

Extracción de Nutrientes por la Planta de Chayote (*Sechium edule* Sw.)¹

E Valverde*, P. González*, A. Cordero*

ABSTRACT

A study to establish the nutrient removal from soil by the chayote plant (*Sechium edule* Sw.) was carried out at the Ujarrás Valley, Costa Rica between June and November, 1983. The nutrients removed by this plant during a growth period of 195 days were as follows: N = 48; Ca = 10; Mg = 9.5; P = 2.5; S = 1.5; Fe = 0.25; B = 0.15; Cu = 0.10 and Zn = 0.07, all of them expressed as kilograms per hectare. The foliage absorption rate increased steadily, except at flower set, and when fruits started to grow. At these stages of development, the plant suffered a significant reduction of its foliage by senescence. The highest absorption rates for N, P and K were observed between 105 and 135 days of the growth period for the first two and between 150 and 165 days for the last, while the lowest absorption rates were observed between 135 and 150 days for N and P, and between 165 and 180 for K.

It was detected that the fruit absorbed 15.2% of the total uptake of N; 16.5% of the P; 8.2% of the K; 3.9% of the Ca; 8.4% of the Mg; 11.03% of the S; 30.43% of the Fe; 15.35% of the Zn; 13.32% of the B and 7.35% of the Cu. Preliminary data suggest that fertilization practices in this crop are generally excessive for plant needs. More research is suggested to confirm this finding. The general pattern of the chayote plant absorption was similar to those observed for other vegetable crops.

INTRODUCCION

En Costa Rica, el cultivo del chayote ha tomado importancia como producto no tradicional de exportación; por tal razón, se hace necesario estudiar ciertos aspectos del manejo del cultivo, como la fertilización, que actualmente se hace en forma empírica.

En la actualidad, la información disponible acerca de la nutrición mineral del chayote es muy escasa; Lopes y Souza (4), en Brasil, encontraron que el orden de absorción de macronutrientes era el siguiente: N K Ca Mg = P, correspondiendo las cantidades

COMPENDIO

Se hizo un estudio para determinar la absorción de nutrientes por la planta de chayote (*Sechium edule* Sw.) en el valle de Ujarrás, Costa Rica, durante los meses de junio a noviembre de 1983. Se halló que, para la zona de Ujarrás, las plantas de chayote absorbieron: N = 48; Ca = 10; Mg = 9.5; P = 2.5; S = 1.5; Fe = 0.25; B = 0.15; Cu = 0.10; y Zn = 0.07 kilogramos por hectárea, en un período de 195 días de crecimiento. Se observó que la tasa de absorción del follaje fue siempre creciente, excepto en el inicio de la floración y al inicio del crecimiento de los frutos, cuando la planta sufrió una importante pérdida de follaje por senescencia. La tasa de absorción más alta para N, P y K fue observada entre los 105 y 135 días de crecimiento para los dos primeros elementos entre los 150 y 165 días para el último, mientras que las tasas de absorción más bajas fueron observadas entre los 135 y 150 días para N y P y entre los 165 y 180 días para el K. Se detectó que el fruto absorbió un 15.2% del nitrógeno total removido del suelo, un 16.5% del P; 8.2% del K; 3.9% del Ca; 8.4% del Mg; 11.03% del S; 30.43% del Fe; 15.35% del Zn; 13.32% del B y 7.35% del Cu. Se determinó que la fertilización empleada por los agricultores generalmente es excesiva y que es necesario establecer rápidamente un programa racional de fertilización con base en más investigaciones sobre el tema. El comportamiento general de la absorción en la planta de chayote es similar a aquel observado en otras hortalizas.

extraídas de esos nutrientes, en plantas de 150 días, a: N = 20 47; P = 3 67; K = 15 63; Ca = 12 67; Mg = 4 09 kg ha⁻¹

Por medio de curvas de absorción es posible representar la cantidad de nutrientes extraídos por la planta. Determinando el estado de desarrollo de la misma, es posible correlacionar las curvas de extracción o absorción con las curvas de crecimiento de tal forma que se puedan asociar los puntos de máxima absorción con puntos importantes de desarrollo, como por ejemplo, la floración y la fructificación. La importancia de determinar las curvas de absorción radica en la posibilidad de poder determinar épocas de aplicación de fertilizantes de acuerdo a momentos de máxima absorción, así como —en forma aproximada— la cantidad total de nutrientes que la planta requiere para su desarrollo (5).

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar el contenido de nutrientes en función del cre-

¹ Recibido para publicación el 14 de octubre de 1986. Esta investigación fue financiada por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT), Costa Rica

* Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica

cimiento de la planta de chayote, en condiciones ambientales naturales, dentro de una plantación comercial. Se espera que este trabajo oriente posteriores estudios de fertilización en chayote.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevó a cabo en una plantación comercial en el valle de Ujarrás, Cartago, Costa Rica, por un período de 195 días, que abarcó de mayo a noviembre de 1983. Las condiciones climáticas imperantes en la zona aparecen en la Figura 1. Antes de dar inicio al estudio se hizo un análisis del suelo, el cual se presenta en el Cuadro 1.

Todas las prácticas de cultivo estuvieron a cargo del agricultor, incluso la fertilización, que fue la siguiente: 100 kg ha⁻¹ de la fórmula 10-30-10, a la siembra; 54 kg ha⁻¹ de urea, a los 22 días de la siembra; 150 kg ha⁻¹, de urea, a los 30 días de la siembra; y a partir de los 60 días, 200 kg ha⁻¹ de urea, cada 30 días. En este caso, una hectárea constó de 400 golpes de siembra, con tres plantas cada uno.

Se realizaron muestreos quincenales; una muestra de cinco plantas completas durante los primeros 60 días, tres plantas completas de los 60 días hasta los 150 días y de cada una de tres plantas, el 30% del follaje desde los 150 días hasta los 195 días.

Las muestras fueron separadas en hojas, tallos, zarcillos, flores y frutos para su posterior análisis químico. La metodología empleada en el análisis fue la utilizada de rutina en el Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica (1).

Con los valores de materia seca y concentración de los distintos elementos estudiados para cada tejido, en las diferentes épocas de muestreo, se calculó la absorción de los nutrimentos y se elaboraron curvas de absorción total, así como de cada órgano de la planta.

Con el fin de obtener la tasa de absorción de los macronutrimentos se realizó un análisis de regresión

para linealizar en las curvas de absorción las distintas etapas de crecimiento de la planta y así, poder obtener la pendiente (tasa de absorción), asumiendo linealidad de esos segmentos o períodos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Con los resultados obtenidos del análisis de suelo (Cuadro 1) se evidencia que éste es fértil, sin problemas de acidez, con base en los contenidos de aluminio. Además, los contenidos de K, Ca y Mg son relativamente altos, especialmente el K. Este suelo presenta altos contenidos de fósforo, posiblemente debido a

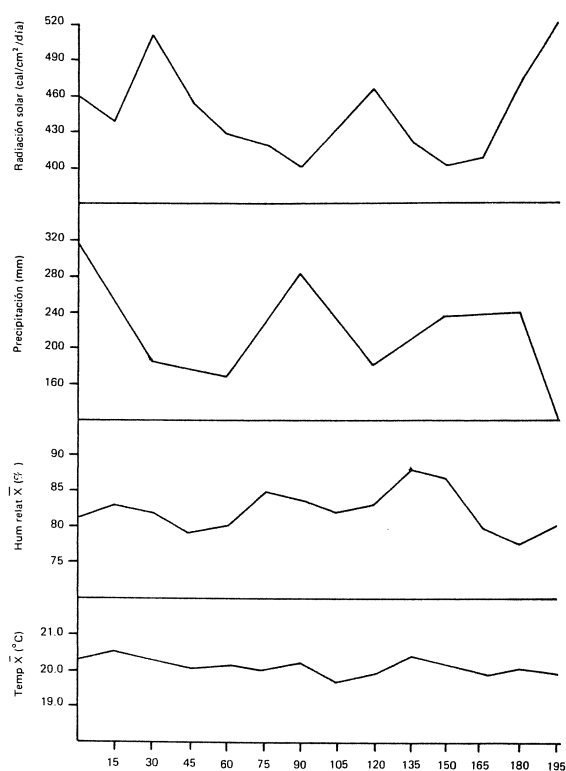


Fig. 1. Promedio de temperatura, humedad relativa, radiación solar y precipitación total, durante el período evaluado en el valle de Ujarrás.

Cuadro 1. Resultado del análisis del suelo para la localidad de Ajenjal, Ujarrás, 1983.

Elemento	K	Ca	Mg	Al	P	Cu	Zn	Mn	pH		M.O. %
	centimoles Kg ⁻¹			ug g ⁻¹			KCL	H ₂ O			
	1.95	11.52	5.24	0.14	244	Trz	37	53	5.4	6.7	7.58

un efecto residual, provocado por la intensa fertilización en las últimas siembras. En cuanto a los micronutrientes, éstos se hallaron en cantidades adecuadas.

Con respecto a las condiciones climáticas (Fig. 1), se puede decir que éstas fueron normales para la zona de Ujarrás; durante el desarrollo de este ensayo, la temperatura promedio fue poco variable (entre 20 y 22°C) y la precipitación suficiente para el desarrollo de la planta, sin presentarse puntos críticos que pudieran afectar la absorción. Esto se reflejó con la tendencia del crecimiento de la planta que fue creciente durante todo el período estudiado; los cambios fundamentales en el crecimiento que se presentaron se consideran de origen fisiológico y no ocasionado por cambios climáticos bruscos que influyeran en el mismo.

Absorción total y por secciones

En cuanto al orden de absorción de los diferentes elementos, el chayote mostró un comportamiento similar al grupo de hortalizas descrito por Bertsch (1), Halbrocks (3) y Magnífico (5), con excepción del Mg, ya que, en la mayoría de las hortalizas, es absorbido en cantidades muy bajas al igual que el P y el S mientras que, en este caso, la planta absorbió Mg en cantidades similares a las de Ca. Esto posiblemente se debió a que estas plantas presentan una gran área foliar, además de tallos y zarcillos fotosintéticos, lo que implica una alta producción de clorofila.

Los Cuadros 2, 3 y 4 muestran que las plantas de chayote, durante un ciclo de 195 días, absorbieron,

aproximadamente, un total de K = 92; N = 48; Ca = 10; Mg = 9.5; P = 2.5; S = 1.5; Fe = 0.25; B = 0.15; Cu = 0.10 y Zn = 0.07 kg ha⁻¹.

Los resultados obtenidos difieren en parte de los informados por Lopes y Zousa en Brasil (4). Estos autores encontraron que el N fue el elemento que se absorbió en mayor cantidad; en segundo lugar, el K y en tercero el Ca, mientras que el Mg y el P lo fueron en cantidades más bajas y semejantes. Lo anterior se justifica al considerar variaciones entre ambos estudios debidos a factores como el clima, manejo y tipo del suelo.

En el Cuadro 2 se puede observar que las hojas absorbieron cerca de un 42% del N, mientras que de P y K un 24.7 y un 21.4, respectivamente. Por otro lado, los frutos absorbieron cerca del 16% del N y P, y de K el 8%.

En el Cuadro 3 se puede apreciar que las hojas absorbieron cerca del 30% de Ca y Mg y un 50% de S. El fruto absorbió un 8% de Mg mientras que, de Ca, aproximadamente la mitad de este porcentaje.

La absorción de Zn, B y Cu por parte de las hojas representó alrededor de un 30%, mientras que de Fe un 40%; por su parte, el fruto absorbió una alta cantidad de Fe, 30%, al compararlo con otros micronutrientes de los cuales absorbió entre un 7 y un 15% (Cuadro 4).

De acuerdo con los resultados obtenidos, en plantas de 195 días, la mayor absorción de los diferentes nutrientes estudiados corresponde a la parte vegeta-

Cuadro 2. Absorción de N, P y K en hojas, tallos, zarcillos, flores y frutos de chayote expresada en kg ha⁻¹ y porcentaje en un período de 195 días después de la siembra.

Parte de la planta	Elementos					
	N		P		K	
	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%
Hojas	19.94	41.5	0.6	24.7	19.8	21.4
Tallos	12.06	25.1	0.8	32.9	36.2	39.0
Pecíolos	4.73	9.8	0.4	16.5	24.0	25.8
Zarcillos	3.45	7.2	0.2	8.2	4.5	4.8
Flores	0.59	1.2	0.03	1.2	0.8	0.8
Frutos	7.32	15.2	0.4	16.5	7.6	8.2
Total	48.09	100.0	2.43	100.0	92.9	100.00

Cuadro 3. Absorción de elementos secundarios en hojas, tallos, zarcillos, flores y frutos de chayote, expresada como kg ha⁻¹ y porcentaje en plantas de 195 días de edad.

Parte de la planta	Elementos					
	Ca		Mg		S	
	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%
Hojas	3.1	30.6	3.0	31.7	0.74	52.53
Tallos	1.9	18.7	3.1	32.9	0.39	27.48
Peciolos	3.8	37.5	1.9	20.1	0.06	4.48
Zarcillos	0.9	8.8	0.6	6.3	0.05	3.76
Flores	0.05	0.5	0.06	0.6	0.01	0.72
Frutos	0.4	3.9	0.8	8.4	0.16	11.03
Total	10.15	100.0	9.46	100.0	1.41	100.00

tiva, la cual constituye el material que eventualmente puede reciclarse y en menor grado, al fruto. Así se tiene que la parte vegetativa absorbió un 96% de Ca, alrededor de 90% de K, Mg, S y Cu; aproximadamente, un 85% de N, P Zn y B; y un 70% de Fe

Aún cuando la parte vegetativa es la que absorbe la mayor proporción de los distintos elementos, sólo una parte de ésta es la que puede ser reciclada en el sitio de cultivo debido a que el agricultor retira del campo el material vegetativo, al terminar el período de vida útil de la planta, como práctica fitosanitaria. La parte que se recicla en el campo es aquel follaje senescente que se desprende en los períodos de producción de flores y frutos y cuyos minerales fueron, posiblemente, removidos para ser utilizados en otras secciones de la planta.

Absorción durante el ciclo

En las Figs. 2, 3, 4, 5, 6 y 7 se observa que la absorción total de los diferentes elementos ocurrió en

forma creciente, excepto en dos períodos: al inicio de la primera floración y fructificación, y al incrementarse la cantidad de frutos producidos. Es aquí como lo muestran los resultados del análisis de crecimiento de la planta, según Valverde y Sáenz (6), ocurren disminuciones en la producción de materia seca debido a severas pérdidas de follaje. Para todos los nutrimentos, el primer período en que disminuyó la cantidad absorbida, como consecuencia de la mencionada pérdida del follaje, ocurrió entre los 90 y 120 días; y el segundo, a excepción del potasio, entre los 135 y 150 días. En el caso del potasio, como se puede observar en la Fig. 4, el segundo período de disminución de la cantidad absorbida se inició un poco después de los 165 días.

Al comparar las curvas de absorción del chayote con su curva de crecimiento (Fig. 8, adaptada de Valverde y Sáenz (6)), se puede observar —a semejanza de otras hortalizas (5)— una alta correlación entre ambas curvas al inicio de la absorción intensa, así como en los puntos máximos de absorción.

Cuadro 4. Absorción de micronutrientes en los diferentes órganos de la planta de chayote, expresado en kg ha⁻¹ y porcentaje en plantas de 195 días.

Parte de la Planta	Elementos							
	Fe		Zn		B		Ca	
	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%
Hojas	0.1	38.03	0.0218	30.71	0.0462	31.71	0.0279	32.03
Tallos	0.00009	0.34	0.0165	23.24	0.0461	31.64	0.0175	20.09
Peciolos	0.04	15.22	0.0088	12.39	0.0246	16.88	0.0165	18.94
Zarcillos	0.04	15.22	0.0124	17.46	0.0080	5.49	0.0178	20.44
Flores	0.002	0.76	0.0006	0.85	0.0014	0.96	0.001	1.15
Frutos	0.08	30.43	0.0109	15.35	0.0194	13.32	0.0064	7.35
Total	0.2629	100.00	0.0710	100.00	0.1457	100.00	0.0871	100.00

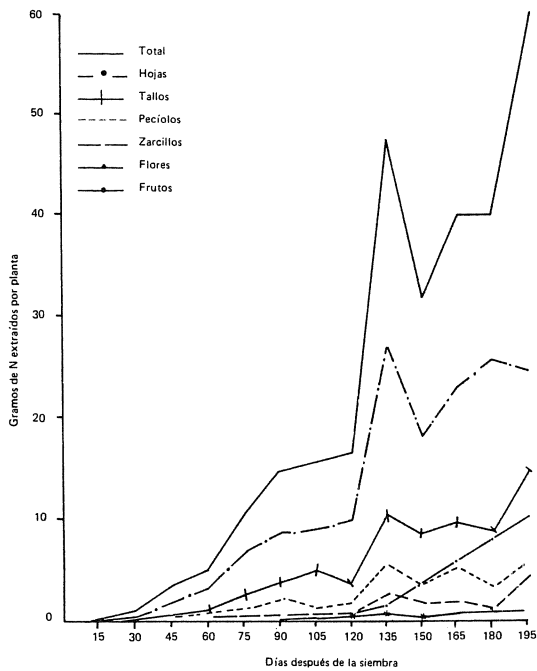


Fig. 2. Extracción de nitrógeno por plantas de chayote durante 195 días de crecimiento.

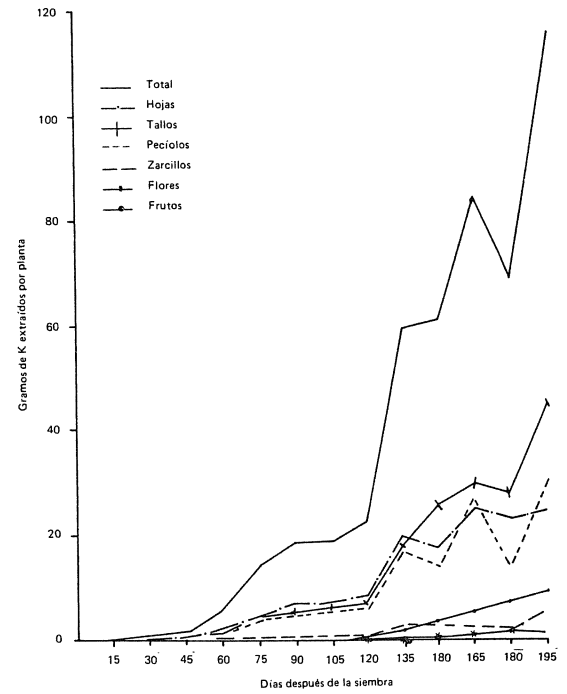


Fig. 4. Extracción de potasio por plantas de chayote durante 195 días de crecimiento.

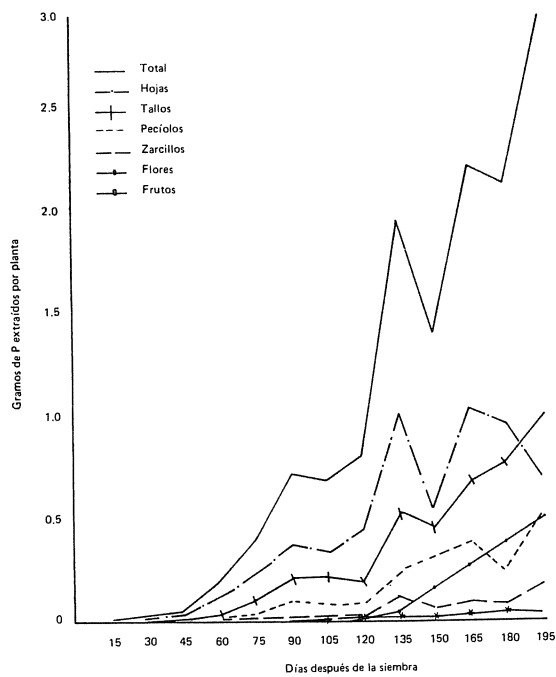


Fig. 3. Extracción de fósforo por plantas de chayote durante 195 días de crecimiento.

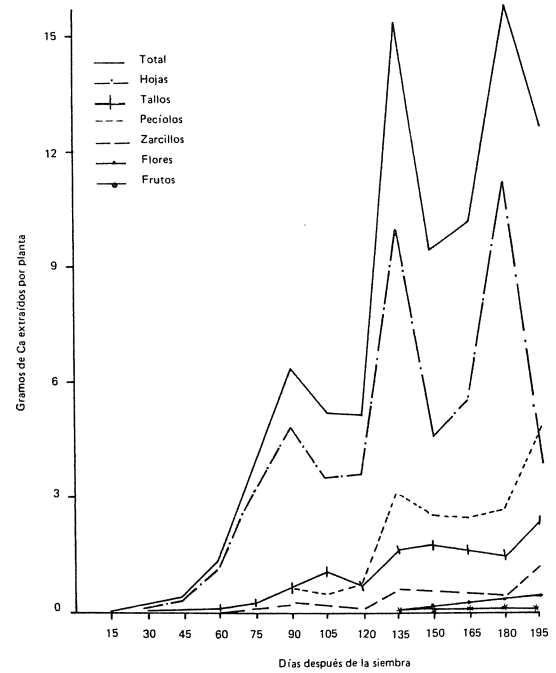


Fig. 5. Extracción de calcio por plantas de chayote durante 195 días de crecimiento.

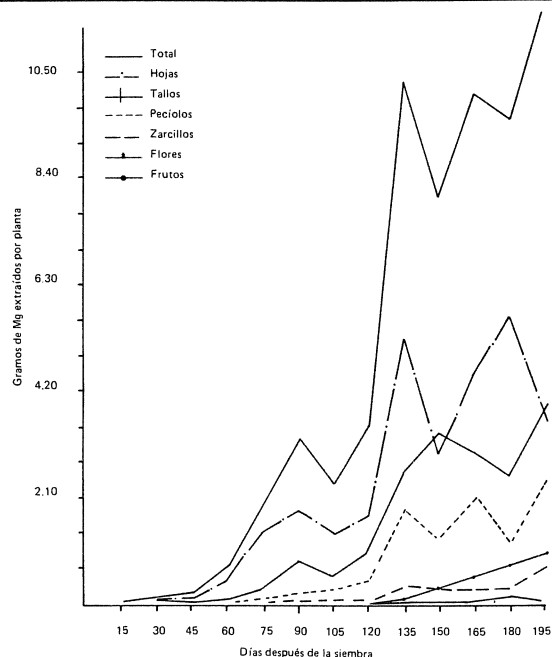


Fig. 6. Extracción de magnesio por plantas de chayote durante 195 días de crecimiento.

En el caso del potasio, la tendencia general también se presentó, pero el segundo período de reducción de la cantidad absorbida se inició a los 165 días, que corresponde a la época de intenso crecimiento de los frutos.

Tasa de absorción

En el Cuadro 5 se observa que la tasa de absorción total de nitrógeno, fósforo y potasio al inicio (primeros 45 días) fue baja. Posteriormente, ocurrió un aumento en ésta para luego disminuir en el período de la primera floración y fructificación. Una vez concluido este período se volvió a producir un incremento hasta que se inició la producción y crecimiento de los frutos.

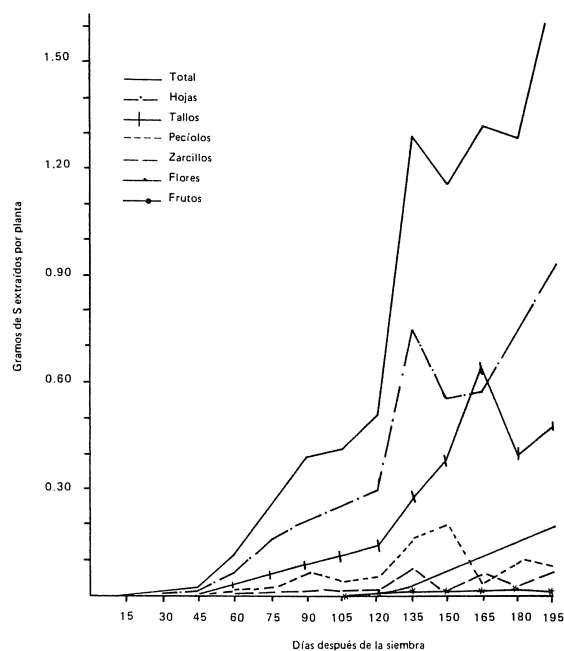


Fig. 7. Extracción de azufre por plantas de chayote durante 195 días de crecimiento.

La tendencia general de absorción fue mostrada por todas las partes de la planta (Figs. 2, 3 y 4).

Al hacer una comparación de la fertilización aplicada y la extracción de elementos nutritivos (Cuadro 6), se pone en evidencia que los programas de fertilización que se utilizan en la actualidad especialmente con respecto a nitrógeno y fósforo, no se acercan a la realidad de absorción que realiza la planta, como lo evidencian los bajos porcentajes de eficiencia en la utilización de nitrógeno (8.50%). Esto hace pensar que la planta es ineficiente en la absorción de nitrógeno o, más probablemente, que los sistemas de aplicación son inadecuados. En el caso del fósforo, la situación es similar: el porcentaje de eficiencia es bajo y los requerimientos de la planta no justifican el volu-

Cuadro 5. Tasa de absorción total de N, P y K en los distintos períodos de crecimiento, expresado en gramos del elemento absorbido por día durante un período de 195 días de crecimiento de la planta de chayote.

Período	Elementos					
	N		P		K	
	g día ⁻¹	Período	g día ⁻¹	Período	g día ⁻¹	
15 - 45	0.0368	15 - 45	0.0013	15 - 45	0.0662	
45 - 90	0.3267	45 - 75	0.0108	45 - 75	0.4970	
90 - 120	0.0668	75 - 105	0.0105	75 - 120	0.1576	
120 - 135	2.3517	105 - 135	0.0495	120 - 150	1.4043	
135 - 150	-0.7667	135 - 150	-0.0350	150 - 165	1.6247	
150 - 195	0.6224	150 - 195	0.0440	165 - 180	0.0287	
				180 - 195	1.1085	

men del elemento aplicado por fertilización; el excedente de fertilizante provoca un acúmulo del elemento en el suelo, como lo evidencia el alto contenido de fósforo en el suelo (Cuadro 1.). Con el potasio, la situación es al contrario: la cantidad aplicada por fertilización no supe las necesidades de la planta y ésta absorbe el faltante del suelo que, afortunadamente, en este caso tiene un nivel aceptable del elemento. Obviamente, la planta presenta una alta capacidad de absorción de potasio del suelo.

Cuadro 6. Fertilización aplicada y eficiencia de extracción de elementos nutritivos en plantas de 195 días de edad¹.

	Elementos		
	N	P	K
kg ha ⁻¹ aplicados	568.00	55.00	18.00
kg ha ⁻¹ absorbidos	48.09	2.43	92.90
% de eficiencia	8.50	4.42	516.11

1 Asumiendo que los nutrimentos absorbidos provienen exclusivamente de fertilizantes.

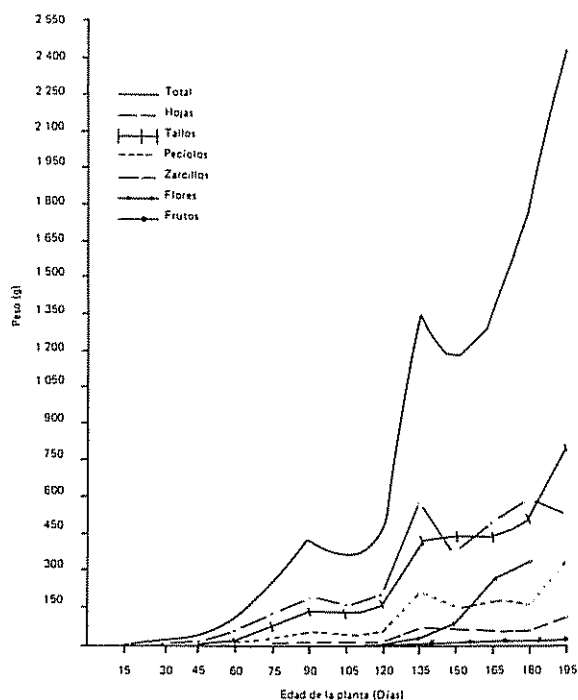


Fig 8. Variación del peso total y el peso de las principales secciones de la planta con la edad. (Valverde y Sáenz, _____).

CONCLUSIONES

El chayote presenta comportamientos de absorción básicamente similares a los de otras hortalizas y las diferencias existentes se justifican al considerar que ésta es una planta perenne y que debe satisfacer los requerimientos nutricionales de una gran área fotosintética.

La tendencia de absorción de los diferentes elementos es siempre creciente y las disminuciones observadas en los periodos de floración y producción de frutos se deben a pérdidas de material vegetativo más que a reducciones reales en la absorción.

Con base en la información presentada en este estudio, se deduce que los programas de fertilización usualmente seguidos en la región del valle de Ujarrás son excesivos y en algunos casos, no corresponden a los puntos de crecimiento de la planta en los cuales realmente se requieren cantidades apreciables de los distintos elementos.

LITERATURA CITADA

1. BERTSCH, F ; GUZMAN, E. 1981 Nutrición mineral de hortalizas: curvas de absorción de nutrientes Turrialba, Costa Rica, CATIE, Departamento de Producción Vegetal, 23 p. (Mimeografiado)
2. BRICEÑO, J.F.; PACHECO, R. 1979. Métodos de laboratorio para el análisis de suelos y plantas, usados en el Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica San José, Costa Rica, Oficina de Publicaciones de la Universidad de Costa Rica, 92 p.
3. HALBROCK, M.C.; WILCOX, G.E. 1980. Tomato plant development and elemental accumulation. Journal of the American Society for Horticultural Sciences 105(2):826-828.
4. LOPES, J.F.; SOUZA, A.F. 1981. Absorção de macronutrientes pelo chuchuizeiro. XXIX Congresso Anual da Sociedade Americana de Ciências Horticolas - Região Tropical, Campinas, São Paulo, Brazil, 42 p.
5. MAGNIFICO, V.; VICENSO, L.; GUILIO, S. 1979. Growth and nutrient removal by broccoli. Journal of the American Society for Horticultural Sciences 104(2):201-203.
6. VALVERDE, E.; SAENZ, M.V. Análisis del crecimiento del chayote (*Sechium edule* Sw.) Turrialba (en prensa).

Notas y Comentarios

El exceso de estiércol preocupa a Holanda

Al saludar al Año Europeo del Ambiente, que se inició el 21 de marzo de 1987, durante el cual se trataron las políticas de protección de la vegetación europea contra la contaminación por el dióxido de azufre y por los óxidos de nitrógeno, *The Economist* (14-III-87, p. 58) hace un aparte para comentar el caso insólito de Holanda, un miembro de la Comunidad Europea, que tiene, además, un peligro proveniente del hecho de ser un país predominantemente ganadero.

Demasiado de una buena cosa puede ser malo, dice un refrán, y esto es especialmente cierto del mejor fertilizante del mundo, el estiércol. La ganadería intensiva en Holanda produce y usa tanto estiércol animal, que ya está contaminando el agua potable y envenenando la tierra. Después de luchar por años contra una montaña creciente de estiércol, los holandeses están planeando atacar al problema con dos leyes que entraron en vigencia el 1° de marzo de 1987.

Cada año, los 6 millones de vacas y 12 millones de cerdos producen casi 96 millones de toneladas de bosta, de las cuales un 15 por ciento queda como sobrante después de que el resto ha sido liberalmente esparcido en los alrededores para fertilizar los cultivos. Los excrementos animales están cargados con los productos químicos de los forrajes enriquecidos, algunos de los cuales, como los fosfatos y nitratos, se presentan en concentraciones dañinas. Ya desde 1970, los holandeses, conscientes de su ambiente, comenzaron a preocuparse sobre la amenaza de contaminación del agua y de la tierra en un país en el que un décimo de su superficie lo constituyen ríos, lagos y canales. Hace unos dos años, un consejo consultivo gubernamental encontró que las concentraciones de nitratos en el agua excedían los niveles aceptables por la Comunidad Europea.

En los primeros años de los novecientos setenta, tres provincias establecieron "bancos de estiércol" subsidiados, donde los agricultores podrían pagar para depositar los excedentes de excrementos. El abono podría ser entonces transportado a las áreas que lo necesitasen. De las dos nuevas leyes, una trata directamente del estiércol y la otra de la protección del suelo. La ley sobre los abonos requiere que los agricultores informen sobre cuántos animales están manteniendo y cuánta tierra están cultivando, con el objeto de poner en vigencia nuevos límites a los fosfatos. Se impondrá una gravamen sobre la producción de estiércol que exceda la cantidad permitida a cada agricultor usar en su propia tierra; el Ministerio de Agricultura holandés espera que el agricultor promedio pague unos 1000 guilders al año. Un banco nacional de estiércol se establecerá para promover el uso eficiente del excedente.

La nueva ley sobre protección del suelo detalla los límites de fosfatos según el tipo de tierra y establece reglas sobre la forma de aplicación del abono en la esperanza de minimizar la polución. Además de pasar leyes, el gobierno está también proporcionando algo de dinero. Unos 115 millones de guilders serán gastados entre ahora y 1990 en almacenamiento, tratamiento e investigación.

Los holandeses desearían convertir el estiércol en una industria en crecimiento. Pero, el tratamiento costoso, almacenamiento y transporte están estorbando sus esfuerzos. El costo de almacenamiento del estiércol se eleva hasta 2 mil millones de guilders al año, y el transporte de la cosa le cuesta a cada agricultor un promedio de 5600 guilders al año, conforme afirma el Ministerio de Agricultura. Con todo, unos pocos contratistas y empresas de transporte han surgido ya para explotar el desequilibrio entre un excedente de abono en el sur y una escasez en el norte. A.G.