medida, pues fue diámetro, Álvarez *et al.* (2011), registraron

diámetros ecuatorial y polar de 4.99 a 5.57 y 4.40 a 4.93, respectivamente, y peso de bulbo de 62.91 a 78.98 cm. Es importante señalar, que la competencia en cebolla afecta el tamaño del bulbo, pues hasta 60 plantas/m², genera bulbos de tamaño comercialmente aceptables (Fueyo *et al.*, 1999), también, tomando como base una distancia de 10 cm entre hileras ó 50 a 100 plantas/m², es posible obtener bulbos de 5 a 7 cm de diámetro (Brewster, 2008), en nuestro estudio, manejamos densidades desde 22.3 hasta 36.9 plantas/m².

En el factor densidad, como se aprecia en el cuadro 7, a pesar de no haber diferencias estadísticas, claramente se perciben los límites tendenciosos del rendimiento, así, a menor densidad de plantas (22.3 plantas/m²) en el tratamiento A, menor rendimiento, 7,463 a 10,165 kg/ha; a mayor densidad de plantas (36.9 plantas/m²) en el tratamiento D, mayor rendimiento 18,420 a 20,240 kg/ha, a excepción del testigo (Dd). Maulana (1998) no encontró diferencias en la interacción dosis de nitrógeno (0 a 300 kg/ha) y distancias (10-15 x 15 cm). Por su parte, Villagrán y Escaff (1982), bajo un estudio con objetivos nitrógeno y distancias, reportan un comportamiento similar, pues concluyen que el rendimiento comercial incremento al elevar la densidad hasta 571,428 plantas/ha, lo que correspondió a 77.3 ton/ha, comparado con densidades menores. También, Khan *et al* (2002), al comparar diferentes espaciamientos entre plantas (9, 12 y 15 cm) y diferentes niveles de N (0, 50, 100 y 150 kg/ha), encontraron que el máximo rendimiento (22.9 y 22.8 ton/ha), se obtuvo con el espaciamiento de 12 cm entre plantas y 100 kg/ha de N.

Cabe la pena señalar, que aunque los rendimientos obtenidos fueron bajos, el uso de altas poblaciones, puede incrementar los rendimientos, además de aprovechar al máximo los recursos agua y suelo, pues queda en el entendido que una menor superficie con altas poblaciones, rendirá igual a una superficie mayor con el sistema tradicionalmente usado a dos hileras. No obstante, aún falta afinar mayores detalles en el manejo de la fertilización del cultivo, ya que el hecho de no haber detectado diferencias estadísticas entre los dos factores evaluados, y particularmente en el factor N, no significa que las hipótesis planteadas no puedan ser aceptables, pues

posiblemente, se debe precisar las aplicaciones oportunas con base a las necesidades de este cultivo en las condiciones particulares del “Valle de Apatzingán”.

Por último, en las características cualitativas de bulbos, a pesar de evaluar el mismo material criollo que había sido evaluado con anterioridad, los resultados obtenidos al parecer fueron alterados por el esquema de evaluación planteado (aun sin diferencias estadísticas), pues comparativamente fueron mayores a los reportados por Álvarez *et al.* (2011), específicamente en las variables pH y sólidos solubles, en el porcentaje de humedad fueron menores los valores encontrados.

IX. CONCLUSIONES

1. Bajo las condiciones ambientales del “Valle de Apatzingán”, el esquema bifactorial evaluado, no alteró la respuesta fisiológica de cebolla criolla, desde el punto de vista estadístico.
2. Aunque no se presentaron diferencias, en el factor distancias se apreciaron límites de tendencia entre la menor y mayor densidad, pues el mayor rendimiento (18,420 a 20,240 kg/ha) correspondió al tratamiento D con adición de N (a, b y c).
3. Las características de bulbos presentaron un patrón de respuesta en sus valores similar para el pH y sólidos solubles, la humedad tendió a ser mayor en los tratamiento de mayor densidad (B y D).
4. Se sugiere continuar con estudios alternativos bajo esta línea de investigación, ya que los rendimientos obtenidos son aceptables y competitivos.

X. LITERATURA CITADA

- Akhtar, M. E., Bashir, K., Zamir, K. M. y Mahmud, K. K. 2002. Effect of potash application on yield of different varieties of onion (*Allium cepa* L.). Asian Journal of Plant Sciences 1(4): 324-325.
- Aklilu, S. 1997. Onion research and production in Ethiopia. Acta Horticulturae 433: 95-97.
- Al-Moshileh, A. M. 2001. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers on onion productivity in central region of Saudi Arabia. Assiut Journal of Horticultural Sciences 32: 291-305.
- Álvarez-Hernández, J. C., Venegas-Flores, S., Soto-Ayala, C., Chávez-Vargas, A. y Zavala-Sánchez, L. 2011. Uso de fertilizantes químicos y orgánicos en cebolla (*Allium cepa* L.) en Apatzingán Michoacán, México. Avances en Investigación Agropecuaria (México) 15(2): 29-42.
- Andrés, A. J., Arteaga, L. G., Blancarte, D. M., Calderón, A. J. H., López, P. V., Rivera, M. S., Romero, P. J. y Santos, C. C. 1994. La producción agropecuaria de la región Valle de Tepalcatepec Michoacán. 1ra. ed. Universidad Autónoma de Chapingo. 652 p.
- Añez, B. y Tavira, E. 1986. Aplicación de N, P y K a diferentes poblaciones de plantas de cebolla. Turrialba 36(2): 163-170.
- Añez, B., Tavira, E. y Figueredo, C. 1996. Producción de cebolla en repuesta a aplicación de fertilizantes en suelos alcalinos. Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia 13(5): 509-520.

A.P.G. (Angiosperm Phylogeny Group). 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification of the orders and families of flowering plants: APG II. Botanical Journal of the Linnean Society 141: 399–436.

Asiegbu, J. E. 1989. Response of onion to lime and fertilizer N in a tropical Ultisol. Tropical Agriculture 66: 161-166.

Batal, K. M., Bondari, K., Granberry, D. M., and Mullinix, B. G. 1994. Effects of source, rate, and frequency of N application on yield, marketable grades and rot incidence of sweet onion (*Allium cepa* L. cv. Granex-33). Journal of Horticultural Science 69: 1043-1051.

Bleasdale, A. K. J. 1966. The effect of plant spacing on the yield of bulb onion (*Allium cepa* L.) grown from seed. Journal Horticultural Sciences 41: 145-153

Brewster, J. L. and Butler, H. A. 1989. Effects of nitrogen supply on bulb development in onion *Allium cepa* L. Journal of Experimental Botany 40: 1155-1162.

Brewster, J. L. 2008. Onions and other vegetable Alliums. 2nd Edition, CAB-International. Cambridge, U. K. 432 p.

Castaños, C. M. 1993. Horticultura, manejo simplificado. 1ra. ed. Universidad Autónoma Chapingo. México. 527 p.

Comadug, V. S. 1998. Yield performance of multiplier type (native) onions as affected by K fertilization and planting method. J. Crop Science (Philippine) 2: 26.

Colberg, O. y Beale, A. 1991. 4 levels of nitrogen-fertilization in 2 onion (*Allium cepa*) varieties. J. Agric. Univ. P. R. 75(1): 1-10.

Deho, N. A., Wagan, M. R., Baloach, M. K., Rajpar, I. y Keerio, M. I. 2002. NPK trial on onion (*Allium cepa* L.). Pakistan Journal of Applied Sciences 2(8): 820-821

FAOSTAT, 2008. Database. Statistical production of onion. Datos disponibles en Internet. <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>

Frappel, B. D. 1973. Plant spacing of onions. *Journal of Horticultural Science* 48: 19-28

Friesen, N., Fritsch, R. and Blattner, F. R. 2006. Phylogeny and new intrageneric classification of *Allium* L. (Alliaceae) based on nuclear ribosomal DNA ITS sequences. *In*: Columbus, J. T. (ed) *Monocots III. Proceedings of the Third International Conference on the Comparative Biology of the Monocotyledons*. Rancho Santa Ana Botanic Garden, Claremont, California, pp. 372–395.

Fueyo, O. M. A., Arrieta, I. A., Feito, D. I. 1999. Producción de cebolla para fresco. *Tecnología Agroalimentaria. Horticultura*. Centro de Investigación Aplicada y Tecnología Agroalimentaria (CIATA). Edición especial. España. p. 7-10.

García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 4ta. Ed. UNAM. México. 246 p.

Ghaffoor, A., Jilani, M. S., Khaliq, G. y Waseem, K. 2003. Effect of different Npk levels on the growth and yield of three onion (*Allium cepa* L.) varieties. *Asian Journal of Plant Sciences* 2(3): 342-346.

Gertsson, U. and Bjorklund, I. 2002. Strategies for determining optimum nitrogen supply to onions. *Acta Horticulturae* 571: 181-185.

Greenwood, D. J., Cleaver, T. J., Turner, M. K., Hunt, J., Niendorf, K. B and Loquens, S. M. H. 1980a. Comparison of the effects of nitrogen fertilizer on the yield, nitrogen content and quality of 22 different vegetable and arable crops. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 95: 471-485.

Greenwood, D. J., Cleaver, T. J., Turner, M. K., Hunt, J., Niendorf, K. B and Loquens, S. M. H. 1980b. Comparison of the effects of phosphate fertilizer on the yield, phosphate content and quality of 22 different vegetable and arable crops. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 95: 457-469.

Greenwood, D. J., Cleaver, T. J., Turner, M. K., Hunt, J., Niendorf, K. B and Loquens, S. M. H. 1980b. Comparison of the effects of potassium fertilizer on the yield, potassium content and quality of 22 different vegetable and arable crops. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 95: 441-456.

Greenwood, D. J., Neeteson, J. J., Draycott, A., Wijnen, G. and Stone, D. A. 1992. Measurement and simulation of the effects of N fertilizer on growth, plant composition and distribution of soil mineral-N in nationwide onion experiments. *Fertilizer Research* 31: 305- 318.

Haggag, M. E. A., Rizk, M. A., Hagra, A. M. and Abo-El-Hamad, A. S. A. 1986. Effects of P, K, and N on yield and quality of onion. *Annals of Agricultural Science* 31: 989-1010.

Halvorson, A. D., Follet, R. F., Bartolo, M. E. and Schwessing, F. C. 2002. Nitrogen fertilizer use efficiency of furrow-irrigated onion and corn. *Agronomy Journal* 94: 442-449.

Haynes, C., Everhart, E. y Jauron, R. 2002. El huerto domestico. Cebollas. Guía de Horticultura de Iowa State University, University Extension. USA. PM 1889(S).

Hegde, D. M. 1986. Effect of irrigation and nitrogen fertilization on water relations, canopy temperature, yield nitrogen uptake and water use of onions. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 56: 858-867.

Hegde, D. M. 1988. Effect of irrigation and nitrogen fertilization on yield, quality, nutrient uptake and water use of onion (*Allium cepa* L). Singapore Journal of Primary Industries 16: 111-123.

Henriksen, K. 1987. Effect of N and P fertilization on yield and harvest time in bulb onion (*Allium cepa* L.). Acta Hort. 198: 207-215.

Henriksen, K. and Hansen, S. L. 2001. Increasing the dry matter production in bulb onions (*Allium cepa* L.). Acta Horticulturae 555: 147-52.

Heredia, Z. A. 1985. Géminis: nueva variedad de cebolla para el ciclo otoño-invierno en el bajío de Guanajuato. Folleto técnico No. 2. SARH-INIA-CIAB-CAEB. Celaya Guanajuato, México. 7 p.

Herison, C., Masabni, J. G y Zandstra, B. H. 1993. Increasing seedling density, age and nitrogen fertilization increases onion yield. HortScience 28(1): 23-25.

INEGI. 1983. Carta Edafológica E. 13-3. Escala 1: 250,000. Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática. Colima, México.

INIFAP. 2001. Guía para cultivar cebolla en el estado de Morelos. Folleto para productores No. 32. Zacatepec, Morelos, México. 14 p.

Israel, G. D. 2003. Determining sample size. Program Evaluation and Organizational Development, IFAS, University of Florida. PEOD-6. June.

Kashi, A. y Frodi, B. R. 1998. Effects of nitrogen on the yield, quality and storability of edible onion cultivars (*Allium cepa* L.). Iranian J. Agric. Sci. 29: 589-597.

Khan, H., Iqbal, M., Ghaffoor, A. y Waseem, K. 2002. Effect of various plant spacing and different nitrogen levels on the growth and yield of onion (*Allium cepa* L.). Journal of Biological Sciences 2(8): 545-547.

Krurup, H. C. 1975. Efectos de la población de la población y distribución de plantas de cebolla cv. Valenciana. *Investigación Agrícola (Chile)* 1(2): 133-138.

Kuhl, J. C., Cheung, F., Yua, Q., Martin, W., Zewdie, Y., McCallum, J., Catanach, A., Rutherford, P., Sink, K. C., Jenderek, M., Prince, J. P., Town, C. D. and Havey, M. J. 2004. A unique set of 11,008 onion expressed sequence tags reveals expressed sequence and genomic differences between monocot orders Asparagales and Poales. *The Plant Cell* 16: 114–125.

Kumar, H., Singh, J. V., Ajay, K., Mahak, S., Kumar, A. y Singh, M. 1998. Studies on the influence of nitrogen on growth and yield of onion cv. Patna Red. *Indian J. Agric. Res.* 32: 88-92.

Lardizabal, R. 2007. Manual de producción, el cultivo de la cebolla. MCA-Honduras/EDA. 35 p.

Laughlin, J. C. 1989. Nutritional effect on onion (*Allium cepa* L.) yield and quality. *Acta Horticulturae* 247: 211-215.

Lemus I. Y. y Lemus, D. 2009. Mejoramiento genético de la cebolla. *Notas. Temas de Ciencia y Tecnología.* 13(38): 49-52.

Lipinski, V. M., Gaviola, S. y Gaviola, J. C. 2002. Efecto de la densidad de plantación sobre el rendimiento de cebolla cv. Cobriza INTA con riego por goteo. *Agricultura Técnica (Chile)* 62(4): 574-582.

Maier, N. A., Dahlenburg, A. P. and Twigden, T. K. 1990. Effect of nitrogen on the yield and quality of irrigated onions (*Allium cepa*) cv. Cream Gold grown on siliceous sands. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 30: 845-851.

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Ed. Academic Press, London.

Maulana, E. 1998. Shallot cultivation on rain season with N dosage and different planting distance in dry land. J. Penelitian-Pertsnisn-Terpan (Indonesia) 2: 5-8.

Mehdi, S. M., Sahkir, A., Sadiq, M., Sarfaraz, M., Hassan, G., Akhtar, J. y Jarnil, M. 2001. Effect of phosphorus, zinc and farm yard manure in the presence of nitrogen and potash on NP and Zn concetration in rice. Pak. J. Biol. Sci. 4: 342-343.

Moroto, J. V. 2002. Horticultura herbacea especial. 5ta. Ed. Editorial Mundi-Prensa. España. 702 p.

Olson, S. M., Stall, W. M., Pernezny, K. L. and Webb, S. E. 2009. Charper 14. Onion, leek, and chive production in Florida. HS730, Horticultural Sciences Dept., UF/IFAS, Fla. pp. 167-175.

Palacios, A. A. 1978. El cultivo de cebolla en el estado de Morelos. Circular No. 78. SARH-INIA-CIAMEC-CAEZ. Zacatepec Morelos. 11 p.

Pérez, G. M., Márquez, S. F. y Peña, L. A. 1997. Mejoramiento genético de hortalizas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 379 p.

Pire, R., Ramírez, H., Riera, J. and Gómez de T. N. 2001. Removal of N, P, K and Ca by an onion crop (*Allium cepa* L.) in a silty-clay soil, in a semiarid region of Venezuela. Acta Horticulturae 555: 103-109.

Pulido, D. L. E. 2002. Hongos micorrizicos arbusculares y rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: alternativas para la producción de posturas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y cebolla (*Allium cepa* L.). Tesis de Doctorado. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana Cuba. 138 p.

Quintana, S. M. E. 2009. Transformación genética de cebolla (*Allium cepa* L.) mediante biobalística. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 81 p.

Rahn, C. R., Shepherd, M. A. and Hiron, R. W. P. 1996. The effect of water supply on the response of onions and calabres to starter solutions. *Acta Horticulturae* 428: 141-150.

Rana, D. S. y Sharma, R. P. 1994. Effect of irrigation regime and nitrogen fertilization on bulb yield and water use of onion (*Allium cepa*). *Indian J. Agric. Science* 64(4): 223-226.

Riekels, J.W. 1977. Nitrogen-water relationships of onions grown on organic soil. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 102: 139-142.

Robles, A. M. 2000. Cebolla. Una hortaliza con gran diversificación de mercados y su situación actual. *Claridades Agropecuarias*. ASERCA. Título 7639. 36 p.

Rodríguez, S. F. 1982. Fertilizantes, nutrición vegetal. 1ra ed. Ed. AGT Editor. México. 157 p.

Rodríguez, A., Álvarez, J. A. y González, J. A. 1994. Extracción de macronutrientes en cebolla. *Agrícola vergel*. 147(8): 151-155.

Ruiz, C., Russián, T., y Tua, D. 2007. Efecto de la fertilización orgánica en el cultivo de la cebolla. *Agronomía Trop.* 57(1): 7-14.

Rumpel, J. y Felezynski, K. 1997. Effect of plant density and cultivar on yield responses in onions (*Allium cepa*) grown from seeds. *Acta Agrobotanica* 50: 221-229.

Salo, T. 1999. Effect of band placement and nitrogen rate on dry matter accumulation, yield and nitrogen uptake of cabbage, carrot and onion. *Agricultural and Food Science in Finland* 8: 157-232.

SAS Institute. 1997. SAS/STAT User's Guide. Release 6.3 Edition. Cary, North Carolina 1028 p.

Shaikh, M. A., Ansari, A. H., Qayyum, S. M., Qayyum, M. B. y Hussain, S. A. 1987. Technical report on effect of nitrogen doses on the growth and crop yield of onion. Pak. Agric. 9(35): 35b.

SIAP-SAGARPA. 2009. Estadísticas de la producción de cebolla. Datos disponibles en [internet.](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351)
http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351

Singh, J. and Dankhar, B. S. 1991. Effect of nitrogen, potash and zinc on storage loss of onion bulbs (*Allium cepa* L.). Vegetable Science 18: 16-23.

Singh, R. P., Jam, N. K. y Poonia, B. L. 2000. Response of kharif onion to nitrogen, phosphorus and potash in Eastern plains of Rajasthan. Indian J. Agri. Sci. 70: 871-872.

Sørensen J. N. 1996. Improved N efficiency in vegetable production by fertilizer placement and irrigation. Acta Horticulturae 428: 131-140.

Sørensen, J. N. and Grevsen, K. 2001. Sprouting in bulb onions (*Allium cepa* L.) as influenced by nitrogen and water stress. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 76: 501-506.

Soujala, T., Salo, T. and Pessala, R. 1998. Effect of fertilization and irrigation practices on yield, maturity and storability of onions. Agricultural and Food Science in Finland 7: 77-489.

Valadez, L. A. 1998. Producción de hortalizas. 1ra. Ed. Ed. Limusa. México D. F. 298 p.

Viloria, A., Arteaga, L., Díaz, L. y Delgado, D. 2003. Efecto de la fertilización con N-P-K y la distancia de siembra sobre el rendimiento de la cebolla (*Allium cepa* L.). Bioagro 15(2): 129-133.

Villagrán, C. M. y Escaff, G. M. 1982. Efecto de la densidad de plantas y la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de bulbos de cebolla. Agricultura Técnica (Chile) 42(3): 209-215.

Wiedenfeld, R. 1994. Nitrogen rate and timing effects on onion growth and nutrient uptake in a subtropical climate. Subtropical Plant Science 46: 32-37.

XI. A N E X O S

Cuadro 1A. Análisis de varianza para la variable altura de planta de cebolla a 20 ddt.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Bloque	2	196.54	98.27	9.54	0.0006
Distancia	3	48.07	16.02	1.56	0.2207
Nitrógeno	3	30.58	10.19	0.99	0.4111
Distancia*Nitrógeno	9	99.58	11.06	1.07	0.4095
Error	30	309.10	10.30		
Total	47	683.88			

C. V. 15.12

R² 0.54

Cuadro 2A. Análisis de varianza para la variable altura de planta de cebolla a 34 ddt.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Bloque	2	711.93	355.96	15.26	0.0001
Distancia	3	123.82	41.27	1.77	0.17
Nitrógeno	3	132.70	44.23	1.90	0.15
Distancia*Nitrógeno	9	212.91	23.65	1.01	0.45
Error	30	699.61	23.32		
Total	47	1880.99			

C. V. 16.88

R² 0.62

Cuadro 3A. Análisis de varianza para la variable altura de planta de cebolla a 48 ddt.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Bloque	2	941.15	470.57	16.92	0.0001
Distancia	3	132.40	44.13	1.59	0.2131
Nitrógeno	3	97.77	32.59	1.17	0.3368
Distancia*Nitrógeno	9	237.06	26.34	.95	0.5006
Error	30	834.21	27.80		
Total	47	2242.60			

C. V.17.49

R² 0.62

Cuadro 4A. Análisis de varianza para la variable altura de planta de cebolla a 62 ddt.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Bloque	2	325.16	162.58	4.88	0.147
Distancia	3	28.73	9.57	0.29	0.8342
Nitrógeno	3	109.39	36.46	1.09	0.3669
Distancia*Nitrógeno	9	259.88	28.87	0.87	0.5645
Error	30	100.09	33.33		
Total	47	1723.27			

C. V.18.46

R² 0.41

Cuadro 5A. Análisis de varianza para la variable altura de planta de cebolla a 76 ddt.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Bloque	2	251.98	125.99	6.56	0.0043
Distancia	2	87.79	29.26	1.52	0.2287
Nitrógeno	3	48.02	16.00	0.83	0.4861
Distancia*Nitrógeno	9	307.73	34.19	1.78	0.1141
Error	30	576.31	19.21		
Total	47	1271.85			
C. V.14.28					
R ² 0.54					

Cuadro 6A. Análisis de varianza para la variable diámetro de pseudotallo de cebolla a 20 ddt.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Bloque	2	0.3022	0.1511	21.29	0.0001
Distancia	3	0.0033	0.0011	0.16	0.9253
Nitrógeno	3	0.0384	0.0128	1.81	0.1657
Distancia*Nitrógeno	9	0.0846	0.0094	1.32	0.2658
Error	30	0.2129	0.0070		
Total	47	0.6416			
C. V. 16.53					
R ² 0.66					

Cuadro 7A. Análisis de varianza para la variable diámetro de pseudotallo de cebolla a 34 ddt.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Bloque	2	0.3261	0.1630	13.12	0.0001
Distancia	3	0.0337	0.0112	0.90	0.4504
Nitrógeno	3	0.0553	0.0184	1.49	0.2382
Distancia*Nitrógeno	9	0.1983	0.0220	1.77	0.1155
Error	30	0.3727	0.1242		
Total	47	0.9863			
C. V.15.70					
R ² 0.62					

Cuadro 8A. Análisis de varianza para la variable diámetro de pseudotallo de cebolla a 48 ddt.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Bloque	2	1.3153	0.6576	24.11	0.0001
Distancia	3	0.1435	0.0478	1.75	0.1771
Nitrógeno	3	0.2043	0.0681	2.50	0.0787
Distancia*Nitrógeno	9	0.3312	0.0368	1.35	0.2544
Error	30	0.8182	0.0272		
Total	47	2.8126			
C. V.17.65					
R ² 0.70					

Cuadro 9A. Análisis de varianza para la variable diámetro de pseudotallo de cebolla a 62 ddt.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Bloque	2	0.2200	0.1100	4.71	0.0166
Distancia	3	0.0295	0.0098	0.42	0.7385
Nitrógeno	3	0.1686	0.0562	2.41	0.0868
Distancia*Nitrógeno	9	0.4139	0.0459	1.97	0.0795
Error	30	0.7008	0.0233		
Total	47	1.5330			

C. V.15.01

R² 0.54

Cuadro 10A. Análisis de varianza para la variable diámetro de pseudotallo de cebolla a 76 ddt.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Bloque	2	0.1441	0.0720	1.40	0.2624
Distancia	3	0.0546	0.0182	0.35	0.7869
Nitrógeno	3	0.0407	0.0135	0.26	0.8509
Distancia*Nitrógeno	9	0.5146	0.0571	1.11	0.3857
Error	30	1.5450	0.0515		
Total	47	2.2991			

C. V. 21.46

R² 0.32

Cuadro 11A. Análisis de varianza para la variable número de hojas de cebolla a 20 ddt.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Bloque	2	6.1662	3.0831	17.08	0.0001
Distancia	3	0.3422	0.1140	0.63	0.6000
Nitrógeno	3	0.9922	0.3307	1.83	0.1625
Distancia*Nitrógeno	9	2.0285	0.2253	1.25	0.3041
Error	30	5.4137	0.1804		
Total	47	14.9431			

C. V. 10.98

R² 0.63

Cuadro 12A. Análisis de varianza para la variable número de hojas de cebolla a 34 ddt.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Bloque	2	15.0950	7.5475	20.85	0.0001
Distancia	3	0.3022	0.1007	0.28	0.8405
Nitrógeno	3	1.0522	0.3507	0.97	0.4202
Distancia*Nitrógeno	9	5.0952	0.5661	1.56	0.1714
Error	30	10.8583	0.3619		
Total	47	32.4031			

C. V. 11.20

R² 0.66

Cuadro 13A. Análisis de varianza para la variable número de hojas de cebolla a 48 ddt.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Bloque	2	7.0254	3.5127	4.81	0.0155
Distancia	3	4.8989	1.6329	2.23	0.1046
Nitrógeno	3	2.9206	0.9735	1.33	0.2823
Distancia*Nitrógeno	9	2.8635	0.3181	0.44	0.9049
Error	30	21.9215	0.7307		
Total	47	39.6297			
C. V. 16.75					
R ² 0.44					

Cuadro 14A. Análisis de varianza para la variable número de hojas de cebolla a 62 ddt.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Bloque	2	2.6879	1.3439	1.37	0.2684
Distancia	3	0.4839	0.1613	0.16	0.9191
Nitrógeno	3	2.9344	0.9781	1.00	0.4062
Distancia*Nitrógeno	9	14.4517	1.6057	1.64	0.1481
Error	30	29.3326	0.9777		
Total	47	49.8907			
C. V. 17.51					
R ² 0.41					

Cuadro 15A. Análisis de varianza para la variable número de hojas de cebolla a 76 ddt.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Bloque	2	2.1765	1.0882	1.12	0.3411
Distancia	3	5.2077	1.7359	1.78	0.1724
Nitrógeno	3	2.0031	0.6677	0.68	0.5687
Distancia*Nitrógeno	9	14.7445	1.6382	1.68	0.1382
Error	30	29.2743	0.9758		
Total	47	53.4062			
C. V. 15.08					
R ² 0.45					

Cuadro 16A. Análisis de varianza para la variable peso de bulbo cosechado

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Bloque	2	2069.25	1034.62	6.96	0.0033
Distancia	3	1010.61	336.87	2.27	0.1010
Nitrógeno	3	831.42	277.14	1.86	0.1568
Distancia*Nitrógeno	9	971.59	107.95	0.73	0.6813
Error	30	4458.25	148.60		
Total	47	9341.13			
C. V. 26.07					
R ² 0.52					

Cuadro 17A. Análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial de bulbo cosechado

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Bloque	2	36.87	18.43	9.12	0.0008
Distancia	3	13.53	4.51	2.23	0.1049
Nitrógeno	3	7.68	2.56	1.27	0.3031
Distancia*Nitrógeno	9	14.81	1.64	0.81	0.6074
Error	30	60.63	2.02		
Total	47	133.54			
C. V. 12.90					
R ² 0.54					

Cuadro 18A. Análisis de varianza para la variable diámetro polar de bulbo cosechado.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Bloque	2	13.54	6.77	6.51	0.0045
Distancia	3	3.09	1.03	0.99	0.4100
Nitrógeno	3	8.81	2.93	2.83	0.0533
Distancia*Nitrógeno	9	9.06	1.00	0.97	0.4840
Error	30	31.18	1.03		
Total	47	65.70			
C. V. 6.85					
R ² 0.52					

Cuadro 19A. Análisis de varianza para la variable pH de bulbo cosechado.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Bloque	2	1.94	0.97	1.02	0.3737
Distancia	3	2.93	0.97	1.02	0.3960
Nitrógeno	3	3.15	1.05	1.10	0.3636
Distancia*Nitrógeno	9	6.69	0.74	0.78	0.6372
Error	30	28.66	0.95		
Total	47	43.39			
C. V.14.92					
R ² 0.33					

Cuadro 20A. Análisis de varianza para la variable porcentaje de humedad en bulbo cosechado.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Bloque	2	22.19	11.09	1.89	0.1699
Distancia	3	55.18	18.39	3.12	0.0407
Nitrógeno	3	5.26	1.75	0.30	0.8269
Distancia*Nitrógeno	9	29.38	3.26	0.55	0.8234
Error	30	176.96	5.89		
Total	47	288.99			
C. V.2.70					
R ² 0.38					

Cuadro 21A. Análisis de varianza para la variable sólidos solubles de bulbo cosechado.

Fuente	G. L.	S. de C.	C. M.	Valor F	P > F
Bloque	2	0.30	0.15	0.44	0.64
Distancia	3	2.08	0.69	2.0	0.13
Nitrógeno	3	0.43	0.14	0.42	0.74
Distancia*Nitrógeno	9	5.01	0.55	1.61	0.15
Error	30	10.37	0.34		
Total	47	18.21			

C. V. 10.78
 R^2 0.43