

INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN LA PRODUCCIÓN Y HOMOGENEIDAD DE ZANAHORIA

PEDRO HOYOS ECHEVARRÍA

Profesor de Horticultura del Dpto. de Producción Vegetal de la UPM
Escuela de Ingeniería Técnica Agrícola

CARLOS ÁLVAREZ

Becario de la UPM
Ing. Téc. Agrícola en empresa privada

ALICIA RODRÍGUEZ CASTRO

Becario de la UPM
Escuela taller
Brunete (Madrid)

RESUMEN

La principal Comunidad Autónoma productora de zanahoria es Andalucía, seguida de Castilla y León, la Comunidad Valenciana y Castilla-La Mancha. Por provincias, Cádiz es la que más superficie dedica a la zanahoria con 3.100 ha sobre las que se producen 139.500 t, el 36% de toda la zanahoria española. Le siguen Valladolid y Segovia, superando entre ambas las 2.000 ha con una producción de 154.360 t, el 40% del total, lo que hace que esta zona se haya convertido en la primera productora de zanahoria en nuestro país, superando a Cádiz. Los calendarios de las dos zonas importantes de producción se solapan ya que en la zona centro la época de producción va desde julio a febrero mientras que en la zona sur se produce desde febrero a junio.

Uno de los aspectos que más preocupa en el cultivo de zanahoria a nivel comercial es el de la falta de homogeneidad. El agricultor sufre la aplicación de altos porcentajes de descuento en concepto de destrío, en gran parte debido a zanahorias que están fuera de tamaño. Aumentando la homogeneidad se disminuye el número de lotes a realizar con una misma partida de zanahoria, disminuyendo por lo tanto el tiempo que dura el proceso de lavado-ensado-almacenamiento, además de poder disminuir el porcentaje de descuento aplicado al agricultor. Todo esto al final implica que disminuyendo la heterogeneidad, se puede aumentar la competitividad frente a otros productores y por lo tanto la posibilidad de aumentar la cuota de mercado.

Sobre la homogeneidad influyen muchos factores, buena parte de ellos, muy ligados a la siembra, pero estos factores no son fáciles de controlar. También es conocido que si en un cultivo aumentamos la densidad y la competencia entre las plantas es mayor, las plantas que obtenemos tienden a crecer de una manera parecida, aumentando la homogeneidad, aunque la planta alcance menor desarrollo.

En este trabajo se pretende conocer como influye la densidad de siembra sobre el tamaño de las raíces y que nivel de homogeneidad podemos esperar. Las densidades empleadas van desde $1,5/10^6$ semillas/ha⁻¹ a $2,5/10^6$ semillas/ha⁻¹, aumentando o disminuyendo en dos tramos de 200.000 semillas/ha⁻¹ sobre las densidades más frecuentemente empleadas en la zona para la época de cultivo de media estación o tardía: 1.900.000 a 2.100.000 semillas/ha⁻¹. Los dos cultivares utilizados en el ensayo son actualmente los más utilizados en la zona: Maestro (predominante en media estación) y Bolero (predominante en la estación tardía).

Los datos obtenidos para el mes de marzo, que sería la fecha de recolección, nos muestran que la relación entre el peso de la raíz y la densidad de siembra es lineal, con unos coeficientes de correlación altamente significativos. Para estas fechas, una zanahoria del cv. Maestro sembrada a una densidad de 2 millones de semillas por hectárea, pesaría 79,17 g, y una del cv. Bolero pesaría 86,104 g. En general, los coeficientes de variación son menores en noviembre que en marzo, en noviembre las raíces cosechadas serían más homogéneas que en marzo, y esa diferencia es más acusada en Maestro que en Bolero. En Bolero, la máxima producción se obtiene en el entorno de los 2 millones de semillas por hectárea, y a partir de esa cifra, aumentar o disminuir la densidad de siembra debería hacerse en función de si el mercado demanda raíces más o menos grandes. Sin embargo, en el cv. Maestro, la curva obtenida al relacionar densidad y producción es justo al revés (figura 5), obteniéndose los valores más bajos en el entorno de los 2 millones de semillas por hectárea, mientras que las mayores producciones se consiguen con la densidad mayor y la menor.

INTRODUCCIÓN

La producción nacional de zanahoria en el año 2001 fue de 383.311 t obtenidas en una superficie que para ese año había superado las 7.600 ha. El rendimiento medio en los últimos años se sitúa en el entorno de 50 t/ha⁻¹, lo que representa un ingreso medio de 11.200 €/ha⁻¹ (cerca de 1,9 millones de pesetas) si le aplicamos el precio medio percibido por los agricultores (0,224 € el kilo). El valor de la producción de zanahoria producida en nuestro país ese mismo año alcanzó casi los 86 millones de euros (algo más de 14.000 millones de pesetas).

La principal Comunidad Autónoma productora de zanahoria es Andalucía, seguida de Castilla y León, la Comunidad Valenciana y Castilla-La Mancha. Por provincias, Cádiz es la que más superficie dedica a la zanahoria con 3.100 ha sobre las que se producen 139.500 t, el 36% de toda la zanahoria española. Le siguen Valladolid y Segovia, superando entre ambas las 2.000 ha con una producción de 154.360 t, el 40% del total, lo que hace que esta zona se haya convertido en la primera productora de zanahoria en nuestro país, superando a Cádiz, que ha pasado a ser la segunda en importancia en cuanto a producción, pero se mantiene como la primera en cuanto a superficie cultivada.

Los calendarios de las dos zonas importantes de producción se solapan al ser climatológicamente tan distintas, no llegando a coincidir y competir apenas entre sí, ya que en la zona centro la época de producción va desde julio a febrero mientras que en la zona

sur se produce desde febrero a junio. En los últimos tiempos se intenta (sobre todo con el empleo de técnicas como las cubiertas flotantes) adelantar la producción en la zona centro hasta finales de mayo-primeros de junio.

En cuanto al destino de la producción, más del 80% va para consumo en fresco, el resto para industria (congelado, conserva, deshidratado, alimentación infantil, etc.). Se exporta aproximadamente un 20% de la producción.

Uno de los aspectos que más preocupa en el cultivo de zanahoria a nivel comercial es el de la falta de homogeneidad. En almacén se debe realizar una calibración exhaustiva para conseguir lotes homogéneos y que las bolsas cumplan con unos requisitos mínimos en lo que a este parámetro se refiere. Por ello, aunque la búsqueda de la homogeneidad en un cultivo como es el de la zanahoria parece, *a priori*, no tener tanta importancia como el aspecto productivo, hay varios factores que obligan a tener en cuenta este objetivo. Por un lado, el agricultor sufre la aplicación de altos porcentajes de descuento en concepto de destrío por parte de los lavaderos de zanahorias, de este destrío parte son zanahorias deformadas o con síntomas de haber sufrido ataque de plagas o enfermedades, pero gran parte de este destrío corresponde a zanahorias que están fuera de tamaño. Por otro lado, está la normativa que regula la comercialización de la zanahoria en España, recogida en el Reglamento (CE) N.º 730/1999 (D.O.C.E. del 8/4/1999), que fija los atributos y requisitos mínimos que deben tener las zanahorias para incluirlas en las diferentes categorías. Debido a esto los lavaderos de zanahorias deben de hacer distintos lotes atendiendo al tamaño y forma de la zanahoria.

Aumentando la homogeneidad se disminuye el número de lotes a realizar con una misma partida de zanahoria, disminuyendo por lo tanto el tiempo que dura el proceso de lavado-ensado-almacenamiento, además de poder disminuir el porcentaje de descuento aplicado al agricultor. Todo esto al final implica que disminuyendo la heterogeneidad, se puede aumentar la competitividad frente a otros productores y por lo tanto la posibilidad de aumentar la cuota de mercado.

Sobre la homogeneidad influyen muchos factores, buena parte de ellos, muy ligados a la siembra: preparación del suelo, calidad de la semilla que permita un alto porcentaje de germinación y rapidez de la misma si la temperatura es adecuada, disposición de la semilla en la línea de siembra para que la competencia sea igual entre todas las plantas obtenidas, profundidad de siembra que debe ser similar para todas las semillas, etc. Todos los puntos señalados hasta ahora pueden controlarse: empleando una sembradora de precisión y semilla de calidad garantizada por el productor, realizando una preparación esmerada del lecho de siembra, eligiendo la fecha correcta de siembra que nos garantice una temperatura que permita la rápida germinación de las semillas (Villeneuve y Leteinturier, 1992).

También es conocido que si en un cultivo aumentamos la densidad y la competencia entre las plantas es mayor, las plantas que obtenemos tienden a crecer de una manera parecida, aumenta la homogeneidad, alcanzando menor desarrollo. Se producirá, por tanto, una disminución de la producción por planta (Villalobos *et al.*, 2003), en definitiva del tamaño de la raíz de la zanahoria, disminución que hay que conocer, pues se corre el peligro de que si la disminución es muy importante, la zanahoria pierda su valor comercial.

En este trabajo se pretende conocer como influye la densidad de siembra sobre el tamaño de las raíces y que nivel de homogeneidad podemos esperar. Las densidades empleadas van desde $1,5/10^6$ semillas/ha⁻¹ a $2,5/10^6$ semillas/ha⁻¹, aumentando o disminuyendo en dos tramos de 200.000 semillas/ha⁻¹ sobre las densidades más frecuentemente empleadas en la zona y para la época de media estación o tardía: 1.900.000 a 2.100.000

semillas/ha⁻¹. Se trabaja con este parámetro solamente procurando mantener el resto fijos, siempre que esto sea posible, por lo que procurara que el campo de ensayo sea homogéneo y las condiciones de preparación de siembra y la siembra (incluida la sembradora), sean similares para todas las densidades.

Los dos cultivares utilizados en el ensayo son actualmente los más utilizados en la zona: Maestro (predominante en media estación) y Bolero (predominante en la estación tardía).

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo ha sido realizado merced a un convenio existente entre la Universidad Politécnica de Madrid y la Junta de Castilla y León, a través de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola y la Cooperativa Glus-1 (Coag) de Cuéllar, en el término municipal de Aldealbar (situado en la provincia de Valladolid, con una altitud de 882 m, Latitud 41° 30' Norte, Longitud 4° 20'60 Oeste).

El material vegetal utilizado han sido los cultivares Bolero y Maestro de la especie *Daucus carota* (zanahoria). Maestro es un cultivar de precocidad medio-tardía de follaje verde oscuro, buen vigor y porte erguido, raíz larga, cilíndrica muy lisa, de buena coloración interna y externa, sin cuello verde y de gran homogeneidad; tiene buena conservación en campo y es tolerante a *Alternaria* y *Oidio*. Bolero es un cultivar muy productivo, de raíz larga, lisa y bien terminada, buena coloración, elevado rendimiento y ausencia de cuello verde; recomendado para siembras de abril a junio en zonas frías; alta tolerancia a *Alternaria* y buen comportamiento frente a *Oidio*.

La parcela de ensayo tenía 104 m de largo por 44,4 m de ancho, y el terreno era de textura franco-arenosa, con un porcentaje de arena de un 60%, y de pH básico (8,8).

La siembra tuvo lugar el 21 de mayo de 2001 y se realizó en sentido Este-Oeste (lado de 104 m) con una sembradora neumática de precisión de doble disco de 148 agujeros por fila. Se emplearon seis densidades de siembra diferentes, comenzando por 1,5 × 10⁶ semillas/ha⁻¹ y aumentando sucesivamente 200.000 semillas/ha⁻¹ hasta llegar a 2,5 × 10⁶ semillas/ha⁻¹. A los lados Norte y Sur de la parcela delimitada para el ensayo se sembró paralelamente el cultivar Bolero para servir de testigo y para que los límites del ensayo no coincidiesen con las lindes de la parcela.

Las densidades de siembra utilizadas fueron:

DENSIDAD (10 ⁶ semillas/ha ⁻¹)	PLANTAS POR METRO LINEAL	REGULADOR MÁQUINA
1,5	56	B5
1,7	64	C3
1,9	71	A5
2,1	79	D1
2,3	86	C2
2,5	94	A4

Como abonado de fondo se aplicaron 800 kg/ha⁻¹ del complejo 9/23/30. Posteriormente los días 15 de junio y 16 de julio de 2001, se realizaron dos aplicaciones mediante el riego de 50 kg/ha⁻¹ cada una, de Sulfato Amónico, otras dos de 1,5 kg/ha⁻¹ cada una, de Boro + Magnesio.

El riego fue por aspersión, con un consumo de 5 l/m² y hora. El primer riego se dio el 25 de mayo de 2001, y posteriormente se estuvo regando 30 minutos cada día durante una semana para conseguir la nascencia, después se pasó a regar 1,5 horas cada dos días, por último, a partir del 1 de julio se cambió a regar 5 horas cada 4 días.

Se hicieron dos aplicaciones de herbicidas, una el 11 de junio y otra el 12 de julio, cada una compuesta por la mezcla de tres herbicidas, 0,5 kg de Linurón, 250 cm³ Prometrina 50% y 100 g de Metribuzín 70%. En cuanto a los insecticidas señalar que junto con la siembra se aplicó Clorpirifos granulado 25%, y posteriormente se hicieron dos aplicaciones de Acefato 75% a razón de 0,25 kg/ha⁻¹ cada una, los días 2 de julio y 10 de agosto. Se realizaron cuatro tratamientos fungicidas: los días 4 de junio y 26 de junio de 2001 se aplicaron 4 kg/ha⁻¹ de Azufre 80% como polvo mojable en pulverización foliar, y los días 20 de julio y 17 de agosto de 2001 se aplicaron 3 kg/ha⁻¹ de Ofurace 6% + Mancozeb 64%.

En noviembre se consideró que el crecimiento de la raíz se había estabilizado, por lo que se tomaron datos con el fin de comparar la producción y evaluar la homogeneidad en cada densidad, para lo que se sacaban veinte zanahorias de cada cultivar y cada densidad para posteriormente analizarlas en laboratorio. Una vez en el laboratorio las zanahorias eran lavadas, teniendo cuidado de no romper ninguna hoja, y posteriormente se pesaban las hojas una a una, por separado, finalizando con la pesada de la raíz.

Ante el imprevisto que se plantea por no poderse realizar la recolección del cultivo, se decide realizar un último muestreo a mano aumentando el tamaño de la muestra dentro de lo posible. Cada calle elegida se dividió en tres partes, y en el centro de cada uno de estos segmentos se sacaron las zanahorias de 1 m de meseta, por lo que se pesaron 1,5 m² por repetición, lo que hacen 4,5 m² por densidad y cultivar. Este muestreo se realizó entre los días 4 y 21 de marzo de 2002, pesándose las zanahorias una a una *in situ*.

RESULTADOS

Las intensas heladas ocurridas durante el mes de diciembre han provocado que gran parte de las zanahorias tardías se hayan quedado en el terreno. Esto no significa que todas las zanahorias de una parcela estuvieran estropeadas, sino que por cuestión de costes a la hora de destriar en el lavadero (con porcentajes del 50% e incluso superiores), no haya compensado recolectar a la gran mayoría de agricultores y lavaderos.

Por todo lo anterior, la cooperativa con la que se ha colaborado decidió no recolectar la parcela del ensayo, con lo cual faltan los datos absolutos para poder evaluar la producción. Debido a este imprevisto se decidió hacer un gran muestreo a mano aumentando el tamaño de la muestra dentro de lo posible, recolectando unos 4,5 m² por repetición. Este último muestreo se realizó entre los días 4 y 21 de marzo de 2002.

Peso medio

Los datos obtenidos para el mes de marzo (cuadro 2), que sería la fecha de recolección, nos muestran que la relación entre el peso de la raíz y la densidad de siembra es lineal (figuras 1 y 2), con unos coeficientes de correlación altamente significativos. Para estas fechas, una zanahoria del cv. Maestro sembrada a una densidad de 2 millones de semillas por hectárea, pesaría 79,17 g, y una del cv. Bolero pesaría 86,104 g (tomando como elemento comparativo el peso en función de la recta de regresión correspondien-

te). La pérdida de peso que se manifiesta en este caso con respecto al muestreo de noviembre es debido al comienzo del rebrote de las hojas, iniciándose entonces la migración de asimilados de la raíz a las hojas, de manera que si se hubiera dejado vegetar al cultivo algún tiempo más finalmente se habría producido la subida a flor característica de esta especie bianual.

Homogeneidad

En general, los coeficientes de variación son menores en noviembre que en marzo, en noviembre las raíces cosechadas serían más homogéneas que en marzo, y esa diferencia es más acusada en Maestro que en Bolero (aunque también hay que tener en cuenta que en marzo la muestra era mucho mayor, lo que también puede influir).

En las figuras 3 y 4 se recoge la relación entre el coeficiente de variación y la densidad de siembra para las dos posibles fechas de recolección y, en contra de lo esperado, la homogeneidad obtenida en el mes de mayo mejora muy poco con respecto a noviembre, e incluso empeora en el caso de Maestro. La actividad de la planta no ha cesado, se está produciendo la migración de asimilados de las raíces a las hojas por lo que, debido a esto y a la duración del muestreo y a que únicamente se han pesado raíces sanas, la homogeneidad en esta época es muy diferente de la del mes de noviembre, y peor en el caso de Maestro (que en lugar de aumentar con la densidad de siembra, disminuye) que es un cultivar de media estación, por lo que sería más arriesgado prolongar la estancia en el terreno de este cultivar que de Bolero, que es un cultivar tardío.

Producción

Li *et al.* (1995) establecen que la relación entre la producción total y la densidad de siembra tiende a ser parabólica, y esto es lo que parece ocurrir en nuestro caso para el cultivar Bolero, ya que cómo se aprecia en la figura 6 la curva que mejor se ajusta a la relación entre la producción y densidad es una parábola. Esto nos muestra que para el cv. Bolero la máxima producción se obtiene en el entorno de los 2 millones de semillas por hectárea, y a partir de esa cifra, aumentar o disminuir la densidad de siembra debería hacerse en función de si el mercado demanda raíces más o menos grandes. Sin embargo, en el cv. Maestro, la curva obtenida al relacionar densidad y producción es justo al revés (figura 5), obteniéndose los valores más bajos en el entorno de los 2 millones de semillas por hectárea, mientras que las mayores producciones se consiguen con la densidad mayor y la menor.

Por otro lado, en las figuras 5 y 6 podemos observar cómo, en el cv. Maestro, la curva que mejor ajuste presenta es la de los datos recogidos en noviembre, mientras que en el cv. Bolero, la curva de marzo es la que presenta un mejor ajuste, y con bastante diferencia. El cultivar Maestro, al ser de media estación, hubiera sido preferible cosecharlo en noviembre, la producción obtenida habría sido algo mayor (figura 5) y en las densidades más altas habríamos obtenido una mejor homogeneidad (figura 3).

CONCLUSIONES

La relación entre el peso de la raíz y la densidad de siembra es lineal para el arco de densidades en el que nos hemos movido. A pesar de aumentar la competencia conforme aumenta la densidad de siembra, el efecto de dicha competencia es por tramos y disminuye conforme aumenta la densidad. El cv. Maestro ha acusado más el aumento de la competencia que el cv. Bolero, bajo las condiciones de este ensayo. En general, los pesos medios obtenidos en el mes de mayo son más bajos que los del mes de noviembre.

Podemos esperar una mejora de la homogeneidad al incrementar la densidad de siembra, pero en este ensayo ha mejorado muy poco, por lo que habría que estudiar muy bien si podría compensar el mayor coste de semilla y la disminución del tamaño. Un factor que influye en la homogeneidad de un cultivo es la orientación del mismo, y muchas veces no se siembra en sentido norte-sur por cuestiones de comodidad en parcelas que están orientadas este-oeste. Se ha podido comprobar cómo en este tipo de parcelas, a la hora de recolectar, en una misma meseta, las zanahorias de las dos líneas orientadas al norte estaban bastante más estropeadas que las zanahorias de las dos líneas orientadas al sur.

En el cv. Bolero, la relación entre la producción por unidad de superficie y la densidad de siembra es parabólica y muestra su máximo en el entrono de los 2 millones de semillas por hectárea. En Maestro, la mayor producción se recogió en la densidad más baja y en la más alta.

Maestro es un cultivar de media estación, por lo que alargar tanto el ciclo y retrasar su recolección no es aconsejable, la época idónea de recolección habría sido el otoño, mientras que Bolero, al ser un cv. de estación tardía, ha soportado mejor el permanecer tanto tiempo en el terreno, y la producción obtenida en marzo no ha variado mucho.

BIBLIOGRAFÍA

- MAPA (2004). Anuario de Estadística Agroalimentaria 2002. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- LI, B. y WATKINSON, A.R. (2000). Competition along a nutrient gradient: A case study with *Daucus carota* and *Chenopodium album*. Ecological Research Vol. 15-3: 293-299.
- VILLALOBOS, F.J.; MATEOS, L.; ORGAZ, F. y FERERES, E. (2002). Fitotecnia. Bases y tecnologías de la producción agrícola. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, 496 pgs.
- VILLENEUVE, F. y LETEINTURIER, J. (1992). La Carotte. (Tome 2). Ed. CTIFL y SILEBAN. París.

Cuadro 1. Peso medio, desviación típica y coeficiente de variación obtenidos para cada cultivar, con el muestreo de 20 zanahorias realizado en noviembre

Cultivar		Densidad ($\times 10^6$ semillas/ha ⁻¹)					
		1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5
MAESTRO	Peso medio (g)	111,8	113,5	83	70,5	74,1	68,8
	D. Típica	45,18	39,79	29,94	33,72	19,74	18,88
	C.V. (%)	40,41	35,05	36,08	47,84	26,64	27,44
	Producción (kg/m ²) . . .	8,55	6,61	6,53	5,98	7,57	8,13
BOLERO	Peso medio (g)	116,9	141,1	93,9	66,9	71,1	65,8
	D. Típica	62,57	65,39	30,82	29,30	19,01	18,81
	C.V. (%)	53,52	46,34	32,82	43,76	26,74	28,56
	Producción (kg/m ²) . . .	7,15	10,35	8,12	7,27	10,12	7,11

Cuadro 2. Datos medios del muestreo realizado en marzo. Se pesaron, una a una, las zanahorias de 1 m de meseta de cada repetición (4,5 m² por densidad y cultivar)

Cultivar		Densidad ($\times 10^6$ semillas/ha ⁻¹)					
		1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5
MAESTRO	Peso medio (g)	128,51	91,55	78,60	71,92	53,01	51,41
	D. Típica	45,18	39,79	29,94	33,72	19,74	18,88
	C.V. (%)	35,16	43,46	38,09	46,89	37,24	36,72
	Producción (kg/m ²) . . .	9,82	5,33	6,18	6,11	5,42	6,08
	N.º raíces pesadas	344	262	354	382	460	532
BOLERO	Peso medio (g)	113,7	105,5	97,3	76,8	61,1	62,6
	D. Típica	44,57	52,81	39,15	31,03	23,50	27,10
	C.V. (%)	39,21	50,06	40,24	40,58	38,46	43,30
	Producción (kg/m ²) . . .	6,95	7,74	8,41	8,31	8,71	6,76
	N.º raíces pesadas	275	330	389	489	641	486

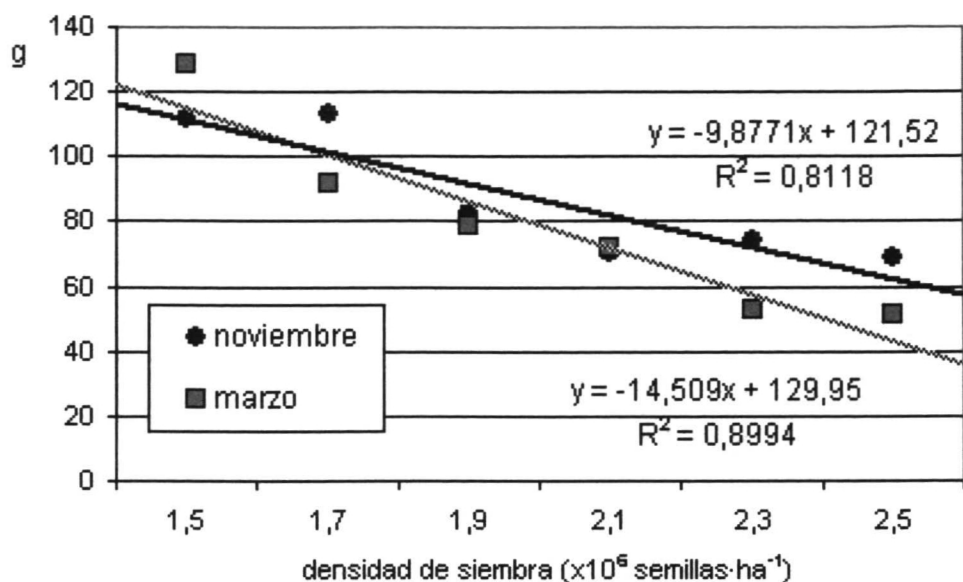


Figura 1
 PESO MEDIO DE LAS ZANAHORIAS DEL CV. MAESTRO EN CADA DENSIDAD DE SIEMBRA

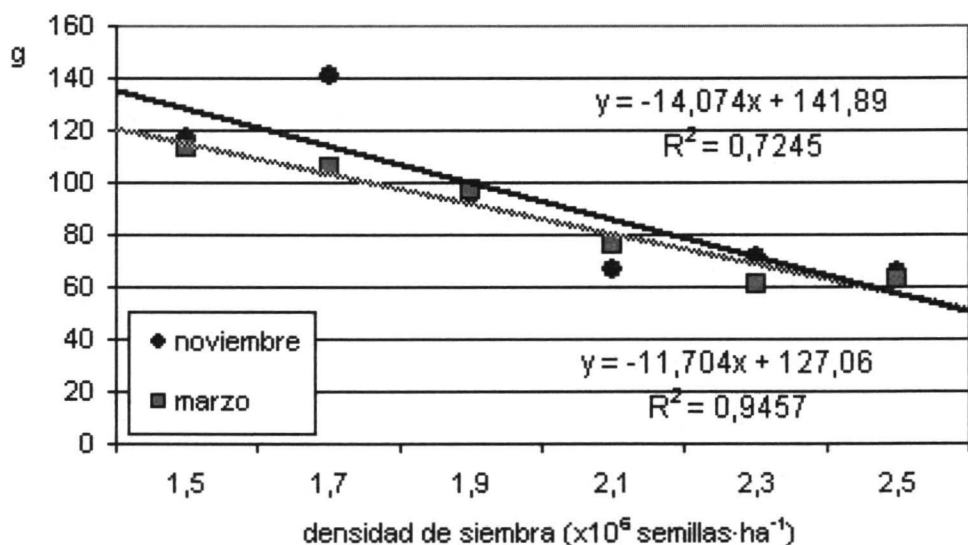


Figura 2
 PESO MEDIO DE LAS ZANAHORIAS DEL CV. BOLERO EN CADA DENSIDAD DE SIEMBRA

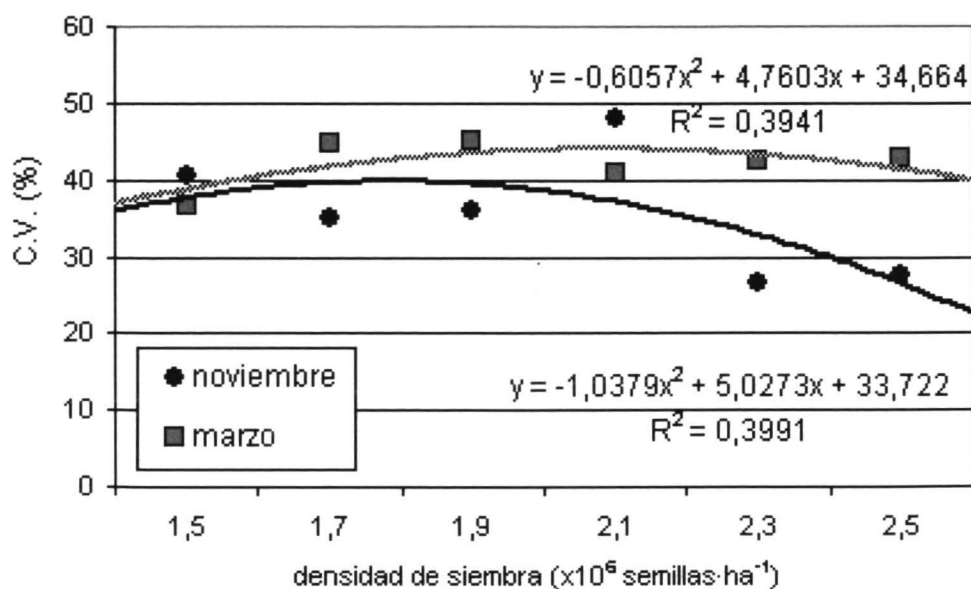


Figura 3
COEFICIENTE DE VARIACIÓN OBTENIDO PARA CADA DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL CV. MAESTRO

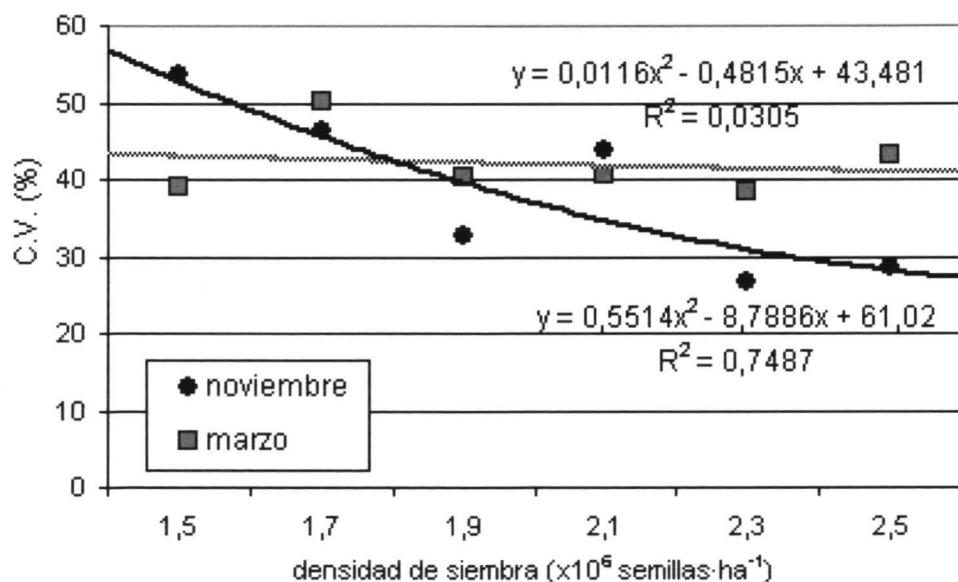


Figura 4
COEFICIENTE DE VARIACIÓN OBTENIDO PARA CADA DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL CV. BOLERO

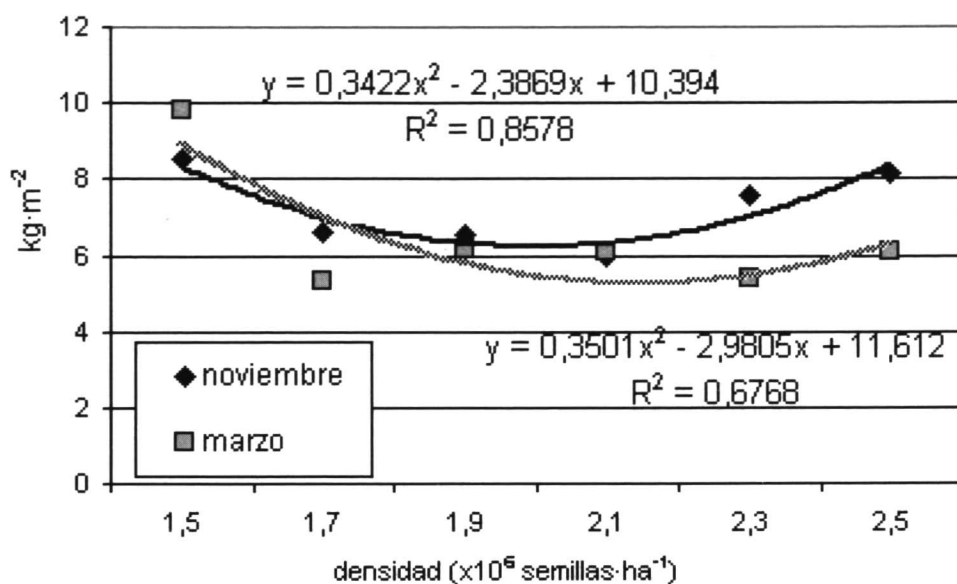


Figura 5
RELACIÓN ENTRE LA PRODUCCIÓN Y LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL CV. MAESTRO

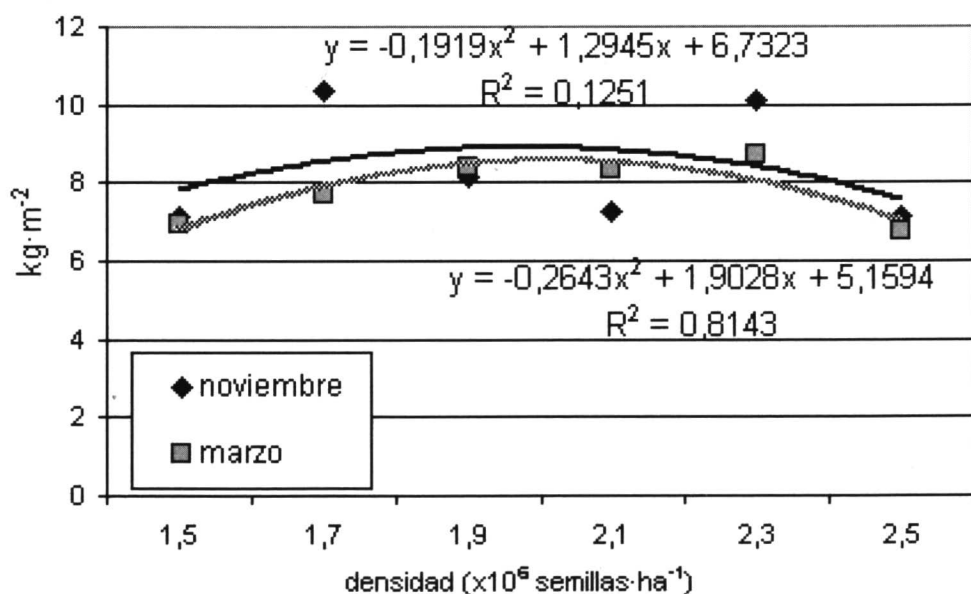


Figura 6
RELACIÓN ENTRE LA PRODUCCIÓN Y LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL CV. BOLERO