

"San Marqueño": Una nueva variedad de ajo blanco

Luis Martín Macías Valdez ¹, Luis Humberto Maciel Pérez ²,
Héctor Silos Espino ³

RESUMEN

La variedad de ajo "San Marqueño" fue obtenida por selección individual a partir del clon C-37-1/8; esta nueva variedad es del tipo Perla, con un ciclo vegetativo semitardío de 210 días de siembra a cosecha, estableciéndose en octubre. El bulbo tiene una forma oval, de color blanco aperlado y con una distribución regular de 14 dientes por bulbo. Sus hojas son de porte erecto y de color verde grisáceo. Este clon fue seleccionado por su alta productividad y calidad del bulbo; características de gran relevancia para el mercado nacional e internacional. Se caracterizó genéticamente mediante la extracción del ADN, el cual apareció con buena intensidad y adecuada resolución de bandas. Esta nueva variedad se adapta preferentemente a las zonas agrícolas del Valle de Aguascalientes y del Sur de Zacatecas, donde la altitud se encuentra alrededor de los 2,000 msnm. El rendimiento promedio experimental fue de 17 ton ha⁻¹.

Palabras clave: *Allium sativum*, variedad, ajo, mejoramiento, caracterización.

Key words: *Allium sativum*, variety, garlic, breeding, characterization.

Recibido: 13 de febrero de 2010, aceptado: 3 de junio de 2010

¹ Programa de Hortalizas, Campo Experimental Pabellón, CIRNOC-INIFAP, macias.luis@inifap.gob.mx

² Programa Relación Agua-Suelo-Planta, Campo Experimental Pabellón, CIRNOC-INIFAP, maciel.luis@inifap.gob.mx

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

* Las fotografías que se presentan son propiedad del autor y fueron tomadas durante el trabajo de campo.

ABSTRACT

The "San Marqueño" garlic variety was developed by individual selection of the clone C-37-1/8; this variety is the Pearl type with 210 days from sowing to harvest, established in October. The bulb is of oval form, white pearl colored, with a regular tooth arrangement with an average of 14 cloves per bulb. The leaves are erect and of a grayish green color. This clone was selected for its high productivity and bulb quality, characters that are of great relevance in the national and export market. It was typified genetically by DNA extraction, this appeared with good intensity and reasonable band resolution. This clone adapts preferentially to the agricultural zones of the valley of Aguascalientes and south of Zacatecas, where the altitude is around 2,000 masl. The average experimental yield was of 17 ton ha⁻¹.

INTRODUCCIÓN

El ajo *Allium sativum* L. carece de cruzamiento sexual normal para producir semilla botánica, por lo tanto, su reproducción es vegetativa y se propaga por bulbos (dientes), puede producir inflorescencias pero no semilla fértil y, en el caso de algunos clones, la flor se transforma en bulbillos o bulbos en diferentes estados de desarrollo (Brewster, 1994). Entre los principales problemas que enfrenta el cultivo del ajo en México destaca la falta de variedades de alto rendimiento y de buena calidad tanto para el mercado nacional como el internacional. En los últimos años, específicamente, en el estado de Aguascalientes, se ha presentado una disminución progresiva del rendimiento y de la superficie sembrada. Los reportes estadísticos emitidos por los organismos oficiales en el año

de 1984 registran que el rendimiento promedio fue de 10.5 ton ha⁻¹ (Macías *et al.*, 2009) considerado como el más alto y, posteriormente, con el paso del tiempo éste fue disminuyendo paulatinamente. Así, 16 años después, en el año 2000 se redujo a 8.0 ton ha⁻¹. Este comportamiento influyó directamente en la superficie sembrada ya que de aproximadamente 1,600 ha se redujo a 500 ha en el mismo periodo. Otra causa que ha influido en el bajo rendimiento ha sido la presencia de enfermedades como la pudrición blanca (*Sclerotium cepivorum* Berk) y la de la raíz causada por uno o varios de los siguientes hongos: *Fusarium*, *Botrytis*, *Penicillium*, etc.

El problema fundamental que limita la expansión del cultivo del ajo es la escasez de "semilla" buena, misma que no solamente debiera dar origen a un producto de buena calidad, sino adaptarse a las condiciones agroclimáticas de cada zona y así obtener un alto rendimiento. Es un hecho que la tecnología de producción de ajo ha mejorado mucho en lo que se refiere a control de malezas, mecanización, riego, fertilización, etc., pero ésta no sirve de nada si no se cuenta con material adaptado y de buena calidad (González, 2006).

En todo el mundo existe una cantidad significativa de clones de ajo, los cuales han sido seleccionados por adaptación a diversas zonas agroecológicas (Krarup, 1998). A pesar de la restricción en la recombinación genética, aún se muestra gran variación de los individuos entre clones de ajo observada por su color, tamaño de diente, forma del bulbo y otras características de la planta (Brewster, 1994). En varios trabajos se ha demostrado que utilizando este tipo de germoplasma es posible incrementar el rendimiento en una determinada región, utilizando materiales de ajo mejorados mediante la selección de los bulbos (Con, 1997).

Bajo esta premisa, en la región de El Bajío (Heredia y Heredia, 2000) observaron que los genotipos comerciales de ajo presentan variación en diferentes caracteres de importancia económica, tales como diámetro y peso de bulbo, número de dientes por bulbo y otros, por lo que era difícil cumplir con las normas de exportación. Ante este problema, se tuvo la necesidad de mejorar genéticamente la calidad del bulbo así como otros caracteres, por lo que se iniciaron trabajos utilizando un proceso de selección clonal individual en la variedad de



ajo chileno empleando como criterio principal la elección de cabezas con menor número de dientes con respecto a la media de la variedad original. Se consideró, además, el tamaño del bulbo, vigor y sanidad de la planta. El material seleccionado sirvió de base para continuar con el siguiente ciclo. De esta manera, después de seis ciclos consecutivos de selección, se llegaron a separar seis clones superiores mediante selecciones individuales y dos compuestos a través de selección masal. Asimismo, a través de este método, se desarrollaron variedades de ajo tipo jaspeado conocidas como Celayense, Tacátzcuaro, Huerteño, etc.

Con base en lo anterior, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), dependiente de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) a través del Programa de Hortalizas con sede en el Campo Experimental Pabellón (CEPAB), enfoca sus esfuerzos a la generación de nuevos materiales genéticos de ajo con características superiores de rendimiento y calidad a las que poseen los genotipos actualmente en uso por los productores de la región; por ello, durante el año 2006 se propuso la liberación del clon de ajo "San Marqueño", el cual tiene características de alto rendimiento y calidad.

En México, el cultivo del ajo se realiza anualmente en una superficie aproximada de 5,300 ha, con rendimientos medios comerciales de 7.4 ton ha⁻¹; sin embargo, éstos pueden ser incrementados hasta 100% utilizando materiales con alto potencial productivo como es el nuevo clon de ajo blanco tipo perla "San Marqueño", con el cual se han observado incrementos sustantivos en el rendimiento. Este clon fue evaluado en lotes de productores por varios ciclos de producción y superó las 15 ton ha⁻¹; asimismo, al utilizar prácticas agronómicas adecuadas como la fertirrigación, el control de organismos dañinos, labores de cultivo en tiempo adecuado, etc., ha alcanzado rendimientos cercanos a las 18 ton ha⁻¹.

Origen de la variedad

La nueva variedad de ajo "San Marqueño" proviene del clon denominado experimentalmente C-37-1/8; es un material obtenido mediante mejoramiento genético por selección individual (Macías *et al.*, 2009). Para la obtención de este clon, se comenzó con la colecta de material genético de ajo blanco tipo Perla el cual es ampliamente usado por los productores de Aguascalientes y Sur de Zacatecas (Macías *et al.*, 2009).

El proceso realizado por el programa de mejoramiento genético para la generación de esta variedad fue el siguiente:

1. El mejoramiento genético por selección individual inició con la colecta de material genético (bulbos) al momento de la cosecha en la zona productora de Aguascalientes durante los primeros días de mayo de 1999.
2. El material vegetativo colectado se plantó en terrenos del Campo Experimental Pabellón durante ocho ciclos de otoño – invierno.
3. Durante los ciclos de selección, se evaluó en campo la sanidad de los clones y sus características morfológicas; además, en la etapa de poscosecha se eliminaron los individuos con bajo peso, alto número de dientes (más de 16), problemas fitosanitarios en bulbo, así como los bulbos con mala cobertura y deformes.
4. Para continuar el proceso de mejoramiento, se seleccionaron los individuos sobresalientes en rendimiento, color de bulbo, número de dientes por bulbo, sanidad de la

planta y sanidad del bulbo en cada ciclo de selección.

5. Los materiales sobresalientes se sometieron a ensayos de rendimiento y su validación del clon en parcelas de productores.
6. Se procedió a realizar los trámites para la liberación de la variedad de ajo "San Marqueño" ya que fue el más sobresaliente en rendimiento y calidad de bulbo, además de presentar consistencia de producción a través del tiempo.

Descripción de la nueva variedad

El clon "San Marqueño", seleccionado como una variedad sobresaliente, es un ajo del tipo Perla, mismo que se ha plantado tradicionalmente en la región desde su introducción como cultivo a principios de la década de 1960, preservándose a través del tiempo mediante propagación vegetativa del genotipo original. Es un ajo semitardío (210 días desde la siembra hasta la cosecha, estableciéndose en el mes de octubre) y no emite tallo floral, correspondiendo a los tipos clasificados como *softnecks* o cuello blando. El bulbo es de forma oval, de color blanco aperlado con una distribución regular presentando en promedio 14 dientes de color blanco cremoso. Sus hojas son de porte erecto y de color verde grisáceo con un número de 13 hojas al final del ciclo de vida de la planta.

Si bien las características de un clon de ajo permiten su correcta identificación durante el proceso de multiplicación de semilla, cabe señalar que, en parte, estas características son determinadas por el proceso del manejo agronómico de la misma, tales como el desarrollo de la planta y del bulbo, ya que un manejo incorrecto impide el desarrollo adecuado de la planta y también afecta la formación del bulbo.



Cariotipo de la variedad de ajo "San Marqueño"

Para obtener el cariotipo de la variedad de ajo "San Marqueño" (Figura 1), primeramente se procedió a brotar los dientes de ajo para obtener raíces de 1 a 2 cm de longitud (en tres días). Se realizaron las preparaciones cromosómicas mediante la técnica de aplastado con el cual las

células somáticas de los ápices radiculares en metafase se lograron separar adecuadamente para tener una mejor dispersión y visibilidad de los cromosomas para realizar las preparaciones permanentes de acuerdo a la metodología de Bradley (1948). Después del análisis citológico se encontró un número cromosómico $2n=8x=16$.

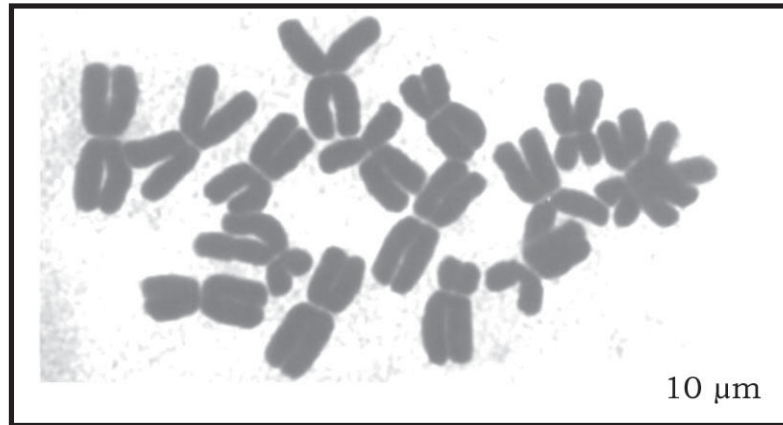


Figura 1. Cromosomas en células somáticas obtenidas de ápices de raíces en metafase de la variedad de ajo "San Marqueño" de ajo tipo Perla (*Allium sativum* L.).

Respecto a la clasificación cariotípica, propuesta por Levan *et al.* (1964), se encontró que los cromosomas presentaron centrómeros en posición metacéntrica (M-m), submetracéntrica

(sm) y submetracéntrica (st), de tal manera que la fórmula cariotípica se determinó de la siguiente manera: $1M+6m+1st$:

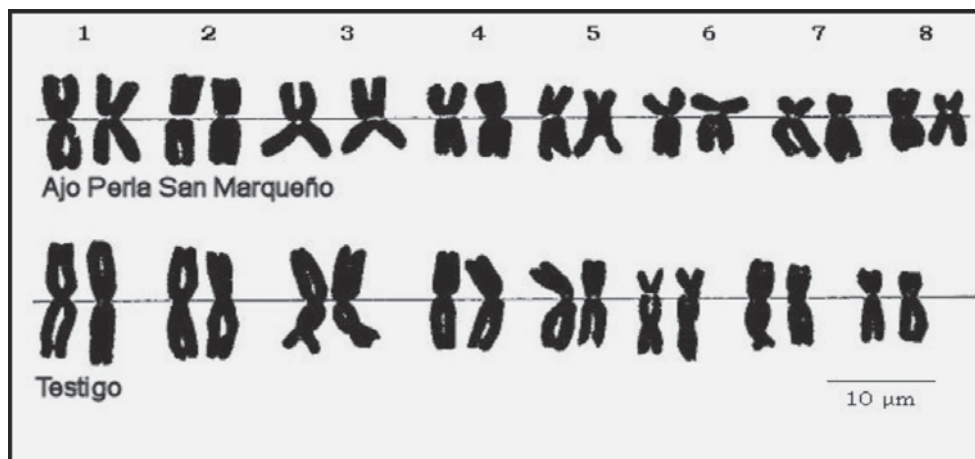


Figura 2. Cariotipo de la variedad de ajo (*Allium sativum* L.) tipo Perla "San Marqueño" y de un testigo (ajo comercial).

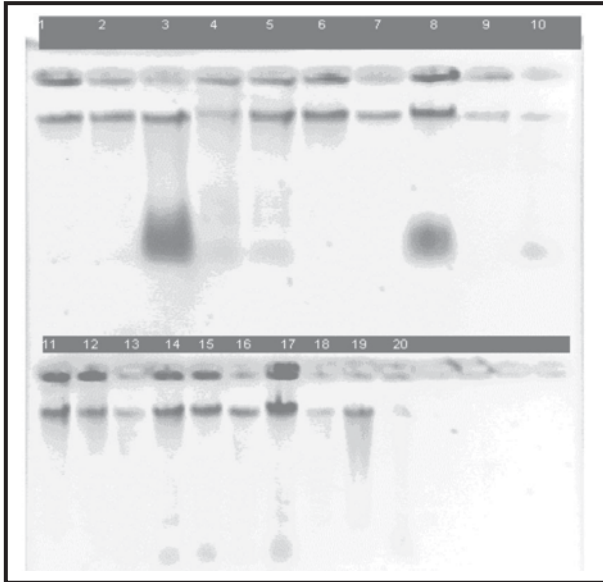


Figura 3. Extracción de ADN de 20 materiales de ajo (*Allium sativum* L.), en el carril 2 se presenta el ADN extraído a la variedad de ajo Perla "San Marqueño".

Caracterización genética de la variedad "San Marqueño"

Con la finalidad de tener una medida relativa para comparar a diferentes clones de ajo, se realizó la caracterización genética por medio de la extracción del ADN a la variedad de ajo "San Marqueño" con el propósito de detectar su secuencia por el método de Doyle y Doyle (1989) en (Azuara, *et al.*, 2008), el cual apareció con una buena intensidad y adecuada resolución de bandas al correr el gel de agarosa al 0.8% (Azuara, 2005).

Mediante el agrupamiento por conglomerados de ADN se determinó el grado de similitud cuantificado entre individuos de ajo mediante un dendrograma (representación gráfica de nodos o líneas conectando los nodos) que describen las relaciones genéticas entre individuos y que, a partir de una matriz binaria de datos, se identificaron dos grupos. El primero está constituido por clones de ajo con menor producción, menor peso y mayor número

de dientes, en el segundo grupo se encuentra el ajo "San Marqueño" el cual se caracteriza por agrupar a los clones de mayor rendimiento y menor número de dientes (Azuara, 2008).

El dendrograma generado por RAPD's con un iniciador OPB17 de los materiales de ajo (Figura 4), detectó dos grupos: el grupo uno se caracteriza por tener menores rendimientos comparativamente con el dos. El número entre los grupos indica el nivel de confianza según el análisis bootstrap. 1. (C-3-1/25), 2. ajo perla "San Marqueño" (Clon C-37-1/8, obtenido por el proceso de mejoramiento genético por selección individual) se encuentra en el grupo dos, 3. (Coreano), 4. (California), 5. (Chino), 6. (Criollo Aguascalientes), 7. (Español), 8. (Cortázar), 9. (Positas), 10. (Pepita), 11. (Massone), 12. (Durango), 13. (Chileno), 14. (Hermosillo), 15. (Sonora), 16. (Náपुरi), 17. (Nicaragua), 18. (Ixmiquilpan), 19. (Pata de perro), 20. (Guatemala).

Medio ambiente donde se adapta esta variedad de ajo

La variedad de ajo "San Marqueño" ha mostrado altos rendimientos (Tabla 1) y se adapta preferentemente a las zonas agrícolas del Valle de Aguascalientes y con el Sur de Zacatecas que colinda con la parte noreste de Aguascalientes, donde la altitud se encuentra alrededor de los 2,000 msnm.

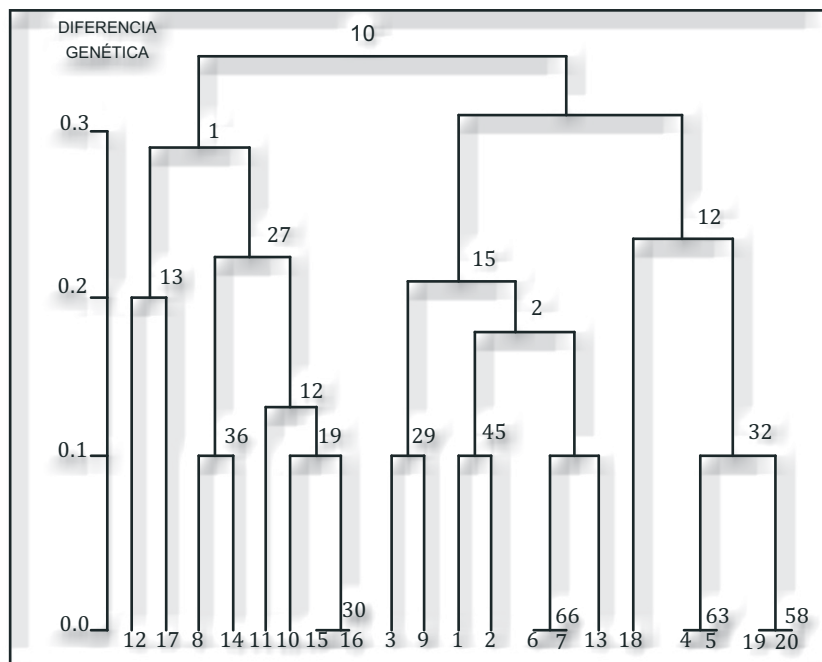


Figura 4. Dendrograma para detectar la diversidad genética a través de RAPD's con iniciador OPB17 de materiales de ajo (*Allium sativum* L.).

Para su cultivo, se recomiendan terrenos planos de textura franca, sin problemas de salinidad, pedregosidad y drenaje; además, sin antecedentes de la presencia de enfermedades que afecten el desarrollo de la planta y su rendimiento.

Tabla 1. Rendimiento medio experimental durante seis ciclos de evaluación de la variedad de ajo Perla San Marqueño. Campo Experimental Pabellón. INIFAP.

Ciclo Otoño – Invierno	Rendimiento kg/ha	Desviación estándar (kg/ha)
1999 - 2000	16,072	1,975
2000 – 2001	19,296	3,115
2001 – 2002	16,148	2,778
2002 – 2003	15,689	2,537
2003 – 2004	17,735	3,510
2004 – 2005	17,064	2,571
Promedio	17,001	2,748

Este material genético de ajo ha mostrado buenos rendimientos (Tabla 2) al establecerlo con un manejo comercial en la zona productora del estado de Aguascalientes.

Tabla 2. Rendimiento medio comercial durante cuatro ciclos de validación de la variedad de ajo Perla “San Marqueño” en el rancho “Don Primo”, ubicado en el municipio de Pabellón de Arteaga, Ags.

Ciclo de Producción Otoño – Invierno	Rendimiento kg/ha
2001 – 2002	16,376
2002 – 2003	16,064
2003 – 2004	15,130
2004 – 2005	15,130
Promedio	15,675

Si el productor decide plantar ajo en un terreno donde se desconozca el problema de enfermedades, es necesario analizar muestras de suelo en un laboratorio especializado para que emita un diagnóstico definitivo acerca de algunas enfermedades.

Procedimiento para la obtención y multiplicación de semilla de ajo

- **Original.** Es la resultante de los trabajos de investigación en mejoramiento o formación de variedades. Permanece bajo control de su formador o mejorador manteniendo la identidad genética de la variedad y, además, constituye



el germoplasma inicial para la producción de categorías subsecuentes.

- **Básica.** Es la semilla resultante del incremento de la semilla Original. Su producción se da en terrenos libres de patógenos y donde no se haya sembrado ajo ni cebolla en cinco años anteriores.
- **Registrada.** Es la semilla obtenida como primera generación a partir de la semilla básica y se establece como incremento de ésta con el propósito de obtener mayor volumen de semilla disponible, su producción se da en terrenos donde no se haya cultivado ajo en los tres ciclos agrícolas anteriores.
- **Registrada I.** Esta semilla es incremento a partir de Básica o Registrada con el propósito de aumentar su volumen debido a que es un producto altamente perecedero. Su producción se da en campos donde en tres ciclos agrícolas anteriores no se haya cultivado ajo ni cebolla.
- **Registrada II.** Esta semilla es incremento a partir de Básica, Registrada y/o Registrada I, con el propósito de incrementar aún más su volumen debido a que este cultivo requiere de altas cantidades de semilla por unidad de superficie para su plantación, además de que es un producto altamente perecedero, su producción se realiza en campos donde no se haya cultivado ajo y cebolla en tres ciclos agrícolas anteriores.
- **Certificada.** Es la semilla producida a partir de Básica, Registrada, Registrada I y/o Registrada

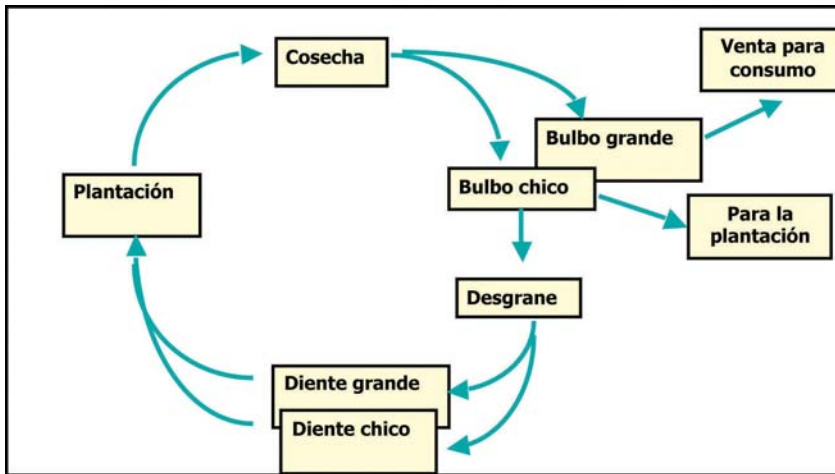


Figura 5. Flujo del material vegetativo de ajo bajo un esquema tradicional de autoabastecimiento por parte del productor para la plantación de este cultivo.

II. Su producción se da en terrenos donde no se haya cultivado ajo y/o cebolla en dos ciclos agrícolas anteriores, es la semilla destinada a la producción comercial de ajo para consumo.

Selección y multiplicación de semilla por el productor

La Figura 5 muestra un esquema simplificado de la manera en que los productores de ajo de la región Centro Norte de México (Aguascalientes, Guanajuato y Zacatecas) obtienen su semilla comercial; en él se observa que utiliza para semilla primordialmente el bulbo chico y que es obtenido de sus lotes de producción comercial; es decir, no realizan una selección de plantas y/o bulbos, ni de dientes para la siembra (cuando lo desgrana), además de descuidar la calidad y sanidad necesarias para asegurar una adecuada densidad de población y que se encuentren libres de enfermedades, aunado a su bajo potencial de producción.

Como la mayoría de las especies hortícolas,

tengan cantidades considerables de semilla mejorada, se recomienda seguir el esquema que se presenta en la Figura 6, en el que se sugiere introducirlas paulatinamente al lote de producción comercial con el fin de eliminar poco a poco la semilla de baja calidad e introducir de la misma manera la semilla mejorada y, con ello, incrementar la productividad del cultivo, expresada en rendimiento así como de la calidad fundamentalmente expresada por el tamaño del bulbo y número de dientes.

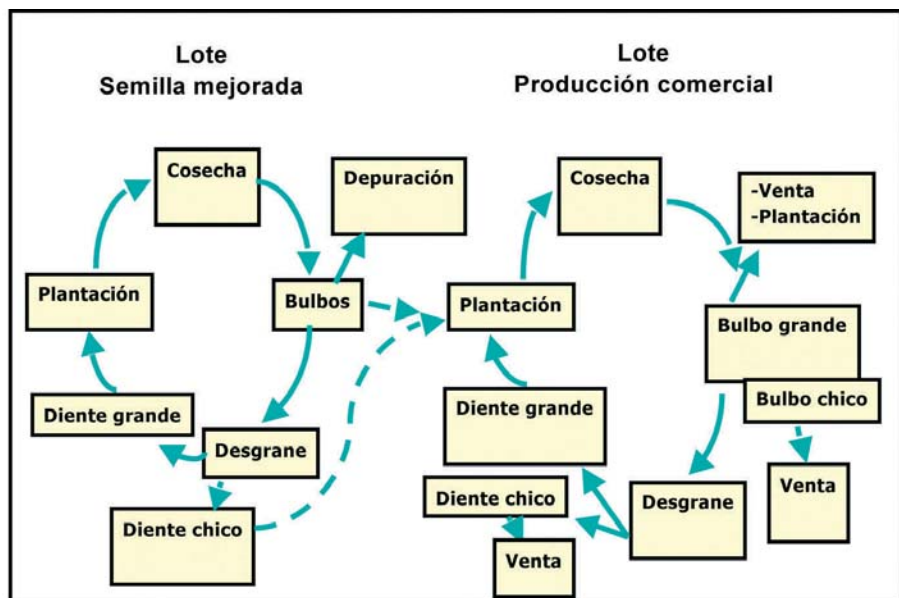


Figura 6. Flujo del material vegetativo de ajo bajo un esquema de introducción paulatina de semilla mejorada para la plantación comercial de este cultivo.

el éxito del cultivo de ajo inicia con la utilización de semilla de buena calidad y, posteriormente, un buen manejo del cultivo. Se propone que los productores adquieran una cierta cantidad de semilla de alta calidad genética proveniente de una institución reconocida. Se debe reproducir en un terreno destinado para este fin y deberá estar aislado a una distancia mínima de 15 metros de los lotes de producción comercial de ajo para evitar que se mezcle al momento de la cosecha. Posteriormente, cuando se

CONCLUSIONES

Esta nueva variedad de ajo fue obtenida como resultado del mejoramiento genético por selección individual durante ocho años de investigación cuya fase inicial fue el germoplasma colectado en la zona productora de ajo de Aguascalientes. Con un rendimiento económico a nivel comercial de 17.0 ton ha⁻¹ y 14 dientes por bulbo, lo cual está dentro del rango que demanda el mercado nacional e internacional.

La selección individual es un método adecuado para generar clones de ajo que posean características de alto rendimiento y calidad, ya que a través de éste es posible incrementar en más de 60 por ciento el rendimiento económico así como la calidad al disminuir el número de dientes por bulbo, es decir, de entre 18 a 20 dientes a 14 dientes por bulbo.

REFERENCIAS

- AZUARA, H. L., *et al.*, M. Morphological and genetic characteristics allow the identification of a collection of garlic cultivars in the North Central region of Mexico. *PHYTON*, 77: 81-91, 2008.
- BENACCHIO, S. S., *Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivo con potencial de producción en el Trópico Americano*. FONAIAP-Centro Nal. de Inv. Agropecuarias, Ministerio de Agricultura y Cría, Maracay, Venezuela, 1982.
- BRADLEY, M. V., A method for making aceto-carmines squashes permanent without removal of the cover slip. *Staining technology*, 23: 41-44, 1948.
- BREWSTER, J. L., *Onions and other vegetable alliums*. UK: Centre for Agriculture and Biosciences (CAB) International, Oxon, 1994.
- DELGADILLO, F., Enfermedades: descripción y tratamiento. *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, 68-77, 2000.
- DOYLE, J. J. y J. L. DOYLE, Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Phytochemical Bull*, 19: 11-15, 1989.
- GAVIOLA, S. y M. LIPINSKI, Evaluación del rendimiento y nitratos en Ajo CV. Nieve INTA con riego por goteo. *Agricultura Técnica*, 64: 177-181, 2004.
- GONZÁLEZ, A. M. I., "AKUKELI" una nueva variedad de ajo rosado. *Agricultura Técnica*, 66(2): 210-215, 2006.
- 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, pág. 29-32. 2000.
- LEVAN, A., FREDGA, K. and SANDBERG, A., Nomenclatura for centromeric position on chromosomes. *Hereditas*, 52: 201-220, 1964.
- MACÍAS, V. L. M., *et al.*, Mejoramiento de ajo Perla por selección individual en Aguascalientes, *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 43: 4-9, 2009.
- SHWARTZ, H.F. y S.K. MOHAN, *Compendium of onion and garlic diseases*. American Phytopathological Society, USA: APS Press St. Paul, MN, 1995.

Diccionario

- CON, L., Garlic breeding in Cuba. De: http://www.actahort.org/books/433/433_25.htm, 24 sep. 2009.
- KRARUP, C., I. y MOREIRA, I., Hortalizas de estación fría, biología y diversidad cultural. De: http://www.uc.cl/sw_educ/hort0498/HTML/p002.html, 15 abr. 2008.