

INFLUENCIA DE LA FECHA DE PLANTACIÓN Y DE LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE DOS CULTIVARES DE BRÓCULI

PEDRO HOYOS ECHEVARRÍA
DIANA RAMOS RAMOS (*)
IRENE LA BLANCA BESCÓS (*)

Departamento de Producción Vegetal:
Fitotecnia de la Universidad Politécnica de Madrid.
EUIT Agrícola. Ciudad Universitaria.28040 Madrid.
(e-mail: pedro.hoyos.echevarria@upm.es)

SOTERO MOLINA VIVARACHO
PATRICIA TENA PANIAGUA (**).

Centro de Experimentación Agraria. Consejería de Agricultura de la Junta
de Castilla-La Mancha. Marchamalo (Guadalajara).

(*) Becarias UPM
(**) TRAGSA. Guadalajara

RESUMEN

El brócoli es uno de los cultivos hortícolas que más ha crecido en los últimos años, pasando de ser un desconocido para nuestros horticultores a uno de los básicos de la horticultura al aire libre, sobre todo en Murcia, donde con cerca de 15.500 ha ocupa ya el segundo lugar tras la lechuga, superando incluso a la alcachofa. Su difusión en otras zonas está siendo lenta, pero va ganando espacio en zonas de Castilla-La Mancha y es probable que siga expansionándose en el futuro, por lo que es de interés contar con información técnica sobre él, a fin de poder orientar a los horticultores sobre material vegetal, fechas y densidades de plantación más adecuadas para nuestras zonas, objetivo que se pretende con este ensayo.

Los cultivares ensayados son: Marathon y Parthenon, ya empleados en otros trabajos en el CEA de Marchamalo y que son los más utilizados en la actualidad en nuestro país. Las fechas de plantación elegidas han sido tres, con un intervalo de 15 días entre cada una de ellas: la primera se realizó el 18 de agosto, aunque algo retrasada respecto a la más habitual en esta zona que suele ser a primeros de ese mes, se podría considerar también como normal; el 1 de septiembre se hizo la segunda plantación, y el 13 de sep-

tiembre la tercera. Las densidades ensayadas se eligieron en un rango (2-4 plantas/m²) que abarcara lo que es habitual en este cultivo y algo más denso y más claro, buscando también distancias entre plantas que hicieran fácil la plantación al agricultor, siendo las elegidas: 2,22; 2,66; 3,33 y 4,44 plantas/m², correspondiendo a distancias entre plantas de 60, 50, 40 y 30 cm, cultivándose en mesetas de 1,50 m, sobre las que se dispusieron dos líneas de plantas separadas 15 cm.

La producción media global de pellas principales de todo el ensayo fue de 9.230 kg/ha⁻¹, siendo con la plantación más temprana con la que se obtuvo mejor resultado, 11.753 kg/ha⁻¹, superior a la obtenida con la segunda y tercera plantación que se quedaron con sólo 8.108 y 7.830 kg/ha⁻¹, respectivamente. Con la densidad más alta (4,44 pl/m²) se obtuvo globalmente la mayor producción de pellas principales, 11.145 kg/ha⁻¹, superior estadísticamente a la obtenida con 3,33 pl/m², 9.438 kg/ha⁻¹, y ésta a las conseguidas con 2,66 y 2,22 pl/m², que fueron de 8.009 y 8.330 kg/ha⁻¹, respectivamente. Aunque en la interacción de los tres factores no se detectaron d.e.s., la combinación que mayor producción de pellas principales obtuvo fue la de la primera plantación de Parthenon y densidad 4,44 pl/m², que alcanzó 16.779 kg/ha⁻¹. Considerando los rebrotes, se alcanzó una producción total global, para todo el ensayo de 12.358 kg/ha⁻¹, siendo de nuevo la primera fecha de plantación, con 14.877 kg/ha⁻¹, la que permite obtener la mayor producción, con la segunda se obtuvieron sólo 10.467 kg/ha⁻¹, quedando la tercera en un valor intermedio, con 11.732 kg/ha⁻¹. La densidad 4,44 pl/m², con 14.238 kg/ha⁻¹, superó estadísticamente a las otras tres, que quedaron bastante igualadas con producciones entre 11 y 12.000 kg/ha⁻¹. El porcentaje de rebrotes sobre la producción total fue mayor estadísticamente en Marathon (31,57%) que en Parthenon (18,38%), siendo la fecha de plantación el otro factor que permitió observar diferencias en este parámetro, y fue la tercera plantación la que llevó a un porcentaje mayor, 31,82% de rebrotes, muy por encima de los 20,91 y 22,20% que se obtuvieron con la primera y segunda plantación, respectivamente; retrasar la plantación significa un aumento importante de rebrotes, sobre todo en Marathon. En la primera fecha de plantación el peso medio de la pella principal fue superior estadísticamente al resto, 418 g, mientras que en la segunda y tercera fecha el peso de las pellas fue similar, 269 y 260 g, respectivamente. También se detectaron d.e.s. entre cultivares, siendo las pellas principales de Parthenon, con 355 g, mucho más grandes que las de Marathon (276 g). Las pellas obtenidas con la densidad más baja (2,22 pl/m²) con 379 g, tuvieron un peso estadísticamente superior a las obtenidas con la densidad 2,66 pl/m², con 323,97 g, y éstas a su vez superiores a las conseguidas con las otras dos densidades, que se quedaron en 291 g (3,33 pl/m²) y 269 g (4,44 pl/m²). El ciclo de cultivo también se vio muy influido por los factores en estudio, oscilando entre 90 y 160 días.

1. INTRODUCCIÓN

La producción mundial del brócoli se ha concentrado en el mercado asiático, especialmente en China e India, que participan actualmente con el 70% de la producción mundial. España, Francia y Reino Unido son los principales productores europeos, pero en conjunto su participación en el mercado mundial no supera el 8%. Estados Unidos es el sexto productor mundial, contribuyendo con el 2% de la producción de esta hortaliza (Anónimo, 2005).

PRODUCCIÓN MUNDIAL TOTAL					
Superficie aproximada de cultivo en (ha) (FAO)			Datos propios		
	2003	2004	2005	% Brócoli	% Coliflor
ÁFRICA	20.085	18.143	20.602	10	89
EUROPA	186.499	182.509	176.164	35	65
AMÉRICA	96.139	97.111	97.171	70	30
ASIA	639.285	679.641	690.555	15	85
AUSTRALIA	5.167	4.856	4.856	70	30
TOTAL	947.175	982.260	989.348	30	70

(Bernabéu, 2006).

Sin embargo, los países europeos mencionados anteriormente y Estados Unidos son los principales proveedores mundiales de brócoli para el mercado en estado fresco (Anónimo, 2005).

PRODUCCIÓN EN EUROPA	
Superficie aproximada de cultivo en 2006 (ha) (datos propios)	
España	29.000
Francia	3.200
Italia	10.500
Polonia	4.500
Reino Unido	7.600
Turquía	4.000
Resto	10.000
TOTAL	68.800

PRODUCCIÓN EN ESPAÑA	
Superficie aproximada de cultivo en 2006 (ha)	
Extremadura	2.200
Interior	4.600
Murcia	15.500
Valle del Ebro	6.800
Valle del Guadalquivir	500
TOTAL	29.600

(Bernabéu, 2006).

En España desde mediados de la década de los setenta se ha ido extendiendo el cultivo del brócoli, principalmente destinado a la exportación, en áreas del litoral mediterráneo español, y más concretamente en el País Valenciano (Maroto, 1989). Se conocían variedades locales y tradicionales. Los primeros años de cultivo su crecimiento es importante pero cerrado a muy pocos productores. A principio de los 80, crece lenta pero sistemáticamente año tras año (Bernabéu, 2006). En la actualidad, Murcia es la principal zona de producción de España con unas 15.500 ha, seguida del Valle del Ebro con 6.800 ha. Este cultivo se está introduciendo fuertemente en otras regiones como Castilla-La Mancha y Extremadura.

Como en casi todo el mundo, en los últimos años en España se ha incrementado mucho la producción de brócoli, compensando con creces el descenso de la coliflor, sólo a niveles de producción, pero no de consumo, ya que se producen más de 350.000 toneladas al año de brócoli, destinado a la exportación en un 90% (Bernabéu, 2006).

Dicha expansión está influenciada por el crecimiento de la demanda existente por parte de las industrias congeladoras, pues la del mercado en fresco se mantiene estable (Macua, 2005). Las grandes concentraciones urbanas y el sector de la restauración del siglo XX demandan producto congelado. La técnica de la congelación ofrece un producto de la máxima calidad.

El reparto en calibre después del desfloreteado se hace según el peso de los floretes, un desfloreteado tipo puede ser: el 15% de los floretes pesan menos de 20 g; el 32% entre 20-40 g, que son los de mejor calibre; el 30% pesan entre 40-60 g, que son los segundos mejores, y por último el 23% de los floretes, que tienen más de 60 g y son difíciles de comercializar (Anónimo, 2006).

La producción de brócoli a nivel mundial ha tenido una tendencia al alza debido al descubrimiento de su alto valor nutricional. Las crucíferas, con su alto contenido en agua, poco calóricas, de fácil preparación, con un gran porcentaje de sustancias saciantes (fibras y celulosa) satisfacen muy bien la sensación de apetito. Tienen una cierta acción laxante que favorece el tránsito intestinal, son diuréticas, limpiadoras del organismo por su comportamiento como depurativas de la sangre, y que por su bajo contenido en sodio y sus aportes de minerales son de gran importancia nutricional. Contienen otras sustancias no nutrientes que se muestran como protectoras frente a diferentes tipos de cáncer. Actualmente el brócoli ha sido calificado como la hortaliza de mayor valor nutritivo por unidad de peso de producto comestible. Su aporte de vitamina C, B2 y vitamina A es elevado. Debido a esto ha crecido su consumo (Rowe, 2003).

Valor nutricional del brócoli por 100 g de producto comestible			
Proteínas (g)	5,45	Potasio (mg)	400,00
Lípidos (g)	0,30	Azufre (mg)	310,00
Glúcidos (g)	4,86	Cloro (mg)	50,00
Vitamina A (U.I.)	3.500,00	Magnesio (mg)	33,00
Vitamina B1 (mg)	100,00	Aluminio (mg)	8,50
Vitamina B2 (mg)	210,00	Manganeso (mg)	5,00
Vitamina C (mg)	118,00	Cinc (mg)	1,50
Calcio (mg)	130,00	Cobre (mg)	0,30
Fósforo (mg)	76,00	Yodo (mg)	0,00
Hierro (mg)	1,30	Fibra (g)	2,60
Calorías (cal)	42/32	Celulosa (g)	0,90

(Rowe, 2003).

En brócoli, la mayor parte de los cultivares existentes en el mercado son híbridos, quedando la elección varietal, en estos momentos, sujeta a un reducido número de cultivares, puesto que realmente destacan 4 ó 5 sobre el resto de los existentes en el mercado. Los cultivares que más se están utilizando son: Marathon, Shogun, Lord y Fiesta (Baixauli y colaboradores, 1998). La mayor parte de los cultivares se comportan como lo que podríamos clasificar de ciclo medio, adaptados para climas mediterráneos, que completan su ciclo en unos 90-120 días desde la fecha de trasplante, obteniendo producción desde finales de octubre hasta mayo, consiguiéndose buena calidad y rendimiento.

El exceso de vigor provoca que se den ciertos defectos, como ojos de gato, flores abiertas, piezas mal formadas y tallo hueco. A efectos de conseguir una mejor calidad se pueden emplear prácticas culturales que eviten ese exceso de vigor, como pueden ser reducir los abonados nitrogenados, no abusar de los riegos, aportaciones de boro para evitar el tallo hueco, y con vistas a reducir el tamaño de las pellas se puede aumentar ligeramente la densidad de plantación (Baixauli y colaboradores, 1998). La densidad de plantación influye en la calidad y producción del brócoli, una densidad alta afecta a la disponibilidad de recursos en el tiempo y en el espacio, limitando el crecimiento del cultivo y provocando competencia entre las plantas vecinas. Conforme mayor es la densidad inicial antes comienza la competencia por los recursos (Villalobos, 2002). El marco de plantación empleado en brócoli es variable, en términos generales se vienen a utilizar densidades entre 12.000 y 30.000 plantas/ha⁻¹, lo que traducido en marcos de plantación supone 0,80-1 m entre líneas y 0,40-0,80 m entre plantas, aunque en determinados ciclos los marcos pueden estrecharse más (Maroto, 1989). En general, y para un mismo cultivar, un marco de plantación más estrecho redundará en un diámetro de la pella floral más pequeño. Aunque densidades de plantación mayores pueden dar rendimientos más altos, las plantas dan cogollos de inflorescencia de menor tamaño (Rappaport y Sachs, 1976).

En este ensayo se pretende conocer la influencia que sobre la producción y el ciclo de dos cultivares de brócoli ejerce la combinación de dos de los factores más importantes en este cultivo: la fecha y la densidad de plantación. Los cultivares ensayados son Marathon y Parthenon, ya empleados en otros trabajos en el CEA de Marchamalo y que son los más utilizados en la actualidad en nuestro país.

Se ensayan tres fechas de plantación escalonadas, con el fin de conocer el comportamiento de estos cultivares en diferentes épocas, para que los agricultores dispongan de la máxima información posible por si les pudiera interesar un escalonamiento de la producción con el objetivo de alargar el ciclo y tener producto en el mercado durante más tiempo. Las fechas de plantación elegidas han sido tres, con un intervalo de 15 días entre cada una de ellas: la primera se realizó el 18 de agosto, aunque algo retrasada respecto a la más habitual en esta zona, que suele ser a primeros de ese mes, se podría considerar también como normal; el 1 de septiembre se hizo la segunda plantación, y el 13 de septiembre la tercera.

Como ya se ha dicho antes, la densidad y los marcos de plantación utilizados en este cultivo son muy variables, al igual que la disposición de plantas en el terreno (líneas simples, mesetas dobles, tresbolillo). Para determinar la densidad de plantación más adecuada para los cultivares ensayados en esta zona y para las fechas del ensayo, se eligieron cuatro fechas en un rango (2-4 plantas por m²) que abarcara lo que es habitual en este cultivo y algo más denso y más claro, buscando también distancias entre plantas que hicieran fácil la plantación al agricultor. Las densidades elegidas fueron: 2,22; 2,66; 3,33 y 4,44 plantas·m⁻², correspondiendo a distancias entre plantas de 60, 50, 40 y 30 cm, cultivándose en mesetas de 1,50 m, sobre las que se dispusieron dos líneas de plantas separadas 15 cm.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Material vegetal

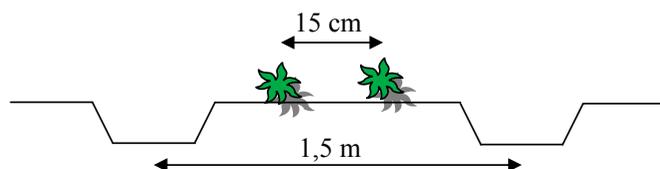
Los dos cultivares utilizados fueron: Parthenon y Marathon de la empresa productora de semillas Sakata; algunas de sus características son:

- **Parthenon:** Planta vigorosa de porte bajo y escasos rebrotes, con 95 días de ciclo. Produce pellas muy uniformes de gran tamaño, abovedadas, muy compactas y pesadas, de color verde oscuro. Floretes muy cortos y de pequeño tamaño, con grano muy fino. Muy buena conservación en campo, manteniendo una gran calidad con grandes rendimientos. Apta para mercado en fresco pero especialmente indicada para la industria, debido a su elevada producción (Marín, 2005).
- **Marathon:** Cultivar de ciclo medio. Planta vigorosa, de porte medio, ampliamente adaptada a todo tipo de suelos y condiciones. Pellas abovedadas, densas y compactas, de posición medio elevada en la planta. Color verde intenso, floretes cortos de tamaño medio y uniformes. Granos muy finos de desarrollo lento y uniforme. Según las condiciones de cultivo admite tanto la recolección única como el floreteado de rebrotes, siendo éstos de gran aceptación. Muy adaptado a condiciones de otoño y primavera en nuestras latitudes. Apto para mercado en fresco e industria (Marín, 2005).

2.2. Diseño del experimento y controles realizados

El ensayo se planteó con un diseño factorial en bloques al azar con tres repeticiones, en el que los factores en estudio fueron: fecha de plantación, cultivar y densidad.

El cultivo se dispuso en mesetas a dos caras, sobre las que se colocaron dos líneas separadas 15 cm entre ellas. La distancia entre mesetas fue de 1,5 m. Las plantas se colocaron a tresbolillo.

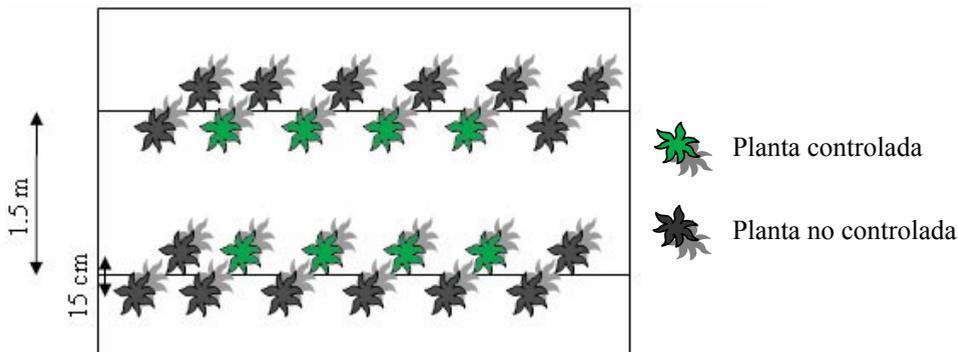


La distancia entre plantas dentro de la línea variaba en función de la densidad elegida. Las densidades ensayadas y la distancia entre plantas correspondiente fueron:

Distancia entre plantas (cm)	Densidad de plantación (pl/m ²)
30	4,44
40	3,33
50	2,66
60	2,22

Se ha dado prioridad a la distancia entre planta y a que fuese un número entero, fácilmente recordable y de fácil disposición en el campo, frente a una densidad entera que luego es difícil de realizar en la realidad en el campo.

Cada parcela elemental constaba de dos líneas dobles con 12 plantas cada una que hacían un total de 24 plantas, de las cuales sólo se controlaban las 8 interiores, las demás se consideraban bordes porque no nos garantizaban que tuviesen la misma competencia entre plantas, al tener como vecinas parcelas que tienen diferente densidad.



En campo se controló, en todas las recolecciones, el peso comercial (con 9 cm de tallo), los parámetros morfológicos (altura, diámetro y perímetro de la pella), el diámetro del tallo y la existencia o no de hueco en el tallo de todas las plantas controladas.

2.3. Técnicas de cultivo desarrolladas

Siembra y trasplante: Las siembras en el semillero se realizaron el 15 y 29 de julio y el 8 de agosto del año 2005, utilizando bandejas de poliestireno expandido de 104 alveolos de 4 x 4 cm de lado, depositando dos semillas por alveolo, con el fin de asegurar su emergencia. En los casos que emergieron las dos, una de ellas (la más débil) se eliminó con el fin de que sólo hubiese una planta por cepellón. El sustrato comercial utilizado fue Traysubstrat de la empresa Klasmann.

Los trasplantes se realizaron el 18 de agosto (1ª fecha de plantación) y el 1 y 13 de septiembre de ese mismo año (2ª y 3ª fecha de plantación, respectivamente), 34 días después de la siembra en la primera y segunda fecha de plantación y 36 días después en la tercera fecha. Entre la primera y la segunda fecha de trasplante transcurrieron 14 días, mientras que entre la segunda y tercera fecha la diferencia es de 12 días.

El trasplante se realizó en suelo liso después de un pase con la fresadora para la eliminación de terrones. A los 10 ó 15 días se procedió a su aporcado y se colocaron las mangueras de riego.

Abonado: El terreno se preparó de la forma habitual en estos cultivos, incorporándose, como abonado de fondo, 60 g/m² del complejo 15-15-15 que se enterraron al realizar las labores de vertedera y rotavator. No se realizó abonado de cobertera, se consideró suficiente con lo aplicado en fondo dados los altos niveles de nutrientes del suelo.

Riego: El agua de riego fue aplicada por medio de un sistema localizado con cinta de riego tipo Queen Gil con separación de 10 cm entre emisores de salida múltiple. Las líneas de goteo estaban separadas 1,5 m entre ellas, una por cada línea doble de plantas. El caudal de los goteros era de 4 l/h⁻¹. Se colocó un contador de agua en la acometida del agua para saber la cantidad que se gastaría en todo el cultivo, este contador medía en m³. En las tres fechas de plantación se gastaron 125,5 m³. En la primera fecha de plantación se regó 2,055 l/m²/día, en la segunda 0,873 l/m²/día y en la tercera 0,405 l/m²/día.

Tratamientos fitosanitarios y control de malas hierbas: En el semillero se realizó una aplicación por cada fecha de plantación de fosetil-al 80% p/p 800 g/kg (Aliette), fungicida sistémico contra fitoptora, una vez que las plantas ya habían emergido. Antes

de la plantación se empleó un herbicida selectivo de preemergencia, trifluralina 48% p/v, 480 g/l (Agrolan). Las malas hierbas se controlaron de forma manual durante el cultivo. Durante el cultivo se observó el ataque de pulgón y oruga en algunas de las parcelas elementales de la primera fecha de plantación, por lo que el 7 de octubre se realizó un tratamiento con metomilo 20% p/v, 200 g/l (Lannate más mojante). Se observó que el ataque se extendió principalmente a todas las plantas de la primera plantación y a algunas de la segunda, por lo que al no obtener buenos resultados se le aplicó lambda cihalotrin 2,5% p/p (Karate king) dos semanas después, controlando finalmente el ataque.

Recolección: La recolección de la primera fecha de plantación comenzó el 9 de noviembre, 83 días después de la plantación, prolongándose hasta el 5 de diciembre, realizando 4 recolecciones. En la segunda fecha de plantación la recolección se inició el 12 de diciembre, 102 días después de la plantación, prolongándose hasta el 26 de enero, realizando 4 recolecciones. Y por último, en la tercera fecha de plantación, la recolección se inició el 6 de febrero, 115 días después de la plantación, prolongándose hasta el 9 de marzo, realizando 3 recolecciones.

Las recolecciones se realizaron con una cadencia de 8 días en la primera y segunda fecha de plantación. En la tercera, cada 15 días.

La recolección se hizo de forma manual. La pauta que se siguió para evaluar el momento adecuado para efectuar la recolección fue cuando la pella alcanzó su tamaño máximo, antes de que comenzara a abrirse ninguna flor. El brócoli de buena calidad debe tener las inflorescencias cerradas y de color verde oscuro brillante, compacta (firme a la presión de la mano) y el tallo bien cortado y de la longitud requerida.

3. RESULTADOS

Producción

La mayor parte de la producción del brócoli procede de la recolección de las pellas principales, la otra parte de la producción se obtiene de los rebrotes laterales que suelen ser más pequeños y de peor calidad, éstos representan un porcentaje de la producción total, que también se ha estudiado.

Producción de pellas principales

La producción media obtenida ha sido de 9.230 kg/ha⁻¹. En la primera fecha de plantación la producción obtenida (11.752,87 kg/ha⁻¹) fue superior a la obtenida en la segunda y tercera fecha de plantación (8.108,02 y 7.829,79 kg/ha⁻¹, respectivamente) (tabla 1 y figura 1). Entre cultivares no existieron diferencias estadísticamente significativas, aunque Parthenon fue más productivo. La producción obtenida con la densidad 4,44 pl/m⁻² (11.144,58 kg/ha⁻¹) fue estadísticamente superior a la obtenida con 3,33 pl/m⁻² (9.438,98 kg/ha⁻¹) y a su vez las obtenidas con estas dos densidades fueron superiores a las producciones obtenidas con las densidades más bajas, no existiendo diferencias entre estas dos últimas, que alcanzan 8.008,61 y 8.329,63 kg/ha⁻¹, respectivamente. Existe interacción entre la fecha y la densidad de plantación, en ella se pueden observar muchas diferencias, siendo la más importante a reseñar la alta producción conseguida con la densidad más alta en la primera fecha de plantación (tabla 1 y figura 1).

Producción de rebrotes

La producción media de rebrotes fue de 2.683,03 kg/ha⁻¹. El rendimiento de la primera y tercera fecha de plantación con 3.123,80 y 2.937 kg/ha⁻¹, respectivamente, fue estadísticamente superior al de la segunda, con 1.988,05 kg/ha⁻¹ (tabla 1 y figura 2). Entre cultivares no existieron diferencias estadísticamente significativas, aunque en este caso fue Marathon el de mayor producción. En el análisis estadístico no se detectaron diferencias significativas en el factor densidad.

La única interacción en que se encontraron diferencias estadísticamente significativas fue la de cultivares y fecha de plantación, destacando Maratón en la primera fecha de plantación (tabla 1 y figura 2).

Producción total

Como se dijo, esta producción es la suma de las dos anteriores, siendo la producción media total de todo el ensayo 12.358 kg·ha⁻¹.

Existieron únicamente diferencias estadísticamente significativas entre las fechas de plantación y entre las densidades.

Se obtuvo el mayor rendimiento con la primera fecha de plantación, con 14.876,67 kg·ha⁻¹, y el menor con la segunda, con 10.467,41 kg·ha⁻¹, quedando la tercera en un valor intermedio con 11.731,86 kg·ha⁻¹ (tabla 1 y figura 3).

La producción total obtenida con la densidad más alta (14.237,68 kg·ha) fue estadísticamente superior a la producción de las otras tres densidades (tabla 1).

Como se dijo, no se encontraron d.e.s. entre cultivares, con resultados parecidos en los dos casos (tabla 1 y figura 3).

Ninguna de las interacciones presentó diferencias estadísticamente significativas, aunque las variaciones fueron importantes como puede apreciarse en la tabla 1 y en la figura 3, en la que destaca de forma clara la producción conseguida con Parthenón la densidad más alta y la primera fecha de plantación, con este cultivar se consiguen siempre las mayores producciones.

Porcentaje de rebrotes sobre la producción total

El porcentaje de rebrotes obtenidos en la tercera fecha de plantación fue estadísticamente más alto que el de las otras dos fechas (un 31,82% frente a 20,91% y 22,20% de la primera y segunda fecha, respectivamente) (tabla 1 y figura 4). Además también se han obtenido diferencias estadísticamente significativas entre cultivares, obteniendo con Marathon un 31,57%, mientras que con Parthenon tan sólo un 18,38%.

Entre densidades no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, aunque se observa un aumento del porcentaje de rebrotes con la disminución de la densidad, obteniéndose el menor porcentaje con la mayor densidad, 21,31%, y el mayor (28,58%) con la densidad de 2,66 pl/m².

Ninguna de las interacciones presentó diferencias estadísticamente significativas, aunque las variaciones fueron importantes, como puede apreciarse en la tabla 1 y en la figura 4, en la que destaca de forma clara el mayor porcentaje obtenido con Marathon y las densidades más bajas en todas las fechas de plantación.

Peso medio

En la primera fecha de plantación el peso medio de la pella principal fue superior al resto, 418 g, mientras que en la segunda y tercera fecha el peso de las pellas fue similar, 269 y 260 g respectivamente (tabla 1 y figura 5).

El cultivar Parthenon produjo pellas de mayor peso 355 g, mientras que con Marathon se obtuvieron pellas mucho más pequeñas, de 276 g (tabla 1).

El peso medio de las pellas principales obtenido con 2,22 pl/m² fue de 379 g que fue estadísticamente superior al obtenido con 2,66 pl/m², 324 g y a su vez los obtenidos con estas dos densidades fueron superiores a los obtenidos con 3,33 y 4,44 pl/m², no existiendo diferencias entre estas dos últimas densidades, que alcanzaron 291 y 269 g respectivamente.

Existe interacción triple (cultivar, fecha y densidad de plantación), siendo el peso medio de las pellas del cv. Parthenon cultivado a una densidad de 2,22 pl/m² y plantado en la primera fecha 573,5 g estadísticamente superior al resto (tabla 1 y figura 5); las pellas de menor peso medio fueron las del cv. Marathon plantado en la tercera fecha con una densidad de 4,44 pl/m² y el mismo cultivar en la segunda fecha y la densidad de 2,66 pl/m² (tabla 1 y figura 5), quedándose en ambos casos con pesos cercanos a 235 g.

Relación entre el peso medio y la producción

En el cultivar Marathon, al aumentar la densidad en una planta por m², la producción aumenta 0,1251 kg/m², mientras que el peso medio de las pellas principales disminuye 43 g (figura 6). El descenso del peso medio de las pellas es en parte compensado por el aumento de la densidad de plantación. En Parthenon el incremento de producción al aumentar la densidad es mayor, 0,2034 kg/m² (figura 7), siendo algo mayor la bajada del peso medio, 48,4 g, que la reseñada en Maratón.

Siendo la bajada del peso medio muy parecida, globalmente Parthenon presenta una mejor respuesta al aumento de densidad, consiguiendo con ello rendimientos más altos, sobre todo con la densidad mayor.

Porcentaje de plantas recolectadas

Globalmente se recolectaron más pellas en Marathon que en Parthenon, con diferencias estadísticamente significativas entre cultivares (tabla 2). El porcentaje de recolección mejora en las fechas de plantación más tardías, obteniéndose en los dos cultivares porcentajes más bajos en la primera fecha, siendo el porcentaje de plantas del cv. Parthenon cosechadas en la primera fecha estadísticamente inferior al resto (tabla 2). Aunque hay diferencias, los porcentajes de recolección fueron bastante aceptables y casi siempre por encima del 90%.

Ciclo y periodo de recolección

Entrada en producción. Con la fecha de plantación más precoz se obtiene producción a los 87 días después del trasplante, mientras que con la fecha intermedia se tarda 104 días en tener producción, y con la fecha de plantación más tardía no se obtiene pro-

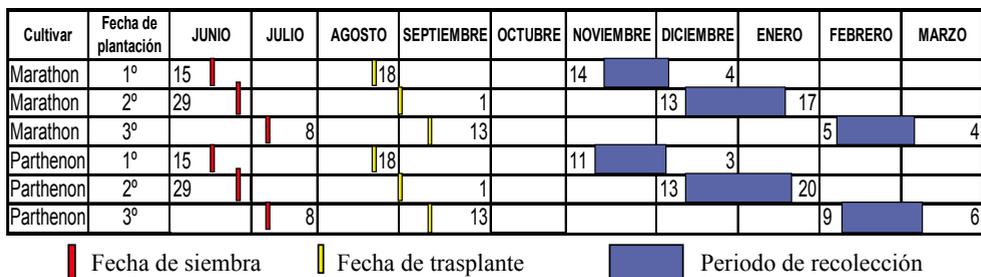
ducto hasta 147 días después del trasplante, con diferencias estadísticamente significativas entre fechas (tabla 2 y figura 8). Queda demostrado que en la fecha de plantación más precoz, donde las temperaturas son más altas, el ciclo se acorta, mientras que en la fecha más tardía con temperaturas más bajas el desarrollo de las plantas se ralentiza, alargando el ciclo. En ninguno de los otros dos factores, cultivar y densidad de plantación, existieron diferencias estadísticamente significativas.

La interacción cultivar/fecha de plantación también ha resultado ser estadísticamente significativa existiendo grandes diferencias entre las combinaciones, sobre todo entre las de la primera y tercera fecha.

El *periodo de recolección* fue menor en los bróculis de la fecha de plantación más precoz, 21 días, que fue estadísticamente inferior al del resto de fechas de plantación, quedando en una zona intermedia la fecha más tardía con 27 días (tabla 2 y figura 10). Las plantas de la fecha intermedia fueron las que tuvieron el periodo de recolección más largo, 37 días. Para cosechar los bróculis de las plantas de la tercera fecha sólo se realizaron tres recolecciones, teniendo la producción más agrupada que las plantas de las otras fechas de plantación, en las que se realizaron cuatro recolecciones. En el análisis estadístico no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre cultivares ni entre densidades, tampoco en ninguna de las combinaciones se detectaron d.e.s.

Globalmente, el *ciclo* se alarga en función de la fecha de plantación existiendo diferencias estadísticamente significativas entre las fechas, siendo el ciclo más corto en la primera fecha de plantación (94 días) y más largo en la tercera (159 días) (tabla 2 y figura 9). La densidad de plantación también parece influir en la duración del ciclo, obteniéndose diferencias estadísticamente significativas (tabla 2): las plantas de la densidad más baja (2,22 pl/m²) tuvieron un ciclo ponderado, de 119,91 días de duración, más corto que las de la densidad más alta (4,44 pl/m²), con un ciclo de 124,81 días.

Con todos estos datos referidos al momento de recolección, a la duración del citado periodo y, en resumen, al ciclo total ponderado se ha confeccionado un calendario de cultivo de brócoli donde todo ello queda resumido en función del cultivar y la fecha de plantación.



4. CONCLUSIONES

Todas las plantas de todas las combinaciones cultivar-densidad-fecha de plantación se desarrollaron muy bien durante todo el ciclo del cultivo llegando a recolectarse la mayoría de ellas, salvo las del cv. Partenón en la primera fecha de plantación, que sólo se recolectaron el 87,5%.

La producción total fue parecida en los dos cultivares, sin encontrarse entre ellos diferencias estadísticamente significativas, aunque Parthenon fue algo más productivo, con un porcentaje de rebrotes estadísticamente inferior y un peso medio de los floretes estadísticamente superior a Marathon.

Con la primera fecha se consiguió la mayor producción, obteniéndose el menor porcentaje de rebrotes, y también las pellas más grandes. Retrasar la plantación ha significado un aumento importante de rebrotes, sobre todo en Marathon. El que en la fecha de plantación más precoz la producción fuese mucho mayor que en las otras dos fechas, se debió a las temperaturas, obteniéndose en la primera fecha pellas de un peso medio estadísticamente superior a las de las fechas más tardías, en las que las temperaturas fueron más bajas.

La mayor producción se ha conseguido con la densidad de $4,44 \text{ pl}\cdot\text{m}^{-2}$, el mayor número de plantas cosechadas compensó el menor tamaño de las pellas. El peso medio de las pellas es inversamente proporcional a la densidad de plantación, según aumenta la densidad, el peso medio disminuye.

El ciclo de cultivo también se vio influido por los factores en estudio, oscilando entre 90 y 160 días. Con fechas de plantación más precoces, en las que las temperaturas son más altas, el ciclo se acorta, adelantándose la entrada en producción. La densidad de plantación también influyó en la duración del ciclo: la duración del ciclo ponderado fue estadísticamente superior en la densidad más alta que en la más baja, al aumentar la competencia entre plantas, éstas tardan más en desarrollarse, se retrasa su entrada en producción y se alarga el ciclo.

Tabla 1. Parámetros productivos según la fecha, cultivar y densidad de plantación

	Producción de pellas principales (kg ha ⁻¹)	Producción de rebrotes (kg ha ⁻¹)	Producción total (kg ha ⁻¹)	% de rebrotes sobre la producción total	Peso medio (g)
Cultivar (C):					
Marathon	8277,02	2834,35	12171,65	31,57 A	276,39 B
Parthenon	10183,43	2531,71	12545,65	18,38 B	355,09 A
Fecha de plantación (F):					
Primera	11752,87 a	3123,80 a	14876,67 a	20,91 b	418,13 a
Segunda	8108,02 b	1988,05 b	10467,41 c	22,20 b	269,11 b
Tercera	7829,79 b	2937,25 a	11731,86 b	31,82 a	259,97 b
Densidad de plantación (D):					
2,22 pl.m ⁻²	8329,63 C	2489,73	11523,70 B	27,36	379,09 A
2,66 pl.m ⁻²	8008,61 C	2559,86	11316,37 B	28,58	323,97 B
3,33 pl.m ⁻²	9438,08 B	2574,46	12356,84 B	22,66	291,22 C
4,44 pl.m ⁻²	11144,58 A	3108,08	14237,68 A	21,31	268,67 C
Interacción doble C x F:					
Marathon x Primera	11086,90	3891,31 A	14978,21	25,90	373,29
Marathon x Segunda	7228,16	1791,61 C	9980,44	27,61	239,57
Marathon x Tercera	6516,00	2820,15 B	11556,32	41,21	216,31
Parthenon x Primera	12418,85	2356,29 BC	14775,14	15,91	462,97
Parthenon x Segunda	8987,88	2184,49 BC	10954,39	16,80	298,65
Parthenon x Tercera	9143,58	3054,35 B	11907,41	22,44	303,64
Interacción doble C x D:					
Marathon x 2,22 pl.m ⁻²	7190,33 c	2648,27	11185,82	35,91	323,89 c
Marathon x 2,66 pl.m ⁻²	7383,31 c	3008,34	11519,85	35,36	288,60 cd
Marathon x 3,33 pl.m ⁻²	9004,10 b	2752,91	12903,75	28,87	270,39 d
Marathon x 4,44 pl.m ⁻²	9530,33 b	2927,89	13077,19	26,14	222,68 e
Parthenon x 2,22 pl.m ⁻²	9468,92 b	2331,19	11861,59	18,81	434,30 a
Parthenon x 2,66 pl.m ⁻²	8633,92 b	2111,38	11112,89	21,80	359,34 b
Parthenon x 3,33 pl.m ⁻²	9872,06 b	2396,00	11809,94	16,44	312,05 cd
Parthenon x 4,44 pl.m ⁻²	12758,83 a	3288,28	15398,17	16,49	314,65 cd
Interacción doble F x D:					
Primera x 2,22 pl.m ⁻²	10935,82 BC	3354,67	14290,48	23,63	504,26
Primera x 2,66 pl.m ⁻²	9708,94 CD	3084,86	12793,80	23,01	414,93
Primera x 3,33 pl.m ⁻²	11525,50 B	2377,25	13902,75	17,12	369,50
Primera x 4,44 pl.m ⁻²	14841,24 A	3678,42	18519,66	19,86	383,85
Segunda x 2,22 pl.m ⁻²	7180,31 E	1425,55	9906,75	25,82	323,44
Segunda x 2,66 pl.m ⁻²	7265,13 E	1664,35	9692,38	24,87	280,21
Segunda x 3,33 pl.m ⁻²	8560,88 DE	2206,00	10819,03	20,44	257,08

	Producción de pellas principales (kg ha ⁻¹)	Producción de rebrotes (kg ha ⁻¹)	Producción total (kg ha ⁻¹)	% de rebrotes sobre la producción total	Peso medio (g)
Segunda x 4,44 pl.m ⁻²	9425,75 CD	2656,28	11451,50	17,69	215,70
Tercera x 2,22 pl.m ⁻²	6872,75 E	2688,97	10373,88	32,63	309,58
Tercera x 2,66 pl.m ⁻²	7051,77 E	2930,36	11462,94	37,85	276,77
Tercera x 3,33 pl.m ⁻²	8227,88 DE	3140,11	12348,75	30,42	247,08
Tercera x 4,44 pl.m ⁻²	9166,75 CD	2989,55	12741,88	26,39	206,46
Interacción triple C x F x D					
Marathon x Primera x 2,22 pl.m ⁻²	9657,00	3749,33	13406,33	27,84	435,00 BC
Marathon x Primera x 2,66 pl.m ⁻²	9642,38	4551,56	14193,93	31,62	385,56 BCD
Marathon x Primera x 3,33 pl.m ⁻²	12145,25	2812,00	14957,25	19,05	364,72 CDE
Marathon x Primera x 4,44 pl.m ⁻²	12902,98	4452,33	17355,31	25,07	307,90 DEF
Marathon x Segunda x 2,22 pl.m ⁻²	6350,13	1454,59	9777,25	34,77	286,04 EFG
Marathon x Segunda x 2,66 pl.m ⁻²	6217,75	1754,88	9443,00	33,64	233,75 FGH
Marathon x Segunda x 3,33 pl.m ⁻²	8463,75	2157,27	10711,50	20,46	254,17 FGH
Marathon x Segunda x 4,44 pl.m ⁻²	7881,00	1799,71	9990,00	21,56	184,32 H
Marathon x Tercera x 2,22 pl.m ⁻²	5563,88	2740,88	10373,88	45,13	250,63 FGH
Marathon x Tercera x 2,66 pl.m ⁻²	6289,79	2718,60	10922,63	40,83	246,49 FGH
Marathon x Tercera x 3,33 pl.m ⁻²	6403,31	3289,47	13042,50	47,09	192,29 GH
Marathon x Tercera x 4,44 pl.m ⁻²	7807,00	2531,62	11886,25	31,79	175,83 H
Parthenon x Primera x 2,22 pl.m ⁻²	12214,63	2960,00	15174,63	19,42	573,51 A
Parthenon x Primera x 2,66 pl.m ⁻²	9775,50	1618,17	11393,67	14,40	444,30 BC
Parthenon x Primera x 3,33 pl.m ⁻²	10905,75	1942,50	12848,25	15,18	374,29 CDE
Parthenon x Primera x 4,44 pl.m ⁻²	16779,50	2904,50	19684,00	14,65	459,79 B
Parthenon x Segunda x 2,22 pl.m ⁻²	8010,50	1396,52	10036,25	16,86	360,83 CDE
Parthenon x Segunda x 2,66 pl.m ⁻²	8312,50	1573,83	9941,75	16,11	326,67 DEF
Parthenon x Segunda x 3,33 pl.m ⁻²	8658,00	2254,74	10926,56	20,41	260,00 FGH
Parthenon x Segunda x 4,44 pl.m ⁻²	10970,50	3512,85	12913,00	13,82	247,08 FGH
Parthenon x Tercera x 2,22 pl.m ⁻²	8181,63	2637,05	10373,88	20,13	368,54 CDE
Parthenon x Tercera x 2,66 pl.m ⁻²	7813,75	3142,13	12003,25	34,87	307,05 DEF
Parthenon x Tercera x 3,33 pl.m ⁻²	10052,44	2990,76	11655,00	13,74	301,88 DEF
Parthenon x Tercera x 4,44 pl.m ⁻²	10526,50	3447,48	13597,50	20,99	237,08 FGH

Tabla 2. Parámetros del ciclo de cultivo según la fecha, cultivar y densidad de plantación

	% pl recolectadas	Tiempo hasta el inicio de la recolección (días)	Ciclo ponderado (días)	Periodo de recolección (días)
Cultivar (C):				
Marathon	98,38 A	112,33	121,83	27,36
Parthenon	95,14 B	112,50	123,21	28,92
Fecha de plantación (F):				
Primera	92,36 b	86,50 c	93,96 c	21,00 c
Segunda	98,96 a	103,75 b	114,92 b	36,92 a
Tercera	98,96 a	147,00 a	158,68 a	26,50 b
Densidad de plantación (D):				
2,22 pl.m ²	99,31	111,11	119,91 B	27,39
2,66 pl.m ²	94,91	112,39	122,20 AB	28,83
3,33 pl.m ²	97,92	112,00	123,16 AB	28,22
4,44 pl.m ²	94,91	114,17	124,81 A	28,11
Interacción doble C x F:				
Marathon x Primera	97,22 A	88,25 D	94,08	19,75
Marathon x Segunda	98,96 A	103,75 C	114,80	35,08
Marathon x Tercera	98,96 A	145,00 B	156,61	27,25
Parthenon x Primera	87,50 B	84,75 E	93,85	22,25
Parthenon x Segunda	98,96 A	103,75 C	115,04	38,75
Parthenon x Tercera	98,96 A	149,00 A	160,74	25,75
Interacción doble C x D:				
Marathon x 2,22 pl.m ²	100,00	111,89	120,51	30,00
Marathon x 2,66 pl.m ²	98,15	111,89	121,11	28,67
Marathon x 3,33 pl.m ²	100,00	111,89	121,44	24,22
Marathon x 4,44 pl.m ²	95,37	113,67	124,28	26,56
Parthenon x 2,22 pl.m ²	98,61	110,33	119,31	24,78
Parthenon x 2,66 pl.m ²	91,67	112,89	123,30	29,00
Parthenon x 3,33 pl.m ²	95,83	112,11	124,89	32,22
Parthenon x 4,44 pl.m ²	94,44	114,67	125,34	29,67
Interacción doble F x D:				
Primera x 2,22 pl.m ²	97,92	85,33	91,05	19,67
Primera x 2,66 pl.m ²	88,89	86,50	93,67	20,50
Primera x 3,33 pl.m ²	93,75	85,33	96,23	23,67
Primera x 4,44 pl.m ²	88,89	88,83	94,90	20,17

	% pl recolectadas	Tiempo hasta el inicio de la recolección (días)	Ciclo ponderado (días)	Periodo de recolección (días)
Segunda x 2,22 pl.m ⁻²	100,00	103,00	110,90	34,00
Segunda x 2,66 pl.m ⁻²	97,92	103,00	114,67	37,67
Segunda x 3,33 pl.m ⁻²	100,00	103,00	115,02	37,67
Segunda x 4,44 pl.m ⁻²	97,92	106,00	119,09	38,33
Tercera x 2,22 pl.m ⁻²	100,00	145,00	157,76	28,50
Tercera x 2,66 pl.m ⁻²	97,92	147,67	158,27	28,33
Tercera x 3,33 pl.m ⁻²	100,00	147,67	158,23	23,33
Tercera x 4,44 pl.m ⁻²	97,92	147,67	160,45	25,83
Interacción triple C x F x D				
Marathon x Primera x 2,22 pl.m ⁻²	100,00	87,67	92,67	21,33
Marathon x Primera x 2,66 pl.m ⁻²	94,44	87,67	93,00	17,33
Marathon x Primera x 3,33 pl.m ⁻²	100,00	87,67	95,00	21,33
Marathon x Primera x 4,44 pl.m ⁻²	94,44	90,00	95,65	19,00
Marathon x Segunda x 2,22 pl.m ⁻²	100,00	103,00	111,95	37,67
Marathon x Segunda x 2,66 pl.m ⁻²	100,00	103,00	114,68	37,67
Marathon x Segunda x 3,33 pl.m ⁻²	100,00	103,00	113,54	30,33
Marathon x Segunda x 4,44 pl.m ⁻²	95,83	106,00	119,05	34,67
Marathon x Tercera x 2,22 pl.m ⁻²	100,00	145,00	156,90	31,00
Marathon x Tercera x 2,66 pl.m ⁻²	100,00	145,00	155,64	31,00
Marathon x Tercera x 3,33 pl.m ⁻²	100,00	145,00	155,77	21,00
Marathon x Tercera x 4,44 pl.m ⁻²	95,83	145,00	158,14	26,00
Parthenon x Primera x 2,22 pl.m ⁻²	95,83	83,00	89,43	18,00
Parthenon x Primera x 2,66 pl.m ⁻²	83,33	85,33	94,35	23,67
Parthenon x Primera x 3,33 pl.m ⁻²	87,50	83,00	97,46	26,00
Parthenon x Primera x 4,44 pl.m ⁻²	83,33	87,67	94,15	21,33
Parthenon x Segunda x 2,22 pl.m ⁻²	100,00	103,00	109,86	30,33
Parthenon x Segunda x 2,66 pl.m ⁻²	95,83	103,00	114,66	37,67
Parthenon x Segunda x 3,33 pl.m ⁻²	100,00	103,00	116,51	45,00
Parthenon x Segunda x 4,44 pl.m ⁻²	100,00	106,00	119,13	42,00
Parthenon x Tercera x 2,22 pl.m ⁻²	100,00	145,00	158,63	26,00
Parthenon x Tercera x 2,66 pl.m ⁻²	95,83	150,33	160,90	25,67
Parthenon x Tercera x 3,33 pl.m ⁻²	100,00	150,33	160,70	25,67
Parthenon x Tercera x 4,44 pl.m ⁻²	100,00	150,33	162,75	25,67

Figura 1. Producción de pellas principales en cada una de las fechas de plantación según cultivar y densidad

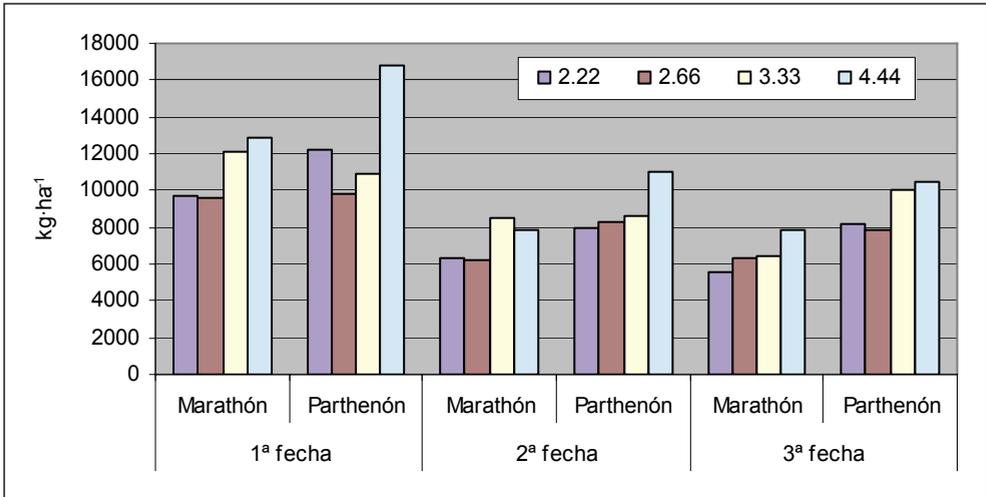


Figura 2. Producción de rebrotes en cada una de las fechas de plantación según cultivar y densidad

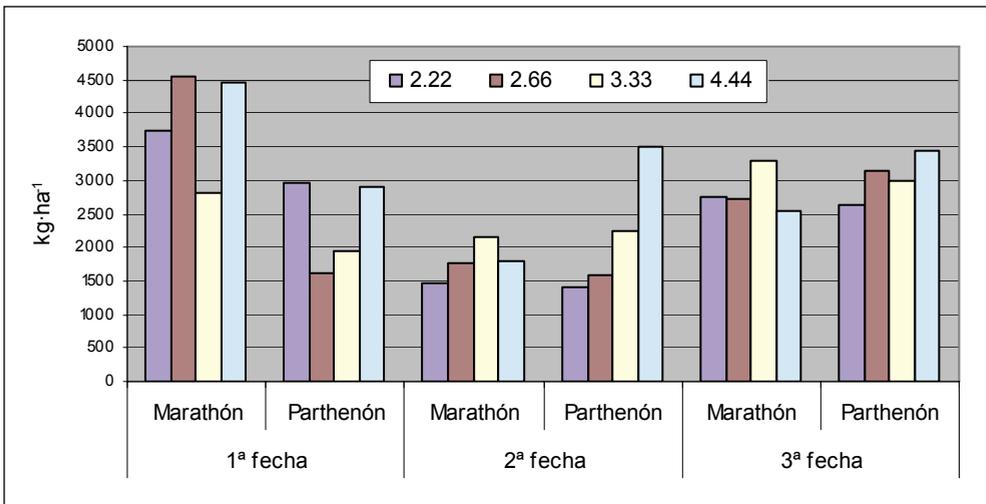


Figura 3. Producción total obtenida en cada una de las fechas de plantación según cultivar y densidad

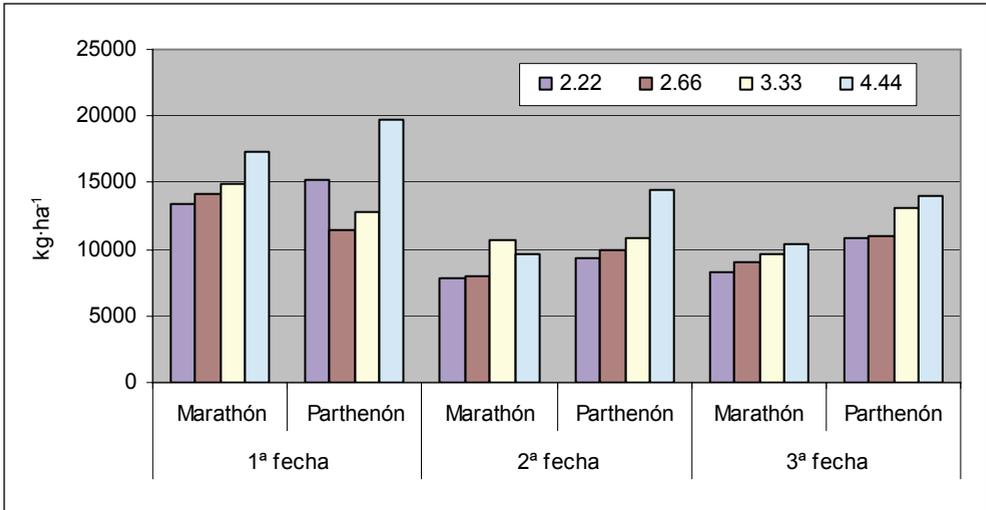


Figura 4. Porcentaje de rebrotes sobre la producción total en cada una de las fechas de plantación según cultivar y densidad

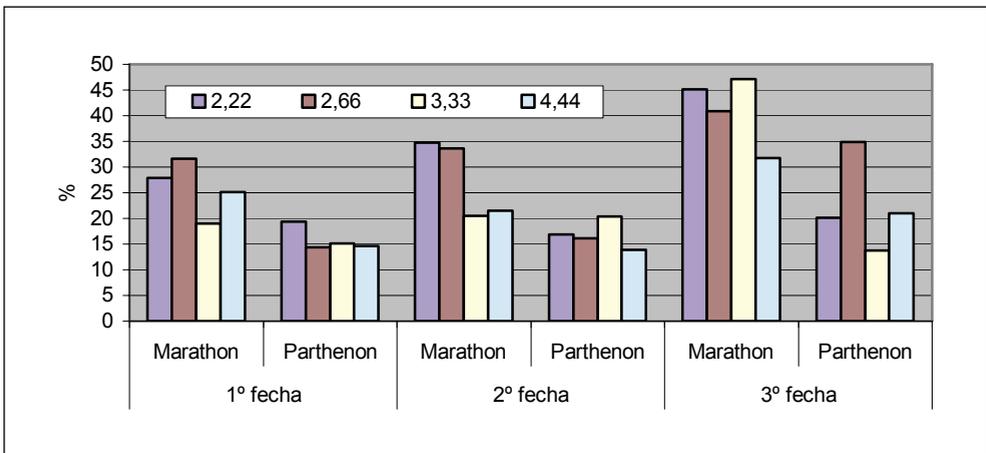


Figura 5. Peso medio en cada una de las fechas de plantación según cultivar y densidad

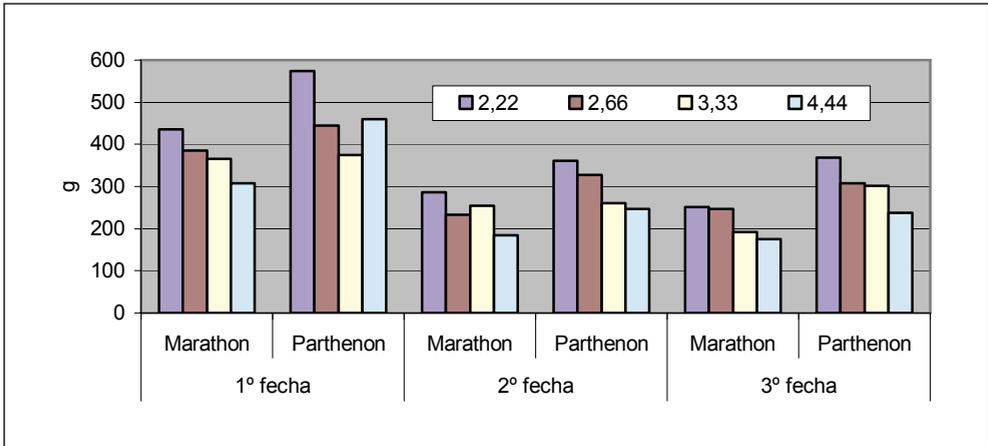


Figura 6. Relación del peso medio con la producción en cada una de las densidades en Marathon (datos medios de fechas de plantación)

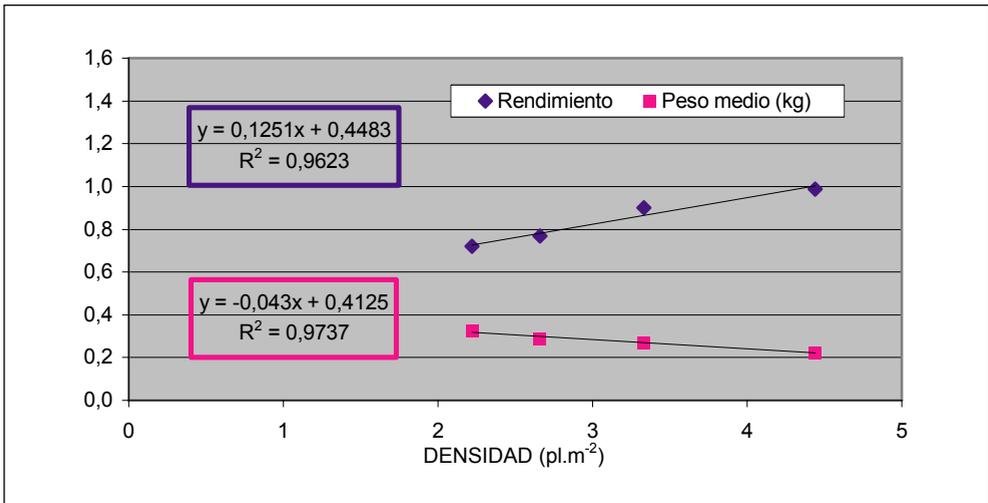


Figura 7. Relación del peso medio con la producción en cada una de las densidades en Parthenon (datos medios de fechas de plantación)

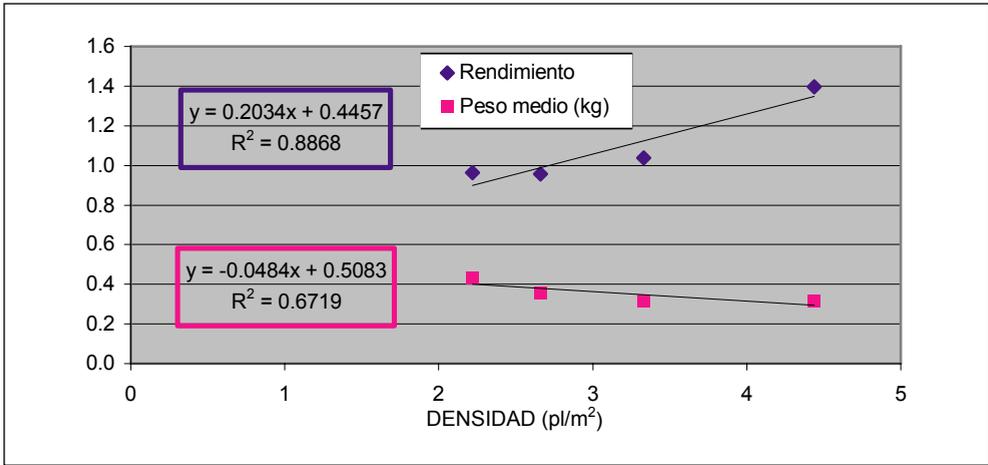


Figura 8. Tiempo hasta el inicio de la recolección en cada una de las fechas de plantación según cultivar y densidad

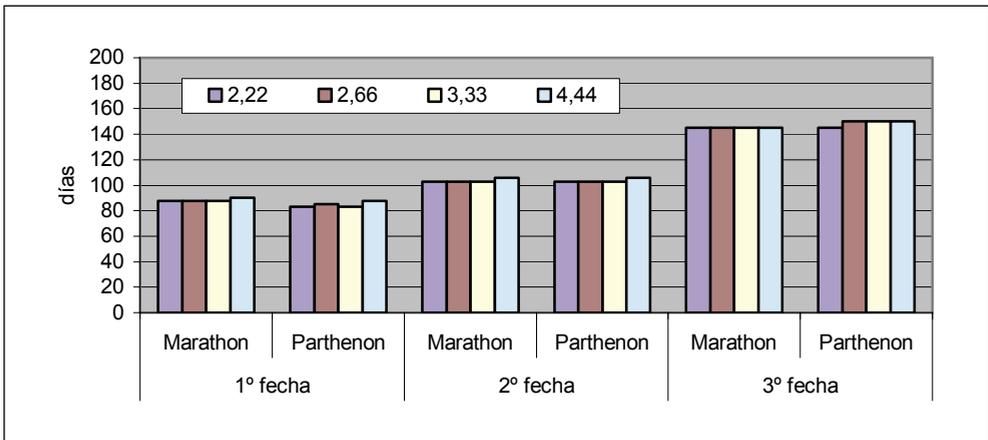


Figura 9. Ciclo ponderado en cada una de las fechas de plantación según cultivar y densidad

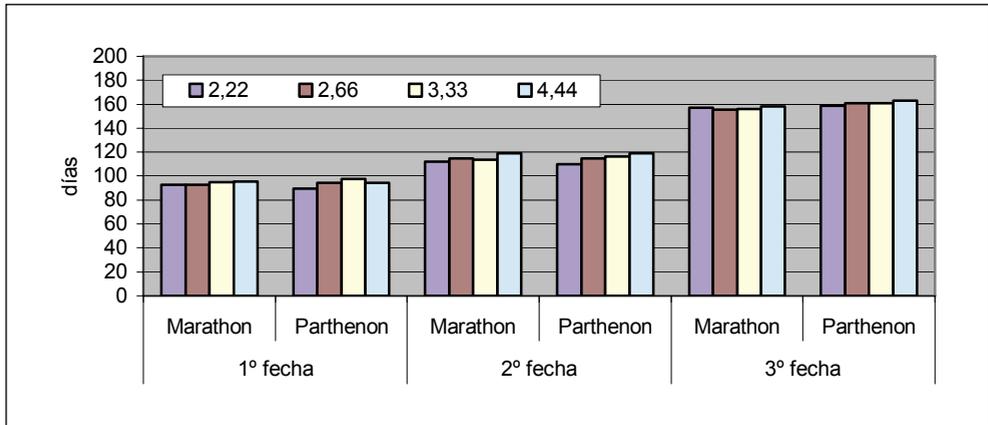
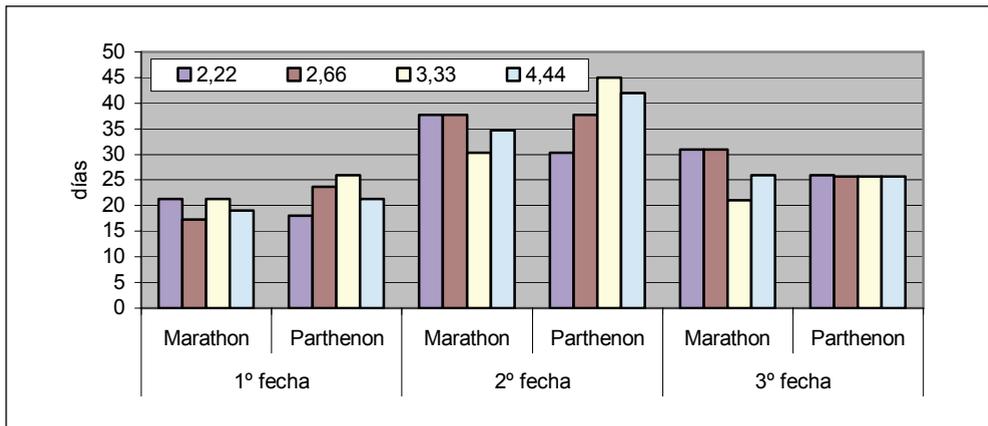


Figura 10. Tiempo de recolección en cada una de las fechas de plantación según cultivar y densidad



5. BIBLIOGRAFÍA

- ANÓNIMO, 2005. www.gobant.gov.co/organismos/scompetividad/posibil-compre/brócoli.doc
- , 2006. Reparto de floretes de brócoli según calibres. Referencia Bonduelle.
- BAIXAULI SORIA, C.; GARCÍA FORT, M. y AGUILAR OLIVERT, J.M. 1998. Cultivo de la Coliflor y Brócoli. Variedades de coliflor, brócoli y romanescu. Caja Rural. Valencia.
- BERNABÉU, J. 2006. Brócoli y coliflor para congelado. Conferencia dentro de las Jornadas de Horticultura de Industria. MAPA.

- HOYOS, 2004. Ensayo de cultivares de brócoli en experimentación hortícola en Castilla-La Mancha. Ensayos realizados en el año 2002 en el Centro de Experimentación agraria de Marchamalo (Guadalajara). Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Pag. 395-399.
- MACUA, J.I.; LAHOZ, I.; CALVILLO, S.; SANTOS, A.; BETELU, F. y RODRÍGUEZ, J.J. 2006. Navarra Agraria. Brócoli para industria. Campaña 2005. Navarra Agraria num. 155: 17-21.
- MAROTO, J.V. 1989. Horticultura herbácea especial. Ed. Mundi-Prensa. 3ª edición. Madrid. Pag 313-329.
- MARTÍN RODRÍGUEZ, J. 2006. Vademécum de variedades hortícolas. Portagrano 2005-2006. Pag 47.
- RAPPAPORT, L. y SACHS, R. 1976. Physiology of cultivated plants. Davis, Univ. of California.
- ROWE FERNÁNDEZ-GAO, J. 2003. Hortalizas intensivas al aire libre: Variedades de Brócoli, Colirábano, Colinabo, Coliflor Romanescu, y Col Roja Lombarda. Red andaluza de experimentación agraria 2002-2003.
- VILLALOBOS, F.J. 2002. Fitotecnia. Bases y tecnologías de la producción agrícola. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. Pag. 157-169.