

# ABSORCION DE AGUA E IONES POR PLANTAS DE TOMATES

por

G. PEREZ MELIAN, O. SANTANA, A. LUQUE ESCALONA  
y O. CARPENA ARTES



PUBLICADO EN  
ANALES DE EDAFOLOGIA Y AGROBIOLOGIA  
TOMO XXXVI, NÚMS. 7-8 — MADRID, 1977

# ABSORCIÓN DE AGUA E IONES POR PLANTAS DE TOMATES

por

G. PEREZ MEIJAN, O. SANTANA, A. LUQUE ESCALONA  
y O. CARPENA ARTES

## SUMMARY

### ABSORPTION OF WATER AND IONS BY TOMATO PLANTS

During the years 1972, 73 and 74 the accumulative absorption of water, N, P, K, Ca and Mg in tomatoes plants in soilless culture is studied. The cultivation had two different densities. The accumulative absorptions expressed in Equiv./100 m<sup>2</sup> are exposed in graphics. Tables show the global results and their equivalences. The results are compared with them of other authors, showing the principal differences.

## I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de tomates está ampliamente estudiado en muchos de sus aspectos principales. En hidroponía ha sido también estudiado por numerosos autores que han tratado diversos puntos como solución nutritiva (1, 12 y 14), sustratos (9, 10, 11 y 12), frecuencia de riegos (4, 8, 11 y 15), propiedades de los frutos (12), etc., pero sin embargo no se ha puesto especial atención en la absorción de agua e iones nutritivos a lo largo de todo el ciclo de cultivo, con objeto de conocer las exportaciones totales que realiza la planta en hidroponía, aunque algunos autores mencionan estos datos.

La planta al cultivarse en el suelo tiene su nutrición condicionada al tipo de suelo en el cual se desarrolla y presenta menor absorción de iones y agua que en hidroponía (5 y 10), sin embargo el consumo total de abonos es menor en hidroponía que en suelo, puesto que el suelo exige que sean compensadas las pérdidas de nutrientes que se pueden producir como consecuencia de la fijación y el lavado. También en hidroponía se evitan las pérdidas de agua por drenaje y los efectos de salinidad que se pueden encontrar en los suelos.

En cuanto a la densidad de plantas el único factor limitante en hidroponía es la luz, puesto que no existe el fenómeno de competencia radi-

cal (15), permitiendo un óptimo desarrollo de la planta. Por otro lado la solución nutritiva puede variar dentro de amplios límites sin afectar el rendimiento de la planta (14). Respecto a la calidad de los frutos y sus contenidos en ácido ascórbico y azúcares, Rivoira (12) encuentra concentraciones similares a las del tomate cultivado en tierra.

En el presente trabajo hemos estudiado el consumo de agua e iones nutritivos durante todo el ciclo de cultivo durante los años 1972, 1973 y 1974, con dos densidades diferentes. Exponemos en gráficas el ritmo de absorción acumulativa y en tablas los resultados globales de las dos densidades, así como sus equivalencias para su posible extensión a planes de abonado en suelo.

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

### II.1. Invernadero

El invernadero utilizado en las experiencias tiene una superficie de 5.000 m<sup>2</sup>. Está dividido en 96 camas de cultivo, cada una de las cuales tiene 24 m. de largo y 1,20 m. de ancho, lo que hace una superficie de 28,8 m<sup>2</sup> por cama. La superficie útil de cultivo es de 2.746 m<sup>2</sup>, o sea un 55,2 por 100 de la extensión total del invernadero.

Se encuentra dividido en cuatro zonas, cada una de las cuales tiene 24 camas de cultivo que se abastecen de solución nutritiva por medio de un estanque, independiente para cada zona de 70 m<sup>3</sup> de capacidad.

El sistema de riego es por subirrigación, pasando la solución a las camas por medio de un tubo perforado situado en la parte inferior del sustrato.

El sustrato utilizado es el lapilli (picón), que previamente había sido estudiado en el sentido de conocer su posible actividad sobre la solución nutritiva (9).

### II.2. Solución nutritiva

La solución nutritiva empleada es la solución «Universal» de Steiner y tiene la siguiente composición (16):

	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
m <sup>3</sup> /l.....	10	1	7	7	9	4
% aniones.....	60	5	35			
% cationes.....				35	45	20

Esta solución se completa con los micronutrientes en las siguientes concentraciones:

	Fe	Mn	B	Zn	Mo	Cu
ppm. ....	2	0.7	0.5	0.09	0.04	0.02

La solución se mantiene a un pH de  $6,8 \pm 0,3$  y tiene una presión osmótica de 0,7 ats.

Las reposiciones de agua y abonos se hacen semanalmente y de acuerdo con los datos suministrados por el análisis, siguiendo el método de Steiner (13). Los abonos empleados en la fabricación de la solución inicial y en las reposiciones fueron los siguientes:

- Superfosfato triple.
- Nitrato cálcico.
- Nitrato potásico.
- Sulfato potásico.
- Sulfato magnésico.

El agua añadida no era agua destilada, por lo que a efectos de este trabajo tenemos que considerar las cantidades de nutrientes que son aportados en cada adición de agua. Al partir de los diversos análisis del agua utilizada en la renovación de la solución hemos considerado como fijas las siguientes concentraciones, Mg en 3,5 me/l. y Ca en 2 me/l. La concentración de K era muy baja en el agua y la hemos considerado nula.

En cada análisis de solución se han hecho las siguientes determinaciones: pH, conductividad, nitratos, fosfatos, sodio, potasio, calcio y magnesio, siguiendo las siguientes técnicas:

- Nitratos: test del ácido difenilsulfónico.
  - Fosfatos: test del molibdovanadato amónico.
  - Sodio y potasio: espectrofotometría de emisión.
  - Calcio y magnesio: espectrofotometría de absorción atómica.
- Las técnicas utilizadas están ampliamente descritas en (7).

### II.3. Cultivo

El cultivo de tomates se ha llevado a cabo durante los años 1972, 73 y 74. La variedad utilizada es la «Marglobe». Comienza todos los años en la primera semana de enero y se termina en la segunda quincena de julio, con una duración de veintiséis semanas los años 1972 y 73, y vein-

titrés semanas en 1974. La plantación se lleva a cabo a partir de la plántula que se mantiene en semillero durante unos veinte días hasta alcanzar los 10 ó 12 cm. de altura. Se parte ya desde el principio de solución nutritiva completa. A efectos de este trabajo no tenemos en cuenta los nutrientes empleados en la fabricación de la solución inicial, pues partimos de solución ya hecha y consideramos que ésta queda completa en la última reposición.

El marco de plantación durante los años 1972 y 1973 es de 50 cm. entre plantas (filas) y 70 cm. entre plantas (columnas), con dos filas de plantas por cama, lo que hace un total de 94 plantas por cama y una densidad de 3,26 plantas por m<sup>2</sup>. A esta densidad la llamaremos en todo el trabajo densidad 1.<sup>a</sup>. El año 1974 el marco de plantación es más amplio, alternando una cama con dos filas (94 plantas), lo que da una media de 70 plantas por cama, o sea una densidad de 2,43 plantas por m<sup>2</sup>. A esta densidad la llamaremos densidad 2.<sup>a</sup>.

También durante el cultivo se dan los tratamientos fitopatológicos correspondientes, de acuerdo con las enfermedades que se pueden presentar. Aunque normalmente no se han presentado problemas graves, siendo más tratamientos preventivos que curativos.

### III. RESULTADOS

#### III.1. *Absorción de agua*

Los valores acumulativos de absorción de agua, expresados en m<sup>3</sup> por 100 m<sup>2</sup> de cultivo se exponen en la fig. 1. Se puede observar cómo se va produciendo un aumento del consumo a medida que avanza la edad del cultivo hasta llegar a la semana dieciséis, en que se estabiliza el consumo.

El estudio estadístico nos indica que existen diferencias significativas en cuanto a consumos por unidad de superficie, pero no en cuanto a consumo por planta.

En la tabla I exponemos los consumos en litros por planta y en m<sup>3</sup> por 100 m<sup>2</sup> de cultivo, también lo hacemos extensivo al consumo por hectáreas, quedando claras las grandes diferencias existentes entre las dos densidades.

#### III.2. *Absorción de nitratos*

En la fig. 2 se exponen los valores acumulativos de absorción de nitratos en Equiv. por 100 m<sup>2</sup>. Se puede observar como la absorción va aumentando hasta la octava semana y a partir de este punto las curvas se vuelven casi rectas, manteniendo una absorción constante hasta el final del cultivo.

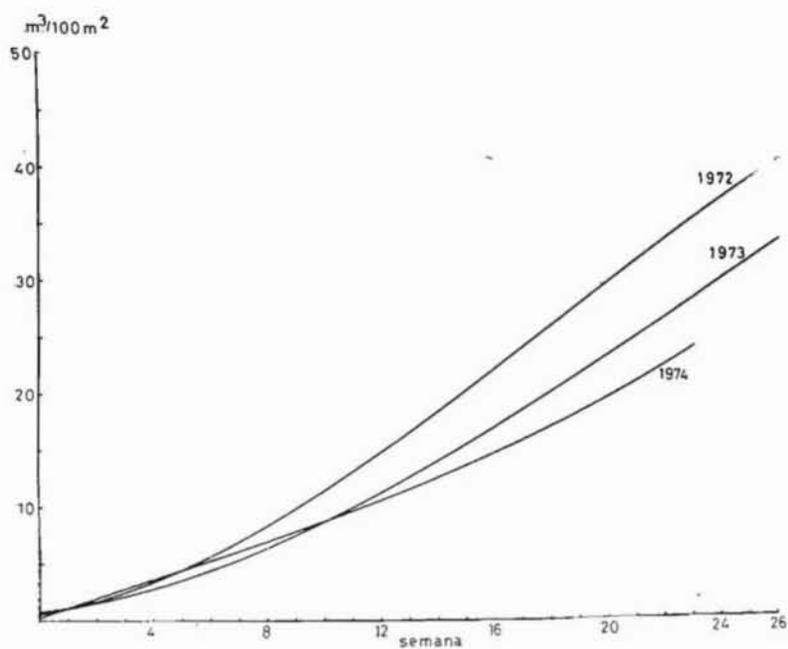


Fig. 1

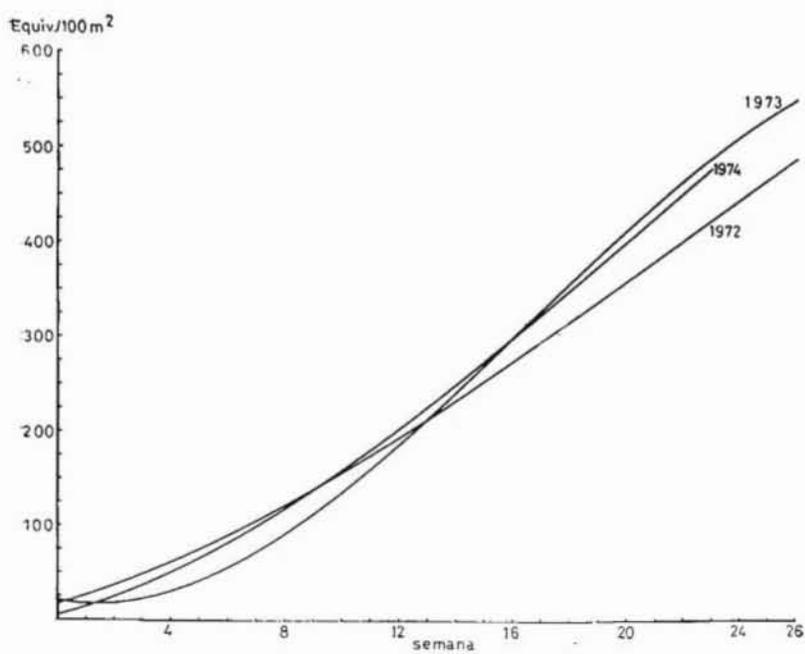


Fig. 2

TABLA I

*Absorción de agua*

	Densidad 1. <sup>a</sup> (1972/1973)	Densidad 2. <sup>a</sup> (1974)
l/planta.....	113.6 ± 5.6	99.4 ± 2.0
m <sup>3</sup> /100 m <sup>2</sup> .....	37.1 ± 1.8	24.2 ± 0.5
m <sup>3</sup> /Ha (1) .....	2226.0 ± 108.0	1452.0 ± 30.0

(1) Suponemos un 60 por 100 de cultivo real.

Las diferencias de absorción entre las dos densidades no son significativas, ni en absorción por planta ni en absorción por superficie, lo que nos indica que la densidad tiene muy poco efecto sobre la absorción de nitratos.

En la tabla II se exponen los consumos globales para las dos densidades en me/planta, equiv./100 m<sup>2</sup> y sus equivalencias por hectárea en Kg. de N.

TABLA II

*Absorción de nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)*

	Densidad 1. <sup>a</sup> (1972/1973)	Densidad 2. <sup>a</sup> (1974)
me NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /planta.....	1603.4 ± 90.4	1995.7 ± 71.5
Equiv. NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /100 m <sup>2</sup> .....	523.4 ± 29.5	485.1 ± 17.4
g N/100 m <sup>2</sup> .....	7327.6 ± 413.0	6791.4 ± 243.6
Kg N/Ha (1) .....	439.6 ± 24.8	407.5 ± 14.6

(1) Suponemos un 60 por 100 de cultivo real.

### III.3. Absorción de fosfatos

En la fig. 3 mostramos la absorción acumulativa de fosfatos en Equiv./100 m<sup>2</sup> de cultivo. Se puede observar como las curvas son prácticamente rectas, lo que nos indica que la absorción de fosfatos se mantiene en valores parciales constantes durante todo el cultivo.

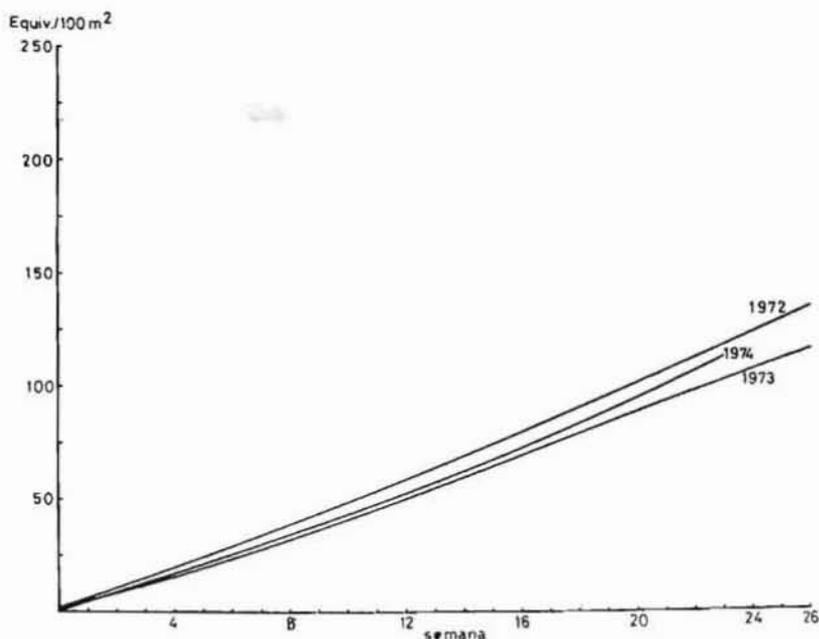


Fig. 3

De acuerdo con el análisis estadístico, existen diferencias significativas en cuanto al consumo por planta, pero no en cuanto al consumo por unidad de superficie, indicando que la densidad sí tiene influencia sobre la absorción de fosfatos.

En la tabla III indicamos la cantidad total de fosfatos absorbidos en mg/planta, Equiv/m<sup>2</sup> y sus equivalencias en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por 100 m<sup>2</sup> y por hectárea.

### III.4. Absorción de potasio

La absorción acumulativa de potasio en Equiv./100 m<sup>2</sup> está representada en la fig. 4. Se puede observar como se produce un efecto similar al del nitrato, pero más acusado, las absorciones parciales de potasio

TABLA III

Absorción de fosfatos ( $\text{PO}_4\text{H}_2^-$ )

	Densidad 1. <sup>a</sup> (1972/1973)	Densidad 2. <sup>a</sup> (1974)
me $\text{PO}_4\text{H}_2^-$ /planta.....	385.0 ± 13.1	464.7 ± 5.6
Equiv. $\text{PO}_4\text{H}_2^-$ /100 m <sup>2</sup> .....	125.7 ± 4.3	112.9 ± 1.4
g $\text{P}_2\text{O}_5$ /100 m <sup>2</sup> ..	8924.7 ± 305.3	8015.9 ± 99.4
kg $\text{P}_2\text{O}_5$ /Ha (1).....	535.5 ± 18.3	480.9 ± 6.0

(1) Suponemos un 60 por 100 de cultivo real.

umentan a medida que crece el cultivo, hasta aproximadamente la semana catorce, en que las curvas se hacen rectas, manteniendo una absorción constante.

La densidad presenta un gran efecto sobre la absorción de potasio, de tal forma que las diferencias de consumo por planta son altamente

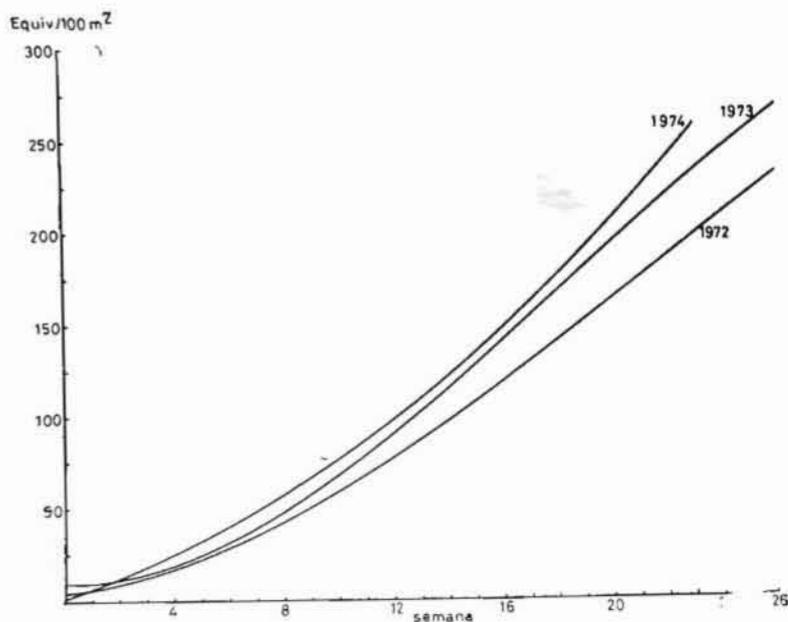


Fig. 4

significativas e incluso la absorción de potasio por m<sup>2</sup> es menor en la densidad más alta, aunque estas diferencias no son significativas.

TABLA IV

*Absorción de potasio (K<sup>+</sup>)*

	Densidad 1 <sup>a</sup> (1972/1973)	Densidad 2. <sup>a</sup> (1974)
me K <sup>+</sup> /planta.....	754.4 ± 46.2	1072.2 ± 29.1
Equiv. K <sup>+</sup> /100 m <sup>2</sup> .....	246.2 ± 15.1	260.6 ± 7.1
Kg K/Ha (1).....	577.6 ± 35.4	611.4 ± 16.7
Kg K <sub>2</sub> O/Ha (1).....	695.8 ± 42.6	736.5 ± 20.1

(1) Suponemos un 60 por 100 de cultivo real.

En la tabla IV exponemos los consumos totales de K en me/planta y Equiv/100 m<sup>2</sup> y sus equivalencias en consumo por hectárea en K<sub>2</sub>O.

### III.5. *Absorción de calcio*

La absorción de calcio va siendo cada vez mayor a medida que crece la planta hasta llegar a la semana catorce-dieciséis, a partir de las cuales se estabiliza en consumos parciales bastante constantes, como se puede apreciar en la fig. 5, donde se expone la absorción acumulativa en Equiv./100 m<sup>2</sup>. Este fenómeno está más acentuado en el año 1973.

La densidad no presenta casi efecto sobre la absorción de calcio, ya que las diferencias entre las dos densidades no son significativas ni en consumo por planta ni por unidad de superficie.

La tabla V muestra los consumos totales de calcio en me. por planta y Equiv/m<sup>2</sup>, así como su extensión a consumos por hectárea.

### III.6. *Absorción de magnesio*

La fig. 6 muestra el consumo de magnesio acumulativo expresado en Equiv/100 m<sup>2</sup>, se puede observar como en el calcio un aumento en los consumos parciales hasta la semana doce, a partir de la cual se estabiliza bastante la absorción.

La densidad no presenta diferencias significativas en cuanto a consumo por planta, pero sí en el consumo por unidad de superficie.

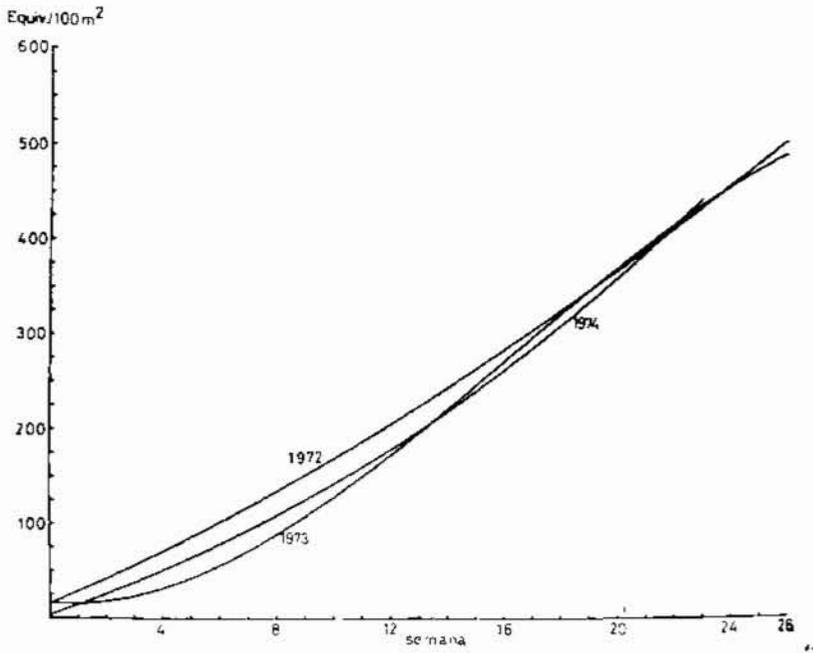


Fig. 5

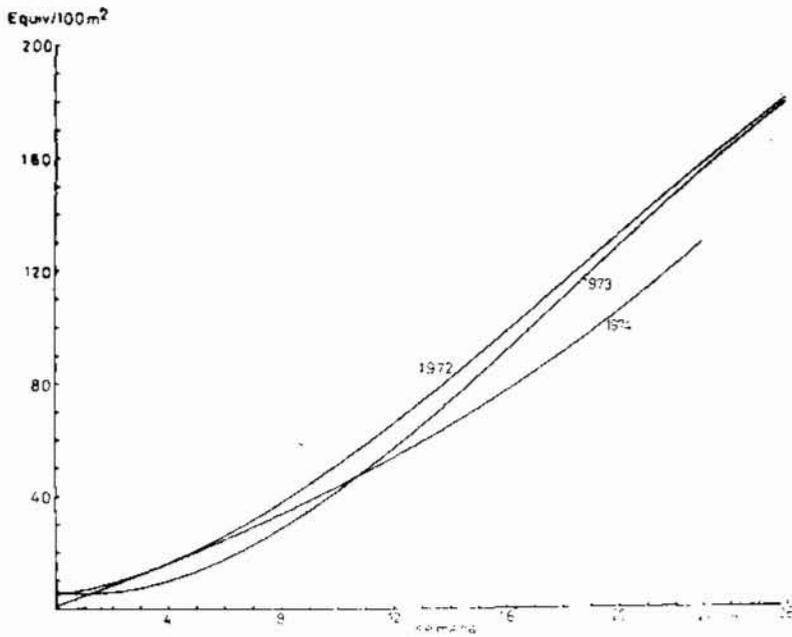


Fig. 6

En la tabla VI exponemos los consumos totales de magnesio en me/planta, Equiv/100 m<sup>2</sup> y Kg/Ha.

TABLA V  
Absorción de calcio (Ca<sup>++</sup>)

	Densidad 1. <sup>a</sup> (1972/1973)	Densidad 2. <sup>a</sup> (1974)
me Ca/planta.....	1510.3 ± 63.1	1828.6 ± 62.0
Equiv. Ca/100 m <sup>2</sup> .....	492.9 ± 20.6	444.5 ± 15.1
Kg Ca/Ha (1).....	591.5 ± 24.7	533.4 ± 18.1

(1) Suponemos un 60 por 100 de cultivo real.

TABLA VI  
Absorción de magnesio

	Densidad 1. <sup>a</sup> (1972/1973)	Densidad 2. <sup>a</sup> (1974)
me/planta.....	544.6 ± 21.9	522.6 ± 14.7
Equiv /100 m <sup>2</sup> .....	181.0 ± 7.2	127.0 ± 7.1
Kg/Ha (1).....	132.0 ± 5.3	92.6 ± 5.2

(1) Suponemos un 60 por 100 de cultivo real.

#### IV. DISCUSIÓN

La absorción de agua va aumentando a medida que crece el cultivo y esto se debe a dos factores principales:

- a) Aumento del crecimiento, con mayor demanda de agua.
- b) Aumento de la temperatura que hace aumentar el consumo de agua.

El consumo de agua que se expuso en la tabla I da lugar a un consumo medio por planta y día de 630-552 ml/día/planta, estos valores

concuerdan bastante con los datos dados por otros autores. Blanc (4) da un consumo de 648-405 ml/día/planta de acuerdo con el número de riegos diarios. Friis-Nielsen (5) de 776 a 540 ml/día/planta variando también con los aportes de agua.

TABLA VII

*Absorción media de elementos expresada en me/día/planta*

	N	PO <sub>4</sub> H <sub>3</sub>	K	Ca	Mg
Nuestros resultados .	11.09 - 8.91	2.58 - 2.14	5.96 - 4.19	10.16 - 8.39	3.03 - 2.90
Blanc (4) . . . . .	6.20 - 4.90	0.77 - 0.55	4.08 - 3.04	3.83 - 2.57	1.17 - 0.78
F. Nielsen (5) . . .	6.36 - 4.79		3.84 - 2.34		
Besford (2) . . . .	3.71 - 2.48	0.15 - 0.09	2.48 - 1.43	2.47 - 1.54	0.94 - 0.61

En la tabla VII exponemos las absorciones medias de elementos expresadas en me/día/planta. Aunque esta forma de expresión no muestra realmente la absorción, puesto que cada nutriente presenta épocas de mayor o menor absorción, hemos recurrido a ella para poder discutir los datos de forma homogénea, pues los diferentes autores utilizan tiempos distintos y soluciones y abonados diferentes. En general se observa una gran diferencia entre los datos, no sólo con respecto a los nuestros sino entre todos en general. Estas diferencias están causadas principalmente por:

### 1. *Diferente densidad*

En este aspecto la luz juega un papel fundamental como factor limitante del desarrollo. Cuanto mayor es la densidad de plantas por m<sup>2</sup> o hectárea menor es el desarrollo individual de la planta, por tanto menor será su absorción de iones y menor será su producción. Tanto Blanc (4) como Friis-Nielsen (5) cultivan en cubos y, por tanto, no tenemos datos de la densidad, sin embargo Besford (2) da una densidad de 35.000 plantas por hectárea, lo que supone de 15.000 a 20.000 plantas más de las que utilizamos nosotros. Esto explica el por qué obtiene consumos de nutrientes tan bajos.

T A B L A V I I I

Valores de los coeficientes de los polinomios y su índice de regresión ( $r^2$ )

$$\text{Fórmula general } Y = A_0 + A_1 x + A_2 x^2 + A_3 x^3$$

	$A_0$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$r^2$
<i>Agua</i>					
1972	0.5809	0.3837	0.0870	$-1.57 \times 10^{-3}$	0.9676
1973	0.7761	0.2752	0.0603	$-8.41 \times 10^{-4}$	0.9889
1974	0.2650	0.8557	$-7.66 \times 10^{-3}$	$7.02 \times 10^{-4}$	0.9853
<i>Nitratos</i>					
1972	16.6006	8.8515	0.6012	$-9.23 \times 10^{-3}$	0.8517
1973	20.3429	5.2009	2.0922	-0.0424	0.9826
1974	5.0944	8.0463	0.8057	-0.0138	0.9907
<i>Fosfatos</i>					
1972	1.7695	4.2902	0.0409	$-3.33 \times 10^{-4}$	0.9839
1973	1.7594	2.9066	0.1113	$-2.20 \times 10^{-3}$	0.9973
1974	0.4537	4.0512	$8.96 \times 10^{-3}$	$1.19 \times 10^{-3}$	0.9961
<i>Potasio</i>					
1972	4.4721	1.4031	0.4765	$-7.44 \times 10^{-3}$	0.8926
1973	9.5686	-0.4438	0.7646	-0.0141	0.9534
1974	1.6548	4.8821	0.2470	$1.15 \times 10^{-3}$	0.9932
<i>Calcio</i>					
1972	15.5588	12.4586	0.2986	$-2.04 \times 10^{-3}$	0.9083
1973	16.5656	-2.6792	1.7263	-0.0354	0.9943
1974	3.5073	10.3893	0.3126	$2.03 \times 10^{-3}$	0.9881
<i>Magnesio</i>					
1972	5.0201	1.3602	0.3888	$-6.91 \times 10^{-3}$	0.9187
1973	5.7930	-1.0389	0.5594	-0.0100	0.9886
1974	1.0772	3.5395	0.0453	$1.94 \times 10^{-3}$	0.9782

## 2. *Diferente producción*

Según Besford (2), de todos los elementos absorbidos por la planta  $2/3$  se encuentran en el fruto, por tanto la producción es un factor muy importante y que nos va a dar un índice bastante claro del consumo de iones. Blanc (4) obtiene una producción de 3,77 a 7,11 kg/planta; Friis-Nielsen (5) obtiene de 2,54 a 4,07 kg/planta, mientras que las producciones señaladas por Besford (2) son las más bajas, yendo de 1,42 a 2,28 kg/planta. Nuestras producciones oscilan entre los 5,5 y los 6,3 kg/planta. De esta manera vemos que existe una incidencia directa entre la absorción de iones y la producción, de modo que a mayor absorción mayor producción por planta. El único resultado que no cumple esta condición es el más elevado de los presentados por Blanc (4).

## 3. *Tipo de cultivo*

Tanto Blanc (4) como nosotros utilizamos como forma de cultivo la hidroponía, y por esto los resultados son considerablemente más elevados que las absorciones realizadas en tierra, que dan siempre absorciones más bajas. Esta mayor absorción es debida a diferentes factores:

a) El aporte de nutrientes en la solución nutritiva es fijo y de concentración constante, mientras que en el suelo va a depender de la solución del suelo, teniendo en cuenta que en las condiciones de óptima absorción de agua (capacidad de campo) el suelo presenta la solución más diluida, por lo que lógicamente la planta absorberá en menor cantidad.

b) En hidroponía los nutrientes se le suministran a la planta en forma ionizada y además la de mayor absorción fisiológica, mientras que en el suelo la raíz de la planta tiene que establecer una competencia con el suelo por los iones, esto lógicamente facilita la absorción en hidroponía.

c) En hidroponía no se establece el fenómeno de competencia radical, mientras que sí aparece éste en el suelo.

Además de estos tres factores enumerados existen otros que hacen que la absorción de nutrientes pueda ser distinta de unos experimentos a otros, como pueden ser: régimen de riegos, factores ambientales en relación con la época de cultivo, variedades utilizadas, etc.

## V. CONCLUSIONES

La absorción de agua en hidroponía es similar a la que presentan las plantas en tierra. Observándose un aumento del consumo de agua a medida que aumenta la edad de la planta.

Los fosfatos se absorben de una forma constante a lo largo de todo el ciclo de la planta, mientras que los demás nutrientes presentan diferentes absorciones en las distintas etapas del crecimiento y desarrollo de la planta.

Las absorciones de nutrientes por planta son en todos los casos superiores a las que se encuentran en tierra debido a la utilización de una densidad menor, mayor producción y más facilidad de absorción para la planta. Este efecto es particularmente notable en la absorción de fósforo y calcio.

Aunque las absorciones sean mayores, consideramos que el consumo de abonos será menor que en tierra, debido a que en hidroponía únicamente se consume lo que absorbe la planta, mientras que en suelo es necesario compensar las pérdidas por fijación y lavado, además de tener que mantener una concentración de nutrientes constante en un volumen considerable de tierra.

Los datos de absorción presentados son las exportaciones totales que realizaría el cultivo en condiciones óptimas, por tanto pueden servir para un plan de abonado, siempre y cuando se cuente con el análisis de suelo para compensar adecuadamente las exportaciones.

## RESUMEN

En el presente trabajo se estudia la absorción acumulativa de agua, N, P, K, Ca y Mg por plantas de tomates cultivadas en hidroponía, durante tres años, 1972, 73 y 74, con dos densidades diferentes. Se exponen en gráficas las absorciones acumulativas expresadas en Equiv./100 m<sup>2</sup> y en tablas los resultados globales y sus equivalencias. Se discuten los resultados con los presentados por otros autores indicando los principales puntos de variación.

*Centro Internacional para la Hidroponía, Las Palmas,  
Departamento de Biología del Colegio Universitario de Las Palmas,  
Departamento de Química Agrícola de la Universidad Autónoma de Madrid.*

## BIBLIOGRAFÍA

- (1) ATTAR, S. (1973). The effects of nutrient interrelationships on tomatoes in hydroponic culture. *Procc. 3th Intern. Congress on Soilless Culture*, 55-64, Sassari.
- (2) BESFORD, R. T. and MAW, G. A. (1974). Uptake and distribution of potassium in tomato plants. *Plant and Soil*, 41, 601-618.

- (3) BESFORD, R. T. and MAW, G. A. (1975). Effect of potassium nutrition on tomato plant growth and fruit development. *Plant and Soil*, **42**, 395-412.
- (4) BLANC, D. (1973). Influence du regime hydrique sur la production et la consommation en eau et en elements mineraux de la tomate de serre en culture sans sol. *Proc. 3th Intern. Congress on Soilless Culture*. 227-238. Sassari, Italia.
- (5) BODIE-FRIIS-NIELSEN (1973). Growth, water and nutrient status of plants in relation to patterns of variations in concentrations of dry matter and nutrient elements in base-to-top leaves. I. Distribution of content and concentrations of dry matter in tomato plants under different growth conditions. *Plant and Soil*, **39**, 661-673.
- (6) HERNANDEZ, V. y SÁNCHEZ CONDE, M. P. (1966). Estudio comparativo de la alimentación por riego y aspersión en cultivos de lechuga y tomate. *Ann. de Edaf. y Agrob.*, **XXV**, 7-8, 393-404.
- (7) JIMÉNEZ, F., LUQUE, A. y PÉREZ MELIÁN, G. (1975). Técnicas seguidas en el análisis de soluciones nutritivas y plantas. *Ann. del Centro Asociado en Las Palmas de la U. N. E. D.*, **1**, 227-285.
- (8) KAPRAFI, U., WALTERSTEIN, I. and SALA FEIGENBAUM (1971). Effect of potassium nitrate and ammonium nitrate on the growth cation uptake and water requirement of tomato grown in sand culture. *Israel J. Agric. Res.*, **21** (1), 13-20.
- (9) LUQUE, A. y PÉREZ MELIÁN, G. (1976). Substrato en Hidroponía. 4.º International Congress on Soilless Culture (IWOSC), octubre, España.
- (10) McILRATH, J. W. (1949). Growth responses of tomato to nutrient ions absorbed on a pumice substrate. *Plant Physiology*, 682-701.
- (11) PÉREZ MELIÁN, G., LUQUE, A. y CARPENA, O. (1977). Estudio comparativo del cultivo hidropónico de tomates sobre cuatro substratos diferentes en relación con el número de riegos. *Ann. Edaf. y Agrob.*, **XXXVI**, 555-564.
- (12) RIVOIRA, G. (1966). Il pomodoro in coltura idroponica. *L'Italia Agricola*, **103**, 1055-1079.
- (13) STEINER, A. A. (1961). An universal method for preparing nutrient solution of a certain desired composition. *Plant and Soil*, **15**, 134-154, Holanda.
- (14) STEINER, A. A. (1966). The influence of the chemical composition of a nutrient solution on the production of tomato plants. *Plant and Soil*, **24**, 454-466 (1966).
- (15) STEINER, A. A. *Soilless Culture*. *Proc. 6th Colloquium of the International Potash Institute* 324-341 Florence, Italia.
- (16) STEINER, A. A. (1969). Principales diferencias entre cultivos con y sin tierra. *Proc. International Congress on Hydroponic*, 81-86, Las Palmas, España.
- (17) STEINER, A. A. (1973). The selective capacity of tomato plants for ions in a nutrient solution. *Third International Congress on Soilless Culture*. Sassari.

Recibido para publicación: 9-III-76.