

## HORTICULTURA

# Efectos de la fecha de siembra y trasplante y la densidad de implantación de miniraíces de zanahoria sobre la producción de semillas

J.C. Gaviola

INTA Estación Experimental Agropecuaria La Consulta. Ex Ruta 40, km 96. CC 8 (5567) La Consulta, San Carlos, Mendoza.  
[jcgaviola@laconsulta.inta.gov.ar](mailto:jcgaviola@laconsulta.inta.gov.ar)

Recibido: 8/11/12

Aceptado: 23/7/13

### Resumen

Gaviola, J.C. 2013. Efectos de la fecha de siembra y trasplante y la densidad de implantación de miniraíces de zanahoria sobre la producción de semillas. *Horticultura Argentina* 32 (79): 5-13.

El empleo de miniraíces es una alternativa para implantar el cultivo de zanahoria destinado a la producción de semillas. Para su utilización se necesita establecer la fecha de siembra y trasplante y la densidad de plantación a campo de las miniraíces. Con este objetivo se realizaron ensayos en San Carlos, Mendoza (S 33° 42'; O 69° 04'), durante las temporadas 2009-2011 y 2010-2012 con la cv. Beatriz INTA. Las fechas de siembra en ambos años fueron a principios de los meses de diciembre, enero y febrero y las de trasplantes a principios de abril y agosto con diseño en parcela dividida. Las densidades probadas fueron 16,7, 8,3 y 5,6 plantas·m<sup>2</sup>. Antes del trasplante se determinó el tamaño de miniraíces y luego,

durante el cultivo, la brotación, la floración, el número de plantas a cosecha y el rendimiento y calidad de semillas. Se determinó la significancia de cada factor y la interacción. El peso fresco de las miniraíces aumentó con el adelanto de la siembra y el retraso del trasplante. El porcentaje final de plantas florecidas fue superior con el trasplante de agosto. El rendimiento de semillas por unidad de superficie en los dos años fue mayor con la máxima densidad y la siembra de febrero con trasplante en agosto. Las características de las miniraíces obtenidas con la combinación siembra de febrero y trasplante de agosto, para el primer y segundo año respectivamente, fueron las siguientes: peso fresco 8,3 y 7,5 g, diámetro superior 16,0 y 14,7 mm, largo 6,2 y 6,6 cm, brotación 69,5 y 88,1 % y floración 82,8 y 94,7 %.

**Palabras clave adicionales:** *Daucus carota*.

### Abstract

Gaviola, J.C. 2013. Effects of sowing and transplant date and planting density of carrot stecklings on seed production. *Horticultura Argentina* 32 (79): 5-13.

Carrot seed production is an important seed activity in the arid central west of Argentina. Stecklings are small roots produced by growing a crop from seed sown at high density. When carrot stecklings are planted, they develop into large plants suitable for seed production. The goal of this study was to determine the effects of sowing and transplant date moreover, crop planting density of stecklings on carrot seed production. The assay was carried out at La Consulta, Mendoza (S 33° 42'; W 69° 04') during two years with the cultivar Beatriz INTA. It was assayed three sowing dates for stecklings production: December, January and February. Then, mini-roots were transplanted at two different dates: April and August with three distinct densities (16.7; 8.3 and 5.6 stecklings·m<sup>-2</sup>),

the split plot design was adopted. The variables measured before transplant was stecklings size, and after transplant sprout roots and plant flowering percentage. Also was determined, plant number at harvest, seed yield per plant and area, and seed quality. For statistical purposes, a factorial analysis with tree factors was performed. Results demonstrated that stecklings fresh weigh decreased as sowing date is delayed, while it increased at the August transplant. August transplanting increased flowering. High density, February sown and August transplant, produced the highest yields per area in both years, at this moment the stecklings characteristics, at first and second year, were: fresh weigh 8.3 and 7.5 g; diameter 16.0 and 14.7 mm; large 6.2 and 6.6 cm; sprouting 69.5 and 88.1 % and flowering 82.8 and 94.7 %.

**Additional keywords:** *Daucus carota*.

## 1. Introducción

La producción de semilla de zanahoria es una actividad creciente en Cuyo, destacándose la zona por el buen rendimiento y calidad de los lotes (Valdez *et al.*, 2007). En el año 2011 se exportaron 141.899 kg de semillas de esta especie por un valor de U\$S 2.000.000 (INASE, comunicación personal).

La zanahoria es una planta bienal que produce la

raíz comercializable en el primer año y florece en el segundo. Para florecer necesita un determinado período de frío: existen variedades que requieren mayor cantidad de horas de frío, son las llamadas “bienales o importadas”, y otras que tienen menores necesidades, son las criollas (Alessandro, 2006). En Cuyo y para producir raíces, las zanahorias bienales se siembran entre julio y setiembre y las criollas entre noviembre y diciembre. Sin embargo, el manejo para la

producción de semillas es semejante cualquiera sea el tipo de variedad que se produzca.

La manera más difundida de producir semillas de zanahoria es empleando el método raíz-semilla (George, 1999; Quagliotti, 1992; Oliva, 1987). Éste consiste en obtener las raíces en un primer ciclo de cultivo, seleccionarlas por su sanidad, forma, tamaño y color exterior e interior, y plantarlas para que broten, florezcan y formen semillas. El ciclo total comprende alrededor de 18 meses.

También se puede producir semillas por el método semilla-semilla; para ello el cultivo se siembra en enero y se cosecha en enero del año siguiente, aunque se puede extender la siembra hasta principios de marzo para las cultivares anuales aunque con menor rendimiento potencial de semillas (Gaviola, 2009; Oliva, 1987). Los inconvenientes que se presentan por el empleo de este método se relacionan con la imposibilidad de hacer la selección de raíces y la dificultad en la implantación con las siembras de verano, especialmente con las zanahorias del tipo bienal.

Una variante intermedia respecto del tiempo de cultivo y las posibilidades de selección de raíces es el uso de miniraíces (*steckling*) (Rubatzky *et al.*, 1999). Éstas son pequeñas raíces que se obtienen sembrando en canteros, tardíamente y con alta densidad; una vez obtenidas, se cosechan y se trasplantan al campo de cultivo. De esta manera respecto del método raíz-semilla se ahorra tiempo; y respecto del método semilla-semilla se facilita la implantación de las variedades que poseen semillas poco vigorosas. Además, posibilita la selección de raíces, al menos por el color y la forma que presentan inicialmente. Un inconveniente

de este sistema es la diseminación de algunas enfermedades y nematodos si las miniraíces no son estrictamente controladas.

Para el empleo de miniraíces es importante establecer los momentos de siembra y arranque para el trasplante, y la densidad de plantación a campo. Esta afirmación se basa en que se debe trabajar con un tamaño mínimo de raíz, ya que si son demasiado pequeñas no florecen por no haber superado el período juvenil, o no sobreviven al trasplante (Rubatzky *et al.*, 1999). Por otra parte, se sabe la importancia que tiene la densidad de plantas sobre el rendimiento en los cultivos de zanahoria para semilla, como se ha determinado en los otros métodos de producción (Gaviola, 2009; Oliva *et al.*, 1988; Oliva, 1987).

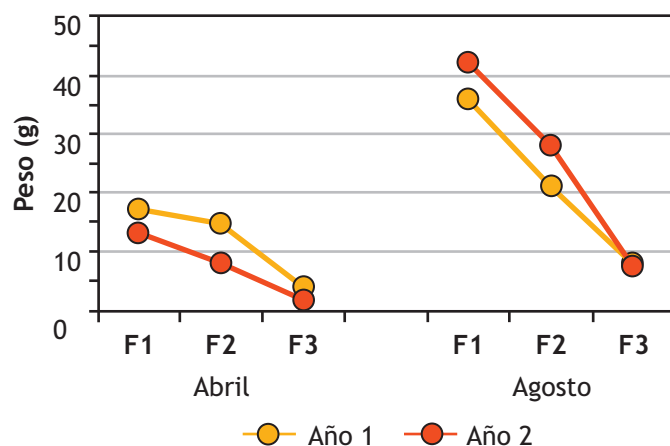
En algunas zonas semilleras del oeste de Estados Unidos las miniraíces se emplean para replantar los cultivos implantados por el método semilla-semilla que sufrieron pérdidas de plantas por el frío durante el invierno. Para ello se siembra a fines de junio, las miniraíces se arrancan en octubre y se guardan en depósito, o bien las miniraíces permanecen en el almácigo hasta la salida del invierno (McMoran, 2012).

Como antecedente local se tiene un ensayo realizado en la temporada 2009-2010 en San Carlos, Mendoza. Los almácigos se sembraron a mediados de enero con la cv. Beatriz INTA (bienal), luego las miniraíces obtenidas se trasplantaron en dos fechas (T1: 01/04/09 y T2:04/08/09) con tres densidades (16,7, 8,3, 5,6 plantas·m<sup>-2</sup>). En esta prueba se observó que el rendimiento de semillas por unidad de superficie fue mayor con D<sub>16,7</sub> (92,0 g·m<sup>-2</sup>) que con D<sub>8,3</sub> y D<sub>5,6</sub> (64,8 y 55,3 g·m<sup>-2</sup> respectivamente) y no varió entre las fechas de trasplante (Gaviola, 2010).

Debido a que el período comprendido entre la siembra y el trasplante es determinante en el tamaño de las miniraíces, siendo a su vez influenciado por las condiciones ambientales predominantes, se decidió realizar una nueva experiencia probando tres fechas de siembra además de las dos de trasplante y las tres densidades mencionadas. El objetivo fue establecer los efectos de las fechas de siembra y de trasplante y la densidad de implantación de miniraíces, sobre la producción de semillas.

**Tabla 1.** Valores medios de las variables determinadas en las miniraíces al momento de trasplante, según año, fecha de siembra y de trasplante.

| Temporada | Fecha de siembra | Trasplante | Diámetro (mm) | Largo (cm) | Volumen (cm <sup>3</sup> ) | Peso fresco (g) | Peso seco (%) |
|-----------|------------------|------------|---------------|------------|----------------------------|-----------------|---------------|
| Año 1     | 1 Dic            | Abril      | 22,00         | 6,70       | 12,75                      | 17,70           | 11,60         |
|           |                  | Agosto     | 26,90         | 8,60       | 24,36                      | 36,20           | 11,90         |
|           | 2 Ene            | Abril      | 20,20         | 7,40       | 11,91                      | 15,00           | 12,50         |
|           |                  | Agosto     | 23,70         | 7,20       | 15,78                      | 21,20           | 12,20         |
|           | 1 Feb            | Abril      | 11,10         | 6,20       | 3,10                       | 3,90            | 12,40         |
|           |                  | Agosto     | 16,00         | 6,20       | 6,39                       | 8,30            | 13,30         |
| Año 2     | 1 Dic            | Abril      | 17,57         | 5,95       | 7,26                       | 12,97           | 9,72          |
|           |                  | Agosto     | 28,38         | 8,21       | 26,05                      | 42,13           | 12,30         |
|           | 2 Ene            | Abril      | 15,11         | 5,61       | 5,08                       | 7,94            | 14,11         |
|           |                  | Agosto     | 25,08         | 7,78       | 19,35                      | 28,18           | 12,61         |
|           | 3 Feb            | Abril      | 8,38          | 4,04       | 1,12                       | 1,89            | 13,02         |
|           |                  | Agosto     | 14,68         | 6,62       | 5,62                       | 7,50            | 13,29         |



|            |                  | Peso (g) |        |
|------------|------------------|----------|--------|
| Trasplante | Fecha de siembra | Año 1    | Año 2  |
| Abril      | F1               | 17,7 a   | 13,0 a |
|            | F2               | 15,0 a   | 7,9 b  |
|            | F3               | 3,9 b    | 1,9 c  |
|            | CV (%)           | 16,70    | 17,10  |
| Agosto     | F1               | 36,2 a   | 42,1 a |
|            | F2               | 21,2 b   | 28,2 b |
|            | F3               | 8,3 c    | 7,5 c  |
|            | CV (%)           | 7,7      | 17,7   |

**Figura 1.** Peso fresco (g) de miniraíces al momento de trasplante según temporada (Año 1: 2009-2011; Año 2: 2010-2012), fecha de siembra (F1: principios de diciembre; F2: principios de enero; F3: principios de febrero) y fecha de trasplante (abril o agosto). En la tabla de la derecha, letras distintas entre los valores de un mismo año y fecha de trasplante, indican diferencias según prueba LSD ( $\alpha = 0,05$ ).

## 2. Materiales y métodos

El ensayo se realizó en la Estación Experimental Agropecuaria La Consulta, de INTA, en San Carlos, Mendoza ( $33^{\circ} 42' S$ ;  $69^{\circ} 04' O$ ), durante las temporadas 2009-2011 y 2010-2012 con la cv. Beatriz INTA. Las siembras para la obtención de miniraíces fueron los días 01/12/09 (F1); 02/01/10 (F2) y 01/02/10 (F3) en la primera temporada (Año 1) y los días 01/12/10 (F1); 02/01/11 (F2) y 03/02/11 (F3) en la segunda (Año 2). Los almácigos se construyeron de 10,0 m de largo por 1,0 m de ancho y la siembra se hizo en líneas separadas 7,0 cm entre sí a razón de 2,0 g de semilla  $\cdot m^{-2}$ .

Los trasplantes de las miniraíces se efectuaron en abril y agosto de cada año (T1: 19/04/10 y T2: 10/08/10 en el primero; T1: 12/04/11 y T2: 09/08/11 en el segundo año) con tres densidades, 16,7, 8,3 y 5,6 plantas  $\cdot m^{-2}$ . Para lograr las densidades mencionadas se formaron camas distanciadas a 80 cm y las miniraíces se separaron entre sí a 7,5, 15,0 y 22,5 cm según densidad.

Al momento de trasplante se tomaron cuatro muestras de 10 miniraíces por cada fecha de siembra, y se caracterizaron por su largo, diámetro de hombros, peso fresco y seco y volumen, que se calculó asociando la forma de la raíz a un cono. El peso seco se determinó en estufa a  $65^{\circ} C$  hasta lograr peso constante. Los resultados de estas variables se correlacionaron y se determinó la significación del coeficiente de correlación ( $\alpha = 0,05$ ).

El diseño a campo fue de parcela dividida, se sortearon en la parcela principal las tres densidades correspondientes a cada combinación de fecha de siembra y trasplante. Se hicieron cuatro repeticiones de cada tratamiento distribuidas en bloques completos. La unidad experimental constó de una cama de 5,0 m de largo ( $4 m^2$ ).

El tipo de suelo en que se realizó el ensayo fue un Torrifluente típico (familia franco areno fino profundo). El cultivo se condujo de acuerdo a lo aconsejado para la zona, resaltando que se regó superficialmente por surco, se fertilizó con urea en setiembre a razón de  $100 kg \cdot ha^{-1}$ , se colocó una colmena para asegurar la polinización y se hizo un espaldero con palos de madera y alambre, para sostener las plantas florecidas y así evitar vuelcos (Oliva, 1987).

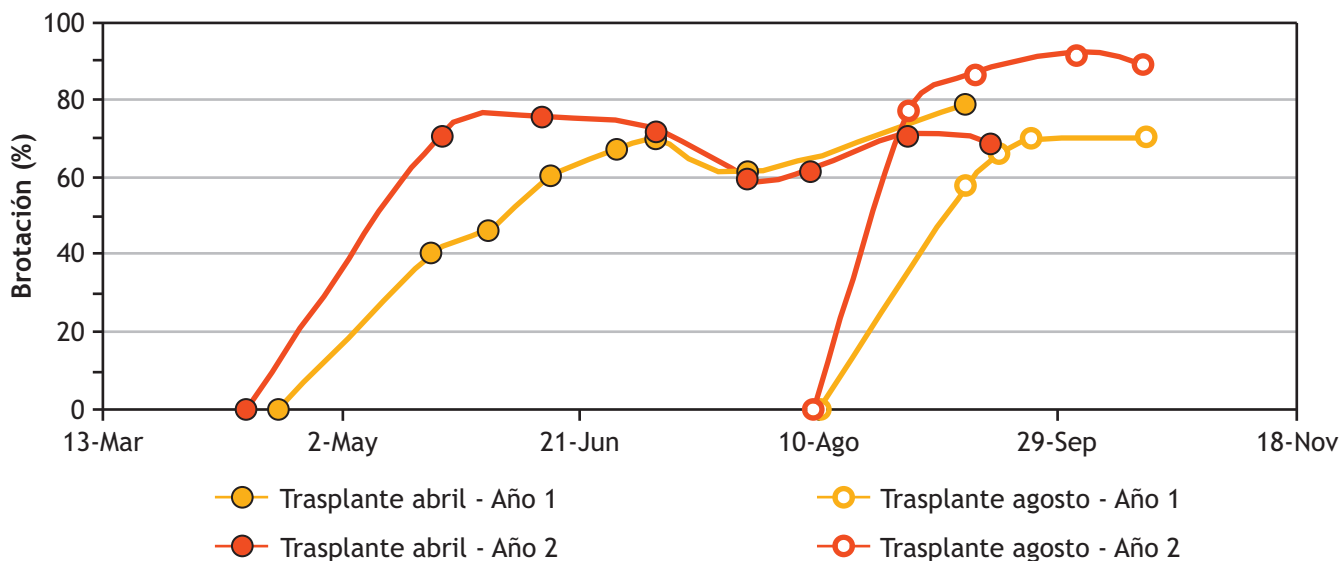
Durante la brotación de las miniraíces y la emisión del tallo floral se hicieron recuentos para establecer la evolución en el tiempo de estas fases.

La cosecha de semillas fue entre los días 31/01/11 y 02/02/11 en el primer año y los días 15/01/12 y 22/02/12 en el segundo, sin separar los órdenes de umbela. Las umbelas se contaron y se secaron al aire den-

**Tabla 2.** Coeficientes de correlación (N = 24), según temporada, de las variables que se determinaron para caracterizar las miniraíces al trasplante. Los valores en negrita y subrayados corresponden al Año 1, los restantes al Año 2.

| Variable    | Largo         | Diámetro      | Volumen       | Peso seco   | Peso fresco |
|-------------|---------------|---------------|---------------|-------------|-------------|
| Largo       |               | 0,92**        | 0,89**        | 0,87**      | 0,87**      |
| Diámetro    | <b>0,72**</b> |               | 0,96**        | 0,95**      | 0,96**      |
| Volumen     | <b>0,84**</b> | <b>0,95**</b> |               | 0,99**      | 0,99**      |
| Peso seco   | <b>0,84**</b> | <b>0,89**</b> | <b>0,95**</b> |             | 0,99**      |
| Peso fresco | <b>0,84**</b> | <b>0,90**</b> | <b>0,96**</b> | <b>0,99</b> |             |

\*\*Significativo  $\alpha = 0,01$  - N = 24.



**Figura 2.** Evolución de la brotación de miniraíces, según temporada (Año 1: 2009-2011; Año 2: 2010-2012) y fecha de trasplante (abril o agosto). Para determinar el porcentaje se tomó como base el número de raíces plantadas.

tro de bolsas plásticas con un reticulado fino para permitir la difusión del aire. Posteriormente se trillaron y ventilaron mecánicamente, obteniéndose de esta manera el rendimiento de semillas limpias por parcela. En base al número de umbelas, los pesos de semillas parcelarios y el número de plantas florecidas a cosecha, se calcularon el número de umbelas y el rendimiento de semilla por unidad de superficie y por planta florecida.

De cada parcela se extrajo una muestra de semillas para establecer el poder germinativo y el peso de semillas según normas internacionales (ISTA, 1999).

El análisis de los datos se hizo en forma independiente para cada año. Para el análisis estadístico se estableció primeramente la interacción de los factores (fecha de siembra y trasplante y densidad,  $\alpha = 0,05$ ), y según fue el resultado de la interacción se analizó cada factor en forma independiente o combinada. Para la comparación de medias se empleó la prueba LSD ( $\alpha = 0,05$ ).

### 3. Resultados

Los valores medios de las variables determinadas para caracterizar las miniraíces según temporada, fecha de siembra y de trasplante, se indican en la Tabla 1. Las variables descriptas tuvieron valores elevados de correlación (Tabla 2), por esta razón para el análisis de los resultados se consideró sólo el peso fresco, por su fácil determinación.

El peso fresco de las miniraíces tuvo interacción entre fecha de siembra y trasplante, aunque en térmi-

nos generales se observó que aumentó con el adelanto de la siembra y el retraso del trasplante. Solamente no se encontró diferencia de peso entre las F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub> del trasplante de abril del primer año de ensayo. En las comparaciones entre la misma fecha de siembra y temporada, los valores de agosto fueron superiores a los de abril (Figura 1).

La media de miniraíces que brotaron fue 77,5 % y el 79,4 % el primer y segundo año, respectivamente. La evolución del porcentaje de brotación en el tiempo mostró una caída durante el período de temperaturas más bajas, posiblemente por muerte de plantas (Figura 2).

En el primer año el porcentaje de raíces brotadas fue superior para el trasplante de abril (84,9 %) que el de agosto (71,9 %), mientras que en el segundo año el trasplante de agosto tuvo una brotación final superior al de abril (89,6 % vs. 69,1 %) (Figura 2). El resultado de este último año coincide con lo observado en el ensayo de la temporada 2009-2010 (Gaviola, 2010).

En los dos años cuando se trasplantó en abril la siembra de febrero (F<sub>3</sub>) brotó menos que las otras dos fechas, mientras que con el trasplante de agosto no hubo diferencias entre las fechas de siembra (Figura 3). Entre densidades de plantación sólo se halló diferencias en el Año 2 con el trasplante de agosto, con esta combinación la mayor densidad brotó menos (86,6 %) que las otras dos (valores 91,5 y 90,8 % para 8,3 y 5,6 plantas·m<sup>-2</sup>, respectivamente).

El porcentaje final de plantas que emitieron el tallo floral, tomando como base el número de miniraíces brotadas, fue superior con el trasplante de agosto en ambas temporadas, esta diferencia fue más marcada

en el segundo año de ensayo (Figura 4). La fase de diferenciación floral comienza a medida de octubre y finaliza a mediados de diciembre, marcando una dispersión importante (Figura 4). Esta variable no se diferenció entre las fechas de siembra en el primer año, mientras que en la segunda temporada fue superior con la tercera fecha de siembra en ambos trasplantes (Figura 5). El porcentaje de floración disminuyó significativamente con el aumento de la densidad en el Año 1 (valores 77,6, 71,1 y 63,9 % para 5,6, 8,3 y 16,7 plantas·m<sup>-2</sup>, respectivamente) mientras que en el Año 2 este factor no lo modificó.

El número de umbelas por planta disminuyó con el aumento de la densidad en las dos fechas de trasplante y en ambos años. La siembra de febrero (F<sub>3</sub>) es la que produjo mayor cantidad de umbelas por individuo, con excepción del trasplante de abril en el Año 1 (Figura 6 y Tabla 3). El trasplante de abril produjo más umbelas por planta que el de agosto en el Año 2 y no se detectaron diferencias por este factor en el primer año (Tabla 4).

El rendimiento de semilla por planta florecida tuvo un comportamiento muy similar al del número de um-

belas por planta. La correlación entre estas dos variables fue altamente significativa alcanzando valores de 0,78 y 0,81 para el primer y segundo año respectivamente (N = 72). En las dos temporadas la producción de semillas por planta fue máxima con la menor densidad y la siembra de febrero (F<sub>3</sub>), la excepción a lo mencionado es el trasplante de abril en el Año 1 en el que las fechas de siembra no se diferenciaron (Figura 6 y Tabla 3). El trasplante de abril produjo más semillas por planta que el de agosto en las dos temporadas (Tabla 4).

El rendimiento de semilla por umbela no fue afectado por la época de siembra o de trasplante ni la densidad. Los valores medios fueron 1,74 g (Desv. Std. = 0,39) y 2,00 g (Desv. Std. = 0,57) para el primer y segundo año respectivamente.

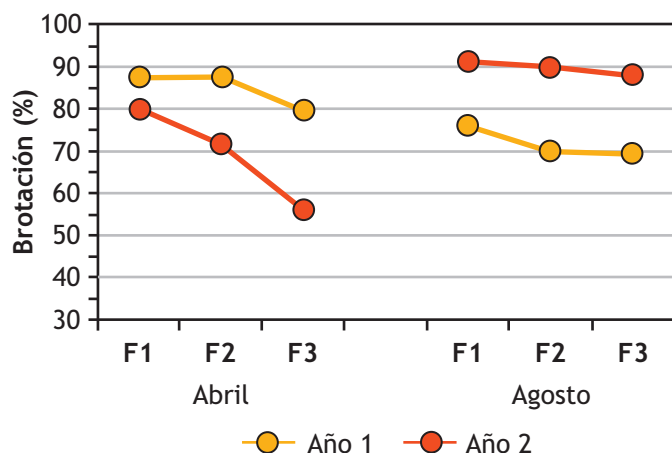
El número de umbelas por unidad de superficie en la primera temporada de ensayo fue máximo con la mayor densidad en ambas fechas de trasplante. La fecha de siembra no tuvo efecto sobre esta variable con el trasplante de abril sin embargo con el de agosto fue superior en la siembra de febrero (F<sub>3</sub>). El trasplante de abril produjo más umbelas que el de agosto (Figura 6

**Tabla 3.** Número de umbelas y rendimiento de semilla por planta, y número de umbelas y rendimiento de semilla por unidad de superficie, para las interacciones trasplante\*densidad y trasplante\*fecha de siembra, según temporada (Año 1: 2009-2011; Año 2: 2010-2012), densidad (16,7; 8,3; 5,6 plantas·m<sup>-2</sup>), fecha de siembra (F1: principios de diciembre; F2: principios de enero; F3: principios de febrero) y momento de trasplante de las miniraíces (abril o agosto).

| Trasplante*Densidad             | umbelas·planta <sup>-1</sup> |         | semilla·planta <sup>-1</sup> (g) |         | Rendimiento(g·m <sup>-2</sup> ) |       | umbelas·m <sup>-2</sup> |        |                      |                            |  |
|---------------------------------|------------------------------|---------|----------------------------------|---------|---------------------------------|-------|-------------------------|--------|----------------------|----------------------------|--|
|                                 | Año 1                        | Año 2   | Año 1                            | Año 2   | Año 1                           | Año 2 | Año 1                   | Año 2  |                      |                            |  |
| Abril                           | 5,6                          | 14,1 a  | 22,7 a                           | 25,7 a  | 44,6 a                          | 86 b  | 115 b                   | 47,3 b | <b>Densidad</b>      |                            |  |
|                                 | 8,3                          | 11,7 ab | 20,5 a                           | 17,8 b  | 35,5 ab                         | 77 b  | 113 b                   | 47,8 b | 5,6                  | 64,1 b                     |  |
|                                 | 16,7                         | 9,8 b   | 13,5 b                           | 16,6 b  | 27,5 b                          | 138 a | 178 a                   | 80,4 a | 8,3                  | 70,8 b                     |  |
|                                 | CV (%)                       | 26,5    | 37,2                             | 24,1    | 45,4                            | 25,8  | 43,2                    | 22,6   | 16,7                 | 85,2 a                     |  |
| Agosto                          | 5,6                          | 12,9 a  | 15,6 a                           | 21,5 a  | 29,0 a                          | 78 b  | 131 a                   | 46,8 b | <b>Fecha siembra</b> |                            |  |
|                                 | 8,3                          | 9,6 b   | 11,1 b                           | 17,7 ab | 23,4 a                          | 81 b  | 158 a                   | 43,4 b | F1                   | 61,7 b                     |  |
|                                 | 16,7                         | 8,1 b   | 6,5 c                            | 14,1 b  | 14,0 b                          | 114 a | 180 a                   | 65,1 a | F2                   | 67,8 b                     |  |
|                                 | CV (%)                       | 31,0    | 28,6                             | 35,0    | 42,2                            | 33,4  | 40,6                    | 32,1   | F3                   | 90,6 a                     |  |
| <b>Trasplante*Fecha siembra</b> |                              |         |                                  |         |                                 |       |                         |        |                      | <b>Fecha de trasplante</b> |  |
| Abril                           | F1                           | 12,7 a  | 14,8 b                           | 22,4 a  | 32,0 b                          | 105 a | 142 a                   | 59,6 a | Abril                | 70,3 a                     |  |
|                                 | F2                           | 10,6 a  | 17,8 b                           | 17,5 a  | 29,1 b                          | 98 a  | 111 a                   | 58,3 a | Agosto               | 76,4 a                     |  |
|                                 | F3                           | 12,3 a  | 24,1 a                           | 20,3 a  | 46,5 a                          | 98 a  | 154 a                   | 57,6 a | CV (%)               | 27,5                       |  |
|                                 | CV (%)                       | 30,0    | 37,2                             | 30,8    | 44,4                            | 39,2  | 47,3                    | 36,7   | --                   | --                         |  |
| Agosto                          | F1                           | 8,2 b   | 8,7 b                            | 14,9 b  | 17,3 b                          | 79 b  | 119 b                   | 44,1 b | --                   | --                         |  |
|                                 | F2                           | 10,0 ab | 10,6 ab                          | 15,9 b  | 18,9 b                          | 80 b  | 134 b                   | 46,0 b | --                   | --                         |  |
|                                 | F3                           | 12,5 a  | 14,0 a                           | 22,5 a  | 30,1 a                          | 114 a | 217 a                   | 65,2 a | --                   | --                         |  |
|                                 | CV (%)                       | 37,7    | 40,1                             | 34,5    | 43,8                            | 33,4  | 30,3                    | 31,8   | --                   | --                         |  |

El número de umbelas por unidad de superficie no tuvo interacción entre los factores para el Año 2. Letras distintas entre valores de cada variable para la misma interacción, año y fecha de trasplante, indican que hay diferencias según prueba LSD ( $\alpha = 0,05$ ).





|            |                  | Brotación (%) |        |
|------------|------------------|---------------|--------|
| Trasplante | Fecha de siembra | Año 1         | Año 2  |
| Abril      | F1               | 87,7 a        | 79,9 a |
|            | F2               | 87,4 a        | 71,5 a |
|            | F3               | 79,6 b        | 55,9 b |
|            | CV (%)           | 9,2           | 13,5   |
| Agosto     | F1               | 76,3 a        | 91,0 a |
|            | F2               | 69,9 a        | 89,7 a |
|            | F3               | 69,5 a        | 88,1 a |
|            | CV (%)           | 19,1          | 6,4    |

**Figura 3.** Porcentaje de brotación de miniraíces según temporada (Año 1: 2009-2011; Año 2: 2010-2012), fecha de siembra (F1: principios de diciembre; F2: principios de enero; F3: principios de febrero) y fecha de trasplante (abril o agosto). En la tabla de la derecha, letras distintas entre los valores de un mismo año y fecha de trasplante, indican diferencias según prueba LSD ( $\alpha = 0,05$ ).

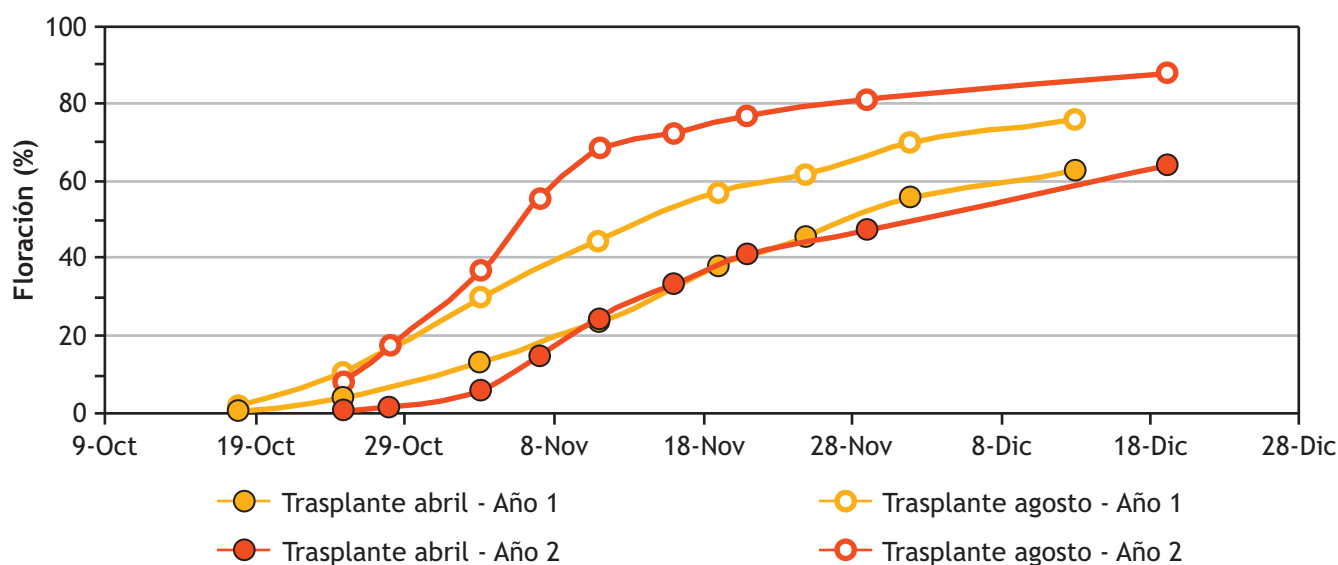
y Tablas 3 y 4).

En el segundo año el número de umbelas por unidad de superficie no tuvo interacción de factores, fue máximo con la mayor densidad y la siembra de febrero, no modificándose por la fecha de trasplante. (Figuras 6 y Tablas 3 y 4).

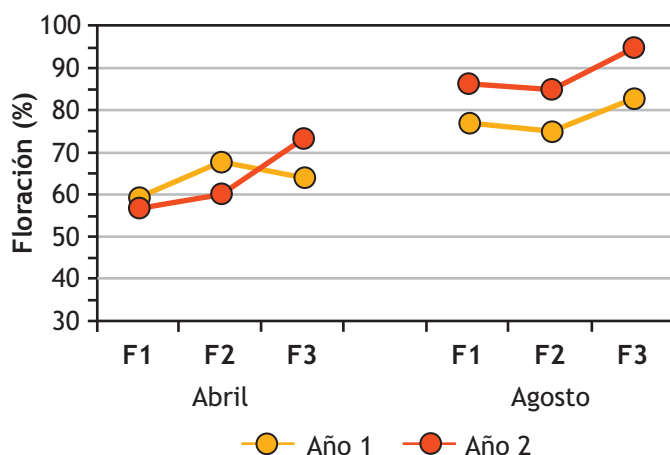
El rendimiento de semillas en la primera temporada de ensayo fue superior con la mayor densidad en ambas fechas de trasplante, mientras que en el Año 2 no hubo diferencias entre densidades con el trasplante de agosto. En los dos años la fecha de siembra no tuvo efecto sobre esta variable con el trasplante de abril sin embargo con el de agosto fue superior en la siembra de febrero (F3). La fecha de trasplante no modificó el rendimiento (Figura 6 y Tablas 3 y 4).

La correlación entre número de umbela y rendimiento de semillas por unidad de superficie fue altamente significativa, alcanzando el valor de  $r = 0,92$  ( $N = 72$ ) en el primer año y  $r = 0,76$  ( $N = 72$ ) en el segundo.

La calidad de las semillas no fue afectada por ninguno de los factores ensayados. Los valores medios y sus correspondientes coeficientes de variación (CV) según las variables y el año fueron: porcentaje de germinación a los siete días 95,4 % (CV = 2,6 %) y 95,3 (CV = 2,0); porcentaje de germinación a los 14 días 96,5 % (CV = 2,1 %) y 95,8 (CV = 1,8); peso de mil semillas 1,0712 g (CV = 6,6 %) y 1,0627 (CV = 5,7 %), en todos los casos los valores corresponden al primer y segundo año respectivamente.



**Figura 4.** Evolución del porcentaje de plantas con tallos florales emitidos, calculado en función del número de plantas que brotaron, según temporada (Año 1: 2009-2011; Año 2: 2010-2012) y fecha de trasplante (abril o agosto).



|            |                  | Floración (%) |         |
|------------|------------------|---------------|---------|
| Trasplante | Fecha de siembra | Año 1         | Año 2   |
| Abril      | F1               | 58,9 a        | 56,9 b  |
|            | F2               | 67,8 a        | 60,2 ab |
|            | F3               | 64,0 a        | 73,3 a  |
| CV (%)     |                  | 17,1          | 22,5    |
| Agosto     | F1               | 77,0 a        | 86,3 b  |
|            | F2               | 75,0 a        | 84,8 b  |
|            | F3               | 82,8 a        | 94,7 a  |
| CV (%)     |                  | 15,8          | 11,9    |

**Figura 5.** Porcentaje de plantas con tallos florales emitidos, calculado en función del número de plantas que brotaron, según temporada (Año 1: 2009-2011; Año 2: 2010-2012), fecha de siembra (F1: principios de diciembre; F2: principios de enero; F3: principios de febrero) y fecha de trasplante (abril o agosto). En la tabla de la derecha, letras distintas entre los valores de un mismo año y fecha de trasplante, indican diferencias según prueba LSD ( $\alpha = 0,05$ ).

#### 4. Discusión

La producción de miniraíces de zanahoria destinadas a multiplicación de semillas es una técnica usada en diversas zonas semilleras del mundo buscando superar algunas limitaciones de los métodos tradicionales, semilla-semilla y raíz-semilla.

En esta experiencia el tiempo que demandó la obtención de las miniraíces varió, según año, fecha de siembra y trasplante, entre un rango mínimo de 69-78 días a un máximo entre 252 y 254 días, sin embargo el óptimo para la producción de semilla por unidad de superficie fue entre 191 y 188 días, que corresponde con la siembra del 1 de febrero y el trasplante en los primeros días de agosto. Por otra parte la siembra de febrero con trasplante en abril produce miniraíces con dificultades de brotación, seguramente por su escaso tamaño (Tabla 1).

Las características de las raíces obtenidas en el rango de días óptimo, para el primer y segundo año, fueron: peso fresco 8,3 y 7,5 g, diámetro de corona 16,0 y 14,7 mm y largo 6,2 y 6,6 cm; con estos tamaños el porcentaje de brotación fue 69,5 y 88,1 % y el de floración 82,8 y 94,7 %. Se destaca que en valores abso-

lutos la brotación y floración fue mayor en la segunda temporada a pesar de que las miniraíces tuvieron el tamaño menor.

Las miniraíces obtenidas en el período óptimo tienen un diámetro que supera el rango de 4 a 8 mm, rango mínimo recomendado para que sean receptivas a las bajas temperaturas y puedan florecer (Rubatzky *et al.*, 1999).

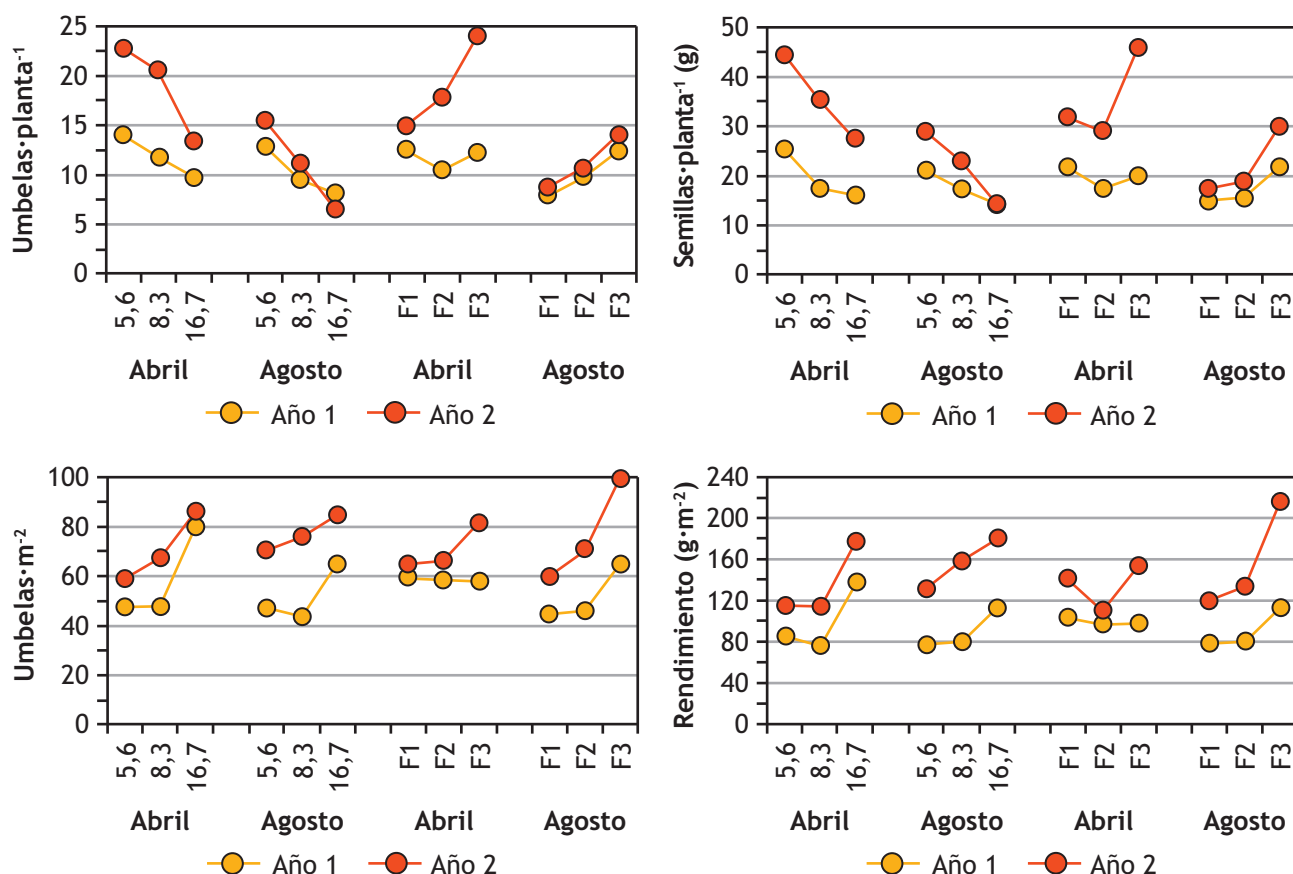
El número de umbelas y el rendimiento de semillas por planta se incrementan con la siembra de febrero, siendo ambas variables superiores cuando se trasplantan en abril. Sin embargo el porcentaje de floración del trasplante de agosto es superior al de abril. La resultante es que en las dos temporadas la producción de umbelas y semillas por unidad de superficie es mayor con la siembra de febrero y el trasplante de agosto. Esta respuesta fue sorprendente ya que esta combinación hace suponer un crecimiento menor previo a la floración, situación que normalmente se vincula con umbelas más pequeñas y en menor cantidad (Gaviola, 2009).

El máximo rendimiento de semilla por unidad de superficie se consigue con la máxima densidad de implantación probada. Esta respuesta fue general, inde-

**Tabla 4.** Número de umbelas y rendimiento de semilla por planta, y número de umbelas y rendimiento de semilla por unidad de superficie, según año y fecha de trasplante.

| Trasplante | umbelas·planta <sup>-1</sup> |        | semilla·planta <sup>-1</sup> (g) |        | Rendimiento (g·m <sup>-2</sup> ) |       | umbelas·m <sup>-2</sup> |        |
|------------|------------------------------|--------|----------------------------------|--------|----------------------------------|-------|-------------------------|--------|
|            | Año 1                        | Año 2  | Año 1                            | Año 2  | Año 1                            | Año 2 | Año 1                   | Año 2  |
| Abril      | 11,9 a                       | 18,9 a | 20,1 a                           | 35,9 a | 100 a                            | 136 a | 58,5 a                  | 70,3 a |
| Agosto     | 10,2 a                       | 11,1 b | 17,8 b                           | 22,1 b | 91 a                             | 156 a | 51,8 b                  | 76,4 a |
| CV (%)     | 25,9                         | 28     | 24,1                             | 38,6   | 26,9                             | 35,3  | 25,7                    | 27,5   |

Letras distintas entre los valores de una misma variable y año, indican que hay diferencias según prueba LSD ( $\alpha = 0,05$ ).



**Figura 6.** Número de umbelas y rendimiento de semilla por planta, y número de umbelas y rendimiento de semilla por unidad de superficie, según temporada (Año 1: 2009-2011; Año 2: 2010-2012), densidad (16,7; 8,3; 5,6 plantas·m<sup>2</sup>), fecha de siembra (F1: principios de diciembre; F2: principios de enero; F3: principios de febrero) y momento de trasplante de las miniraíces (abril o agosto).

pendiente de la fecha de siembra o de trasplante, y también se ha observado en zanahoria con los otros métodos de producción de semilla. Si se analiza la tendencia de la respuesta de la densidad en el rango probado, se puede interpretar que un incremento mayor de la población podría mejorar el rendimiento de semillas. Sin embargo, dado que las miniraíces son escasas y costosas, hay que determinar si este posible aumento compensa los mayores gastos derivados de una población superior.

En términos comparativos el empleo de miniraíces es aconsejable e incluso puede remplazar los otros métodos. Los rendimientos de semillas obtenidos en los dos años de ensayo, y en especial el segundo, son similares a los que se logran con los métodos semilla-semilla y semilla-raíz-semilla en las mejores condiciones (Gaviola, 2009; Oliva *et al.*, 1988; Oliva, 1987).

Para el empleo de este método es importante la eficiencia en la producción de las miniraíces. En las condiciones de construcción de los almácigos de esta experiencia, se obtuvieron entre 1.000 y 1.200 miniraíces totales por metro cuadrado. En función de estos rendimientos la superficie de almácigo necesaria para

una hectárea, con la máxima densidad probada, oscila entre 170 y 140 m<sup>2</sup> de cantero, área que es fácil de controlar y manejar por el productor de semillas.

La calidad de las semillas según los valores de germinación es muy buena, en tanto que el peso de semillas corresponde con los que normalmente alcanza la cultivar empleada (Valdez, 2009).

La recomendación final es que si se desea obtener el mayor rendimiento de semillas por unidad de superficie, sin afectar la calidad, la estrategia es sembrar en febrero y trasplantar las miniraíces en agosto, cuando las temperaturas comienzan a aumentar, con la máxima densidad ensayada. Con este manejo las plantas permanecen en el almácigo durante el invierno, facilitando las tareas de mantenimiento al tenerlas concentradas en una extensión sensiblemente menor que la del terreno de cultivo definitivo.

## 5. Conclusión

El uso de miniraíces para la producción de semillas de zanahoria es una alternativa a los métodos raíz-se-



milla y semilla-semilla para los multiplicadores de la zona de Cuyo, tanto por el potencial de rendimiento como la calidad de semilla. La optimización en el manejo de esta alternativa se relaciona con la siembra en febrero, el trasplante en agosto y la densidad de implantación no inferior a 16,7 plantas·m<sup>-2</sup>.

## 6. Agradecimientos

El autor desea agradecer al Laboratorio de Semillas “José Crnko” de la EEA La Consulta, INTA, por los análisis de calidad de semillas.

## 7. Bibliografía

- Alessandro, M.S. 2006. Cultivares de zanahoria evaluadas en la EEA La Consulta INTA. Revista Ruralis. Año II, Nro. 8:23-25.
- Gaviola, J.C. 2009. Ficha Técnica sobre Producción de Semilla de Zanahoria. Junio 2009. <http://www.inta.gov.ar/laconsulta/info/fichatecnica/zanahoria/fichatecnicazanahoria.pdf>
- Gaviola, J.C. 2010. Efectos de la fecha y la densidad de trasplante de mini-raíces de zanahoria sobre la producción de semillas. Análisis de Semillas Tomo 4 Vol. 4 N° 16: 54-56.
- George, A.T. 1999. Vegetable Seed Production. Bath. Longman Group Limited. 318 p.
- ISTA 1999. International rules for seed testing. International Seed Testing Association (ISTA). Seed Sci. Technol., 27:1.
- McMoran, D. *et al.* 2012. Agriculture and Natural Resources Extension Educator. WSU Skagit County Extension. <http://69.93.14.225/wscpr/Library Docs/Carrotseedversion2lw.pdf32>
- Oliva, R.N. 1987. Producción de semilla de zanahoria. IN: CRNKO, J. (Ed.) Manual de Producción de Semillas Hortícolas. Fascículo 1. La Consulta. Asoc. Coop. EEA La Consulta INTA. 76 p.
- Oliva, N.R.; Tissaqui, T. & Bradford, K. 1988. Relationships of plant density and harvest index to seed yield and quality in carrot. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113(4): 532-537.
- Quagliotti, L. 1992. Produzione delle sementi ortive. Bologna. Edagricole. 737 p.
- Rubatzky, V.E.; Quiros, C.F. & Simon, P.W. 1999. Carrots and related vegetable umbelliferae. CABI Publishing. Cambridge. UK. 294 p.
- Valdez, J.G.; Ordovini, A.F.; Vignoni, C.C. & Makuch, M. 2007. Calidad de semillas de zanahoria analizadas en el laboratorio José Crnko (EEA La Consulta). Revista Análisis de Semilla N° 3: 74-77.
- Valdez, J.G. 2009. Ensayo comparativo inter-laboratorio: pureza y germinación de semillas de zanahoria (*Daucus carota* L.). Revista Análisis de Semillas Tomo 3 Vol. 3 N° 11: 73-76.