

Respuesta del granado ‘Mollar’ a la fertilización N-P-K bajo distintos regímenes de riego deficitario controlado

J. Bartual, J. Parra, J.F. García-González
Estación Experimental Agraria de Elche,
03290 Elche, Alicante,
Spain

M.B. Pérez-Gago, L. Palou
Instituto Valenciano de Investigaciones
Agrarias (IVIA),
46113 Moncada, Valencia,
Spain

D.S. Intrigliolo
Centro de Edafología y Biología Aplicada
del Segura (CEBAS/CSIC),
30100 Espinardo, Murcia,
Spain.

Palabras clave: rendimiento, rajado, fertirrigación, eficiencia

Resumen

Son escasos los estudios realizados sobre las prácticas agronómicas y su relación con la producción, alteraciones fisiológicas y composición físico-química del fruto en el granado. En las zonas de clima semiárido, en las que se cultiva principalmente el granado en España, el manejo de la nutrición y el riego son factores determinantes de la calidad del fruto. Asimismo, la relación entre el estado hídrico y nutricional de la planta son factores cruciales de la producción que pueden afectar a dos de las fisiopatías más importantes que afectan a la granada, el golpe de sol y el rajado.

En este trabajo se pretende analizar la respuesta productiva del granado ‘Mollar’ a tres estrategias de riego con dos dosis de abonado N-P-K, estudiando las funciones que relacionan la eficiencia en el uso del agua (EUA) y la producción con el agua y abono recibidos por el cultivo. El trabajo experimental se realizó durante las campañas 2014 y 2015 en una parcela comercial situada en Aspe (Alicante). Respecto a la fertilización, los tratamientos fueron 1) 100% y 2) 50% de la dosis anual recomendada en la zona de estudio de (170)N, (100)P₂O₅ y (205)K₂O kg.ha⁻¹; combinados con tres estrategias de riego 1) Control, regado al 100% de las necesidades hídricas estimadas del cultivo (ET_c), 2) Riego deficitario controlado RDC_{fl} con severas restricciones (riego del 25% del Control) durante el periodo de floración-cuajado y 3) RDC_{mad}, en las que la restricción severa (riego del 25% respecto al Control) se aplicó durante la última fase de desarrollo del fruto y la maduración.

Las estrategias de riego y fertilización mostraron efectos de interacción significativa en la producción por árbol, peso medio del fruto y porcentaje de frutos con daños por rajado. Resultados preliminares parecen demostrar que la aplicación de la dosis menor de fertilización no tiene efectos negativos significativos en los aspectos productivos estudiados. El empleo del RDI_{fl} mejoró la eficiencia productiva por árbol y redujo la afección por rajado.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el cultivo del granado (*Punica granatum* L.) se encuentra en fase de expansión, principalmente en países de zonas subtropicales. El granado es una especie frutal introducida en la Península Ibérica por los fenicios entre el siglo IV y VI a.n.e. En España, con una producción en torno a 60.000 t anuales, su cultivo se concentra principalmente en la franja meridional y oriental, donde tradicionalmente el granado se ha considerado un frutal menor. El interés despertado por el cultivo del granado en la última década se debe fundamentalmente al consumo por las propiedades de sus componentes para la salud. En la última década, en la mayoría de las explotaciones de las principales zonas productoras españolas de granado se ha producido la reconversión del riego de superficie por inundación a riego por goteo. En las zonas de clima semi-árido, en las que se cultiva principalmente el granado en España, el manejo de la nutrición y el riego son factores determinantes en la calidad del fruto. A pesar de ello, son escasos los estudios realizados sobre las prácticas agronómicas (como riego y fertilización) y su relación con la producción, alteraciones fisiológicas y composición físico-química del fruto.

La optimización de la fertirrigación puede suponer una mejora desde el punto de vista medio-ambiental y empleo sostenible de los recursos naturales. Además, la mejora de la eficiencia en el uso del agua (EUA) y la eficiencia en el uso de los abonos N-P-K (EUN, EUP, EUK) también debe tenerse en cuenta en relación a la rentabilidad del cultivo, puesto que los fertilizantes y el agua de riego suponen de media el 16 y el 15 % de los costes de cultivo, respectivamente (Fernandez-Zamudio et al., 2014).

Las relaciones entre el estado hídrico y nutricional de la planta también son factores cruciales de la producción que pueden afectar a dos de las fisiopatías más importantes que afectan a la granada, el golpe de sol y el rajado (Bartual y Valdés, 2011).. Los daños por rajado en la granada están directamente relacionados con la variedad, las condiciones ambientales, el momento de recolección, el manejo del riego y los parámetros nutricionales (Holland, 2008). Así pues, aunque los factores externos que afectan al golpe de sol o albardado son la radiación, la temperatura y la humedad (Yaziki y Karnak, 2008), también es importante en los daños producidos por las alteraciones fisiológicas el efecto de protección de las ramas de la copa del árbol que están directamente relacionados con el estado nutricional y el crecimiento de la planta. En la variedad 'Mollar', el porcentaje medio de frutos rajados se sitúa entre el 5 y el 20 %, y aunque ocurre en algunos frutos inmaduros, la afección es mucho mayor en los estadios del fruto más próximos a la madurez comercial. Diversos estudios han demostrado la relación que puede tener el manejo de riego y la nutrición en la composición del zumo o en las alteraciones por fisiopatías más importantes del granado (Laribi et al., 2012; Bartual et al, 2014).

En este trabajo, se aborda el estudio de los efectos de la fertilización N-P-K bajo diferentes estrategias de riego deficitario controlado en crecimiento, la producción y las fisiopatías más importantes del granado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para analizar la respuesta en rendimiento del granado a diferentes manejos de la fertirrigación se ha estudiado el volumen de copa, el desarrollo del fruto, la producción (peso, número de frutos y diámetro de fruto) y el número y peso de frutos rajados. El diseño experimental utilizado se compone de 6 tratamientos (T1 a T6), que combinan tres estrategias de riego con dos dosis de abonado N-P-K. Cada parcela elemental está

formada por un bloque de 8 árboles y hay 4 repeticiones por tratamiento (288 árboles en total).

El trabajo experimental se realizó durante las campañas 2014 y 2015 en una parcela comercial de granado 'Mollar' situada en Aspe (Alicante), de trece años de edad, injertados sobre pie borde, a un marco de plantación de 5,0 x 3,5 m. Los tratamientos de fertirrigación fueron para el abonado 1) 100% y 2) 50% de la dosis anual de fertilizantes recomendada en la zona de estudio de (170)N, (100)P₂O₅ y (205)K₂O kg.ha⁻¹; con tres estrategias de riego 1) Control, donde la dosis de riego aplicada programada fue aquella necesaria para remplazar el 100 % de la ETc, 2) Riego deficitario controlado, RDC_{flo} con severas restricciones (riego del 25% del Control) durante el periodo de floración-cuajado y 3) RDC_{mad}, en las que la restricción severa (riego del 25% respecto al Control) se aplicó durante la última fase de desarrollo del fruto y la maduración. Durante el resto del año ambos tratamientos de RDC se regaron al 100% de la ETc. Para obtener la dosis y cantidad de riegos semanales para cada parcela se emplearon los datos de la evapotranspiración de referencia (ET_o) obtenidos de una estación agrometeorológica cercana a la parcela (Crevillente) y un coeficiente de cultivo en función del estado fenológico (Kc) obtenido en estudios experimentales previos realizados durante más de cuatro años (Intrigliolo et al., 2011a). El volumen de riego aplicado fue de 4.175 y 4.523 m³.ha⁻¹ en 2014 y 2015 respectivamente para el Control.

Inicialmente, anterior a la puesta en marcha de los tratamientos ensayados, se ha realizado el muestreo del suelo de las 24 subparcelas del ensayo (6 bloques x 4 repeticiones) a profundidad de 0-30 cm y 30-60 cm. Los valores medios obtenidos de la textura han sido de 29,49% de arcilla, 35,93% de limo y 34,58% de arena. El suelo al comienzo del ensayo, mostró valores habituales en la zona de cultivo del granado, con los siguientes resultados medios: pH 8,55 y CE 3,94 dS·m⁻¹ (extracto de saturación), 1,06% contenido de materia orgánica, 41,6% de carbonatos; 9,48% de caliza activa y 9,79 relación C/N. La composición media en cationes (extracto acetato) ha sido de 21,6 meq.100g⁻¹ de Ca⁺⁺, 5,5 meq.100g⁻¹ de Mg⁺⁺, 2,79 meq.100g⁻¹ de Na⁺ y 0,6 meq.100g⁻¹ de K⁺ y el contenido medio de P de 31,18 ppm (método Olsen). Los análisis de suelos se realizaron siguiendo los métodos oficiales (MAPA, 1994).

La fórmula utilizada para el volumen de copa de los árboles objeto de estudio es la correspondiente a la del volumen de un elipsoide: Volumen de copa [m³] = 4/3 · π · (Altura [m] / 2) · (Diámetro 1 [m] / 2) · (Diámetro 2 [m] / 2). El crecimiento del fruto se midió semanalmente con un calibre digital (mod. 500, Mitutoyo), sobre una muestra de 60 frutos por tratamiento, obteniéndose la media de dos medidas en la parte central.

Para el estudio estadístico de los resultados se ha realizado el Test ANOVA, con el programa STATGRAPHICS 5.1. Los valores en porcentajes fueron normalizados previamente al análisis de la varianza mediante la transformación angular y=arcsen x. Los análisis estadísticos se realizaron sobre los datos en los factores bloque, riego y abono, así como las interacciones entre estos dos últimos. Las variables de los tratamientos que resultaron significativas fueron sometidas a un análisis de comparación de medias (Test LSD al 95%)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los **Cuadros 1 y 2** muestran las producciones medias en kg por árbol que se obtuvieron en los distintos tratamientos. La recolección, una vez alcanzado el punto de madurez comercial de la fruta, se realizó el 15 de octubre en 2014 y el 22 de octubre en

2015. El manejo del riego deficitario controlado supuso un ahorro medio en el consumo de agua de riego respecto al Control del 13% en el RDC_{flo} y del 15% en el RDC_{mad} .

La interacción entre las variables “riego” y “fertilización” fue significativa en lo que se refiere a la producción por árbol, peso medio del fruto y porcentaje de frutos con daños por rajado. La producción obtenida por árbol osciló en el rango de 37,81 a 48,29 kg en 2014 y de 58,45 a 68,70 kg en 2015; correspondiendo los valores menores al T2 (100% abono y RDC_{flo}) y no obteniéndose diferencias significativas entre el resto de los tratamientos del ensayo. Los resultados ponen de manifiesto la interacción de los factores abonado y riego. En concreto, podemos significar las diferencias en producción obtenidas en el RDC_{flo} con el T2 (100% N-P-K) respecto al T5 (50% N-P-K) en las dos campañas del estudio. Los resultados muestran que la diferencia en $\text{kg}\cdot\text{arbol}^{-1}$ observada se debe principalmente al menor número de frutos cuajados que quedan en el árbol en el T2, pero también al menor peso medio del fruto. En cambio, la producción total no mostró diferencias significativas entre los tratamientos de 100% y 50% de abono, con el manejo del riego control y RDC_{mad} .

Desde el punto de vista de la producción, dado que en los dos primeros años del trabajo el abonado con la dosis al 50%, con aportaciones de (95)N-(50)P₂O₅-(102)K₂O no mostró diferencias significativas respecto a la dosis al 100%; nos conduce a pensar de forma preliminar, que las dosis de fertilizantes en N-P-K que necesita el granado son inferiores a las empleadas en la zona, y también son inferiores a las recomendadas de (200)N, (60)P₂O₅ and (300)K₂O $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ en Israel (Holland, 2009). Dichas conclusiones serán corroboradas a lo largo de la campaña 2016 en la que se está también realizando el ensayo con los mismos tratamientos experimentales.

El número de frutos por árbol fue también inferior en el T2, con valores de 116 (frente a los 136 del T6) y 176,08 (frente a 197 del T3) en 2014 y 2015, respectivamente. Del mismo modo, la mayor productividad por árbol en todos los tratamientos de la campaña 2015 respecto a la de 2014, está relacionada con el mayor número de frutos en el árbol en la recolección.

El peso medio de los frutos, se encuentra en el rango normal para la variedad ‘Mollar’ desde 331,41 a 367,02 g para el T2 y el T1, respectivamente; correspondiendo los valores mínimo y máximo al 2014. Asimismo, el peso medio del fruto obtenido con el tratamiento T1 (100% N-P-K y riego control) fue el mayor en las dos campañas, no observándose diferencias significativas en el peso medio del fruto entre campañas.

Los datos obtenidos de crecimiento semanal del diámetro de los frutos en 2015 se muestran en la **Figura 1**. Comienzan el 29 de junio con 49,2 mm de diámetro de media, momento en que los frutos están recién cuajados e iniciando el crecimiento, estadio 71 de la esca BBCH, y finalizan el 22 de octubre, en el estadio 89 de la escala BBCH, en madurez de consumo, con 93,23 mm de media.. Los tratamientos de RDC en maduración, redujeron el crecimiento en el diámetro del fruto durante la última fase de maduración, no observándose diferencias significativas en la recolección.

El volumen de copa (datos no mostrados) fue inferior en los tratamientos de RDC_{flo} , observándose diferencias en las dos campañas del estudio. Así, el T5 (RDI_{flo} y 50% abono) fue el que mostró la mayor eficiencia productiva por volumen de copa, de 3,99 y 4,66 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$, en 2014 y 2015 respectivamente. La hipótesis que puede explicar este efecto es que partiendo de que el riego y fertilización actúan sobre el crecimiento vegetativo, en estos tratamientos la planta sometida al estrés hídrico en floración-cuajado, reduce el crecimiento de la brotación de primavera y por ello afecta a la competencia en nutrientes creada entre el desarrollo de los brotes y los frutos recién cuajados.

La eficiencia en el uso del agua (EUA) fue mayor para el tratamiento T5 de 50% de abono y RDC_{mad} en 2014 y para el tratamiento de 50% de abono y RDC_{flo} en 2015 con 8,21 y 9,54 $kg.m^{-3}$ de agua, respectivamente. La mayor eficiencia en el uso del nitrógeno correspondió también al T5 (366,6 $kg.UF^{-1}$); un rendimiento 59% superior al Control (T1) en 2015.(datos no mostrados).

En cuanto al número de frutos rajados **Cuadros 3 y 4**, se observaron diferencias significativas entre campañas, correspondiendo los valores más altos a la campaña 2015, hecho predecible, pues la recolección fue más tardía. Se observa un efecto del riego y de la fertilización, dado que el RDC en maduración, produce los porcentajes de frutos rajados mayores y el RDC_{flo} los menores. Estos efectos podrían deberse a la salinidad o estrés hídrico en la planta en el momento inicial de crecimiento del fruto, si bien, es necesario profundizar en la interacción entre salinidad y nutrición mineral que se produce, ya que como describe Fageria (2011) esta interacción es muy compleja porque está influenciada por la edad de la planta, la composición y nivel de salinidad, concentración de nutrientes en el sustrato y las condiciones climáticas.

Los resultados presentados, junto a los que se obtengan en las próximas campañas, pretenden contribuir a la caracterización del estado nutricional y manejo del riego en la granada 'Mollar'. El estudio de los contenidos foliares de nutrientes en relación a los del suelo y a los resultados de producción y calidad de la granada permitirán perfeccionar el diagnóstico, estableciendo unas pautas aconsejadas del manejo de la fertirrigación.

CONCLUSIONES

La aplicación del RDC en floración-cuajado supone una reducción del aporte de agua además de aumentar la eficiencia productiva por árbol. Resultados preliminares parecen demostrar que la aplicación de la dosis menor de fertilización no tiene efectos negativos significativos en los aspectos productivos estudiados. Los resultados preliminares muestran que la dosis de abonado del 50% N-P-K combinada con el RDC en el periodo de floración-cuajado parece la opción más interesante desde el punto de vista de la producción dado que además permite disminuir el número de frutos rajados.

Agradecimientos

Este proyecto ha sido financiado con fondos del proyecto INIA-FEDER RTA2012-00109-00-00 y del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias a través del "Proyecto Integral Granado". Agradecer también a M. Ortiz y D. Guerra por colaborar en las labores de toma de datos de campo y análisis de laboratorio.

Referencias

- Bartual, J., Valdés, G. 2011. El granado: situación actual, problemas y perspectivas de su cultivo en la Comunidad Valenciana. *Agricultura y Cooperación* 316: 24-27.
- Bartual, J., Pérez-Gago, M. B., Pomares, F., Palou, L., and Intrigliolo, D. S. 2014. Nutrient status and irrigation management affect anthocyanins in 'Mollar de Elche' pomegranate. *Acta Hort.IHC2014: VI* 1106 (pp. 85-92).
- Fageria, N. K., Gheyi H. R. and Moreira A. 2011. Nutrient bioavailability in salt affected soils. *Journal of Plant Nutrition*, 34:7, 945-962.
- Fernández-Zamudio M.A, Bartual J. y de Miguel M.D. 2014. Análisis de los costes de producción del cultivo del granado español. *Vida Rural*, N° 388, 2014, p. 71-75.

- Holland, D., Hatib, K., Bar-Ya'akov, I. 2009. Pomegranate: botany, horticulture, breeding. In: Janick, J. (Ed.), Horticultural Reviews, vol. 35. John Wiley and Sons, New Jersey, pp. 127–191.
- Intrigliolo, D.S., Nicolas, E., Bonet, L., Ferrer, P., Alarcón, J.J., Bartual, J., 2011a. Water relations of field grown pomegranate trees (*Punica granatum*) under different drip irrigation regimes. *Agric. Water Manag.* 98, 691–696.
- Laribi, A.I., Palou, L., Intrigliolo, D.S., Nortes, P.A., Rojas-Argudo, C., Taberner, V., Bartual, J. and Pérez-Gago, M.B. 2013. Effect of sustained and regulated deficit irrigation on fruit quality of pomegranate cv. 'Mollar de Elche' at harvest and during cold storage. *Agric. Water Manage.* 125:61-70.
- MAPA, 1994. Métodos oficiales de análisis, vol. 3. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España.
- Yazici, K., Kaynak, L. 2009b. Effects of air temperature, relative humidity and solar radiation on fruit surface temperatures and sunburn damage in pomegranate (*Punica granatum* L. cv. Hicaznar). *Acta Horticulturae* 818: 181-186.

Cuadros

Cuadro 1. Producción, número de frutos y peso medio del fruto de diferentes tratamientos de fertirrigación en granado durante 2014.

Tratamiento	Riego	Abonado	Producción (kg/árbol)	Número de frutos (n frutos/árbol)	Peso medio del fruto (g)
T1	Control	100%	43,5 ± 1,8 b	119,6 ± 5,2 ab	367,0 ± 8,2 c
T2	RDC _{Flo}	100%	37,8 ± 1,7 a	115,7 ± 6,1 a	331,4 ± 5,1 a
T3	RDC _{Mad}	100%	46,5 ± 1,8 b	133,7 ± 4,9 b	349,4 ± 7,1 bc
T4	Control	50%	43,2 ± 2,4 b	126,7 ± 6,5 b	340,8 ± 7,2 abc
T5	RDC _{Flo}	50%	43,1 ± 1,5 b	128,8 ± 4,8 b	337,7 ± 6,7 ab
T6	RDC _{Mad}	50%	48,2 ± 2,4 b	136,6 ± 4,8 b	353,5 ± 11,2bc

Valor medio ± error estándar. Las mismas letras indican resultados no estadísticamente diferentes (Test LSD, p<0.5)

Cuadro 2. Producción, número de frutos y peso medio del fruto de diferentes tratamientos de fertirrigación en granado durante 2015.

Tratamiento	Riego	Abonado	Producción (kg/árbol)	Número de frutos (n frutos/árbol)	Peso medio del fruto (g)
T1	Control	100%	68,5 ± 2,1 b	193,7 ± 6,8 ab	356,5 ± 6,3 b
T2	RDC Flo	100%	58,4 ± 2,1 a	176,0 ± 7,0 a	336,0 ± 8,4 a
T3	RDC Mad	100%	68,0 ± 2,1 b	197,1 ± 6,1 b	350,2 ± 5,7 b
T4	Control	50%	65,8 ± 2,8 b	190,4 ± 8,3 b	347,0 ± 5,4 ab
T5	RDC Flo	50%	66,7 ± 1,9 b	192,0 ± 1,8 b	352,5 ± 6,4 b
T6	RDC Mad	50%	63,7 ± 1,7 b	186,3 ± 5,6 ab	344,8 ± 6,5 ab

Valor medio ± error estándar. Las mismas letras indican resultados no estadísticamente diferentes (Test LSD, p<0.5)

Cuadro 3. Peso medio de frutos rajados por árbol, número de frutos y porcentaje de rajados respecto al número de frutos totales por árbol de diferentes tratamientos de fertirrigación en granado durante 2014.

Tratamiento	Peso frutos rajados (kg/árbol)	N. frutos rajados (frutos/árbol)	Porcentaje frutos rajados (%)
T1	2,0 ± 0,4 ab	5,6 ± 1,2 ab	4,2 ± 0,7 ab
T2	1,6 ± 0,3 a	5,0 ± 1,0 a	3,8 ± 0,7 a
T3	2,6 ± 0,3 b	7,6 ± 0,8 b	5,6 ± 0,6 b
T4	1,8 ± 0,4 ab	5,2 ± 1,0 ab	3,6 ± 0,6 ab
T5	1,7 ± 0,3 ab	5,2 ± 1,0 ab	3,9 ± 0,7 ab
T6	2,8 ± 0,6 b	8,2 ± 1,7 b	5,3 ± 1,0 b

Valor medio ± error estándar. Las mismas letras indican resultados no estadísticamente diferentes (Test LSD, p<0.5)

Cuadro 4. Peso medio frutos rajados por árbol, número de frutos y porcentaje de rajados respecto al número de frutos totales por árbol de diferentes tratamientos de fertirrigación en granado durante 2015.

Tratamiento	Peso frutos rajados (kg/árbol)	N. frutos rajados (frutos/árbol)	Porcentaje frutos rajados (%)
T1	13,6 ± 2,0 cde	38,2 ± 5,5 cd	18,6 ± 2,5 cd
T2	5,2 ± 0,8 a	15,4 ± 2,4 a	8,3 ± 1,1 a
T3	18,8 ± 2,0 e	54,2 ± 6,1 d	27,1 ± 2,8 e
T4	9,3 ± 1,4 bc	26,8 ± 4,1 bc	13,7 ± 2,2 bc
T5	7,0 ± 0,6 ab	20,3 ± 1,9 ab	10,8 ± 1,0 ab
T6	14,1 ± 2,1 d	41,7 ± 6,5 d	21,3 ± 2,9 de

Valor medio ± error estándar. Las mismas letras indican resultados no estadísticamente diferentes (Test LSD, p<0.5)

Figuras

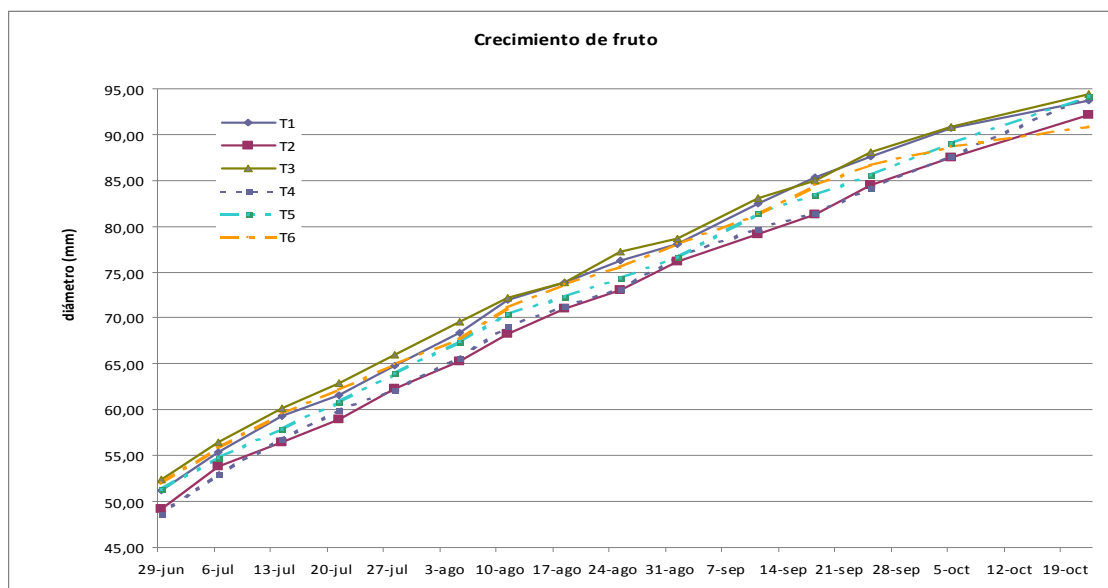


Figura 1. Diámetro de fruto de diferentes tratamientos de fertirrigación en granado durante 2015. La flecha indica el inicio del RDC en maduración. La barra muestra el error estándar.