

Mejoramiento de ajo Perla por selección individual en Aguascalientes

Luis Martín Macías Valdéz¹
Luis Humberto Maciel Pérez²
Héctor Silos Espino³
Otilio Vázquez Martínez⁴

RESUMEN

En Aguascalientes, la producción de ajo por unidad de superficie ha disminuido gradualmente a través del tiempo, debido a la utilización de semilla para siembra de bajo potencial productivo por parte de los productores. El objetivo fue obtener clones de ajo mediante selección individual con características de alto rendimiento y calidad expresada a través del número de dientes por bulbo. Se trabajó un grupo de clones de ajo tipo Perla durante los ciclos de producción 2003-2004 y 2004-2005. Los datos se analizaron bajo un diseño completamente al azar con submuestreo y arreglo factorial 2 x 2. Los resultados mostraron que los clones C-3-1/25 y C-CN95/2 fueron los más sobresalientes en rendimiento e iguales estadísticamente entre sí con 18.8 y 17.8 t ha⁻¹, respectivamente. El clon C-3-1/25 mostró un promedio de 13.3 dientes por bulbo; por lo que fue el más productivo en rendimiento y calidad de bulbo.

Palabras clave: *Allium sativum* L., mejoramiento genético, clones, selección individual, rendimiento.

Key words: *Allium sativum* L., plant breeding, clones, individual selection, yield.

Recibido: 30 de septiembre de 2008, aceptado: 19 de enero de 2009

¹ Campo Experimental Pabellón, Centro de Investigación Regional Norte – Centro, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. macias.luis@inifap.gob.mx

² Campo Experimental Pabellón, Centro de Investigación Regional Norte – Centro, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. maciel.luis@inifap.gob.mx

³ Laboratorio de Biotecnología Vegetal Aplicada, Instituto Tecnológico El Llano, Aguascalientes. silosespino@hotmail.com

⁴ Depto. de Fitotecnia, Centro de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes. ovazmar@correo.uaa.mx

Se concluye que se generaron clones de ajo Perla altamente rendidores y con buena calidad por su bajo número de dientes.

ABSTRACT

In Aguascalientes, the garlic production per surface unit has decreased gradually. It has been determined that the main cause of this problem is the use of seed with low production potential; therefore it was necessary to improve garlic by individual selection. The objective of this work was to obtain a high yield and quality garlic clone through individual selection. In order to develop this work, Perla type was used and evaluated through two production cycles by individual selection. For the analysis of the data, a completely random design with sub sampling in a factorial arrangement was used. The results show, that the C-3-1/25 and C-CN95/2 clones were superior in yield and not different statistically between them, with a yield of 18.8 and 17.8 t ha⁻¹, respectively. The C-3-1/25 had 13.3 cloves per bulb; it has the highest yield and bulb quality. We conclude that high yield Perla type clones were generated.

INTRODUCCIÓN

En Aguascalientes, se ha presentado una disminución paulatina del rendimiento de ajo por hectárea. En 1984, se consignó un rendimiento promedio de 10.5 t ha⁻¹ que representó el valor histórico más alto y disminuyó a 8.0 t ha⁻¹ en 1991. Asimismo, la superficie sembrada se redujo de 1,800 ha en 1998 a 300 ha en el año 2000 (SARH, 1982-2000), para el ciclo otoño-invierno 2006-2007 se establecieron 381 ha obteniendo un rendimiento promedio de 12.4 t ha⁻¹ (SAGARPA,

2007). Mediante observaciones realizadas en los campos de producción de ajo en Aguascalientes, se ha determinado que la disminución del rendimiento, entre otras causas, ha sido ocasionado, fundamentalmente, por el uso de semilla de bajo potencial productivo, debido a que por muchos años los productores comercializaron los bulbos más grandes de mejor calidad y han utilizado como semilla los de menor calidad, condiciones similares han sido señaladas para las regiones productoras de China (Xinhua y Wufeng, 1997); a este manejo de la semilla se le conoce como selección negativa (Burba *et al.*, 2005). Para revertir esta tendencia, los productores mejoraron diferentes prácticas de manejo del cultivo tales como incrementar los tratamientos de fertilización, aumentar la densidad de población, mayor número de riegos, aplicación de diferentes agroquímicos, etc., así como la introducción de materiales genéticos de ajo principalmente de los Estados Unidos de Norteamérica y, en ocasiones, de Chile, Perú, China, Hong Kong, Japón, Singapur y Taiwán (Enríquez, 1992). Algunos de los materiales de ajo introducidos no se adaptan a las condiciones ambientales de la región ya que producen bulbos deformes, con un ciclo vegetativo largo y bajo rendimiento.

Para emprender un programa de mejoramiento genético de ajo por medio de selección, es necesario realizar un estudio para determinar la variabilidad existente en diferentes clones de ajo colectados (Gómez *et al.*, 1991). Las colectas clonales son un recurso excelente para el mejoramiento genético de los ajos, requiriendo de cinco a seis ciclos de selección para obtener semilla básica y certificada (Maroto, 1986), de igual manera en evaluaciones de cultivares de ajo en la región del Bajío mexicano y otras regiones del mundo, los resultados han mostrado evidencias de variabilidad genotípica (Pérez *et al.*, 2003; Lampasona, *et al.*, 2003), principalmente en los caracteres de rendimiento y número de dientes por bulbo.

El objetivo del presente trabajo fue obtener un clon de ajo tipo Perla altamente productivo mediante selección individual que permita incrementar el rendimiento y calidad en relación a los materiales que utiliza el productor.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se desarrolló durante los ciclos de producción otoño-invierno 2003-2004 y 2004-2005, en terrenos del Campo Experimental Pabellón (CE-PAB), perteneciente a la región Norte-Centro del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado a 22° 09' 44'' latitud Norte, 102° 17' 43'' longitud Oeste y altitud de 1928 msnm; en suelo franco con 1.5 por ciento de materia orgánica, pH de 7.3 (ligera-mente alcalino) y densidad aparente de 1.45 g cm⁻³.

En parcelas de productores de ajo durante la época de cosecha (abril a mayo del año 2000) se seleccionaron y colectaron de cinco a 20 bulbos por parcela, considerando aquellos que mostraron características de rendimiento y calidad sobresalientes en cuanto a tamaño, firmeza al tacto, sanidad, sin malformaciones y color apurado. El establecimiento de las colectas en campo se realizó en surcos a 0.84 m sembrados a doble hilera y distancia entre plantas de 0.10 m, cada grupo de dientes provenientes de un sólo bulbo fueron sembrados de manera independiente con una separación entre ellos de 0.5 m y una distribución completamente al azar; de tal manera que, de cada bulbo madre se sembró toda su descendencia. También se incluyó un testigo, el cual fue colectado al azar de una parcela comercial de la zona productora de ajo del Estado y sembrado dentro de los materiales seleccionados para utilizarlo como referencia estadística al permitir su comparación con los materiales mejorados durante el proceso de selección individual.

Los criterios de selección se basaron en variables de planta y de bulbo, tomando como referencia los descriptores de ajo del Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPAGRI, 2001); los criterios de planta fueron: a) **Sanidad:** fue determinada a través de la identificación y eliminación de plantas enfermas en campo que mostraron presencia de los hongos *Fusarium* (*F. culmorum*, *F. roseum* y *F. oxysporum*) y de virus: Enanismo, *Onion Yellow Dwarf Virus* (OYDV) y amarillamiento, *Leek Yellow Stripe Virus* (LYSV); b) **Altura de planta:** Este criterio se consideró aproximadamente a los 150 días después de la siembra, una vez que las plantas manifestaron un crecimiento máximo (55 a 60 cm), etapa en que se eliminaron aquellas que mostraron una desviación en el crecimiento mayor de 20 cm y

c) **Vigor:** Se determinó en forma indirecta a través de la medición del diámetro del pseudotallo, desechándose aquellas plantas que mostraron un diámetro menor a cinco mm.

Los criterios de selección para bulbo fueron: a) **Sanidad** la cual se determinó al momento del desgrane para la siembra y los bulbos que mostraron la presencia de hongos y ácaros se eliminaron; b) **Simetría** en donde se seleccionaron aquellos bulbos que presentaron una forma circular y regular, es decir, no se consideraron aquellos que mostraron malformaciones del bulbo.

Las variables evaluadas fueron peso de bulbo (g/bulbo) y número de dientes por bulbo, se calculó el rendimiento promedio y su desviación estándar con la finalidad de detectar los más sobresalientes en cada ciclo de selección y los más consistentes en rendimiento a través de los años.

Se realizó un análisis de varianza conjunto para rendimiento a través de años, considerando un diseño completamente al azar con submuestreo, con 10 muestreos al azar por clon, se incluyó el testigo (material de ajo que siembra el productor comercialmente en Aguascalientes) como punto de comparación. La prueba de separación de medias empleada fue la Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 0.05 de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se presentan con base en el análisis estadístico durante dos ciclos de cultivo. El análisis de varianza para el rendimiento económico

y número de dientes por bulbo detectó diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) y altamente significativas ($p \leq 0.01$), respectivamente, para los dos ciclos de evaluación (Tabla 1), esto indica que ambos caracteres estuvieron influenciados por las condiciones ambientales que se presentaron durante el periodo en el que se desarrollaron las plantas. En la evaluación de los 29 clones, durante los dos ciclos de selección se observaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para el rendimiento económico de ajo y número de dientes por bulbo, con lo que es factible deducir la existencia de variabilidad genética entre los clones de ajo colectados en Aguascalientes y sometidos a mejoramiento genético por selección individual, lo que concuerda con estudios realizados por Biderbost *et al.* (1985); Gómez *et al.* (1991) y Jenderek y Zewdie (2005). Asimismo, la interacción años x clones de ajo mostró diferencia estadística altamente significativa ($p \leq 0.01$), lo que indica, en principio, que los clones de ajo tuvieron diferente comportamiento en cada ciclo de producción, ya que el mejoramiento genético de ajo está influido por sus factores genotípicos propios y las condiciones ambientales (Lampasóna *et al.*, 2003); por lo que el proceso de mejoramiento genético por selección individual permite la obtención de clones con alto potencial productivo cuando existe una interacción genética y ambiental favorable. El coeficiente de variación para el rendimiento y número de dientes por bulbo fue de 11.56 y 8.91%, respectivamente, y coinciden con los reportados por Gómez *et al.* (1991).

La prueba de medias para los dos ciclos de cultivo muestra que en el de producción 2003-2004

Tabla 1. Análisis de varianza para rendimiento económico y número de dientes por bulbo de 29 clones de ajo Perla en dos ciclos de selección (O - I 2003-2004 y 2004-2005).

Fuente de variación	Rendimiento económico de ajo		Número de dientes por bulbo	
	Grados de libertad	Cuadrado medio del error	Grados de libertad	Cuadrado medio del error
Años (A)	1	14704640 *	1	419.652344 **
Clones (C)	28	76417904 **	28	7.621233 **
Interacción A x C	28	25796022 **	28	3.597935 **
Error	522	2803908	174	1.228426
Coef. de Variación (%)		11.56		8.91

* Diferencia significativa con una probabilidad ≤ 0.05 .

** Diferencia altamente significativa con una probabilidad ≤ 0.01 .

N.S. No existe diferencia significativa.

Tabla 2. Rendimiento económico y número promedio de dientes por bulbo, así como número de bulbos madre acumulados para los ciclos de selección o-i 2003-2004 y 2004-2005, en los 12 clones más sobresalientes de ajo Perla y el testigo.

Clon	Rendimiento de ajo (t ha ⁻¹)	Número de dientes por bulbo	Número de bulbos madre acumulados	
			2003 - 2004	2004 - 2005
C-3-1/25	18.8 a	13.3 abc	434	613
C-CN95/2	17.8 ab	13.5 ab	282	333
C-37-1/8	17.4 bc	11.9 efghij	197	308
C-S.C. y S.P.	16.6 cd	12.8 bcdef	184	176
C-1/30	16.6 cde	13.2 abcd	63	92
C-JN-1	16.2 def	12.8 bcdef	202	281
C-10/22	16.2 def	12.4 cdefgh	60	71
C-TM21/2	16.0 def	10.5 l	18	24
C-39/4	15.8 def	13.1 abcd	60	67
C-3/3	15.7 ef	11.8 fghijkl	74	72
C-39/28	15.3 fg	11.6 ghijk	104	91
C-10/38	14.3 gh	13.5 abc	84	76
Testigo	10.4 n	12.6 bcdefg	65	117

Los valores unidos con la misma literal son iguales estadísticamente según la prueba DMS ($p \leq 0.05$). (Diferencia Mínima Significativa) para el rendimiento promedio de ajo = 1.468 t ha⁻¹.

Diferencia Mínima Significativa para el número de dientes promedio por bulbo = 1.1.

se obtuvo un rendimiento significativamente más alto con 14.6 t ha⁻¹, que en el 2004-2005, donde se obtuvo un rendimiento promedio de 14.3 t ha⁻¹, el cual es estadísticamente diferente con $P \leq 0.05$, de acuerdo a la DMS que fue de 0.272 t ha⁻¹.

En la Tabla 2 se presenta el rendimiento promedio obtenido por los 12 clones de ajo más sobresalientes y del testigo en los dos ciclos de selección. Se detectaron dos clones superiores en rendimiento con 18.8 y 17.8 t ha⁻¹, respectivamente, y son estadísticamente iguales entre sí; dichos clones son el C-3-1/25 y el C-CN95/2, en tanto que el clon de menor rendimiento fue el C-10/38 con 14.3 t ha⁻¹ en comparación con el testigo que rindió 10.4 t ha⁻¹.

En lo referente a la calidad del bulbo expresada con base en el número de dientes, el promedio por bulbo de los dos ciclos de selección, se encontró que los 12 clones sobresalientes y el testigo mostraron valores de 10.5 a 13.5; lo cual es considerado un número adecuado, que permite un buen crecimiento y forma del bulbo. Los materiales C-3-1/25 y C-CN95/2 presentaron un promedio de 13.3 y 13.5 dientes por bulbo en los dos años de evaluación, dicho valor se considera aceptable para esta característica de calidad porque indica que el tamaño de los dientes

distribuidos en la zona periférica y los dientes de la parte central dentro del bulbo es similar. Esta condición no ocurre cuando se presenta una alta cantidad de dientes por bulbo, es decir, alrededor de 20 dientes por bulbo o más (Heredia y Heredia, 2000; Pérez *et al.*, 2003). Otro clon sobresaliente es el C-37-1/8 cuya producción experimental supera las 17.0 t ha⁻¹ y con el atributo de tener 308 bulbos madre, este número indica consistencia de rendimiento a través del tiempo al compararlo con los otros materiales que presentan un bajo número de bulbos madre y, además, mostró 11.9 dientes por bulbo. Por otra parte, el número de bulbos madre que ha acumulado a través del tiempo el clon C-3-1/25 es de 613 (el más alto), lo cual indica que, además de mostrar alta productividad, ha sido el más consistente en producción a través de seis años de selección, ya que al inicio del programa de mejoramiento se partió de un número similar de bulbos en todos los materiales, por lo que se deduce que de este clon se ha eliminado poco material durante el proceso de multiplicación vegetativa y selección, el cual no cumplió con las características de rendimiento y calidad deseadas.

La interacción años x clones se muestra en la Tabla 3, donde se observa que de los 12 clones más sobresalientes en los años de evaluación,

Tabla 3. Interacción años x clones para rendimiento económico y número de dientes por bulbo promedio en los clones avanzados más sobresalientes de ajo Perla y testigo.

Clon	Rendimiento económico de ajo (t ha ⁻¹)		Número de dientes por bulbo	
	2003 - 2004	2004 - 2005	2003 - 2004	2004 - 2005
C-3-1/25	19.1 a	18.5 a	15.03 a	11.55 b
C-CN95/2	18.5 a	17.2 a	15.05 a	11.98 b
C-37-1/8	17.7 a	17.1 a	14.23 a	9.53 b
C-1/30	17.4 a	15.8 b	14.75 a	11.73 b
C-JN-1	16.8 a	14.9 b	14.65 a	11.55 b
C-10/22	16.7 a	15.2 b	12.80 a	8.28 b
C-TM21/2	16.5 a	15.9 a	14.50 a	11.10 b
C-3/3	15.8 a	17.7 b	13.60 a	11.93 b
C-39/28	15.8 a	15.6 a	13.43 a	10.25 b
Testigo	10.1 a	10.7 a	13.00 a	12.30 a

Los valores unidos con la misma literal en la separación de medias para la interacción deber ser comparada en forma horizontal para interpretar el comportamiento de un clon en distinto año o ciclo.

nueve clones resultaron sobresalientes en ambos ciclos al tomar como referencia la variable rendimiento económico, dentro de los cuales el de mayor capacidad productiva fue el C-3-1/25, y que, al comparar estadísticamente la respuesta de los clones sobresalientes en los dos ciclos de selección, se deduce que se dispone de genotipos que no son afectados por las condiciones del medio ambiente como los son el C-3-1/25, C-CN95/2, C-37-1/8, C-TM21/2, C-39/28 y el testigo, al resultar similar estadísticamente la media de producción de cada genotipo; lo cual posiblemente, sea producto de los seis años del mejoramiento genético por selección individual que tienen estos clones, además de manifestar, de esta manera, estabilidad en el rendimiento a través del tiempo, lo cual concuerda con lo reportado por Muñoz (1973) y Portela y Cavagnaro (2005).

Este análisis permitió detectar un segundo grupo de clones o genotipos, que, aunque resultaron sobresalientes en ambos ciclos de selección, el promedio de rendimiento de cada genotipo resultó estadísticamente diferente ($p \leq 0.05$) en cada año de evaluación; los cuales fueron C-1/30, JN-1, C-10/22 y C-3/3, por lo que se deduce que la res-

puesta en rendimiento de ajo de estos clones es dependiente del medio ambiente en el cual se desarrollen. Para la variable número de dientes por bulbo, la respuesta encontrada al analizar el comportamiento de los clones más productivos en los dos años de estudio, indica que las condiciones ambientales afectan también el número potencial de dientes que pueden desarrollar, sin embargo para el clon de ajo utilizado como testigo, no tuvo efecto significativo el factor años. Probablemente, esta variable de la calidad de bulbo muestre también un efecto de estabilidad (Heredia y Heredia, 2000).



CONCLUSIONES

El mejoramiento genético de ajo por selección individual en los clones de ajo permitió incrementar de manera significativa los rendimientos en más de 8.0 t ha⁻¹ a nivel experimental y además de identificar dos grupos de clones de ajo con distinta sensibilidad a condiciones climáticas en ambos grupos de materiales.

Todos los clones evaluados mostraron rendimientos que superan al testigo y al promedio regional reportado por fuentes oficiales (10.0 t ha⁻¹), esto indica que existen alternativas para que los productores de ajo de la región incrementen su productividad utilizando semilla mejorada.

REFERENCIAS

- BIDERBOST, E. B. J., *et al.*, Variabilidad genética de una población de ajo (*Allium sativum* L.) cv. Rosado paraguayo, *Bol. Hort. Asaho*, 7, págs. 31-36, 1985.
- BURBA, J. L.; J. A. PORTELA, y S. LANZAVECHIA, Argentine Garlic I: A wide offer of clonal cultivars, *Acta Hort. (ISHS)* 688, págs. 291-296, 2005.
- ENRÍQUEZ, R. E., Estrategia regional de mediano plazo (1992-1999) de desarrollo y promoción de exportaciones de ajo, SARH. México, D.F., pág. 15, 1992.
- GÓMEZ, O., R. *et al.*, Estudio de la variabilidad encontrada en clones de ajo en la provincia de La Habana, *Agrotecnia de Cuba*, 23(1-2), págs. 1-4, 1991.
- HEREDIA, Z. A., y G. E. HEREDIA, Mejoramiento genético de ajo en el INIFAP. En: *El ajo en México, origen, mejoramiento genético, tecnología de producción*. Libro técnico Núm. 3. México: Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Centro. Campo Experimental Bajío, págs. 29-32, 2000.
- IPAGRI, Descriptores del *Allium* (*Allium spp.*), Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos, Roma, Italia; Programa Europeo de Cooperación para las Redes de Recursos Genéticos de Cultivo (ECP/GR), Centro Asiático de Investigación y Desarrollo Vegetal, Taiwán, pág. 42, 2001.
- JENDEREK, M. M., y Y. ZEWDIE, Within- and Between-family Variability for important Bulb and Plant Traits among Sexually Derived Progenies of Garlic, *HortScience*. 40(4), págs. 1234-1236, 2005.
- LAMPASONA, S.G., L. MARTÍNEZ, AND J.L. BURBA, Genetic diversity among selected Argentinean garlic clones (*Allium sativum* L.) using AFLP (amplified fragment length polymorphism), *Euphytica*, 132, págs. 115-119, 2003.
- MAROTO, B. J. V., *Horticultura herbácea especial*. segunda edición, España: Ediciones Mundi-Prensa, pág. 148, 1986.
- MUÑOZ, De C. L., Aumento de la Productividad en ajo, *Revista de Agricultura de Cuba*. 6(2), págs. 12-51, 1973.
- PÉREZ, M. L., *et al.*, Evaluación de cultivares de ajo morado y blanco por su rendimiento agronómico e industrial en Irapuato, Guanajuato, *Acta Universitaria Sep-Dic*, Universidad de Guanajuato, México. 13 (03), págs. 58-65, 2003.
- PORTELA, J.A. AND J. B. CAVAGNARO, Growing phases of the white garlic (*Allium sativum*) plant in relation to field temperature and day length, *Acta Hort. (ISHS)* 688, págs. 239-246, 2005.
- SARH., Distrito de Desarrollo Rural 001 Aguascalientes. Cierre de ciclo de producción agrícola [1982-2000]: otoño-invierno. Pabellón de Arteaga, Ags. 18 h mecano-graf, 1982-2000.
- SAGARPA., Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON). *Anuario estadístico de la producción agrícola, pecuaria y pesquera*. México, 2007, <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>.
- XINHUA, D. AND D. WUFENG, Famous garlic native to China: Its problems and strategies, *Acta Hort. (ISHS)* 433, págs. 133-136, 1997.