

# **CONSUMO DE NUTRIENTES EN UN CULTIVO SIN SUELO EN SISTEMA ABIERTO DE PICÓN DE TOMATE DE EXPORTACIÓN EN TENERIFE. RESULTADOS DEL PRIMER AÑO EXPERIMENTAL**

**BELARMINO SANTOS COELLO**

Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural. Cabildo Insular de Tenerife (Canarias)

**DOMINGO RÍOS MESA, YAIZA GONZÁLEZ MARTÍNEZ**

Departamento de Economía, Ingeniería y Producción Agraria. Universidad de La Laguna (Canarias)

**JOSÉ LUIS CRUZ GARCÍA**

Laboratorio I+D. Canarias Explosivos, S.A.

## **RESUMEN**

El cultivo sin suelo aparece como una de las alternativas para optimizar los beneficios en condiciones en que el suelo natural supone un limitante para el cultivo. En Canarias el cultivo del tomate es el cultivo con mayor importancia económica después del plátano, encontrándose en la mayoría de los casos bajo cubierta de malla. Con este trabajo se pretende conocer el comportamiento nutricional del cultivo del tomate hidropónico en invernadero de malla y la influencia de la nutrición sobre el cultivo del tomate y el manejo de la misma en el cultivo sin suelo en sustrato de picón. En el 1.<sup>er</sup> año se ha intentado comprobar en condiciones controladas la absorción de agua y nutrientes por un cultivo comercial de tomate de exportación en Tenerife (cv. Doroty injertado sobre Maxifort) cultivado en picón grueso utilizado 4 campañas. Para ello se determinaron semanalmente el consumo de agua y se analizaron tanto las soluciones de entrada como de drenaje. De forma mensual se realizaron análisis foliares. Se observaron dos patrones de comportamiento: uno del nitrato, fosfato, calcio y potasio, y otro de sodio, magnesio, sulfato y cloruro. El calcio del drenaje estuvo en prácticamente todo el período en concentraciones más bajas que las de entrada. La concentración de P fue muy baja a lo largo del período considerado, probablemente debido al alto pH inicial de los drenajes y a la retención por parte del picón. La eficiencia de absorción de nutrientes en el período considerado fue del 59%(N), 78%(P) y 61% (K).

## INTRODUCCIÓN

El tomate se muestra como un cultivo con una gran capacidad de absorción selectiva de iones de soluciones nutritivas (Steiner, 1988). Las concentraciones de soluciones nutritivas varían de una zona a otra, a veces en valores importantes, por ejemplo de hasta un 50% en los aportes de nitrógeno (Sonnenveld y Straver, 1994; Peet y Welles, 2005). Estos cambios se deben, además del sustrato, fundamentalmente a las condiciones agroclimáticas, sobre todo a la radiación (Peet y Welles, 2005) y a las características del agua de riego.

Canarias es, probablemente, la comunidad autónoma de España donde los precios del agua sean más caros. Por otra parte, tanto las normativas de producción controlada (UNE 155001) como las de Producción Integrada exigen un control de la fertirrigación.

Por último, alguna de las zonas declaradas como vulnerables a la contaminación por nitratos en Canarias es la de los municipios de Telde y San Nicolás de Tolentino (Gran Canaria) (BOC n.º 149 de 13-11-2000), con una superficie importante de tomate de exportación. Esto también hace que sea importante ajustar la fertirrigación para disminuir los aportes de fertilizantes a los acuíferos.

El picón es un sustrato natural, abundante en Canarias, muy aireado pero con poca retención de agua, con una cierta capacidad de interactuar con el sustrato. Actualmente, se estima que el sustrato utilizado entre un 30 y un 50% del total de cultivos sin suelo en Canarias (Santos *et al.*, 2000, Hernández *et al.*, 2005).

Por esto, se ha comenzado a trabajar, junto con el ICIA, en el ajuste de la formulación de soluciones nutritivas para tomate de exportación en picón en las condiciones agroclimáticas de Canarias. En este trabajo se presentan los resultados preliminares del 1.º año experimental.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en una explotación comercial de tomate de exportación, en El Tagoro, municipio de Arico, en la zona productora de Tenerife, a una altura de 107 msnm. La experiencia se llevó a cabo en un invernadero de malla de 6.052 m<sup>2</sup> de tipo parral de techo plano. En el techo había una malla monofilamento de PE de 10 × 14 hilos/cm<sup>2</sup>, mientras que la de los laterales era de tipo mixto.

El sustrato utilizado fue picón negro grueso (más del 90% de partículas más gruesas de 1 mm) utilizado ininterrumpidamente durante 4 años, en contenedores plásticos de 21 litros, con 10 cm de altura útil. Las características de este tipo de picón, sin usar, se presentan en la tabla 1.

Se plantó el cultivar Doroty injertado sobre Maxifort, en tacos de lana de roca de 6 × 6 × 7 cm directamente sobre el picón el 21 de septiembre de 2005 a una densidad de 2,5 tallos/m<sup>2</sup> (2 guías por planta). Las labores de cultivo y los tratamientos fitosanitarios fueron los normales en la finca, encuadrada dentro de las normas de producción controlada AENOR UNE 155001.

Se utilizó un sistema de riego por goteo con 1 emisor autocompensante antidrenante de 3 l/h por planta y un cabezal de riego automático con control de fertirrigación por consigna de pH y CE. En la tabla 2 se reflejan las tres soluciones nutritivas utilizadas a lo largo del ensayo.

Se colocaron 3 estaciones donde se recogía la solución nutritiva y el drenaje. Cada estación recogía la solución fresca de 2 emisores y el drenaje de 2 contenedores (8 ta-

llos). Semanalmente se midieron los volúmenes y se analizaron macroelementos (nitratos, amonio, fosfatos, sulfatos y cloruros, potasio, calcio, magnesio y sodio). Mensualmente se realizó un análisis foliar completo (macro y microelementos) también por triplicado. Las mediciones comenzaron el 25 de octubre de 2005 y se dieron por finalizadas el 4 de abril de 2006.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### CE y pH

La CE del aporte se mantuvo relativamente constante a lo largo de la experiencia, en torno a 2,8 dS/m (figura 1). La CE del drenaje se mantuvo bastante cercana a la del aporte, salvo al comienzo y al final del período estudiado, por los altos valores de drenaje aplicados.

El pH de aporte se mantuvo en valores entre 6,5 y 7,0, lo que puede ser debido al alto contenido inicial de bicarbonatos del agua que produce un efecto «rebote». El drenaje comenzó con valores muy altos, hasta los 90 días, estabilizándose a partir de entonces en 1 unidad por encima del aporte (figura 2).

### Nitrógeno

Se observa que los aportes de nitratos estuvieron entre 11 y 15 mmol/l durante el período considerado (figura 3). Aparentemente el menor consumo se produjo entre los 50 y los 100 días, cuando el drenaje superó ampliamente al aporte. Antes de los 50 días, el consumo fue muy alto, con mucho menos N en drenaje que en aporte, en consonancia con los resultados de Voogt (1993). El consumo de la planta se mantuvo aparentemente en 12 mmol/l, ya que cuando se superaba este nivel en el aporte, la concentración en el drenaje superaba a la de la solución nutritiva fresca. Se observaron variaciones relativamente frecuentes a lo largo del período considerado.

Los contenidos de nitrógeno foliar estuvieron dentro de la parte más alta del rango óptimo según Casas y Casas (1999) (3,5-5,0%), lo que refleja una buena nutrición nitrogenada en todo el período, incluso en invierno.

La eficiencia de uso de N en el período considerado fue muy similar a la del agua (60% aproximadamente), estando dentro de los valores normales en otras experiencias (Rincón *et al.*, 2005).

### Potasio

El potasio en aporte se movió entre 6 y 8 mmol/l (ver figura 4). Durante todo el cultivo, salvo de los 150 a los 180 días, el nivel en el drenaje estuvo por debajo del aporte, aunque muy cercano, salvo desde los 30 a los 60 días, por lo que se podrían considerar buenos.

La absorción de K mediante la relación entre el K aportado y el drenaje coincidió con lo presentado por Voogt (1993), con una alta demanda en el entorno de los 100 días (máxima carga de fruta), luego una bajada para volver a aumentar al final del ciclo.

Los niveles foliares de potasio estuvieron dentro de lo normal en todo el período considerado (3,5-5,5%), con una buena relación con respecto al potasio aportado (relaciones N/K ligeramente superiores a 1 al principio del cultivo y en bajada y ligeramente inferiores en plena maduración).

La eficiencia de uso de K en el período considerado fue muy similar a la del agua y a la del N (60% aproximadamente), estando dentro de los valores normales en otras experiencias (Rincón *et al.*, 2005).

## **Fósforo**

En lo referente al fosfato aportado se movió en niveles altos entre 1,5 y 2,5 mmol/l como suele ser normal cuando se trabaja con picón, un sustrato que tiende a retener este anión. Se observa bien este comportamiento en la figura 5. Durante todo el período la concentración en el drenaje fue inferior a la del aporte, sobre todo al principio del cultivo. Este comportamiento hasta los 90 días coincidió con pH en el drenaje alcalinos. Sin embargo, los niveles de P foliar en esos momentos estuvieron incluso por encima de los valores óptimos (0,3-0,7%, Casas y Casas, 1999) lo que parece indicar que este sustrato, aunque retenga fosfatos, lo hace de forma que siguen siendo disponibles para la planta. Esta retención también tampona los cambios en la solución nutritiva durante el cultivo, dejando valores entre 1 y 1,5 mmol/l en drenaje. El período hasta los 80 días es cuando más P absorbe la planta (Voogt, 1993). Durante el resto del cultivo los niveles foliares estuvieron dentro del rango óptimo antes señalado.

La eficiencia de uso del fósforo fue bastante alta, 78%, de la misma forma que otras experiencias (Rincón *et al.*, 2005). La retención de P por el sustrato pudo influir en la alta eficiencia conseguida.

## **Calcio**

El calcio, en contra de lo esperado como ión divalente (Magán, 2000), pareció no concentrarse en los drenajes, aunque las concentraciones de aporte fueron relativamente altas (figura 6). Una posible explicación de este hecho podría ser que la relativamente alta concentración de fósforo podría estar haciendo precipitar calcio en el sustrato que no fue recogido en el drenaje (Magán *et al.*, 2000). Por otra parte, Voogt (1993) también encontró problemas al determinar la absorción de calcio por este método, achacándolo a posibles precipitaciones en el drenaje.

Aunque los niveles foliares encontrados (1,4-1,9%) estuvieron por debajo de los rangos normales según Casas y Casas (1999) (1,8-3,5%), son bastante altos para lo normal en Tenerife. Siempre se han observado niveles relativamente bajos de calcio foliar en analíticas de tomate en Tenerife debido a la competencia con los altos niveles de magnesio y sodio del agua, estando normalmente por debajo del 1,3%. Durante todo el período medido, los niveles foliares estuvieron muy por encima de este último valor. No se observó presencia en ningún caso de necrosis apical, aunque las condiciones climáticas de esta campaña no fueron favorables para esta fisiopatía.

## **Magnesio**

El magnesio, como suele ser normal se concentró en los drenajes, sobre todo al principio y al final del cultivo (figura 7). Desde los 80 hasta los 180 días se mantuvo aproximadamente 1 punto por encima de los niveles de aporte, aunque a los 97 y 153 días, con drenajes muy altos, prácticamente las concentraciones se igualaron. Hay que recordar que todo el magnesio aportado provenía del agua de riego.

Los niveles foliares de magnesio durante todo el período siguieron en niveles dentro de los normales (0,4-0,8% Casas y Casas, 1999). Sin embargo, en Tenerife, con aguas con altos valores de Mg, los niveles suelen ser algo superiores (0,6-1,0%). Las altas concentraciones de calcio y sodio pudieron influir en estas concentraciones relativamente bajas. Aunque no se mostraron deficiencias visuales, las bajas temperaturas durante el ensayo pudieron influir en la relativamente baja absorción de magnesio

## **Sodio, cloruros y sulfatos**

En cuanto al resto de elementos analizados, se observó una pauta de comportamiento muy similar a la del magnesio, con una concentración alta en drenajes al principio y al final de la experiencia, cuando los drenajes fueron ligeramente menores (figura 8). El comportamiento tuvo la misma tónica que la CE de drenaje, debido a sus bajas absorciones por parte del cultivo. La concentración en los drenajes llegó a un 200-300% en esos momentos en los elementos estudiados, bajando a un 150-200% en el período intermedio, correspondiendo la mayor concentración a los sulfatos y el sodio (menos absorbidos por la planta) y la menor de cloruros (más absorbidos por la planta). Es de interés, que aunque se aportó un 20% del calcio como cloruro cálcico, llegando a 5-6 mmol/l de cloruros totales, nunca se superó el nivel máximo de 20 mmol/l establecido por Casas y Casas (1999).

## **CONCLUSIONES**

En este 1.<sup>er</sup> año experimental se ha puesto en marcha el ajuste de la solución nutritiva para las condiciones de cultivo de tomate en Canarias, utilizando como sustrato, picón. Según el patrón de absorción de iones, éstos se agruparon en dos grupos: nitrógeno, fósforo, potasio y calcio, por una parte, y de magnesio, sulfatos, cloruros y sodio por otra.

Se puede destacar la retención apreciable de Ca y de P por el sistema, aunque lleve ya 4 años regándose con soluciones nutritivas. Sin embargo, el P retenido parece estar disponible para la planta por los excelentes niveles foliares. En lo referente al calcio, no está claro el porqué de las bajas concentraciones en los drenajes, debidas a la CIC del picón o a la precipitación con el fósforo.

En el 2.<sup>o</sup> año experimental se pretende introducir un testigo con un sustrato inerte (perlita gruesa, con las características físicas más parecidas posibles al picón utilizado) para intentar separar la retención del picón de la absorción por la planta, aumentar el período de toma de datos, tomando datos desde el mismo trasplante y comenzar a integrar estos datos con medidas de la planta.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado con el apoyo de la empresa Canarias Explosivos, S.A. La experiencia se llevó a cabo en la finca «El Tagoro» de la SAT Acevedo Reid. Los autores quieren agradecer al propietario, Manuel Jesús Acevedo, al técnico, Manuel Sánchez García, y al resto del personal de la finca la colaboración prestada.

## BIBLIOGRAFÍA

- CASAS, A.; CASAS, E. 1999. Análisis de suelo-agua-planta y su aplicación en la nutrición de cultivos hortícolas en la zona peninsular. 2.<sup>a</sup> ed. Caja Rural de Almería. Almería. 249 p.
- HERNÁNDEZ, C.D., SOCORRO, A.R., CID, M.C.; SANTOS, B. y RÍOS, D. 2005. Effects of preplant phosphoric acid treatment on P retention of tuffs of Canary Islands. *Acta Hort.*, 697: 499-503.
- MAGÁN, J.J., MORENO, N., MECA, D. y CÁNOVAS, F. 2000. Comportamiento nutricional de un cultivo de tomate sobre lana de roca en sistema cerrado. *Actas de Horticultura*, 32: 155-164.
- PEET, M.M y WELLES, G. 2005. Greenhouse tomato production. p. 257-304 En Heuvelink, E. (Ed). *Tomatoes*. Cabi Publishing. Londres. 339 p.
- RINCÓN, L., PÉREZ, A., ABADÍA, A. y PELLICER, C. 2005. Yield, water use and nutrient uptake of a tomato crop grown on coconut coir dust. *Acta Hort.* 697: 73-79.
- SANTOS, B., CID, M.C., RÍOS, D., NOGUERA, P. y ABAD, M. 2002. Propiedades físicas determinantes de los picones de la isla de Tenerife. Libro de Resúmenes de las VI Jornadas de Sustratos de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. Barcelona. 20-22/10/2002.
- SONNENVELD, C. y STRAVER, N. 1994. Nutrient solutions for vegetable and flowers grown in water or substrates. Proefstation voor Tuinbouw onder Glass te Naaldwijk. Series Voedingsoplossingen Glastuinbouw n.º 8. 45 pp.
- VOOGT, W. 1993. Nutrient uptake of year round tomato crop. *Acta Hort.*, 339: 99-112.

Tabla 1. Algunas propiedades del picón utilizado en la experiencia (nuevo)

PROPIEDADES FÍSICAS (Santos <i>et al.</i> , 2002)			
Índice de grosor % (peso)	Porosidad efectiva	Capacidad aireación % (vol)	Agua útil
91	54,1 ± 4,2	43,0 ± 5,1	3,6 ± 1,6
PROPIEDADES QUÍMICAS (Hernández <i>et al.</i> , 2005)			
pH 1:2 vol.	CE dS/m 1:2 vol	retención P %	CIC cmol <sub>c</sub> /kg
8,5	0,04	10,7	4,1

Tabla 2. Soluciones nutritivas formuladas durante la experiencia

Parámetro		Fecha de realización					
		18-9-2005		19-10-2005		27-3-2006	
		agua	s. nutritiva	agua	s. nutritiva	agua	s. nutritiva
CE	μS/cm	1.000	2.600	1.460	2.800	1.460	2.800
pH		8,5	5,5	8,8	5,5	8,8	5,5
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mmol/l	0,0	11,3	0,0	12,3	0,0	12,8
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		0,0	0,8	0,0	0,8	0,0	0,8
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>		0,0	2,3	0,0	3,0	0,0	2,5
K <sup>+</sup>		0,8	6,3	0,8	7,3	0,8	7,3
Ca <sup>2+</sup>		0,1	5,1	0,1	5,1	0,1	5,1
Mg <sup>2+</sup>		1,6	1,6	3,1	3,2	3,1	3,2
Na <sup>+</sup>		5,8	5,8	8,1	8,1	8,1	8,1
Cl <sup>-</sup>		1,4	3,4	4,6	6,6	4,6	6,6
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		0,1	5,6	0,3	5,3	0,3	5,0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		9,1	0,3	9,9	0,7	9,9	1,2
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>		0,7	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0

Tabla 3. Eficiencia en el uso de agua y nutrientes durante la experiencia

	Agua l/m <sup>2</sup>	N	P	K	Ca
		g/m <sup>2</sup>			
Suministro.....	422	42,6	13,7	64,6	45,6
Consumo.....	274	25,2	10,7	39,2	30,4
	porcentaje				
Eficiencia.....	64,8	59,2	77,7	60,7	66,6

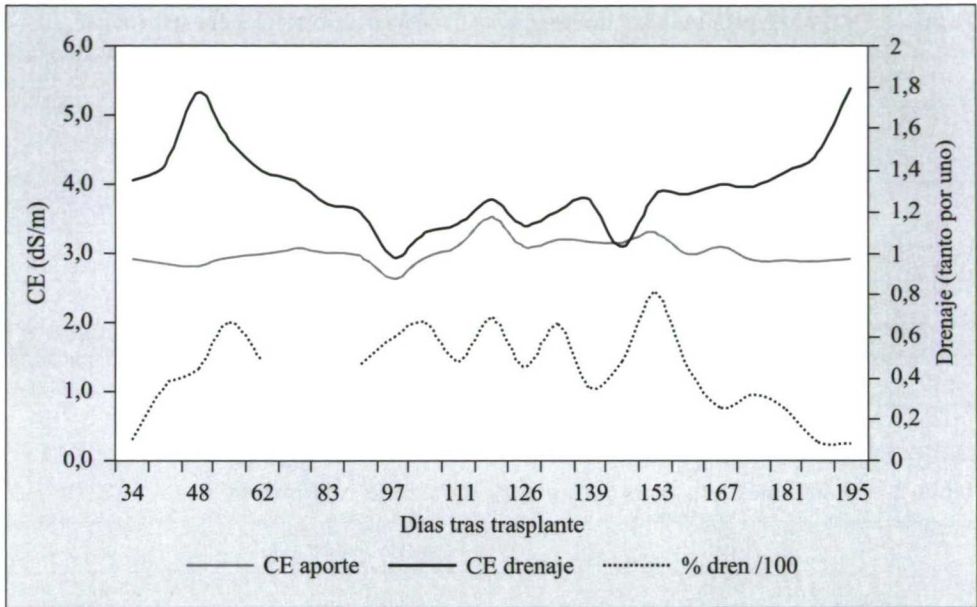


Figura 1  
 COMPORTAMIENTO CE EN APORTE Y DRENAJE Y DE % DRENAJE

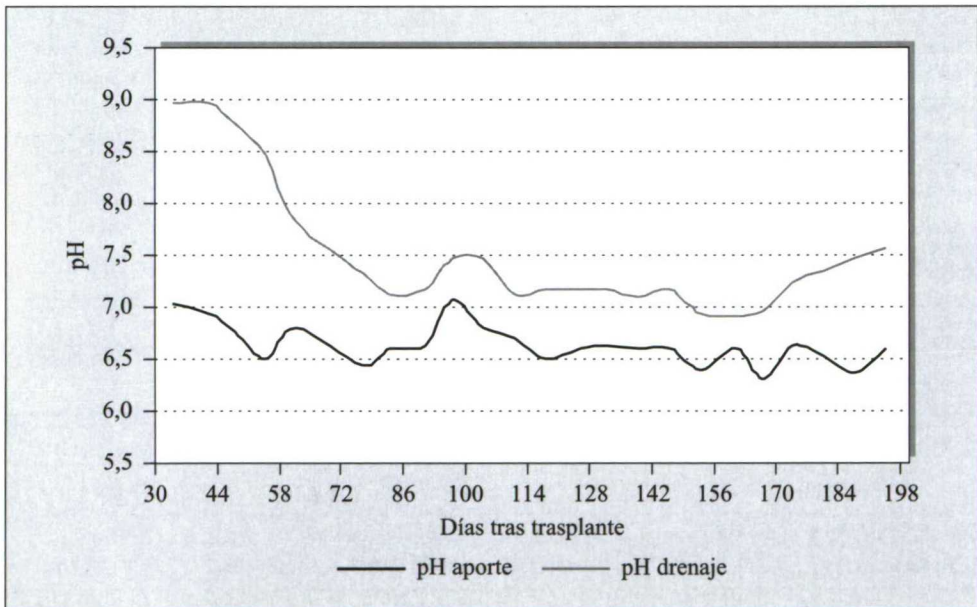


Figura 2  
 COMPORTAMIENTO pH EN APORTE Y DRENAJE



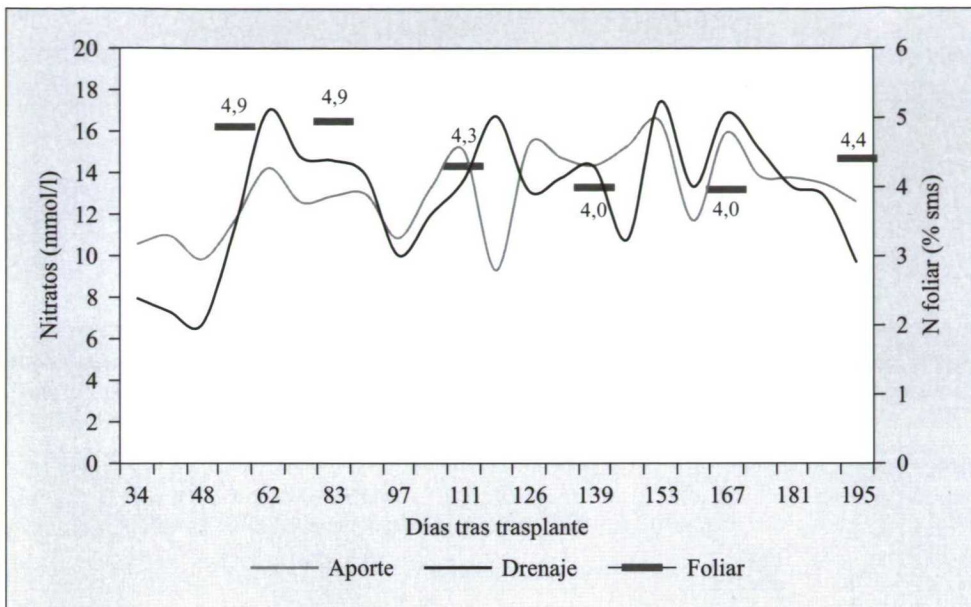


Figura 3  
COMPORTAMIENTO NITRATOS EN APORTE Y DRENAJE Y DE N FOLIAR

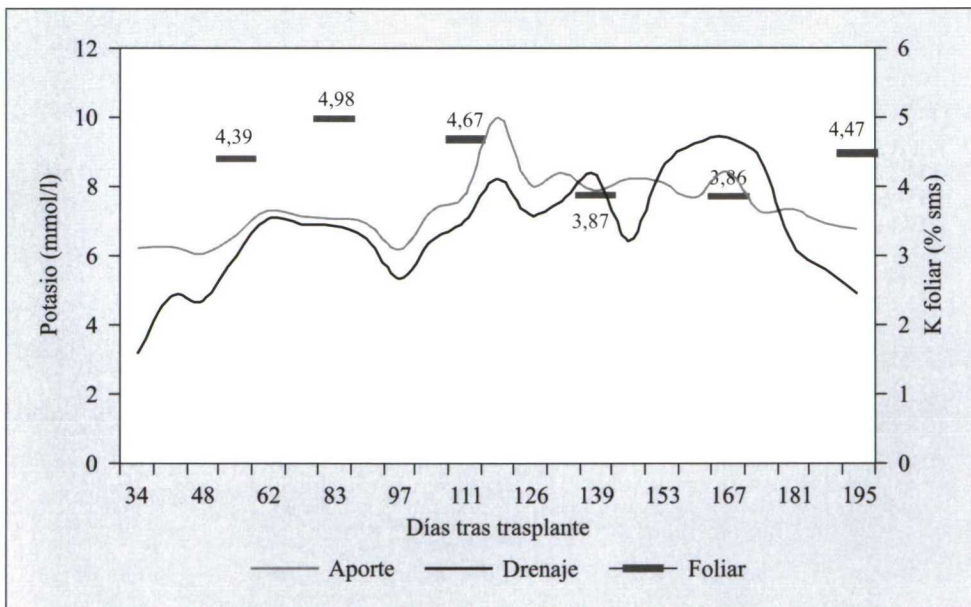


Figura 4  
COMPORTAMIENTO POTASIO EN APORTE, DRENAJE Y FOLIAR

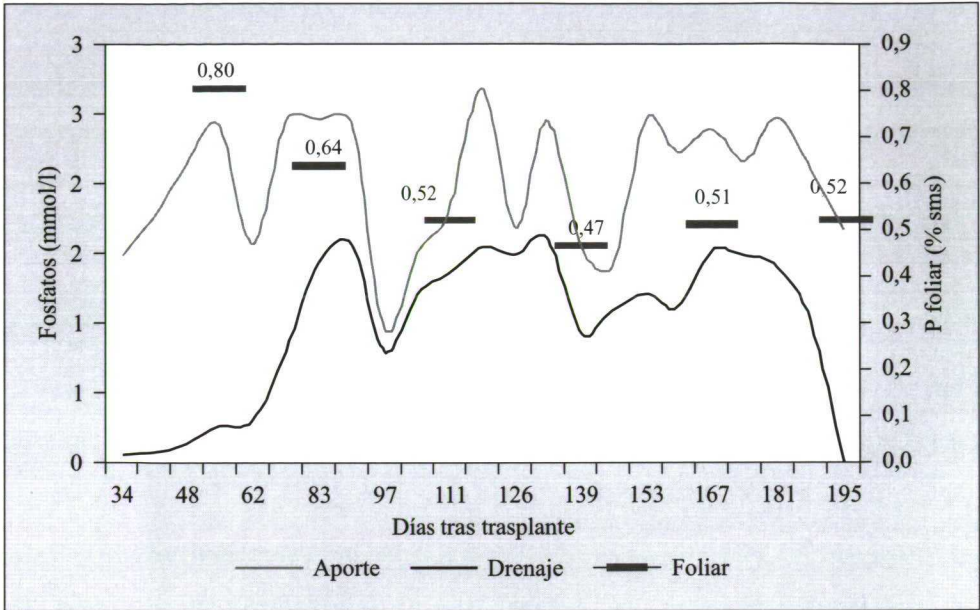


Figura 5  
COMPORTAMIENTO FOSFATOS EN APORTE Y DRENAJE Y DE FOSFÓRO FOLIAR

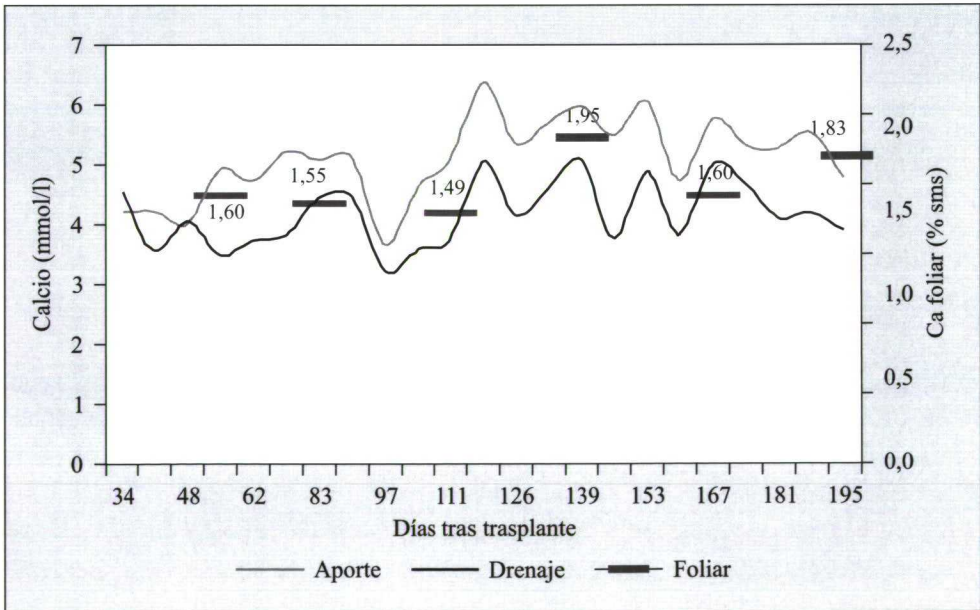


Figura 6  
COMPORTAMIENTO CALCIO EN APORTE, DRENAJE Y FOLIAR

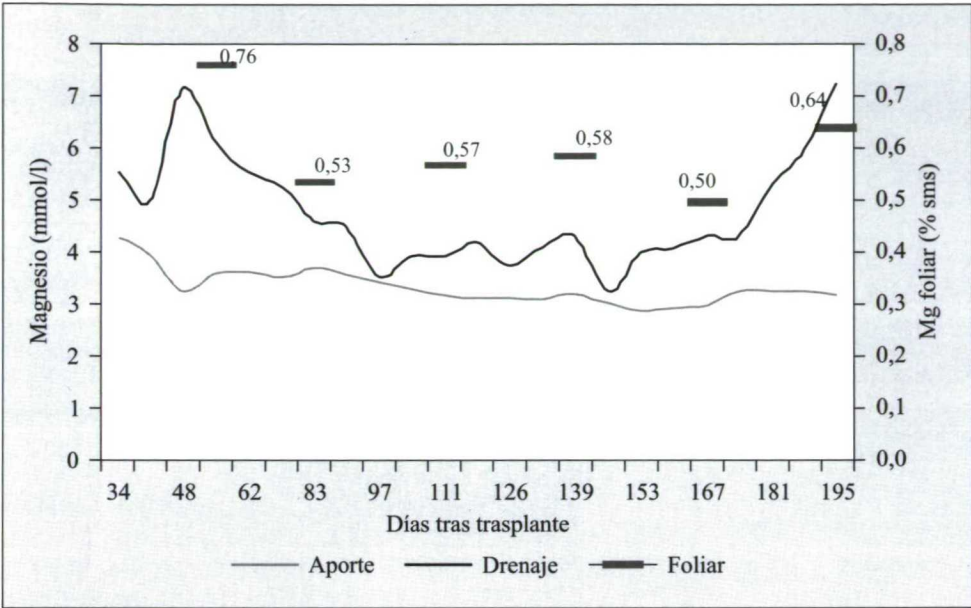


Figura 7  
COMPORTAMIENTO MAGNESIO EN APORTE, DRENAJE Y FOLIAR

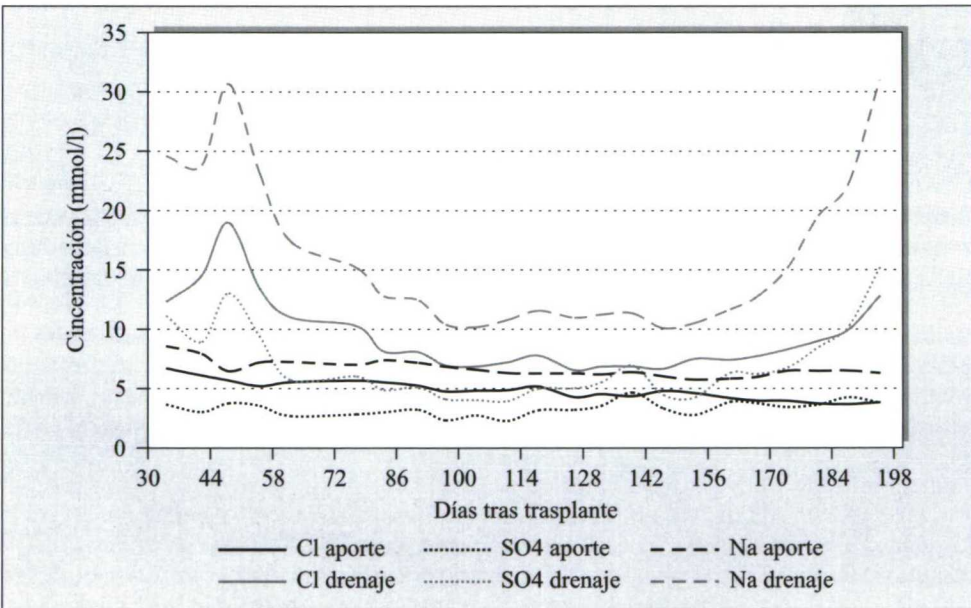


Figura 8  
COMPORTAMIENTO SODIO, CLORUROS Y SULFATOS EN APORTE Y DRENAJE

