

CENTRO INTERNACIONAL PARA LA HIDROPONIA DE LAS PALMAS
Y DEPARTAMENTO DE QUIMICA AGRICOLA DE LA UNIVERSIDAD
AUTONOMA DE MADRID

Absorción de agua e iones en el cultivo de pepinos. II. Relaciones entre los macronutrientes catiónicos

G. Pérez Melián, A. Luque y O. Carpena

Separata de la
REVISTA DE AGROQUÍMICA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Jaime Roig 11, Valencia-10. España

Absorción de agua e iones en el cultivo de pepinos. II. Relaciones entre los macronutrientes catiónicos

G. Pérez Melián (I), A. Luque (II) y O. Carpena (III)

*Centro Internacional para la Hidroponía, Las Palmas (I), Colegio Universitario de Las Palmas (II),
Departamento de Química Agrícola de la Universidad Autónoma de Madrid (III)*

RESUMEN

En el período de agosto a diciembre, durante los años 1971, 72, 73 y 74, se determinó en cultivos hidropónicos de pepinos, la absorción de K, Ca y Mg por medio del análisis de la solución nutritiva. Se representan gráficamente las absorciones acumulativas. Las absorciones totales, expresadas en meq/planta, son: K, 700-1.000; Ca, 1.100-1.300; Mg, 350-500. Encontramos que, a medida que aumenta la edad del cultivo, disminuye la absorción de K del 45 al 35 % del total de cationes absorbidos, aumenta la absorción de Ca del 35 al 45 % y el Mg se mantiene en un valor constante (20 %). Estos valores se relacionan con la tasa de nutrientes en la hoja, donde encontramos una situación similar.

ABSTRACT

Water and ions absorption by cucumber plants in hydroponics. II. Cationic macronutrients relationship

From August to December, during 1971, 72, 73 and 74, the absorption of K, Ca and Mg was determined by analysis of nutrient solutions. Graphics of accumulative absorption are presented. The total uptake is among 700-1,000 meq/plant of K, 1,100-1,300 of Ca and 350-500 meq/plant of Mg. We found that, by increasing of the age of plants, K uptake decreases from 45 to 35 % of total cation uptake, Ca increases from 35 to 45,% and Mg keeps in constant value (20 %). These values are related to the rate of nutrients in leaves where we found a similar situation.

INTRODUCCION

La nutrición mineral de las plantas es un proceso complejo donde al efecto que tiene un determinado nutriente hay que sumarle las relaciones de este nutriente con todos los demás, factores ambientales, etcétera.

Se han dado muchos métodos para el estudio de las necesidades nutritivas de las plantas. Estas formulaciones van desde la adición de un solo nutriente en cantidades crecientes hasta los tratamientos con diferentes iones en diferentes proporciones para su posterior análisis.

Cualquiera que sea el método empleado es prácticamente imposible el controlar simultáneamente todas las interrelaciones que se pueden producir, y que van desde la variación de cada elemento con respecto a la suma total o de cada elemento con respecto a los demás, hasta la consideración de las interacciones binarias o ternarias de los diferentes iones entre sí.

Nosotros utilizamos un sistema diferente para el estudio de la nutrición vegetal. Partimos del concepto de que la planta va a absorber los iones que necesite de acuerdo con su estado fisiológico, al cultivarla en una solución nutritiva constante y que previamente haya sido encontrada como adecuada para la planta.

En nuestro caso, en un trabajo anterior se comprobó la solución nutritiva utilizada. Durante cuatro años la hemos utilizado en el cultivo de pepinos, controlándola semanalmente y llevándola a los valores óptimos. Los consumos totales de cada nutriente, por unidad de superficie, se expusieron en la primera parte del trabajo (Carpena *et al.*, 1978). En esta segunda parte estudiamos las interrelaciones entre K:Ca:Mg y su variación de acuerdo con la edad de la planta.

MATERIAL Y METODOS

El invernadero utilizado, el diseño experimental, el tipo de cultivo hidropónico, la solución nutritiva y sus técnicas de análisis están descritas en la primera parte del trabajo (Carpena *et al.*, 1978).

Los polinomios de tercer grado para expresar los consumos acumulados de cada ión se obtuvieron por medio de un ordenador y siguiendo el ajuste de mínimos cuadrados. Las figuras 4, 5 y 6 están hechas en base a los puntos obtenidos al dividir un polinomio por otro (por ejemplo,

la figura 4 es el resultado de la división: $[A_0 + A_1x + A_2x^2 + A_3x^3 (K)]:[A_0 + A_1x + A_2x^2 + A_3x^3 (Ca)]$ y dándole valores a las x desde 1 hasta 18, que son las semanas totales de cultivo.

Las figuras 7, 8, 9 y 10 expresan las absorciones relativas de cada cation en tanto por ciento de la gama catiónica. Los valores de los polinomios de las sumas catiónicas fueron obtenidos independientemente para cada año, como si se tratase de un nutriente más, y las gráficas están hechas por los puntos encontrados al dividir el valor de un catión por la suma catiónica y multiplicarlo por 100. Por ejemplo, el Ca es el resultado de $[A_0 + A_1x + A_2x^2 + A_3x^3 (Ca)]:[A_0 + A_1x + A_2x^2 + A_3x^3 (\Sigma \text{Cationes})] \times 100$. De esta forma la suma de K, Ca y Mg en cualquier punto de las figuras dará siempre 100. Las líneas paralelas al eje de ordenadas en estas gráficas muestran el tanto por ciento en que se mantienen los cationes constantes en la solución por el análisis semanal y que en todos los casos fueron 35:45:20 (K:Ca:Mg) expresados en meq/100 meq de cationes.

Análisis foliar

Se recogieron cinco series de muestras el año 1974, de ocho repeticiones cada una para llevar a cabo los análisis foliares. Estas muestras se tomaron a los 20, 40, 60, 80 y 100 días de cultivo. Las hojas se tomaron de las partes altas de la planta, cuando su período de crecimiento había terminado, pero aún no habían empezado a envejecer. El proceso de envejecimiento de la hoja se confirma fácilmente por un incremento progresivo del color verde que pasa de verde claro a verde oscuro.

Las muestras recogidas se lavaron con agua y detergente, aclarando con agua destilada. Se secaron en una estufa de aire forzado a 60°C, y posteriormente, se trituraron en un micromolino. Una vez homogeneizado el triturado, se separaron las fracciones necesarias para el análisis.

La mineralización se hizo por vía seca, calcinando en un horno mufla a 550°C, y las cenizas se disolvieron con ácido clorhídrico. En este mineralizado se determinaron las concentraciones de potasio por espectrofotometría de emisión y de calcio y magnesio por espectrofotometría de absorción atómica.

RESULTADOS

Las figuras 1, 2 y 3 muestran los valores de consumo acumulativo de K, Ca y Mg, respectivamente, expresados en meq/planta. La curva correspondiente a cada año está ajustada por mínimos cuadrados al valor de un polinomio de tercer orden. Cada uno de ellos es el resultado de las cuatro repeticiones que tiene cada año. Como se puede observar en las gráficas, los índices de regresión son bastante elevados (valores de r^2 superiores a 0.9).

El potasio (figura 1) muestra una absorción prácticamente constante hasta la semana 10 (las plantas ya están en producción), y a partir de este punto comienza a producirse un menor consumo de potasio, lo que se aprecia por la inflexión que presentan las curvas.

El calcio (figura 2) presenta su máximo de absorción entre las semanas 6 y 12, coincidiendo el inicio de este aumento con la floración. Al terminar la floración en las semanas 12-13, comienza a disminuir de nuevo la absorción de Ca.

La absorción de Mg (figura 3) presenta valores bastante uniformes durante todo el ciclo de cultivo, sin mostrar puntos que tengan una absorción mayor que los demás.

La figura 4 indica las relaciones entre el K⁺ y el Ca²⁺ expresados ambos en meq/planta y en absorciones acumuladas. Esta figura (al igual que las figuras 5 y 6) son el

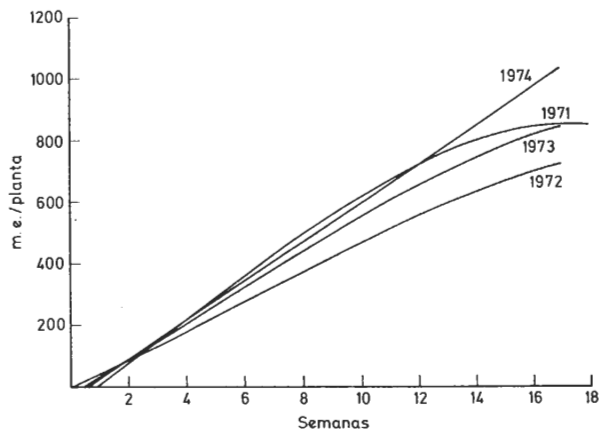


Fig. 1.—Potasio absorbido en meq/planta (valores acumulativos). r^2 (1971) = 0.997; r^2 (1972) = 0.983; r^2 (1973) = 0.994; r^2 (1974) = 0.979.

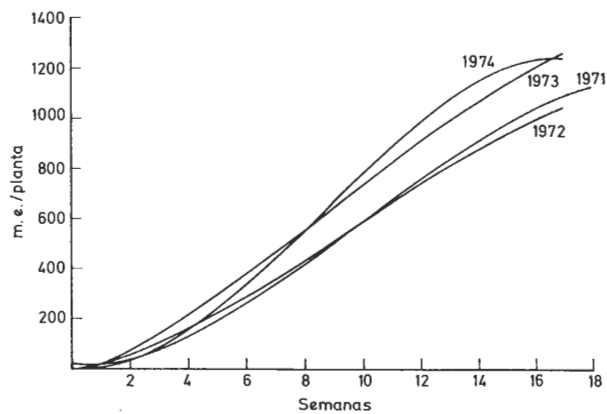


Fig. 2.—Calcio absorbido en meq/planta (valores acumulativos). r^2 (1971) = 0.993; r^2 (1972) = 0.992; r^2 (1973) = 0.982; r^2 (1974) = 0.985.

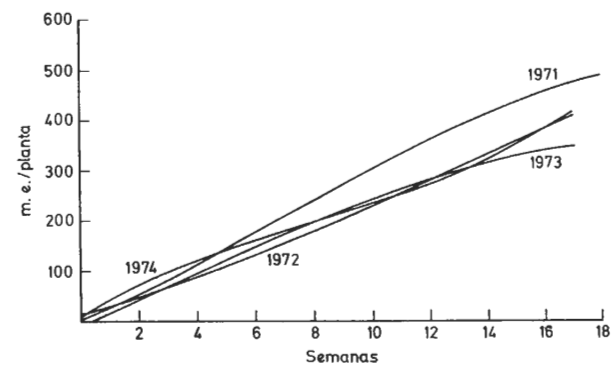


Fig. 3.—Magnesio absorbido en meq/planta (valores acumulativos). r^2 (1971) = 0.974; r^2 (1972) = 0.940; r^2 (1973) = 0.982; r^2 (1974) = 0.973.

resultado de la división de ambos polinomios y muestra cómo va evolucionando la relación de absorción de ambos iones a medida que el cultivo crece. La línea paralela al eje de ordenadas indica la relación en que se encuentran ambos iones en la solución nutritiva, y ésta relación la mantenemos constante durante todo el cultivo. Durante las seis primeras semanas, es decir, hasta la floración, la relación K:Ca está por encima del valor mantenido en la solución nutritiva. Esto indica que la planta, en esta época, utiliza el potasio con preferencia al calcio. Ya a partir de la séptima u octava semana, la relación está muy próxima al valor en la solución nutritiva.

La figura 5 expone las relaciones K:Mg. Se puede apreciar que la relación se mantiene bastante próxima a los valores constantes de la solución nutritiva, aunque son ligeramente superiores al mismo. Puesto que el consumo de Mg es uniforme, las variaciones observadas se deben principalmente a las oscilaciones en la absorción del potasio.

En cuanto a la relación entre las absorciones de Ca y Mg (figura 6), podemos observar cómo se mantienen de forma continua en valores inferiores a la relación constante de la solución nutritiva, mostrando tendencia a incrementarse a medida que avanza la edad del cultivo. Al igual que con el potasio, puesto que los valores de magnesio son bastante constantes, este incremento se debe a un mayor consumo de calcio a medida que el cultivo envejece.

Las figuras 7, 8, 9 y 10, muestran las interrelaciones de K:Ca:Mg expresados en meq absorbidos en tanto por ciento de la suma catiónica. Se puede observar en las cuatro gráficas, conjuntamente, cómo en

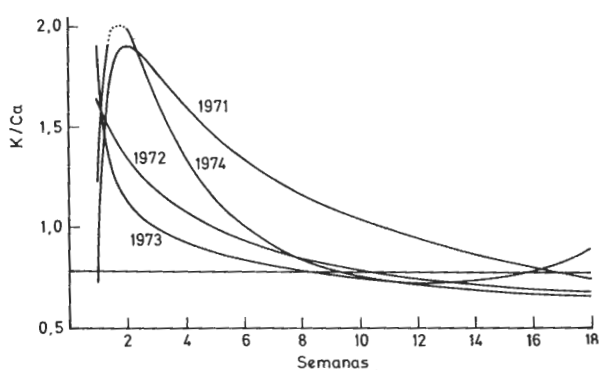


Fig. 4. -Potasio absorbido/calcio absorbido.

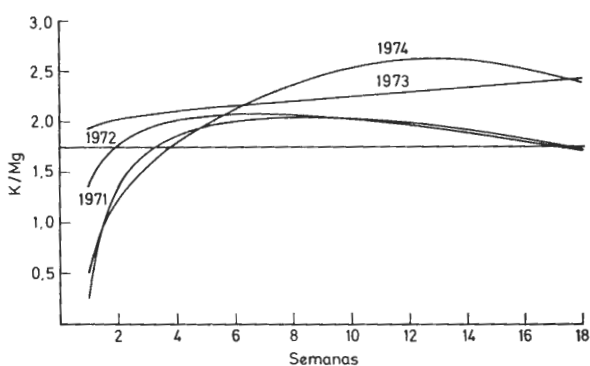


Fig. 5. -Potasio absorbido/magnesio absorbido.

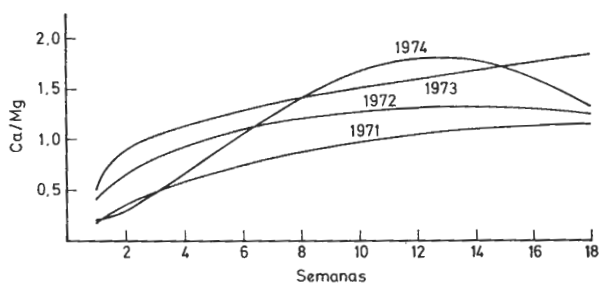


Fig. 6. -Calcio absorbido/magnesio absorbido.

las primeras semanas, tanto el Ca como el K se absorben en cantidades diferentes y hasta cierto punto opuestas a las de la solución nutritiva, absorbiéndose al principio relativamente más potasio que calcio. A medida que el cultivo crece, esta relación se va invirtiendo hasta que se produce el cruce de las curvas de ambos iones, cuyo punto no queda exactamente definido, siendo entre las semanas 10 y 11 en 1971, entre las semanas 5 y 6 en 1972 y 1974 y en la semana 3 en 1973. Se observa igualmente en todas estas gráficas la ten-

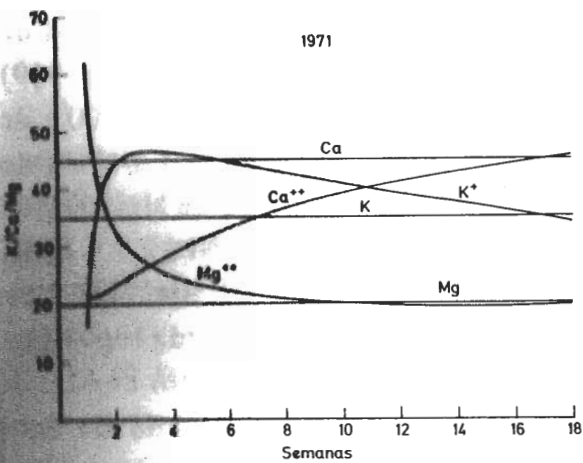


Fig. 7.—Interrelaciones K:Ca:Mg expresadas en % de catión absorbido en meq en relación al total de cationes absorbidos en meq. Año 1971.

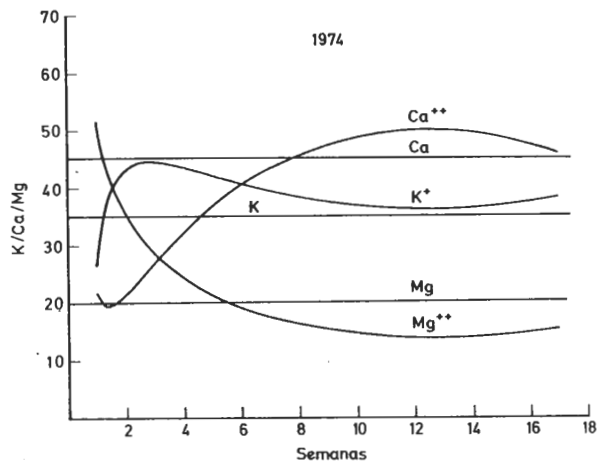


Fig. 10.—Idem figura 7. Año 1974.

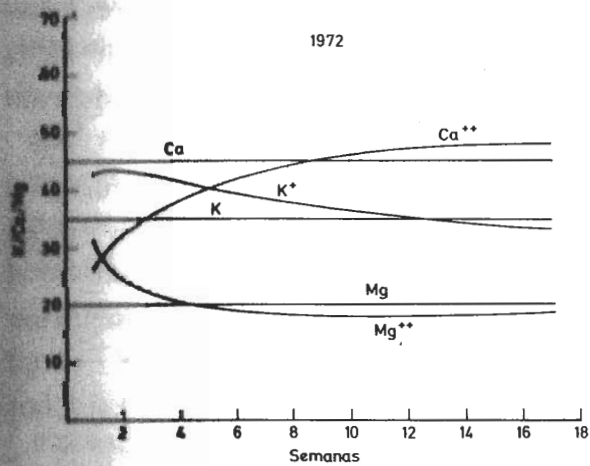


Fig. 8.—Idem figura 7. Año 1972.

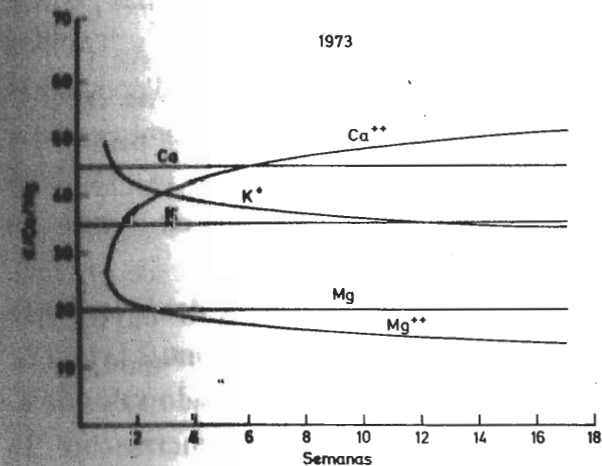


Fig. 9.—Idem figura 7. Año 1973.

dencia a alcanzar el punto de equilibrio con la solución nutritiva (líneas paralelas al eje de ordenadas y que se mantienen constantes todo el cultivo). Simultáneamente se observa cómo el Mg parte de valores más elevados y ya, aproximadamente, en las semanas de 4 a 6 llega a su valor del 20 %, manteniéndose en valores próximos que oscilan entre el 20 y 15 % en todos los años.

La figura 11 muestra las interrelaciones K:Ca:Mg en la hoja, los valores están expresados en meq del catión considerado con relación a su porcentaje en la suma total de cationes..Se puede observar cómo a medida que el cultivo crece, va incrementándose el porcentaje relativo de Ca en la hoja, el de K disminuye, mientras que el de Mg permanece constante.

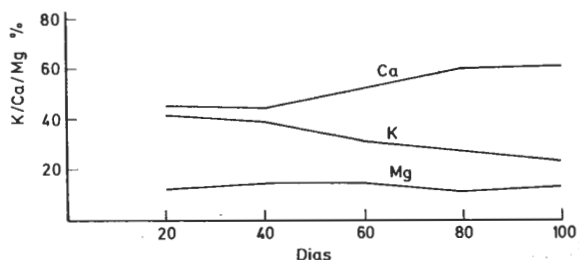


Fig. 11.—Interrelaciones K:Ca:Mg en hojas, expresado en porcentaje de cada catión en relación a la suma total de cationes.

DISCUSION

Los resultados expuestos indican que las plantas de pepinos muestran una absorción diferencial entre los tres macronutrientes catiónicos. Estas diferencias en la absorción son bastante más marcadas en las primeras semanas del crecimiento y se presentan fundamentalmente en las relaciones K:Ca, como se puede observar en la figura 4.

Las figuras 4 y 5 podrían indicarnos la necesidad de una concentración de potasio algo mayor en la solución nutritiva, puesto que este elemento presenta en ambas una absorción relativa mayor que los otros dos. De todas formas, estas desviaciones a partir de la quinta o sexta semana son pequeñas, lo que nos indica una absorción en equilibrio con la solución nutritiva.

La relación Ca:Mg (figura 6) que se mantiene de forma constante por debajo del valor dado en la solución, nos indica que la planta va teniendo progresivamente mayores necesidades de calcio que de magnesio, por lo que quizá sea aconsejable el disminuir la concentración de Mg en la solución nutritiva a fin de facilitar esta mayor absorción de calcio.

El punto que consideramos más importante en el trabajo es el tránsito que existe entre el K y el Ca a medida que crece el cultivo. Al principio del cultivo, el potasio es el elemento absorbido en mayor proporción y a medida que avanza se va produciendo una disminución de la absorción de potasio y un aumento de la absorción de calcio. Mientras que el magnesio disminuye progresivamente hasta llegar a un valor constante muy próximo al fijo de la solución nutritiva.

Se podría pensar que este fenómeno se produce debido a la formación de frutos,

sin embargo, los contenidos en frutos de pepinos dados por Eysinga y Smild (1969) van de 116'7 a 193'2 meq de K/100 g de m.s., de 32'1 a 53'6 meq de Ca/100 g de m.s. y de 24'8 a 41'4 meq de Mg/100 g de m.s. Esto da una relación del 67'2 % de K, 18'5 % de Ca y 14'3 % de Mg. Muy similares son los datos de Ward (1967), que dan unas proporciones en frutos de 61'2 % de K, 16'7 % de Ca y 22'1 % de Mg. Esto indica que el proceso de fructificación no interviene de forma directa en la mayor absorción de Ca encontrada, sino que su acción sería la inversa, ya que las concentraciones de potasio son mucho más elevadas, lo que implica unas mayores necesidades de este elemento a partir de la décima semana que empieza la producción hasta el final del cultivo.

La figura 11 aclara en cierta forma el fenómeno que ocurre, pues vemos que en las hojas se produce un efecto paralelo al de la absorción, hay una disminución apreciable del contenido de K y un aumento del contenido de Ca. Esto nos indica dos procesos diferentes:

1.—Una fijación de calcio en la hoja a medida que va envejeciendo, lo que está de acuerdo con los resultados de Bollard (1960), que expone que en muchas plantas el Ca es generalmente inmóvil, y Thomas (1970), que encuentra que el calcio además de fijarse en las hojas, en la lámina media de las paredes celulares, es también inmovilizado en el floema en forma de cristales de oxalato cálcico.

2.—Un movimiento de K desde las hojas a los frutos, lo que hace disminuir la tasa de K en la hoja y explica el elevado valor de K en el fruto, sin que se incremente la absorción relativa de este elemento a partir de la solución nutritiva.

CONCLUSIONES

1.—Las plantas de pepino muestran al principio de su ciclo vital necesidades relativas de K más elevadas que de Ca y Mg.

2.—A partir de la floración comienzan a incrementarse las necesidades de Ca de la planta.

3.—El Mg es absorbido de forma constante y muestra una relación con los demás cationes en la planta que se mantiene próxima a la de la solución nutritiva utilizada.

4.—El incremento de la absorción de calcio está motivado por un incremento de éste en la hoja y no por tener valores elevados en el fruto.

5.—El K en la hoja disminuye a medida que envejece la planta, lo que permite aumentar las concentraciones en el fruto sin incrementar la absorción a partir de la solución nutritiva.

BIBLIOGRAFIA

BLESA, C. y LUQUE, A. (1972). "Contribución al estudio de los materiales volcánicos de las Islas Canarias para su utilización en cultivos hidropónicos. I. Estudio de las propiedades físicas y químicas." *An. de Edaf. y Agrob.*, 7-8, 583-599.

BLESA, C. y LUQUE, A. (1976). "Idem. II. Tratamiento con soluciones nutritivas." *An. de Edaf. y Agrob.* (en prensa).

BOLLARD, E. G. (1960). "Transport in the

xylem." *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 11, 141-166.

CARPENA, O., PÉREZ MELIÁN, G. y LUQUE, A. (1978). "Absorción de agua e iones en el cultivo de pepinos. I. Consumos totales." *Rev. Agroquím. Tecnol. Aliment.*, 18(2), 236-244.

EYSINGA, R. VAN y SMILD, K. W. (1969). *Nutritional disorders in cucumber and gherkins under glass*. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, 46 pp.

MILLETTI, G. (1969). "Observations on the absorption of *Cucumis sativus* L. in soilless culture under glass." *Procc. Congreso Internacional de Hidroponía*. Las Palmas. España, págs. 119-131.

PÉREZ MELIÁN, G., JIMÉNEZ CONDE, F. y LUQUE ESCALONA, A. (1975). "Métodos de análisis para soluciones nutritivas utilizadas en hidroponía y técnicas de análisis foliar." *An. del Centro Asociado de Las Palmas. UNED*, 1, 226-285.

PÉREZ MELIÁN, G., SANTANA SUÁREZ, O. y LUQUE ESCALONA, A. (1976). "Evolución de nutrientes en hojas de pepinos." (En preparación).

STEINER, A. A. (1961). "An universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition." *Plant and Soil*, 15, 134-154.

STEINER, A. A. (1968). "Soilless culture." *Procc. of Colloquium of the International Potash Institute*, Florencia, Italia, págs. 324-341.

STEINER, A. A. (1969). "Principales diferencias entre cultivos con y sin tierra." *Procc. del Congreso Int. de Hidroponía, Las Palmas, Esp.*, 81-86.

THOMAS, W. A. (1970). "Retención of Calcium-45 by Dogwood tress." *Plant Physiol.*, 45, 510-511.

WARD, G. M. (1967). "Greenhouse cucumber nutrition. A growth analysis study." *Plant and Soil*, 26, 324-332.