



In memoriam. Gerardo Francisco Acosta-Rodríguez

CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE CULTIVARES DE AJO EN DELICIAS, CHIHUAHUA, MÉXICO*

GROWTH AND YIELD OF GARLIC CULTIVARS IN DELICIAS, CHIHUAHUA, MEXICO

Gerardo Francisco Acosta-Rodríguez¹, Manuel Lujan-Favela² y Rafael Ángel Parra-Quezada^{3§}

¹Producción de Semillas y Hortalizas, Campo Experimental Delicias, INIFAP. km 2 carretera Delicias-Rosales. 33000, Ciudad Delicias, Chihuahua, México. ²Hortalizas, Campo Experimental Delicias, INIFAP. ³Fruticultura, Campo Experimental Sierra de Chihuahua, INIFAP. [§]Autor para correspondencia: parra.rafael@inifap.gob.mx

RESUMEN

El estado de Chihuahua tiene alto potencial para producción de ajo (*Allium sativum* L.) de buena calidad; los cultivares difieren en sus características fenotípicas, y la temperatura y fotoperíodo afectan su adaptabilidad. Los objetivos del presente estudio fueron: determinar los cultivares con mayor potencial de rendimiento y calidad de bulbo, y analizar el crecimiento de planta. El estudio se realizó en los ciclos otoño-invierno 2001-2004 (fechas de siembra: 24, 4 y 15 de octubre, respectivamente), en el Campo Experimental Delicias del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Se compararon un total de 16 cultivares. Se utilizó el diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, parcela experimental de 12 m² y parcela útil de 4 m². Camas de 0.8 m de ancho, doble hilera y distancia entre plantas de 8 cm. En tres ciclos de producción, se encontró significancia en longitud final de follaje, número de hojas a cosecha, dientes y peso por bulbo, y calidad de bulbos (en base a diámetro). Se encontró significancia entre cultivares en longitud final de follaje, número de hojas a cosecha, dientes y peso por bulbo, rendimiento de bulbos y bulbos con diámetro mayor de 5.3 cm (tamaños 8, 9 y 10). Del-45 fue significativamente mayor en número de dientes (13.2 dientes); y los menores valores los tuvieron Coreano, Del-19, Del-1, Chino Calera y Chino CEDEL (10.1 a 10.7). Los más rendidores fueron Chino Calera (14.323 t ha⁻¹), Coreano (13.197 t ha⁻¹) y Chino CEDEL (13.097 t ha⁻¹); pero

Coreano presentó el mayor porcentaje de bulbos mayores de 6.5 cm (9%) y 6 cm (18%).

Palabras clave: *Allium sativum* L., genotipos, rendimiento de bulbos.

SUMMARY

In Chihuahua state exists a high potential for production of garlic (*Allium sativum* L.) of hihgt quality. The garlic cultivars present phenotypic and morpholigical differences, and temperature and photperiyod have effect in your adaptability. The goal of this study was to determine the cultivars with higher yield and bulb quality, and to analyze the growth plant. The studies were carried out in the autumm-winter cycles 2001-2004 (planting dates were october 4, 15 and 24, respectively), in the fields of the Delicias Reseach Station (INIFAP). Sixteen cultivars were tested, the plots were distributed in a randomized block design with four replications and useful plots of 4 m². The genotypes (cloves) were established in furrows (80 cm of width in two row of plants and distance of planting between plants was 8 cm). Variance analyses ($\alpha \leq 0.01$ and 0.05) and Tukey test at 0.05 of significance were applied. The production cycles had significative effect over leaf final lenght, leaves number at

* Recibido: Abril de 2006
Aceptado: Junio de 2007

harvest, cloves and weight per bulb, and bulb quality (on the basis of diameter). The cultivars had significance in leaf final length, leaves number at harvest, cloves and weight per bulb, bulbs yield and bulbs with diameter higher 5.3 cm quality (on the basis of diameter). In the three production cycles Del-1, Chino CEDEL, Chino Calera and Coreano had the highest values of leaves number at harvest (12.2 to 12.8). Cloves number was highest in cv. Del-45 (13.2 cloves). The best yields were obtained in Chino Calera (14.323 t ha^{-1}), Coreano (13.197 t ha^{-1}) and Chino CEDEL (13.097 t ha^{-1}); although Coreano had the highest percent of cloves with diameter higher than 6.5 cm (9%) and 6 cm (18%).

Key words: *Allium sativum* L., genotypes, bulbs yield.

INTRODUCCIÓN

El ajo (*Allium sativum* L.) es originario de Asia Central, específicamente de la India, y se extendió en tiempos prehistóricos por toda la región del Mediterráneo, de donde fue traído hace 500 años a América (Cuba). Esta hortaliza ha formado parte de la historia del hombre desde épocas remotas, tanto por su consumo en diversos platos, fresco o deshidratado, como por sus atributos históricos divinos, místicos, de prevención de enfermedades y recuperación de vigor y fuerza. Ocupa el segundo lugar en importancia a nivel mundial dentro de las especies del género *Allium*, después de la cebolla (*Allium cepa* L.), con una superficie mundial cosechada en promedio anual de 1.03 millones de hectáreas y una producción de 11.9 millones de toneladas. No obstante, China, India, Corea del Sur, Tailandia y España cosechan prácticamente 97% de la superficie total mundial; sin embargo, más de tres cuartas partes de la producción se obtiene en China con 8.14 millones de toneladas. México se ubica como el quinto lugar como exportador de ajo con 15 770 t (ASERCA, 1999a).

En México la producción de ajo es de 74 651 toneladas con un crecimiento de 11.58%; mientras que la superficie sembrada es de 9 400 hectáreas. Por entidad federativa, Guanajuato y Zacatecas son las que mayor participación han registrado en la superficie sembrada con 35% y 22%, respectivamente. Sin embargo, Sonora y el sector “otros” que incluye a los estados restantes productores de esta hortaliza, son las entidades con la mayor tasa de crecimiento anual con 60 y 20%, respectivamente. Lo que indica las posibilidades que tiene este producto para incrementar superficies en zonas no tradicionales.

En cuanto a rendimiento promedio sobresalen Zacatecas y Aguascalientes con un promedio anual de los últimos ocho años de 8.31 y 8.20 t h^{-1} , respectivamente. Sin embargo, Aguascalientes registró una tasa promedio de crecimiento anual negativa (-2.2); mientras que, Guanajuato, a pesar de ser el principal estado productor del país, se ha ubicado por abajo del rendimiento nacional (ASERCA, 1999b).

No obstante, la producción de ajo sigue siendo rentable en Guanajuato, Zacatecas y Aguascalientes (Sánchez *et al.*, 1996); sin embargo, la entrada de China a la Organización Mundial del Comercio puede significar la pérdida de la rentabilidad del cultivo. De esta forma, para que el ajo mexicano siga siendo competitivo en el mercado internacional es conveniente establecer nuevas áreas de cultivo y continuar con el mejoramiento genético y obtención de nuevos cultivares mediante la selección, para que se incrementen rendimientos, calidad y productividad de esta hortaliza.

Con base a estudios realizados por Acosta (1985), la región centro-sur del estado de Chihuahua reúne condiciones agroclimáticas que favorecen un alto rendimiento y calidad de ajo; sin embargo, es de suma importancia determinar los genotipos más convenientes con base a su crecimiento y desarrollo, para que de esta manera se cuente con una alternativa viable y rentable para los agricultores.

Existen estudios donde se reporta que los cultivares difieren en sus características fenotípicas, pero existe poca variabilidad genética (Pérez, 1990; Rosen y Tong, 2001; Pardo y Marín, 2003a), morfológicas, fisiológicas, bioquímicas (Messiaen *et al.*, 1994; Stahlschmidt *et al.*, 1997; Matus *et al.*, 1999; Portela y Cavagnaro, 2005) y en los componentes de rendimiento entre ellos (Pérez *et al.*, 2003). De tal forma que, ha sido necesario clasificar los cultivares de ajo en base a características de: altura de planta, número de hojas, largo y ancho de hojas, número de dientes aéreos, diámetro, peso del bulbo y rendimiento (Pardo y Marín, 2003a).

Además, la temperatura y el fotoperíodo afectan la adaptabilidad de un cultivar en un área determinada (Takagi, 1990). Así, Jones y Mann (1963) indican que la formación de bulbos está influida por la temperatura a que estén expuestos los dientes o las plantas antes de que empiece la formación del bulbo. Portela y Cavagnaro (2005) señalan que para mejorar la tecnología del cultivo

es necesario una mejor comprensión de la ecofisiología de nuevos cultivares de ajo.

Por todo lo antes mencionado y tomando en cuenta que la región de Delicias, es una área con buen potencial para la producción de ajo (con perspectivas de exportación por su cercanía con la frontera estadounidense) y que existe una fuerte interacción genotipo-ambiente sobre la producción y calidad de bulbos. Los objetivos fueron: a) determinar los cultivares con mayor potencial de rendimiento y calidad de bulbo en la región y b) analizar el crecimiento de follaje y bulbo durante el ciclo vegetativo del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se estableció en la región de Delicias, Chihuahua, a 28° 37' latitud norte y 103° 17' longitud oeste, y 1165 msnm, cuyas temperaturas medias mensuales varían de 10.5 a 29.9 °C, con medias máximas extremas de hasta 42 °C y medias mínimas extremas de hasta -10 °C. El estrato de suelo de 0-30 cm de profundidad tiene una textura areno arcillo limosa (68%, 21% y 11%, respectivamente), un pH de 7.6 y una conductividad eléctrica de 0.75 mM. El contenido de materia orgánica fluctúa de 0.23 a 0.34%.

El estudio se realizó durante los ciclos otoño-invierno 2001-2004, en terrenos del Campo Experimental Delicias del INIFAP. Se compararon un total de 16 cultivares que se presentan en el Cuadro 1. En el ciclo 2003-2004 solamente se evaluaron los cultivares más rendidores de los primeros dos ciclos. Para cada ciclo de estudio, se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, una parcela experimental de 12 m² y una parcela útil de 4 m² (un surco de 5 m de largo y 0.8 m de ancho).

Las fechas de siembra fueron el 24, 4 y 15 de octubre de 2001, 2002 y 2003, respectivamente, en camas de 0.8 m de ancho, a doble hilera y una distancia entre plantas de 8 cm. Los bulbos se desgranaron de dos a tres días antes de la siembra. Se aplicó la dosis de fertilización 180-60-80, cuyas fuentes fueron urea, 11-52-00 y nitrato de potasio, fraccionando la urea en cuatro épocas de aplicación, y el fósforo y potasio en dos partes. Se aplicó la dosis 40-60-00 antes de la siembra y el resto (140-00-80) con el fertiriego, en cuatro aplicaciones distribuidas en el período de mayor desarrollo de follaje y bulbo.

Cuadro 1. Cultivares de ajos evaluados de otoño-invierno (2001-2004) en Delicias, Chihuahua, México.

2001-2002	2002-2003	2003-2004
Blancos:		
Perla	Perla	
California	California	
Early California	Early California	
Chino CEDEL	Chino CEDEL	Chino CEDEL
Chino Calera	Chino Calera	Chino Calera
Del-1	Del-1	Del-1
Del-19	Del-19	Del-19
		Del-AG
Morados:		
Español	Español	Español
Coreano	Coreano	Coreano
Taiwan	Taiwán	
Criollo de Cadereyta	Criollo de Cadereyta	
Del-45	Del-45	Del-45
Del-53	Del-53	Del-53
	Tinguindin	
	Tacátzcuaro	

El criterio para la aplicación de riego por goteo fue con base a lo recomendado por Chávez y Berzoza (2002), donde las láminas de riego variaron de 2.3 a 6.9 cm; mientras que, las frecuencias de riego fueron de 15 días durante los meses de octubre, noviembre, diciembre y enero; de siete a ocho días en febrero y marzo; y de cuatro a cinco días en abril. Los emisores se encontraban ubicados cada 30 cm, y el gasto del emisor fue de 1.38 L por h. Los aporques, deshierbes manuales y aplicaciones de agroquímicos se llevaron a cabo de acuerdo a los requerimientos del cultivo.

La cosecha se efectuó de 12 a 15 días después de que se diferenciaron los dientes dentro del bulbo, y esta fue del 15 de abril al 14 de mayo; las variedades de ajos de túnica morada se cosecharon 15 a 19 días antes que los de túnica blanca. El curado de bulbos después de arrancarlos del suelo y traslape o “enchufado” del follaje fue de cinco a siete días, posteriormente los bulbos se separaron del follaje ya seco.

Las características evaluadas fueron: longitud final de follaje, número de hojas a cosecha (de una submuestra de cuatro plantas por parcela útil, considerando tanto hojas vivas como en proceso de senecencia), peso promedio de bulbo, número de dientes por bulbo en diez bulbos por parcela útil, rendimiento de bulbos por parcela útil y transformación a toneladas por hectárea. Además, de una muestra de 1 kg de bulbos, se clasificaron de acuerdo a su diámetro en seis

categorías: 5 (< 4.2 cm), 6 (4.2-4.6 cm), 7 (4.7-5.2 cm), 8 (5.3 a 5.9 cm), 9 (6.0 a 6.4 cm) y 10 (6.5 a 6.9 cm).

Por otra parte, a partir de diciembre de 2003 y cada 29 a 32 días, hasta el 19 de abril de 2004, se muestraron cuatro plantas por parcela útil de cada cultivar, para cuantificar la dinámica de crecimiento. Una vez muestreadas las plantas, se lavaron con agua corriente y se separó la parte aérea o follaje del bulbo de la cabeza; cada porción se colocó en una bolsa de papel perforada y, posteriormente se secaron en una estufa con circulación de aire a una temperatura de 60 a 70 °C por 72 h, y finalmente se pesaron.

Para el análisis de crecimiento se calculó la tasa relativa de crecimiento (TRC) y la tasa absoluta de crecimiento (TAC), éstas se obtuvieron mediante las siguientes ecuaciones (Hunt, 1978; Hunt, 1982; González *et al.*, 1986):

$$TRC = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{T_2 - T_1}$$

$$TAC = \frac{W_2 - W_1}{T_2 - T_1}$$

donde:

TRC= tasa relativa de crecimiento

TAC= tasa absoluta de crecimiento

W_1 =peso seco 1

W_2 =peso seco 2

T_1 =tiempo 1

T_2 =tiempo 2

Ln= logaritmo natural.

Los análisis estadísticos utilizados se realizaron considerando los siguientes modelos:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 Cv + \varepsilon$$

$$Y = \beta_0 + \beta_1 A + \beta_2 Cv + \beta_3 A * Cv + \varepsilon$$

donde:

Cv= cultivar

A= ciclo de producción

$\beta_1 \dots \beta_n$ = parámetros estimados del modelo.

Para el análisis estadístico (ANOVA y comparación de medias con la Prueba de Tukey al 0.05 y 0.01) se utilizó el Paquete SAS (Statistical Analysis System) de acuerdo con SAS Institute (1986) y Chávez (2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desarrollo del follaje y número de hojas

En el ciclo otoño-invierno 2001-2002 se encontró significancia estadística para longitud de follaje y número de hojas a cosecha. Los cultivares Del-45 y Español alcanzaron los mayores valores de longitud de follaje con 62.7 y 60 cm, seguidos de Del-53 y Taiwán (Cuadro 2), similar a lo reportado por Pardo y Marin (2003a). Mientras que, para el número de hojas a cosecha, los mayores valores se presentaron en Chino CEDEL y Chino Calera con 13 y 12.7 hojas, respectivamente, aunque estadísticamente iguales a Coreano, Del-45, Del-1 y Del-53.

En el ciclo otoño-invierno 2002-2003 los mayores valores de longitud de follaje se obtuvieron en los cvs. Español (73.8 cm) y Tacatzcuaro (70.7 cm), y son diferentes significativamente a Perla y Tinguindín, que tuvieron los valores más bajos (53.2 y 52.7 cm), similar a lo indicado por Pardo y Marin (2003b). Para número de hojas a cosecha, los mayores valores los presentaron California (14.7), Del-1 (14.7) y Chino CEDEL (14.3), y son estadísticamente diferentes a Early California, Coreano, Chino Calera, Perla y Del-19 (Cuadro 3), concordando con Acosta y Luján (1988), quienes encontraron de 12 a 13 hojas desarrolladas durante su ciclo vegetativo.

En el ciclo 2003-2004, en la característica longitud final de follaje, a excepción del cv Del-53 que tuvo el valor más bajo, no se encontró significancia entre el resto de los cultivares que tuvieron valores de 64.8 a 79.5 cm, donde Español y Coreano fueron los de mayor longitud (Cuadro 4), coincidiendo con Acosta (1985), quien reportó valores de longitud de follaje de 62 a 78 cm, los cuales disminuyeron

Cuadro 2. Componentes de rendimiento de cultivares de ajo en Delicias, Chihuahua, otoño-invierno 2001-2002.

Cultivares	Longitud final de follaje (cm)	No. de hojas a cosecha	Dientes por bulbo	Peso por bulbo (g)	Rendimiento (t ha ⁻¹)
Morados:					
Español	60.0 ab	9.5 cde	7.0 ef	37.0 ab	11.250 bc
Coreano	45.7 de	11.7 abc	9.5 bc	48.5 a	15.208 a
Taiwán	57.3 abc	10.0 bcde	11.1 a	33.7 ab	11.176 bc
C. de Cadereyta	51.7 bcd	10.0 bcde	10.2 ab	33.0 ab	9.804 c
Del-45	62.7 a	11.3 abcd	9.7 ab	45.5 ab	11.270 bc
Del-53	57.7 abc	11.0 abcd	9.5 bc	44.9 ab	10.967 bc
Blancos					
Chino CEDEL	46.0 de	13.0 a	9.1 bcd	43.7 ab	13.615 ab
Chino Calera	44.7 de	12.7 ab	9.0 bcd	43.8 ab	14.167 ab
California	41.0 e	8.0 e	6.8 ef	28.5 b	8.542 c
EarlyCalifornia	41.0 e	7.7 e	5.6 f	37.8 ab	9.538 c
Del-1	48.3 cde	11.3 abcd	7.8 de	40.3 ab	8.659 c
Del-19	45.3 de	8.7 de	7.1 e	40.7 ab	8.816 c
Perla	44.7 de	8.7 de	7.9 cde	32.8 ab	10.625 bc
DMS	9.5	2.9	1.4	18.3	3.7
CV	6.4	9.6	5.7	15.6	11.3

^zMedias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con $p \leq 0.05$; DMS= diferencia mínima significativa; CV= coeficiente de variación.

Cuadro 3. Componentes de rendimiento de cultivares de ajo en Delicias, Chihuahua, otoño-invierno 2002-2003.

Cultivares	Longitud final de follaje (cm)	No. de hojas a cosecha	Dientes por bulbo	Peso por bulbo (g)	Rendimiento (t ha ⁻¹)
Morados					
Español	73.8 a ^z	11.7 cde	6.7 c	53.8 bcd	11.567 abcd
Coreano	65.7 ab	13.3 abc	10.7 ab	75.3 a	11.583 abcd
Taiwán	61.0 ab	10.0 e	8.7 bc	50.4 cd	10.676 bcd
C. de Cadereyta	60.3 ab	10.3 de	10.0 ab	49.2 cd	10.087 cde
Del-45	64.7 ab	12.0 bcde	12.0 a	56.8 bcd	14.493 a
Del-53	68.3 ab	11.3 cde	9.3 abc	60.4 bc	14.270 ab
Tinguindín	52.7 b	10.3 de	8.3 bc	65.5 ab	8.593 def
Tatatzcuaro	70.7 ab	11.7 cde	8.3 bc	59.0 bc	10.413 cde
Blancos					
Chino CEDEL	69.0 ab	14.3 ab	9.3 abc	64.0 ab	13.383 abc
Chino Calera	67.2 ab	13.3 abc	9.7 ab	60.5 bc	12.343 abc
California	62.5 ab	14.7 a	8.7 bc	44.6 d	5.567 f
EarlyCalifornia	66.7 ab	13.7 abc	8.3 bc	54.7 bcd	6.927 ef
Del-1	68.3 ab	14.7 a	9.3 abc	58.1 bc	10.087 cde
Del-19	56.3 ab	12.3 abcde	8.3 bc	50.9 cd	8.310 def
Perla	53.2 b	12.7 abcd	8.3 bc	48.1 cd	8.527 def
DMS	18.6	2.7	2.7	12.6	3.7
CV	9.6	7.1	9.8	7.3	11.7

^zMedias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con $p \leq 0.05$; DMS= diferencia mínima significativa; CV= coeficiente de variación.

a medida que se retrasó la fecha de siembra. En cuanto a número de hojas a cosecha no se encontró significancia entre cultivares.

Al comparar los valores promedio de los tres ciclos de producción (Cuadro 5), se encontró significancia para las

características de longitud final de follaje y número de hojas a cosecha. En el ciclo 2003-2004 se tuvo el mayor valor de longitud de follaje con 74.3 cm; sin embargo, en el ciclo 2002-2003 se alcanzó el mayor número de hojas a cosecha (12.9). Por otra parte, también se encontró significancia entre cultivares, donde el mayor valor de longitud final de follaje

Cuadro 4. Componentes de rendimiento de cultivares de ajo en Delicias, Chihuahua, otoño-invierno 2003-2004.

Cultivares	Longitud final de follaje (cm)	No. de hojas a cosecha	Dientes por bulbo	Peso por bulbo (g)	Rendimiento (t ha ⁻¹)
Morados					
Español	79.5 a ^z	10.8 a	7.5 d	41.6 c	8.975 d
Coreano	79.0 ab	11.5 a	10.6 c	51.0 ab	12.521 bc
Del-45	64.8 ab	10.5 a	18.7 a	48.8 abc	10.449 cd
Del-53	63.0 b	11.0 a	17.1 a	49.8 abc	10.391 cd
Blancos					
Chino CEDEL	75.3 ab	11.0 a	13.5 b	42.7 bc	12.188 bc
Chino Calera	77.0 ab	11.5 a	13.2 b	53.4 a	15.625 a
Del-1	77.0 ab	12.3 a	14.4 b	52.6 a	13.945 ab
Del-19	76.8 ab	12.3 a	15.0 b	51.4 ab	14.601 ab
Del-AG	76.2 ab	12.3 a	15.0 b	50.9 ab	14.593 ab
DMS	16.3	2.5	2.0	9.0	2.7
CV	9.3	9.4	6.0	7.8	9.2

^zMedias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con $p \leq 0.05$; DMS= diferencia mínima significativa; CV= coeficiente de variación.

Cuadro 5. Componentes de rendimiento de cultivares de ajo en Delicias, Chihuahua, otoño-invierno 2002-2003.

Tratamientos	Longitud final de follaje (cm)	No. de hojas a cosecha	Dientes por bulbo	Peso por bulbo (g)	Rendimiento (t ha ⁻¹)
Ciclos					
2001-2002	51.3 c ^z	11.1 b	8.6 b	43.7 c	11.744 a
2002-2003	66.7 b	12.9 a	9.4 b	60.0 a	12.005 a
2004-2005	74.3 a	11.5 b	13.0 a	49.9 b	12.540 a
DMS	3.8	0.7	0.5	3.9	0.9
Morados					
Español	71.2 a ^z	10.6 d	7.2 d	44.3 c	10.600 c
Coreano	62.8 b	12.2 abc	10.1 c	58.3 a	13.197 ab
Del-45	64.3 ab	11.3 bcd	13.2 a	50.6 abc	12.129 bc
Del-53	63.1 ab	11.1 cd	11.9 b	52.1 abc	11.833 bc
Blancos					
Chino CEDEL	64.3 ab	12.8 ab	10.7 c	50.3 abc	13.097 ab
Chino Calera	62.8 b	12.4 abc	10.6 c	54.9 ab	14.323 a
Del-1	64.6 ab	12.9 a	10.4 c	50.1 abc	10.762 c
Del-19	59.7 b	11.2 cd	10.2 c	48.9 bc	10.830 c
DMS	8.2	1.5	1.2	8.3	1.9
Inter. Ciclo x cv	**	**	**	**	**
CV	8.6	8.7	7.2	10.8	10.4

^zMedias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con $p \leq 0.05$; DMS= diferencia mínima significativa; CV= coeficiente de variación.

lo presentó el cv Español (71.2 cm), pero sin diferenciarse significativamente de Del-1, Del-45, Chino CEDEL y Del-53. Mientras que, Del-1, Chino CEDEL, Chino Calera y Coreano presentaron los mayores valores de número de hojas a cosecha (12.2 a 12.8).

Número de dientes por bulbo y peso de bulbo

De acuerdo con el Cuadro 2, en el ciclo otoño-invierno 2001-2002 los cvs. Taiwán, Criollo de Cadereyta, Del-45 y Del-53 presentaron los mayores valores de número de dientes (9.5 a 11.1), con diferencias significativas entre tratamientos. Mientras que, en la característica peso por bulbo, Coreano tuvo el mayor valor con 48.5 g, pero sin diferenciarse significativamente entre la mayoría de los cultivares. En el ciclo 2002-2003 Del-45 tuvo el mayor número de dientes (12), seguido de Coreano, C. de Cadereyta, Chino Calera, Chino CEDEL y Del-53 (Cuadro 3). En cuanto a peso por bulbo, Coreano tuvo el mayor valor (75.3 g), y similar a Tinguindín (65.5 g) y Chino CEDEL (64 g). En el ciclo 2003-2004, en la característica de dientes por bulbo Del-45 y Del-53 tuvieron los mayores valores con 19 y 17 dientes por bulbo, respectivamente, con lo que superaron significativamente a los demás cultivares (Cuadro 4). Mientras que, en la característica peso por bulbo, Chino Calera y Del-1 alcanzaron los mayores valores (53.4 y 52.6 g), aunque sin diferenciarse significativamente de los cultivares Del-19, Coreano, Del-AG, Del-53 y Del-45. Al comparar los promedios de los tres ciclos de producción (Cuadro 5), se encontró que en el ciclo 2003-2004 se obtuvo significativamente un mayor número de dientes por bulbo; sin embargo, en el ciclo 2002-2003 se alcanzó el mayor promedio de peso por bulbo.

El cultivar que presentó significativamente el mayor número de dientes en los tres ciclos de producción, fue Del-45 con 13.2 dientes; mientras que, los menores valores los tuvieron los cvs. Coreano, Del-19, Del-1, Chino Calera y Chino CEDEL sin diferenciarse significativamente (10.1 a 10.7). Esta información indica que el número de dientes por bulbo encontrado en este trabajo es menor al reportado por Luján (1991), Pérez *et al.* (2003) y Pardo y Marín (2003b), los cuales obtuvieron de 12 hasta 50 dientes; mientras que, en evaluaciones locales de los ciclos 1984-1985 y 1987-1988 con diferentes cultivares, Acosta (1985) y Acosta y Luján (1988) encontró valores de 17 a 41 y de 9 a 14 dientes por bulbo, respectivamente.

Macías (2001) reportó valores de 11 a 24 dientes por bulbo. Por otro lado, Coreano obtuvo el mayor peso por bulbo con

58 g, aunque sin diferenciarse estadísticamente de los cvs. Chino Calera, Del-53, Del-45, Chino CEDEL y Del-1 que alcanzaron valores de 50.1 a 54.9 g. No concordando a lo encontrado por Stahlschmidt *et al.* (1997) y Pérez *et al.* (2003), donde la variación entre cultivares va de 25 a 73 g en cuatro ciclos de producción.

Rendimiento de bulbos

En el Cuadro 2, se muestra que en el ciclo 2001-2002, los cultivares que tuvieron mayor rendimiento comercial fueron Coreano (15.208 t ha⁻¹), Chino Calera (14.167 t ha⁻¹) y Chino CEDEL (13.615 t ha⁻¹), sin diferenciarse significativamente. Mientras que, en el ciclo 2002-2003, los de mayor rendimiento fueron Del-45 y Del-53, con 14.493 y 14.270 t ha⁻¹, respectivamente (Cuadro 3), aunque sin diferencias significativas con respecto a Chino CEDEL, Chino Calera, Coreano y Español. Por otra parte, en el ciclo 2003-2004 aunque Chino Calera presentó el mayor valor, no se detectó significancia con Del-19, Del-AG y Del-1 (Cuadro 4).

Al comparar rendimientos promedio de los tres ciclos de producción, de acuerdo con el Cuadro 5, no se encontró significancia estadística entre ellos. Sin embargo, al comparar promedios de cultivares se muestra variabilidad genética entre ellos; Chino Calera tuvo el mayor rendimiento (14.323 t ha⁻¹), aunque no se diferenció significativamente de Coreano (13.197 t ha⁻¹) y Chino CEDEL (13.097 t ha⁻¹).

Los máximos rendimientos obtenidos en los tres ciclos de producción (15.208 t ha⁻¹ en 2001-2002, 14.493 t ha⁻¹ en el 2002-2003 y 15.625 t ha⁻¹ en el 2003-2004, superan a los obtenidos por Pérez *et al.* (2003) en Irapuato, Guanajuato, quienes en cuatro ciclos de producción reportaron como valores más altos 12.8, 10.1, 10.9 y 10.8 t ha⁻¹. Mientras que, Macías (2001) en Aguascalientes, Aguascalientes, reportó rendimientos de 14.7 a 16.66 t ha⁻¹. En Minnesota EE.UU, Rosen y Tong (2001) obtuvieron rendimientos de 4.59 a 7.6 t ha⁻¹, mientras que, Gaviola y Lipinski (2004) obtuvieron de 8.536 a 12.913 t ha⁻¹, en Mendoza, Argentina.

En otros estudios realizados en Delicias, Chihuahua, Acosta (1985) observó rendimientos de 7 a 12.5 t ha⁻¹, en un estudio de fechas de siembra, donde se encontró que en una fecha de siembra similar (16 de octubre) a las realizadas en el presente estudio (4 al 24 de octubre) se obtuvieron de 8.5 a 8.9 t ha⁻¹, lo que indica que en fechas de siembra de mediados de septiembre es posible incrementar aún más el rendimiento de los cultivares sobresalientes, ya que por cada día de retraso en la fecha

de siembra a partir del 14 de septiembre el rendimiento disminuyó de 91 a 114 kg en los cultivares Cristal y Perla. Posteriormente, Acosta y Luján (1988) al comparar ocho diferentes cultivares, en una siembra realizada el 20 de octubre obtuvieron rendimientos de 4.8 a 7.9 t ha⁻¹.

Calidad de bulbo en base a diámetro

Con base a su diámetro, mostrado en el Cuadro 6, en el ciclo 2002-2003, el cv. Coreano mostró superioridad estadística para producir bulbos clase 10 (6.5 a 6.9 cm de diámetro), con un valor de 27%, e incluso presentó un total de 50% de bulbos con diámetro mayor e igual de 6.0 cm (tamaños 10 y 9), seguido por Del 1 (25%), Chino Calera (20%) y Chino CEDEL (18%); mientras que, los cultivares que mostraron los tamaños más chicos (tamaños 5 y 6, con diámetro igual o menor de 4.6 cm) fueron California (57%), Early California (43%), Perla (28%), C. de Cadereyta (25%) y Taiwán (23%). En el ciclo 2003-2004, no se obtuvieron tamaños 9 y 10 (≥ 6.0 cm); sin embargo, Coreano, Del-19, y Del-AG presentaron los mayores porcentajes de tamaños 7 y 8 (5.3 a 5.9 cm) con valores de 7 a 11%, sin diferenciarse significativamente de

Del-1 y Chino Calera (Cuadro 7). Al comparar los ciclos de producción (Cuadro 8), se observa que en el ciclo 2002-2003, se obtuvieron mayores valores de tamaños 8, 9 y 10 (58%), lo que coincidió también con un mayor peso promedio por bulbo. Mientras que, al comparar el comportamiento de los cultivares en estos ciclos de producción, Coreano presentó significativamente el mayor porcentaje de bulbos mayores de 6.5 cm (9%) y mayores de 6.0 cm (18%).

Crecimiento de follaje y bulbo

De acuerdo con la Figura 1, la etapa de mayor crecimiento del follaje en la mayoría de los cultivares se presentó de mediados de enero a mediados de abril (90 a 180 días después de la siembra); sin embargo, Del-45 y Del-53 mantuvieron tal comportamiento desde mediados de diciembre hasta mediados de marzo. Mientras que, la etapa de máximo crecimiento del bulbo (Figura 2), se presentó desde mediados de marzo hasta mediados de abril (150 a 180 días después de la siembra), esto es, hasta que se cosecharon los bulbos. Este comportamiento coincide en parte con Luján (1991) en cultivares de túnica blanca. Sin embargo, al comparar

Cuadro 6. Clasificación de bulbos de cultivares de ajo con base a su diámetro (cm) otoño-invierno 2002-2003, en Delicias, Chihuahua.

Cultivares	Tamaño de bulbo (%) con base a diámetro (cm)					
	10 6.5 - 6.9	9 6.0 a 6.4	8 5.3 a 5.9	7 4.7 a 5.2	6 4.2 a 4.6	5 < 4.2
Español	2 b ^z	5 bc	40 ab	41 ab	10 bcd	2 ab
Coreano	27 a	23 a	37 ab	13 b	0 d	0 b
Taiwan	0 b	2 c	22 ab	35 ab	18 abcd	5 ab
C. de Cadereyta	0 b	2 c	23 ab	50 a	20 abcd	5 ab
Del-45	0 b	7 bc	37 ab	37 ab	8 cd	12 ab
Del-53	0 b	5 bc	28 ab	47 ab	17 abcd	3 ab
Tinguindín	0 b	13 abc	40 ab	35 ab	8 cd	3 ab
Tacatzcuaro	2 b	10 abc	42 ab	33 ab	10 bcd	3 ab
Chino CEDEL	0 b	18 ab	42 ab	32 ab	8 cd	0 b
Chino Calera	5 b	15 abc	53 ab	18 ab	8 cd	0 b
California	0 b	0 c	7 b	37 ab	37 a	20 a
Early California	0 b	7 bc	10 b	40 ab	33 ab	10 ab
5 Del-1	7 b	18 ab	43 ab	27 ab	7 cd	0 b
4 Del-19	2 b	7 bc	48 a	32 ab	10 bcd	2 b
1 Perla	3 b	3 bc	32 ab	33 ab	25 abc	3 b
DMS	7.6	16.2	37.8	33.8	24.2	18.8
CV	25.6*	30.6*	37.2	32.8	34.6*	36.2*

^zMedias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con $p \leq 0.05$; DMS= diferencia mínima significativa; CV= coeficiente de variación; * = coeficiente de variación de datos transformados con $\sqrt{x+0.5}$.

Cuadro 7. Clasificación de bulbos de cultivares de ajo con base a su diámetro (cm), otoño-invierno 2003-2004 en Delicias, Chihuahua.

Cultivares	Tamaño de bulbo (%) con base a diámetro (cm)					
	10 6.5 - 6.9	9 6.0 a 6.4	8 5.3 a 5.9	7 4.7 a 5.2	6 4.2 a 4.6	5 < 4.2
Español	0 a	0	0 b ^z	4 b	27 a	34 a
Coreano	0 a	0	11 a	24 ab	29 a	26 ab
Del-45	0 a	0	0 b	5 b	42 a	41 a
Del-53	0 a	0	0 b	15 ab	46 a	28 ab
Chino CEDEL	0 a	0	0 b	19 ab	38 a	26 ab
Chino Calera	0 a	0	4 ab	34 a	37 a	22 ab
Del-1	0 a	1	4 ab	31 a	35 a	22 ab
Del-19	0 a	0	8 ab	33 a	38 a	13 b
Del-AG	0 a	0	7 ab	32 a	37 a	12 b
DMS	0	2.1	11.2	23.1	30.5	21.7
CV	-	35.7*	23.6*	37.5*	35.4	34.6

^zMedias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con $p \leq 0.05$; DMS=diferencia mínima significativa; CV=coeficiente de variación; *=coeficiente de variación de datos transformados con $\sqrt{x}+0.5$.

Cuadro 8. Clasificación y comparación de bulbos de cultivares de ajo con base a su diámetro (cm) en otoño-invierno (2001-2004) en Delicias, Chihuahua.

Cultivares	Tamaño de bulbo (%) con base a diámetro (cm)					
	10 6.5 - 6.9	9 6.0 a 6.4	8 5.3 a 5.9	7 4.7 a 5.2	6 4.2 a 4.6	5 < 4.2
2001-2002	0 b ^z	2 b	21b	45 a	24 b	7 b
2002-2003	5 a	12 a	41a	31 b	8 c	2 b
2004-2005	0 b	1 b	6 c	23 c	37 a	30 a
DMS	1.2	3.0	6.6	7.7	7.1	5.3
Morados:						
Español	2 b ^z	3 b	22 ab	28 a	23 a	18 ab
Coreano	9 a	9 a	29 a	27 a	12 a	11 ab
Del-45	0 b	3 b	24 ab	29 a	21 a	19 a
Del-53	0 b	2 b	21 ab	35 a	27 a	12 ab
Blancos						
Chino CEDEL	1 b	7 ab	20 ab	31 a	25 a	12 ab
Chino Calera	2 b	6 ab	26 ab	34 a	20 a	12 ab
Del-1	2 b	7 ab	15 b	38 a	26 a	10 ab
Del-19	1 b	2 b	20 ab	38 a	29 a	6 b
DMS	2.6	6.5	14.0	16.4	17.1	11.4
Inter. Ciclo x cv	**	**	**	**	ns	ns
CV ^y	26.5	40.2	24.6	17.9	29.5	36.0

^zMedias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey con $p \leq 0.05$; DMS=diferencia mínima significativa; CV=coeficiente de variación; *=coeficiente de variación de datos transformados con $\sqrt{x}+0.5$.

los resultados con otros estudios realizados en Delicias, Chihuahua, los cultivares de túnica morada como C. de Cadereyta y Chileno presentaron su máximo crecimiento de follaje y bulbo de 25 a 30 días antes que los cultivares de túnica blanca; mientras que, en el presente estudio estas diferencias no fueron tan marcadas.

Los cultivares que presentaron un mayor incremento en el crecimiento de bulbo por día (tasa absoluta de crecimiento del bulbo por planta), en los últimos 30 días del ciclo vegetativo, fueron Del-45 y Coreano (Figura 3).

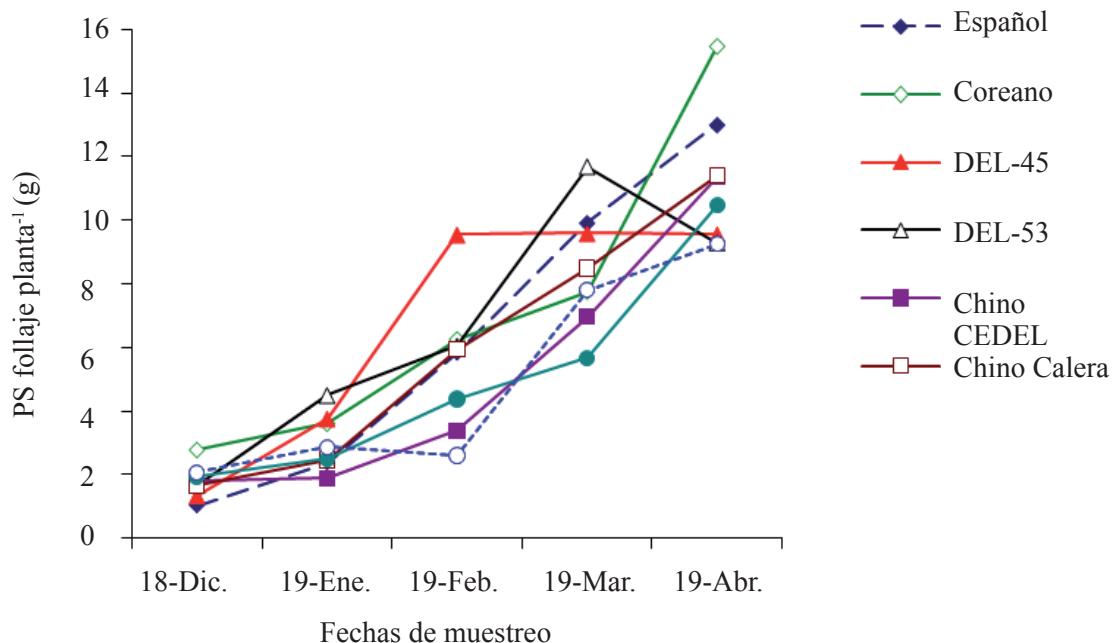


Figura 1. Dinámica de crecimiento de follaje en cultivares de ajo otoño-invierno 2003-2004 en Delicias, Chihuahua.
PS= peso seco.

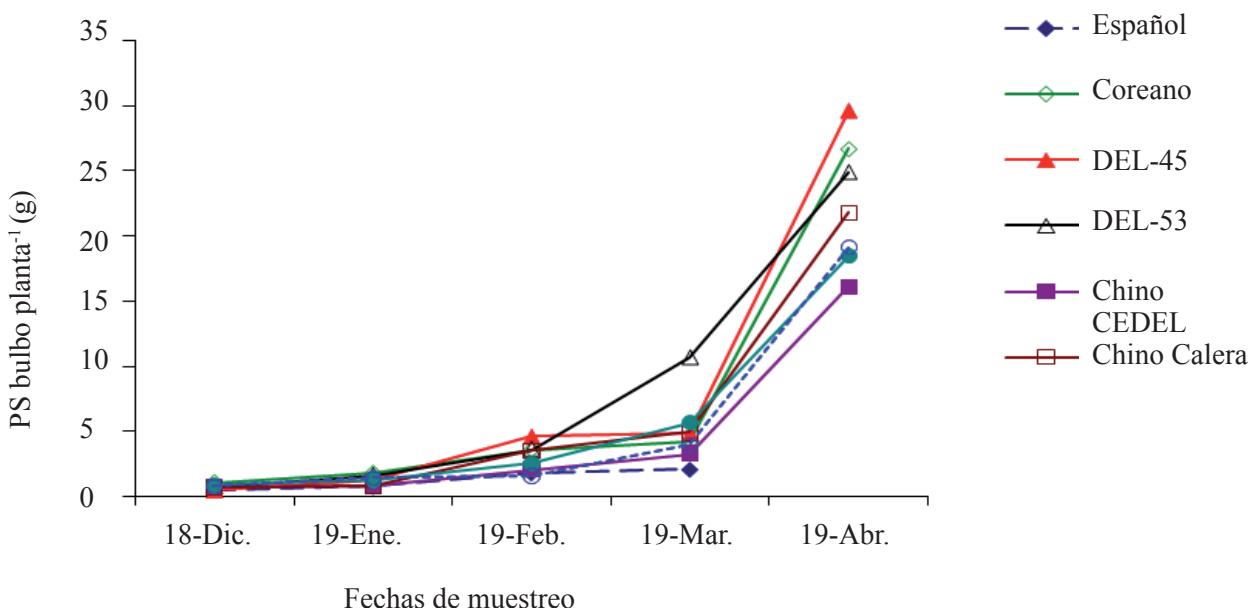


Figura 2. Dinámica de crecimiento de bulbo de cultivares de ajo otoño-invierno 2003-2004 en Delicias, Chihuahua.
PS= peso seco.

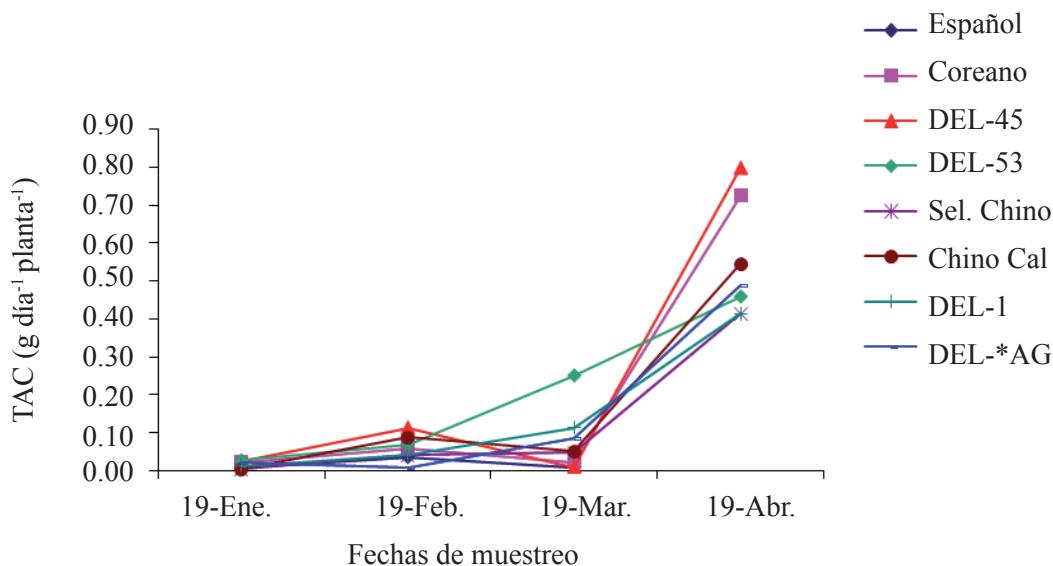


Figura 3. Tasa absoluta de crecimiento (TAC) de bulbo en cultivares de ajo otoño-invierno 2003-2004 en Delicias, Chihuahua.

CONCLUSIONES

Se encontró significancia entre ciclos de producción en longitud final de follaje, número de hojas a cosecha, número de dientes, peso por bulbo y calidad de bulbos (con base a diámetro).

Se observó significancia entre cultivares para longitud final de follaje, número de hojas a cosecha, número de dientes, peso por bulbo, rendimiento de bulbos y bulbos con diámetro mayor de 5.3 cm (tamaños 8, 9 y 10).

Del-45 presentó significativamente el mayor número de dientes en los tres ciclos de producción; y los menores valores los tuvieron Coreano, Del-19, Del-1, Chino Calera y Chino CEDEL.

En tres ciclos de producción los cvs. más rendidores fueron Chino Calera, Coreano y Chino CEDEL; pero Coreano presentó el mayor porcentaje de bulbos mayores a 6 y 6.5 cm.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo a los Ing. Salvador Rubio Díaz y Alberto Agapito Gándara Calderón, investigadores del Campo Experimental Zacatecas y

Delicias, respectivamente, ambos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

LITERATURA CITADA

- Acosta, R. G. F. 1985. Crecimiento y rendimiento de dos variedades de ajo (*Allium sativum L.*) en cuatro fechas de siembra. In: Día del Triguero 1985. Secretaría de Agricultura y Recursos Hídricos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Agrícola Experimental Delicias (SARH-INIFAP-CAEDEL). Ciudad Delicias, Chihuahua, México. p. 37-43.
- Acosta, R. G. F.; Luján F. M. 1988. Desarrollo, rendimiento y calidad de ocho materiales de ajo en la región de Delicias, Chihuahua. Informe de investigación. Secretaría de Agricultura y Recursos Hídricos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Agrícola Experimental Delicias (SARH-INIFAP-CAEDEL). Ciudad Delicias, Chihuahua, México. 24 p.
- Apojos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA). 1999a. Producción mundial de ajo. In: Claridades Agropecuarias. (ASERCA). Vol. 68:20-26.

- Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA). 1999b. El ajo mexicano, una historia de eficiencia y calidad. In: Claridades Agropecuarias. (ASERCA). Vol. 68:3-16.
- Chávez, S. N.; y Berzoza, M. M. 2002. Fertilización con riego por goteo en hortalizas y forrajes. In: Resultados y avances de la investigación en el estado de Chihuahua. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Delicias (SAGARPA-INIFAP-CEDEL). Ciudad Delicias, Chihuahua, México. p. 89-100. (Publicación Especial No. 9).
- Chávez, S. N. 2004. Uso del paquete estadístico SAS en la investigación agropecuaria. CEDEL-CIRNOC-INIFAP. 84 p.
- Gaviola, S.; Lipinski, V. M. 2004. Evaluación de rendimiento y nitratos en ajo cv. Nieve INTA con riego por goteo. Agric. Téc. (Argentina) 64(2):172-181.
- González, H. V. A.; Livera, M. M; Mendoza, O. L. E. y Barrera, C. C. 1986. Crecimiento y desarrollo de sorgos contrastantes en vigor y precocidad. Fitotecnia. 8:95-110.
- Hunt, R. 1978. Plant growth analysis. Studies in Biology No. 96. E. Arnold Publ. London.
- Hunt, R. 1982. Plant growth curves: The functional approach to plant growth analysis. Edward Arnold Limited. London.
- Jones, H. A. and Mann, L. K. 1963. Onions and their allies; botany, cultivation and utilization. New York. Intersciences. 286 p.
- Luján, F. M. 1991. La investigación fisiotécnica en hortalizas. Rev. Fitotec. Mex. 14:256-266.
- Macías, V. L. M. 2001. Mejoramiento genético de ajo en el estado de Aguascalientes. Memorias del IX Congreso de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. Horticultura Mexicana 8(3):10.
- Matus, I.; González, M. I. and del Pozo, A. 1999. Evaluation of phenotypic variation in a chilean collection of garlic (*Allium sativum* L.) clones using multivariate analysis. Plant Genet. Resour. Newsl. 117:31-36.
- Messiaen, C. M.; Lallemand, J. and Briand, F. 1994. Varietal groups in garlic cultivars. Acta Hort. 358:157-159.
- Pardo, R. A. y Marin, R. C. 2003a. Clasificación de cultivares de ajo por métodos de análisis multivariado. Agronomía Trop. 53(4):10-21.
- Pardo, R. A. y Marin, R. C. 2003b. Clasificación de cultivares de ajo por métodos de análisis multivariado. Agronomía Trop. 53(4):1-9.
- Pérez, M. L. 1990. Radiosensibilidad de cultivares de ajo (*Allium sativum* L.). Rev. Fitotec. Mex. 13:97-103.
- Pérez, M. L.; García, R. P. M.; Ramírez, M. R. y Barrera, G. J. L. 2003. Evaluación de cultivares de ajo morado y blanco por su rendimiento agronómico e industrial en Irapuato, Guanajuato. Acta Universitaria. Universidad de Guanajuato. 13(3):57-65.
- Portela, J. A. y Cavagnaro, J. B. 2005. Growing phases of the white garlic (*Allium sativum* L.) plant in relation to field temperature and day length. Acta Hort. 688:239-246.
- Rosen, C. J. y Tong, C. B. S. 2001. Yield, dry matter partitioning, and storage quality of hardneck garlic as affected by soil amendments and scape removal. HortScience. 36(7):1235-1239.
- Sánchez, H. J. F.; Matus, G. J. A.; García, D. G. y Galindo, O. M. A. 1996. Rentabilidad y ventaja comparativa de ajo, brócoli y coliflor en Guanajuato, Zacatecas y Aguascalientes (1991-1992). Agrociencia 30(4):559-568.
- Statistical Analysis Systems (SAS) Institute. 1986. SAS/STAT guide for personal computers, version 6. SAS Inst. Cary, N. C.
- Stahlschmidt, O.; Cavagnaro, J. B. and Borgo, R. 1997. Growth analysis of three garlic (*Allium sativum* L.) cultivars with differences in yield. Acta Hort. 433:427-434.
- Takagi, H. 1990. Garlic Allium sativum L. In: Brewster, J. L. and Rabinowitch, H. D. (eds.) Onions and allied crops. CRC Press. Boca Raton, Fl.