IPNI
INTERNATIONAL
PLANT NUTRITION
INSTITUTE

NUTRICION Y FERTILIZACION DEL MARACUYA

1994

NUTRICION Y FERTILIZACION DEL MARACUYA

E. Malavolta

Centro de Energía Nuclear en Agricultura

Universidad de Sao Paulo

Piracicaba, S. P., Brasil

International Plant Nutrition Institute (IPNI), Oficinas para el norte de Latino América, Gaspar de Villarroel E 14-171 y Eloy Alfaro, Casilla Posta 17-17-980, Quito-Ecuador

PRESENTACION

El cultivo del Maracuyá se ha extendido apreciablemente en varias áreas de Latino América, pero no existe suficiente información sobre los diversos factores de producción de este importante cultivo. Esta publicación pretende contribuir al mejoramiento de la producción de esta pasiflora al entregar a los productores, investigadores y estudiantes una discusión actualizada de la nutrición y fertilización del Maracuyá.

La escritura e impresión de la presente publicación fue posible gracias al financiamiento proporcionado por las siguientes agencias Canadienses: **Western Diversification Program (WDP), Atlantic Canada Opportunities Agency (ACOA) y Province of New Brunswick (NB)**, como una contribución a la producción agrícola de Latino América.

Mayo de 1994

TABLA DE CONTENIDO

	Página
Introducción	1
Aspectos botánicos	4
Requerimientos climáticos	6
Requerimientos de suelo	7
Nutrición mineral	8
Acumulación de materia seca	8
Acumulación de nutrientes	11
Requerimientos de Macro y Micronutrientes	11
Exportación de nutrientes en el fruto	17
Efecto de los nutrientes en el crecimiento	20
Efecto de los nutrientes en la composición mineral	23
Evaluación del estado nutricional del maracuyá	27
Síntomas visuales	27
Diagnóstico foliar	27
Niveles deficientes y adecuados	36
Muestreo foliar	38
Interpretación	39
Fertilización	43
Muestreo de suelos	43
Encalado	44
Fertilización	45
Epoca y forma de aplicación de los fertilizantes	46
Referencias	49

INTRODUCCION

Las parchas, parchitas o granadillas pertenecen al orden *Parietales,* familia *Passifloraceae* y al género *Passiflora* que tiene alrededor de 530 especies tropicales y subtropicales. Más de 150 de estas especies son originarias del Brasil y más de 60 de éstas producen frutos que pueden ser aprovechados como alimentos y en la preparación de dulces, licores o refrescos (Piza Jr., 1966; Avilán y Leal, 1984).

Las especies del género Passiflora habitan parte de América, Asia y Australia y entre éllas se destacan por su valor comercial las siguientes: parchita maracuyá (*Passiflora edulis*), parcha andina (*P. ligularis*) parcha granadina o badea *(P. guadrangularis*) y curuba (*P. molligiona*). Las especies más cultivadas son *Passiflora edulis f. flavicarpa* y *Passiflora edulis f. purpurea*. La primera tiene frutos de color amarillo mientras que la segunda morados.

El término "maracuyá" se origina del vocablo indígena "mara-cuyá" que quiere decir alimento (mara) servido en vaso (cuia) en referencia al recipiente hecho con la cáscara del fruto de *Crescentia cujete* (una binoniacea) después de sacar la pulpa. En francés se denomina "passiflore comestible" o "granadille", en italiano "granadiglia", en alemán "passionfrucht" o "maracujá" y en inglés "passionfruit" o "granadilla".

El maracuyá se utiliza en la alimentación humana de dos formas: consumo directo del fruto y en jugo. La Tabla 1 presenta la composición del fruto del maracuyá. El jugo, que puede llegar a ser hasta 41% del fruto, tiene un color amarillo-oro, sabor y aroma característicos y acidez neta. El color se desarrolla por la presencia de carotenoides de coloración amarillo intensa y el aroma por una mezcla de 18 aceites volátiles siendo los de mayor proporción hexilcaproato, hexil-butirato, etilcaproato y etilbutirato.

Tabla 1. Composición del fruto del maracuyá (Piza Jr., 1966).

Parte del fruto	Amarillo	Morado
	%	
Cáscara	61.9	49.6
Pulpa (1)	38.1	50.4
Residuo	7.2	13.6
Jugo	30.9	36.8

(1) Residuo + Jugo

La composición del jugo se presenta en la Tabla 2. Destaca el bajo contenido protéico, mientras que el contenido de vitamina A y ácido ascórbico (vitamina C) es relativamente alto. Más detalles se pueden encontrar en Pruhti (1963) y Medina et al. (1980).

Las propiedades farmacológicas del jugo son conocidas desde hace casi un siglo (Sarti, 1980). Entre los compuestos de importancia están el Passicol que es un compuesto poliacetilénico que tiene actividad contra bacterias y hongos y los flavonoides rutina, quercetina, apigenina, luteonina y campferol. Entre los alcaloides, el primero que se describió fue la passiflorina, hoy identificado como el hamana (II), un derivado indólico. Los otros derivados son la harmina (III) y el harmol (IV). Los alcaloides del grupo de la harmana y algunos flavonoides están relacionados con la actividad calmante del jugo (Freitas, 1987).

La utilización del fruto para la producción de jugo genera gran cantidad de residuos (cáscara + semilla) ricos en aceite (semilla), pectina y material mineral (cáscara). Se puede extraer la pectina para emplearla en la elaboración de jaleas y se puede utilizar las semillas en alimentación animal aprovechando el alto contenido de aceite, carbohidratos y proteínas (Durigan y Yamanaka, 1987). El aceite de coloración amarilla, sabor y aroma agradables se compara con el aceite de algodón por su valor nutritivo y digestibilidad.

Tabla 2. Composición del jugo del maracuyá (Santos, 1980).

Componente[1]	Amarillo	Morado
Calorías (cal)	53	51
Proteínas (g)	0.67	0.39
Grasa (g)	0.05	0.05
Carbohidratos (g)	13.72	13.60
Fibra (g)	0.17	0.04
Ceniza (g)	0.49	0.34
Calcio (mg)	3.80	3.60
Fósforo (mg)	24.60	12.50
Hierro (mg)	0.36	0.24
Vitamina A (mg)	2410	71
Niacina (mg)	2.24	1.46
Acido ascórbico (mg)	20	29.80

(1) Contenido en 100 ml

Hasta el año 1970, solamente 8 países eran responsables de alrededor del 90% de la producción mundial de maracuyá: Estados Unidos (Hawaii), Australia, Papua Nueva Guinea, Africa del Sur, Fiji, Kenia, Colombia y Sri Lanka. Otros países donde se cultivaba a nivel comercial eran: Brasil, Taiwan, Italia (Sicilia), Nueva Zelandia, Israel, Martinica, Costa de Marfil, Islas Canarias, Swazilandia, Indias Occidentales, Perú, Suriname, República Dominicana, Turquía, Congo, Islas Cook, Indonesia, Isla Nine, Filipinas, Islas Salomón y Samoa Occidental (Manica, 1981,).

Hoy en día, Brasil es probablemente el mayor productor mundial. En el año 1989 se cosecharon 193 938 toneladas en 28 559 hectáreas (FIBGE, 1991). La productividad varía ampliamente entre países y dentro de un mismo país. En Brasil, por ejemplo, el promedio nacional está entre 8 y 10 toneladas por hectárea, pero existen productores que obtienen 40 y hasta 50 toneladas (Ruggiero, 1987).

El cultivo del maracuyá ha despertado creciente interés en distintas partes del mundo. Por esta razón en el año 1991 se realizó en Palmira, Colombia, el primer Simposio Internacional sobre Passifloras, con la presencia de 52 conferencistas y cerca de 300 participantes (Vuillaume, 1992). Las principales áreas productoras en Latino América se encuentran en el Brasil, Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela.

ASPECTOS BOTANICOS

El maracuyá es una planta perenne, leñosa, voluble, de hábitos trepadores y de rápido desarrollo que puede alcanzar hasta 10 metros de largo. Las hojas, de color verde brillante, son simples y alternas formadas por tres lóbulos con zarcillos. Las flores de pétalos blanquecinos se forman individualmente en las axilas de las hojas de ramas nuevas (Piza Jr., 1991).

En la flor, el gineceo se encuentra sobre un ginóforo y está constituido por un ovario y tres estilos. A pesar de ser una flor perfecta, es decir tiene órganos femeninos y masculinos en la misma flor, es necesario que una planta sea fecundada por el polen de otra (Avilán y Leal, 1984). Por otro lado, debido a que el polen es muy pesado, a que las flores son muy grandes y a la particular disposición de los componentes femeninos y masculinos, la polinización es eficiente solamente con la intervención de insectos como el abejorro o abeja carpintera (*Xylocopa varipuncta*), la abeja melifera (*Apis mellifera*) y la avispa negra (*Palystes* sp). En regiones donde los insectos polinizadores no son abundantes es necesario criarlos o recurrir a la polinización artificial que aumenta apreciablemente el cuajado. Las flores se abren cerca del medio día y se cierran al inicio de la noche, con el máximo de apertura ocurriendo alrededor de las 13 horas.

El tiempo que transcurre entre polinización y término de desarrollo del fruto varía entre 61 y 80 días (Akamine y Girolami, 1959). La producción generalmente empieza entre el séptimo y el décimo mes después de la siembra. En función de las condiciones de clima y latitud, la floración puede tener lugar a inicios de primavera e inicios de otoño, en áreas subtropicales, o casi continuamente durante nueve meses del año en áreas tropicales.

El fruto del maracuyá es una baya de forma redondeada u ovalada, de 6-10 cm de largo, y cuando maduro puede tener color morado o amarillo. En su interior se forman numerosas semillas, cada una de las cuales está rodeada por una membrana mucilaginosa (sarcotesta) que contiene el jugo. En promedio el fruto morado pesa de 30 a 45 g, sin embargo, en plantas bien manejadas los frutos pueden pesar entre 80 y 90 g.

El sistema radical del maracuyá es superficial y poco distribuido como lo demuestran los datos de la Tabla 3 (Kuhne, 1965). Estos datos corresponden a un estudio conducido en Sur Africa, que midió las raíces de plantas de maracuyá de dos años de edad. Las plantas fueron cultivadas en un suelo arenoso derivado del granito. Se observa que más de la mitad de las raíces se ubican en los primeros 30 cm de suelo y que alrededor de 80% de éstas se localizan a una distancia menor de 50 cm desde el tallo. Otro estudio conducido en Brasil (Carvalho, 1988), en otro tipo de suelo (Oxisol)

arrojó básicamente los mismos resultados. Este tipo de información es de interés para la localización de los fertilizantes.

Las plantas de maracuyá pueden producir hasta los 6 u 8 años de edad, pero la vida comercialmente útil de la planta se reduce a 3 o 4 años.

Mayores detalles sobre la botánica del maracuyá, incluyendo características de híbridos y cultivares se puede encontrar en Bailey (1971), Salomao y Andrade (1987) y Winks et al. (1988).

Tabla 3. Distribución del sistema radicular de maracuyá amarillo y morado (adaptado de Kuhne, 1965).

Profundidad cm	Distancia del Tallo (cm) 15-45	45-75	75-105	105-140	Total	Porcent.
	---------- Peso total de raíces * (g) ----------					
			Amarillo			
0-15	25.3	7.9	2.6	0.7	36.5	41
15-30	16.2	0.5	0.5	0.3	17.5	19
30-45	21.9	1.0	0.6	0.4	23.9	27
45-60	9.9	0.8	0.6	0.4	11.7	13
Total	73.3	10.2	4.3	1.8	89.6	100
Porcentaje	82	11	5	2	100	
			Morado			
0-15	42.0	9.3	3.1	0.8	55.2	29
15-30	44.0	2.8	2.3	0.8	49.9	27
30-45	52.0	8.9	2.0	1.1	65.0	36
45-60	9.0	3.1	1.2	0.7	14.0	8
Total	151.0	24.1	8.6	3.4	187.1	100
Porcentaje	81	13	4	2	100	

* Peso de materia seca

REQUERIMIENTOS CLIMATICOS

El maracuyá creciendo durante todo el año, exige ciertas condiciones climáticas, particularmente con respecto a temperatura, cantidad y distribución de lluvias (Akamine et al., 1964; Carvalho, 1965; Piza Jr. 1966, 1991). En términos generales se puede cultivar comercialmente maracuyá en zonas con altitudes que varíen de 100 a 1500 msnm y que tengan temperaturas de hasta 25°C, humedad relativa baja, condiciones favorables para la polinización por insectos y ausencia de vientos y heladas. El maracuyá amarillo (*P. edulis f. flavicarpa*) puede ser cultivado casi en todas las regiones tropicales y subtropicales, mientras que el maracuyá morado (*P. edulis f. purpurea*) y la badea (*P. cuadrangularis*) son menos tolerantes a las condiciones del trópico, pero pueden ser cultivados en las demás regiones. El cultivo de *P. ligularis* y particularmente el del *P. mollissima* raramente tiene éxito, a excepción de las zonas altas de los trópicos (Manica, 1981).

Las regiones que reciben altas cantidades de lluvia generalmente no son adecuadas para el cultivo del maracuyá porque en estos casos se dificulta la polinización, debido a que los granos de polen pueden explotar al entrar en contacto con el agua. Cuando las lluvias son superiores a 2100 mm anuales hay mayor incidencia de enfermedades que causan la pudrición del fruto (Akamine et al., 1964). Por otro lado, la distribución de la lluvia es muy importante a tal punto que puede ser necesario utilizar riego en una región donde el total de lluvia sea mayor que en otra en la cual llueve menos pero la distribución es uniforme (Kuhne, 1968).

El maracuyá prefiere temperaturas moderadas durante el año y no se aconseja sembrarlo en áreas donde puedan ocurrir heladas. Sin embargo, plantas adultas de maracuyá morado pueden resistir heladas de corta duración, pero las plantas jóvenes carecen de este atributo. Por otro lado, el maracuyá amarillo es muy susceptible a las heladas. En consecuencia, el maracuyá amarillo es más indicado para regiones de temperaturas altas, mientras que el morado lo es para áreas de temperaturas más bajas. El cuajado de las flores se perjudica en condiciones de temperaturas muy altas o muy bajas (Kuhne, 1968). Las temperaturas bajas paralizan el crecimiento y pueden causar la caída de flores y frutos recién formados (Piza Jr., 1991).

Debido a la sensibilidad del maracuyá al fotoperíodo, tanto la latitud como la exposición solar tienen efecto en la productividad ya que influencian la duración del período de cosecha.

REQUERIMIENTOS DE SUELO

El maracuyá requiere suelos profundos, ligeramente ácidos, con buen drenaje, preferiblemente ricos en materia orgánica, de textura media, ligeramente inclinados y con buen nivel de fertilidad, aun cuando esto último se puede lograr mediante fertilización adecuada (Avilán y Leal, 1984; Piza Jr., 1991).

Las plantas de maracuyá no toleran períodos largos de encharcamiento. El síndrome de la "muerte prematura de las plantas", está asociado con malas condiciones del suelo, particularmente físicas.

La necesidad de sembrar maracuyá en suelos de textura media (francos - franco arcillosos) se debe a que los suelos livianos (arenosos) tienen dificultad para almacenar agua y presentan condiciones más favorables para nemátodos. Por otro lado, los suelos pesados (arcillosos) no drenan fácilmente y mantienen largos períodos de alta saturación con agua proveniente de la lluvia o del riego, favoreciendo el desarrollo de hongos del suelo que pudren las raíces y causan debilidad en las plantas (Piza Jr., 1991). La presencia de mal drenaje favorece también la incidencia de otras enfermedades fungosas que tornan la cáscara de color marrón y causan la muerte del fruto.

La profundidad del suelo es otro factor importante a considerarse en el cultivo del maracuyá, a pesar de que el sistema radicular de la planta de maracuyá es superficial, como se explicó anteriormente. En suelos poco profundos, el riesgo del encharcamiento que afecta sensiblemente al cultivo es mayor. Si esto ocurre se deben construir camellones de tierra de altura suficiente donde se siembra la planta.

Desde el punto de vista químico, el suelo debe tener una adecuada saturación de bases, evitándose el exceso de aluminio intercambiable. La acidez excesiva se puede neutralizar con el encalado y la baja fertilidad se corrige con la aplicación de fertilizantes como se verá más adelante.

NUTRICION MINERAL

ACUMULACION DE MATERIA SECA

En la Tabla 4 se presentan los datos de producción de materia seca en un año de crecimiento, en una plantación de maracuyá cultivada en suelo arenoso de Sao Paulo, Brasil, con una densidad de siembra de 1666 plantas/ha (Haag et al., 1973). En las Figuras 1 y 2 se presentan los datos de acumulación de materia seca total y materia seca en los frutos de maracuyá morado y maracuyá amarillo recalculados a t/ha. La producción de 2156 g de materia seca de frutos por planta de maracuyá morado corresponde a 13 kg o 21.6 t/ha de frutos frescos. En caso del maracuyá amarillo , la cosecha de 2669 g de materia seca de frutos por planta corresponde a 16 kg o 26.6 t/ha de frutos frescos. De los datos presentados en la Tabla 4 y en las Figuras 1 y 2 se puede concluir que:

- El crecimiento de las ramas es lineal después de los 160 días de edad, alcanzando más de 8 m a los 370 días.

- Existe un desarrollo rápido de las raíces entre 220 y 300 días de crecimiento.

- El crecimento más intenso del tallo y hojas ocurre entre 250 y 330 días.

- La fructificación empieza a los 9 meses y la producción sigue creciendo hasta el final.

- El crecimiento del maracuyá es muy activo entre 300 y 330 días. En este período hay un aumento en la producción de materia seca de 100 g/planta/día o 166 kg/ha/día.

- Igualmente notable es el crecimiento de los frutos, cuyo peso en dos meses aumenta cerca de 1100%.

- El maracuyá amarillo y el morado prácticamente se comportan de la misma manera, aunque la producción del primero es mayor.

- Aun cuando las curvas de crecimiento tienen una ligera tendencia sigmoide no se puede decir que la producción de materia seca no siga creciendo en años sucesivos, especialmente si se tiene en cuenta las podas que generalmente se realizan en la planta.

Tabla 4. Crecimiento del maracuyá en condiciones de Sao Paulo, Brasil (Haag et al., 1973).

Variedad	Edad (días)								
	130	160	190	220	250	280	310	340	370
	Extensión Ramas (cm)								
Amarillo	7.5	20.2	96.0	200.0	361.5	490.0	615.0	730.0	820.0
Morado	6.5	19.7	106.0	195.0	329.0	500.0	590.0	700.0	770.0
	Raíz (g/planta)*								
Amarillo	--	0.3	1.7	4.2	46.7	72.5	146.0	184.3	141.9
Morado	--	0.2	1.8	7.1	32.0	58.4	109.6	133.0	156.3
	Tallo (g/planta)								
Amarillo	--	--	9.0	61.0	102.9	1410.5	1259.0	2795.5	3153.0
Morado	--	--	11.3	75.0	91.2	1255.0	1532.0	2353.0	2870.0
	Hojas (g/planta)								
Amarillo	--	--	11.9	69.4	84.6	818.5	1762.0	2189.0	2400.0
Morado	--	--	13.8	71.4	109.4	824.7	1158.0	1475.0	2080.0
	Frutos (g/planta)								
Amarillo	--	--	--	--	--	194.2	1300.0	2283.0	2669.4
Morado	--	--	--	--	--	302.4	1824	2009.0	2156.6
	Total (g/planta)								
Amarillo	0.28	2.7	22.6	129.65	234.5	2495.7	4467.0	7461.8	8364.3
Morado	0.20	3.8	26.9	153.5	303.5	7440.5	4641.6	51970.5	7183.7

* Materia seca

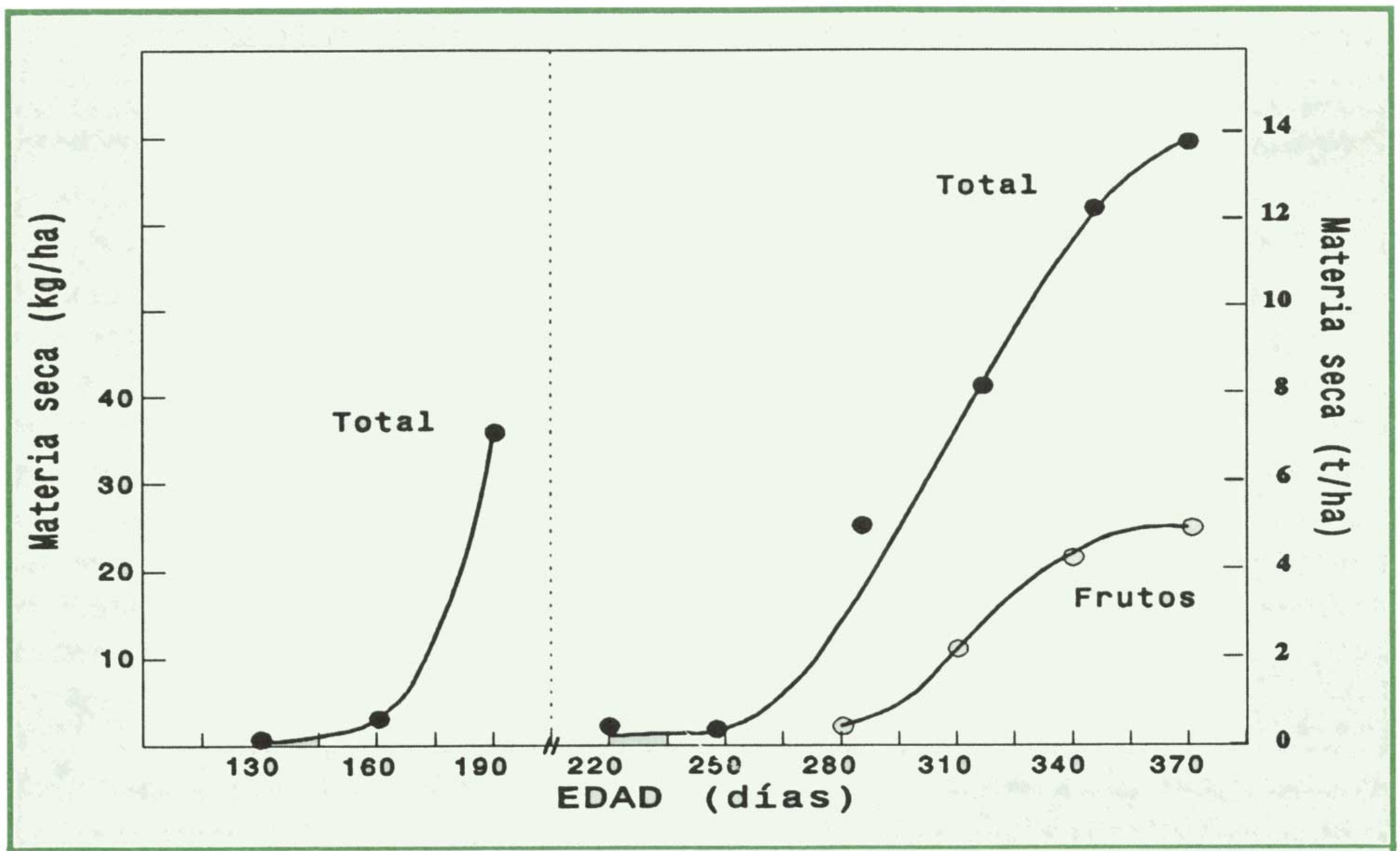


Figura 1. Acumulación de materia seca de maracuyá amarillo (*P. edulis f. flavicarpa*).

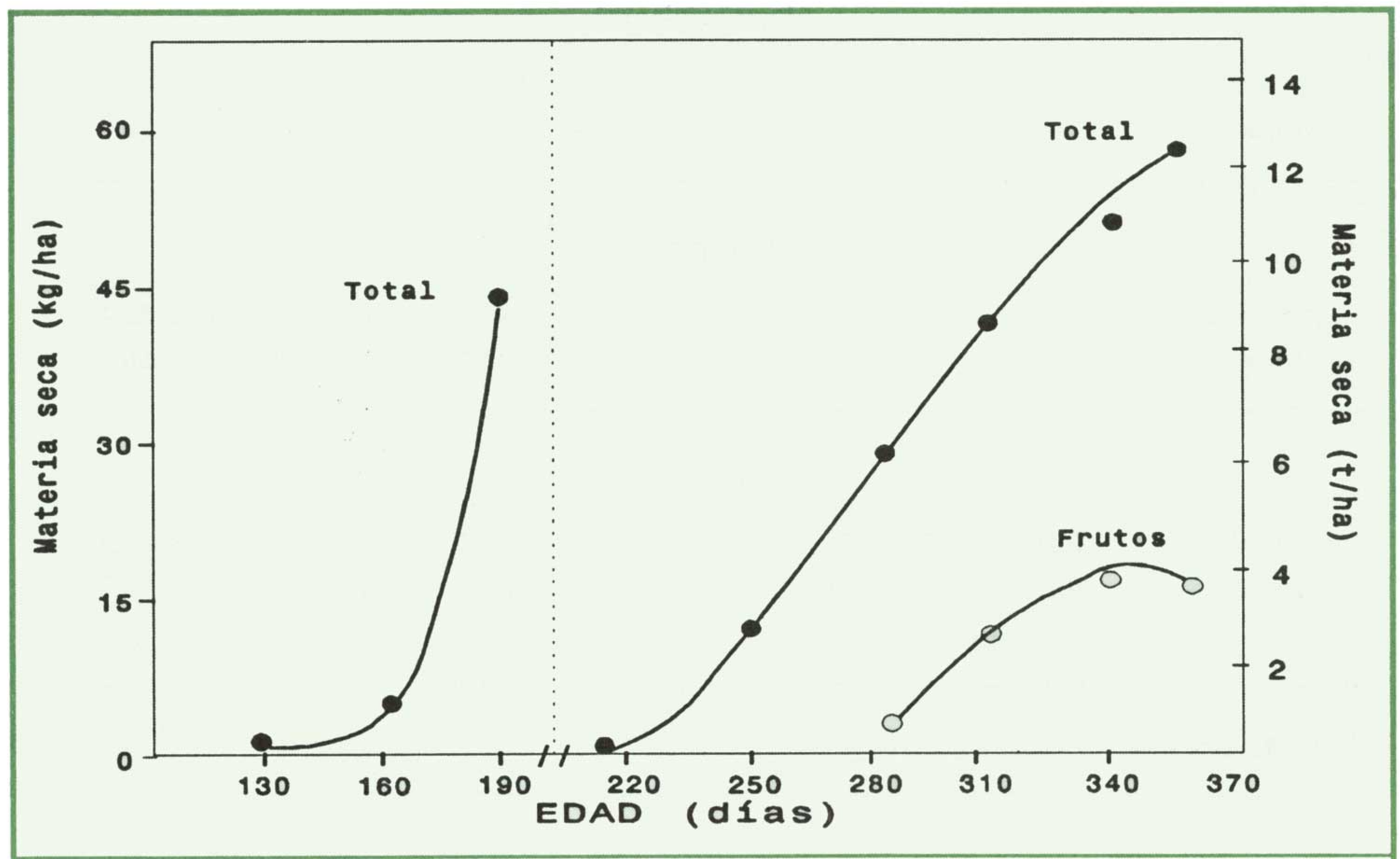


Figura 2. Acumulación de materia seca de maracuyá morado (*P. edulis f. purpurea*).

ACUMULACION DE NUTRIENTES

La acumulación máxima de nutrientes en la parte aérea (g/planta) ocurre a una temperatura diurna de 25°C y nocturna de 20°C. La concentración máxima (porcentaje en el tejido) de la mayoría de nutrientes también ocurre a esas temperaturas. A mayor temperatura el nivel de K se incrementa y los niveles de N, S y Mg disminuyen (Menzel et al., 1987).

La baja intensidad luminosa aumenta la elongación de las ramas pero reduce el área foliar, el peso de la materia seca y el número de botones y flores. La reducción en el peso de materia seca de la parte aérea, a causa de la baja irradiación, está asociada con la reducción en el contenido total (g/planta) de la mayoría de los nutrientes. Con poca luz, las concentraciones (porcentaje en el tejido) de Ca, Mg, Fe, S y Zn aumentan mientras la de P disminuye. La sombra no afecta consistentemente la concentración de los otros nutrientes (N, K, Na, Mn, Cu, B y Al) (Menzel y Simpson, 1988).

Factores climáticos pueden afectar de modo distinto la acumulación de nutrientes en los órganos de la planta. El estrés por falta de agua reduce la acumulación total de nutrientes en la parte aérea pero tiene efecto variable en la concentración absoluta. Los niveles de fósforo (P), calcio (Ca), boro (B), hierro (Fe), manganeso (Mn) y zinc (Zn) disminuyen, mientras que los de magnesio (Mg), sodio (Na) y cobre (Cu) aumentan. Al contrario, el estrés causado por falta de agua no afecta consistentemente la concentración de nitrógeno (N), potasio (K), y cloro (Cl). Por otro lado, como efecto de la falta de agua en el suelo, se reduce la extensión total de las ramas como consecuencia de la reducción del número de nudos y de la longitud de los internudos. Esto a su vez afecta al número de botones y flores abiertas (Menzel et al., 1986).

REQUERIMIENTOS DE MACRO Y MICRONUTRIENTES

Los resultados de los análisis minerales de los distintos órganos de la planta desde los 130 a 370 días de edad se presentan en las Tablas 5 y 6. Los datos de la tabla 5 demuestran que la absorción de nutrientes se incrementa marcadamente a los 250 días, es decir, un mes antes del aparecimiento de los frutos. Las curvas de acumulación de N, P y K (datos calculados a una hectárea) se presentan en las Figuras 3, 4 y 5. Estas curvas tienen la misma forma que describe la curva de acumulación de materia seca (Figura 1). En el mes que antecede la fructificación (250 a 280 días) la acumulación diaria de nutrientes de maracuyá amarillo, en kg/ha, es N = 2.3; P = 0.22; K = 2.1 y en maracuyá morado N = 2.1; P = 0.19; K = 1.3. Si se consideran los 4 meses desde los 250 hasta los 370 días de crecimiento la acumulación diaria es N = 7.1; P = 0.70; K = 7.2 para maracuyá amarillo y N = 6.8; P = 0.67; K = 3.8 para maracuyá morado.

Estas cantidades de nutrientes (además de los otros macro y micronutrientes) deben estar presentes en el suelo en forma disponible (fase lábil y solución del suelo) para que las plantas se desarrollen y produzcan satisfactoriamente. Cuando el suelo no logra satisfacer estas necesidades hay que suplementar estos nutrientes en forma de fertilizantes, en las épocas y formas más adecuadas.

La distribución de la cantidad total de nutrientes en los distintos órganos de la planta, a los 370 días, se presenta en la Figura 6. De la interpretación de estos datos se puede concluir que:

- Los requerimientos totales de N y K del maracuyá amarillo son mayores que el morado, especialmente en K. Las exigencias de P y S son prácticamente las mismas pero el maracuyá morado contiene más Ca.

- Los requerimientos de nutrientes en orden decreciente son: maracuyá amarillo N > K > Ca > S > P > Mg y maracuyá morado N > Ca > K > S > P > Mg.

- Las cantidades de nutrientes exportadas en el fruto obedece al siguiente orden: maracuyá amarillo K > N > P > Ca > Mg = S y maracuyá morado N > K > P > S > Ca = Mg.

Como ocurre con los macronutientes, la absorción de los micronutrientes se acelera a partir de los 250 días, un mes antes de la fructificación (Tabla 6). Las cantidades totales absorbidas a los 370 días y su distribución en los distintos órganos de la planta se presentan en la Figura 7. Del estudio de estos datos se puede observar:

- Los requerimientos totales de micronutrientes del maracuyá amarillo son siempre mayores que el morado, particularmente con respecto al Cu.

- Los requerimientos totales de micronutrientes obedecen al siguiente orden: maracuyá amarillo Mn > Fe > Zn > B > Cu y maracuyá morado Mn > Fe > Zn > B > Cu.

- Las cantidades de micronutrientes exportadas en el fruto se ubican en el siguiente orden: maracuyá amarillo Mn > Zn > Fe > Cu > B y maracuyá morado Mn = Zn > Fe > B = Cu.

Tabla 5. Acumulación de macronutrientes en diferentes órganos de maracuyá amarillo y morado (Haag et al., 1973).

		-----N-----		-----P-----		-----K-----		-----Ca-----		-----Mg-----		-----S-----	
Edad	Organo	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M
Días		gramos/planta*											
130	Todos	0.008	0.007	0.001	0.001	0.006	0.006	0.007	0.008	0.001	0.001	0.003	0.001
160	P.aérea	0.114	0.156	0.010	0.015	0.070	0.084	0.036	0.063	0.006	0.009	0.003	0.010
	Raíz	0.005	0.004	0.001	0.001	0.006	0.003	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001
	Total	0.119	0.160	0.011	0.076	0.076	0.087	0.039	0.065	0.007	0.010	0.005	0.011
190	Raíz	0.021	0.032	0.005	0.006	0.026	0.029	0.008	0.011	0.003	0.003	0.002	0.002
	Tallo	0.177	0.214	0.035	0.040	0.218	0.277	0.077	0.014	0.012	0.014	0.024	0.024
	Hojas	0.537	0.892	0.047	0.048	0.412	0.440	0.267	0.219	0.031	0.037	0.055	0.024
	Total	0.735	1.038	0.087	0.094	0.656	0.746	0.352	0.334	0.096	0.054	0.081	0.050
220	Raíz	0.047	0.079	0.008	0.014	0.069	0.129	0.035	0.033	0.005	0.009	0.006	0.010
	Tallo	1.031	1.132	1.142	0.205	1.443	1.465	0.567	0.608	0.073	0.068	0.117	0.157
	Hojas	3.201	3.070	0.187	0.228	1.984	2.435	1.043	1.211	0.129	0.121	0.296	0.294
	Total	4.279	4.281	0.337	0.447	3.496	4.029	1.645	1.662	0.207	0.198	0.419	0.461
250	Raíz	0.425	0.278	0.072	0.045	0.642	0.510	0.318	0.170	0.037	0.035	0.062	0.050
	Tallo	1.081	1.113	0.129	0.140	1.698	1.053	1.204	0.976	0.082	0.128	0.215	0.211
	Hojas	3.908	4.989	0.260	0.285	2.745	3.370	1.472	2.265	0.178	0.241	0.365	0.162
	Total	5.414	6.380	0.461	0.470	5.085	4.933	2.994	3.411	0.297	0.404	0.642	0.423
280	Raíz	0.64	0.47	0.13	0.6	0.78	0.43	0.52	0.25	0.90	0.60	0.11	0.09
	Tallo	14.24	10.68	2.45	1.64	19.01	10.35	13.26	15.18	0.84	1.18	1.93	1.97
	Hojas	29.7 1	29.52	1.78	1.80	19.36	13.84	22.66	15.50	1.72	1.73	3.66	3.761
	Frutos	3.38	4.26	0.48	0.70	3.70	4.70	0.40	0.41	0.20	0.30	0.30	0.50
	Total	47.97	44.92	4.44	4.20	42.85	29.02	36.80	31.34	2.85	3.28	6.01	6.32
310	Raíz	0.90	0.90	0.10	0.20	0.90	0.80	1.50	0.80	0.10	0.10	0.20	0.20
	Tallo	8.90	13.50	0.80	2.00	10.10	11.00	27.20	27.20	1.10	2.00	1.80	2.70
	Hojas	57.30	39.40	3.00	2.40	50.40	21.60	48.80	41.20	0.40	2.80	7.00	4.70
	Frutos	16.40	32.40	2.40	4.50	30.60	22.40	3.60	5.20	1.40	2.40	2.00	3.40
	Total	83.50	86.20	6.30	9.10	91.40	65.80	81.10	69.90	3.00	7.30	11.00	11.00
340	Raíz	1.4	0.9	0.1	0.1	0.5	0.8	2.5	0.8	0.2	0.1	0.3	0.2
	Tallo	20.7	22.4	2.3	2.6	20.0	13.6	45.6	27.8	3.1	2.1	2.8	3.6
	Hojas	85.2	51.6	4.3	2.5	45.2	31.2	40.1	44.7	4.2	2.4	8.1	6.7
	Frutos	29.7	29.8	4.3	3.2	35.8	28.2	3.4	3.6	2.1	2.0	2.3	3.1
	Total	137.0	103.5	11.0	8.4	101.5	73.8	91.6	76.9	9.6	6.6	13.5	13.6
370	Raíz	1.1	1.1	0.1	0.2	0.8	0.4	1.1	0.8	0.1	0.2	0.3	0.2
	Tallo	30.6	21.8	2.8	2.8	28.6	7.1	41.3	44.5	3.8	3.7	5.0	3.9
	Hojas	73.2	67.2	4.1	5.2	44.2	18.9	54.2	67.8	2.9	4.6	8.7	9.9
	Frutos	29.1	39.3	4.6	4.4	49.2	33.2	4.5	2.8	2.7	2.8	2.7	3.1
	Total	134.0	129.4	11.6	12.6	122.8	59.6	101.1	119.5	9.5	11.3	16.7	17.1

* Materia seca
A = Amarillo M = Morado

Tabla 6. Acumulación de micronutrientes en diferentes órganos de maracuyá amarillo y morado (Haag et al., 1973).

		-----B-----		-----Cu-----		-----Fe-----		-----Mn-----		-----Zn-----	
Edad	Organo	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M
Días		miligramos/planta*									
130	Todos	0.04	0.04	0.2	0.1	0.5	0.3	0.2	0.2	0.03	0.02
160	Raíz	0.03	0.20	0.02	0.04	0.14	0.78	0.09	0.46	0.02	0.12
	P.aérea	0.14	0.02	0.03	0.01	0.49	0.09	0.18	0.02	0.06	0.01
	Total	0.17	0.22	0.05	0.05	0.63	0.87	0.27	0.48	0.08	0.13
190	Raíz	0.09	0.16	0.02	0.03	0.37	1.13	0.05	0.14	0.03	0.06
	Tallo	0.24	0.09	0.13	0.10	0.45	0.45	0.57	0.89	0.19	0.27
	Hojas	0.39	0.43	0.15	0.12	2.29	2.59	2.55	4.01	0.42	0.67
	Total	0.72	0.68	0.30	0.25	3.11	4.17	3.17	5.04	0.64	1.00
220	Raíz	0.19	0.23	0.06	0.06	1.40	2.55	0.24	0.52	0.08	0.15
	Tallo	0.19	1.91	0.97	0.75	2.01	3.15	6.28	7.27	1.40	1.72
	Hojas	2.63	2.27	0.96	0.50	9.30	8.78	23.57	28.77	1.99	2.13
	Total	4.01	4.41	1.99	1.31	12.71	14.48	30.09	36.56	3.47	4.00
250	Raíz	0.95	0.65	0.60	0.19	4.01	5.08	2.84	1.44	0.93	1.12
	Tallo	1.29	0.37	2.16	1.00	5.35	4.74	16.77	9.02	3.08	3.64
	Hojas	3.28	4.17	1.26	0.98	19.71	25.16	36.63	44.12	4.14	4.59
	Total	5.52	4.55	4.02	2.17	20.07	34.98	56.24	39.58	8.15	9.35
280	Raíz	0.94	0.85	0.60	0.35	4.01	13.43	2.84	3.50	0.93	1.22
	Tallo	11.29	16.25	2.16	7.53	5.35	7.05	16.77	13.79	3.08	8.86
	Hojas	38.38	31.46	13.09	6.58	94.94	155.04	494.37	455.23	31.10	38.76
	Frutos	3.60	4.40	2.90	2.40	5.20	9.70	8.80	14.20	5.50	9.40
	Total	54.21	52.96	18.75	17.86	109.50	185.22	522.18	486.72	40.61	58.24
310	Raíz	2.2	1.9	1.8	0.3	32.7	13.5	2.2	1.9	1.5	1.3
	Tallo	20.7	13.9	15.1	9.2	35.2	47.5	21.4	24.5	12.6	16.9
	Hojas	67.8	53.9	29.9	9.3	264.3	150.0	426.4	260.5	44.1	26.6
	Frutos	10.5	31.6	22.1	18.4	31.2	62.6	33.8	33.2	23.4	51.6
	Total	101.2	101.3	68.9	37.2	333.5	273.6	483.8	320.1	81.6	96.4
340	Raíz	2.3	1.6	2.2	0.8	28.0	13.3	5.0	3.7	3.0	2.9
	Tallo	31.3	47.8	41.9	18.9	89.5	131.8	131.4	131.4	61.5	42.4
	Hojas	25.6	65.1	32.8	11.8	199.2	248.7	823.0	823.0	78.8	45.7
	Frutos	10.5	16.9	22.1	16.1	31.2	58.3	33.8	33.8	23.4	44.2
	Total	169.7	131.4	99.0	47.6	347.9	478.1	993.2	993.2	116.7	135.2
370	Raíz	1.4	1.1	1.7	0.8	9.5	29.7	4.4	6.3	1.6	3.3
	Tallo	53.0	58.3	47.3	14.4	91.4	63.2	148.2	96.7	53.6	48.8
	Hojas	117.6	99.7	40.8	14.6	360.0	208.0	1600.8	1119.0	84.0	68.6
	Frutos	25.2	19.1	42.7	17.3	58.7	51.8	120.1	69.0	72.1	69.0
	Total	197.2	178.2	132.5	47.1	519.6	352.7	1873.5	1291.9	211.3	189.7

* Materia seca
A = Amarillo M = Morado

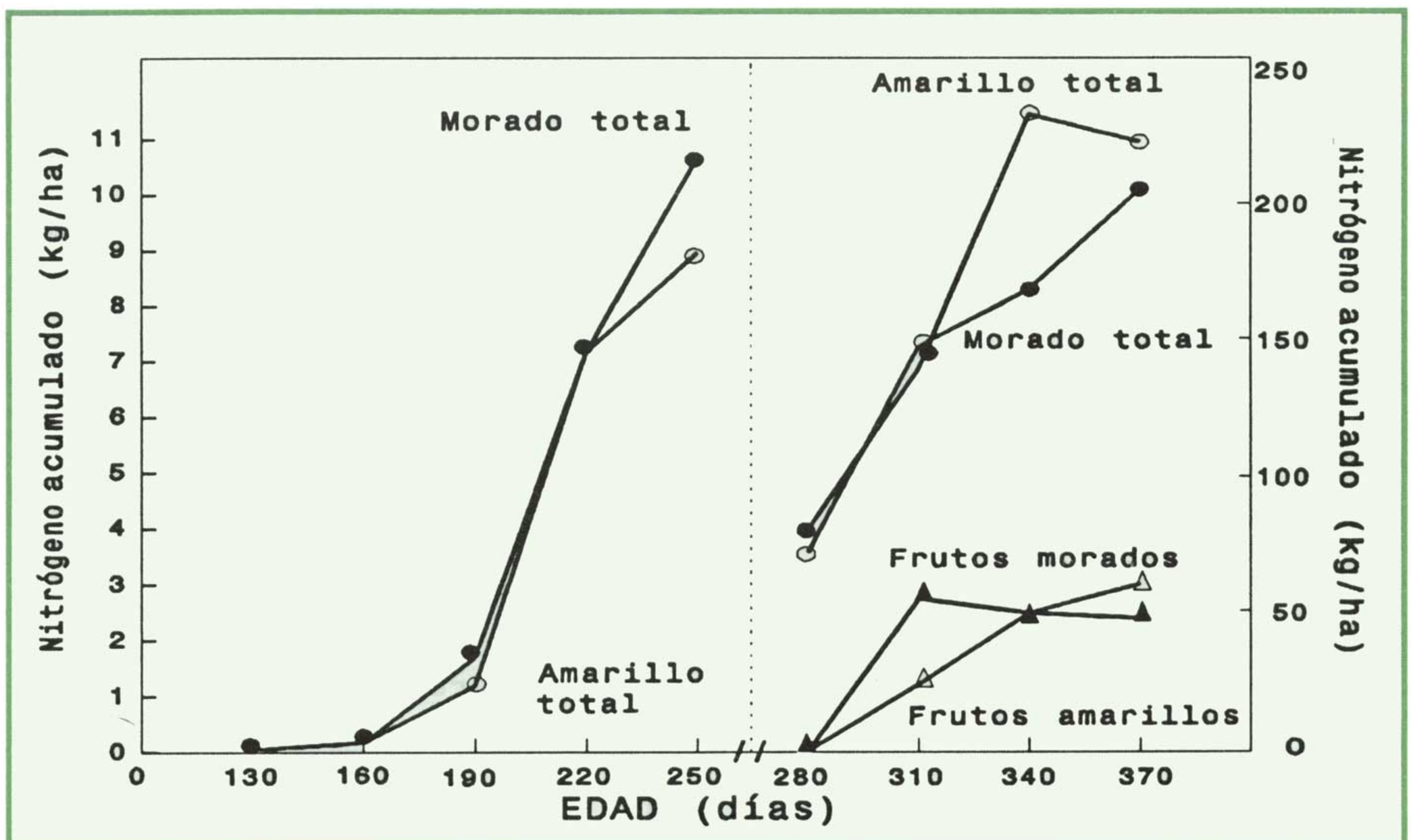


Figura 3. Acumulación de nitrógeno en plantas de maracuyá amarillo y morado a través del tiempo.

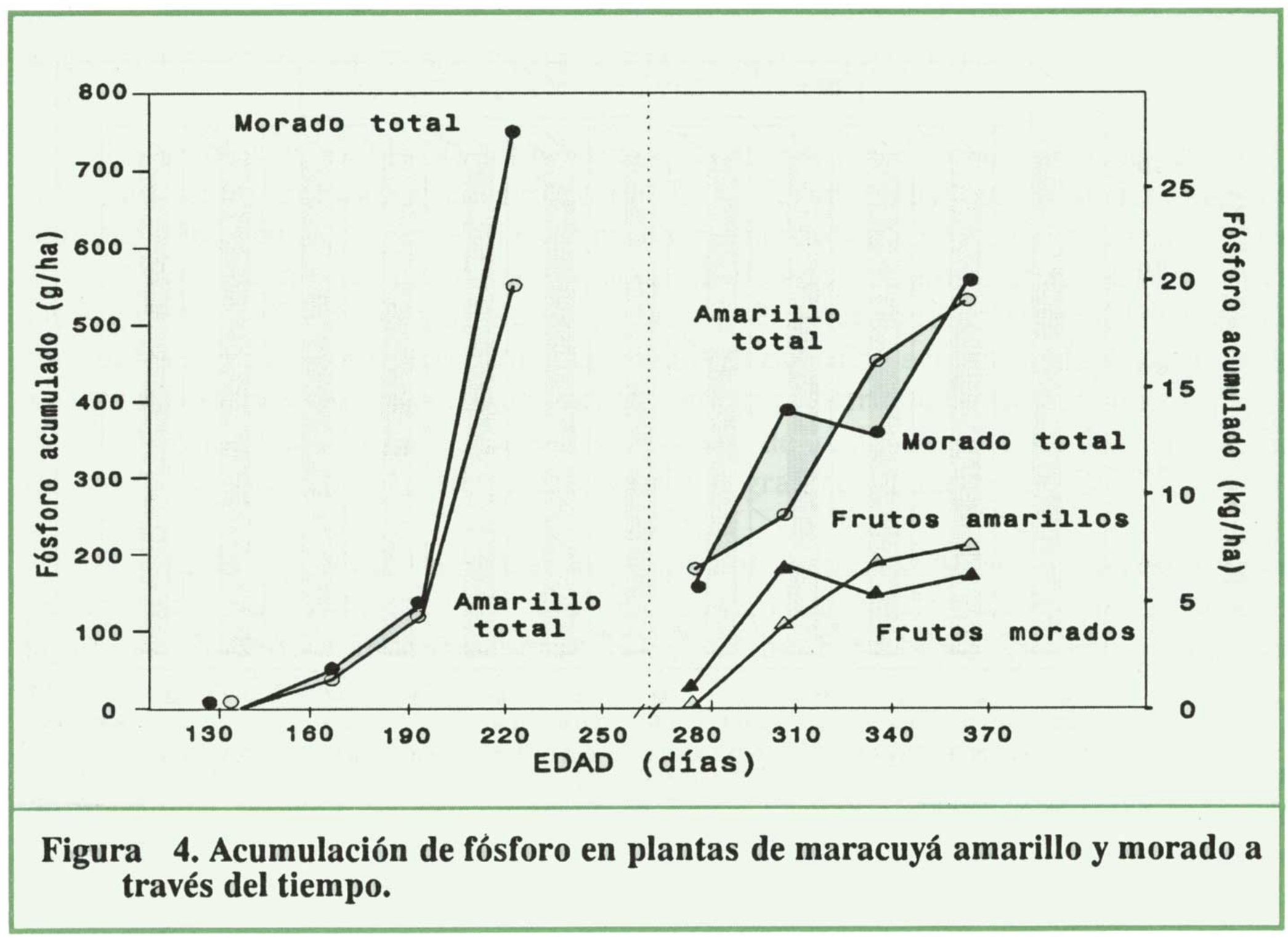


Figura 4. Acumulación de fósforo en plantas de maracuyá amarillo y morado a través del tiempo.

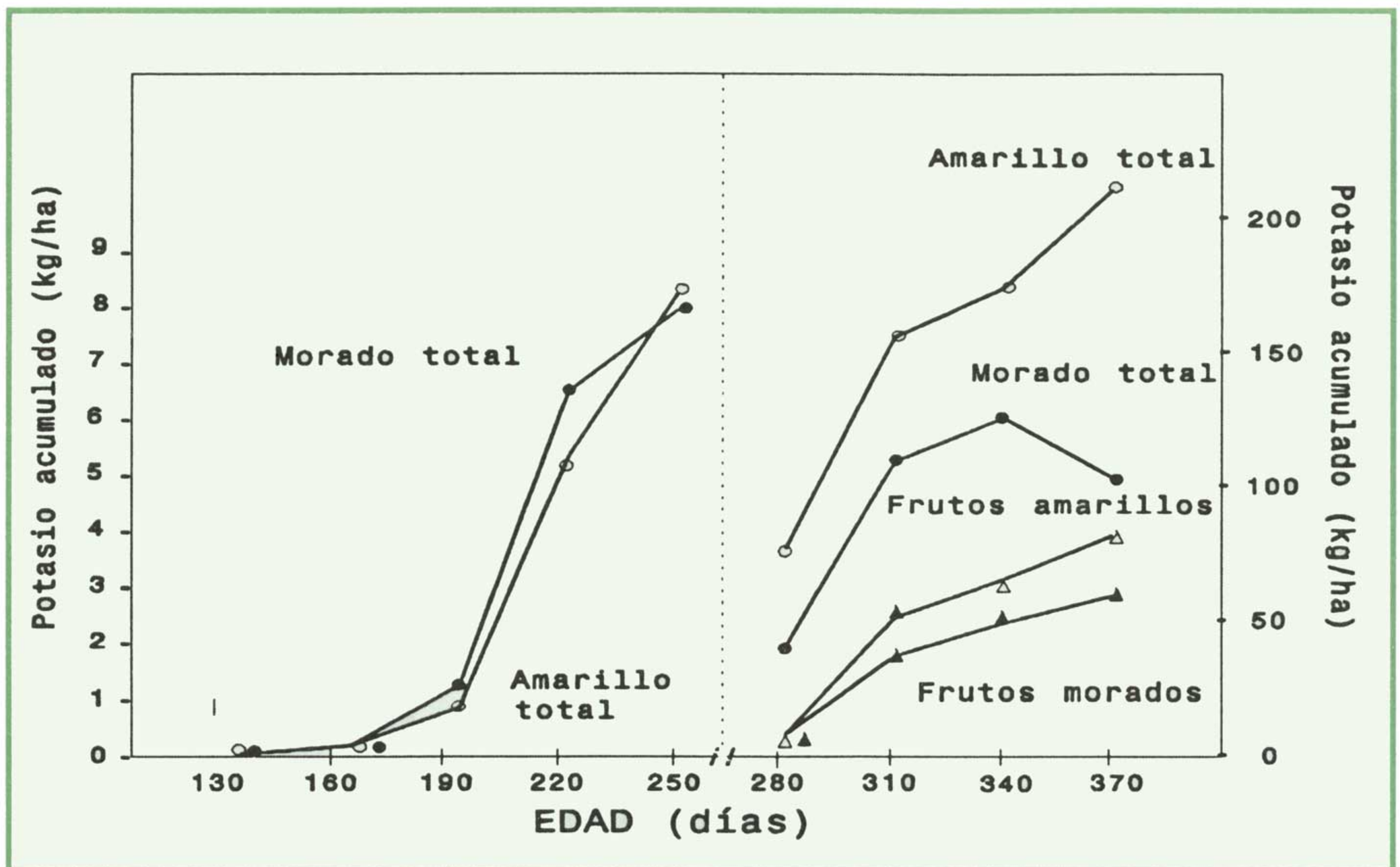


Figura 5. Acumulación de potasio en plantas de maracuyá amarillo y morado a través del tiempo.

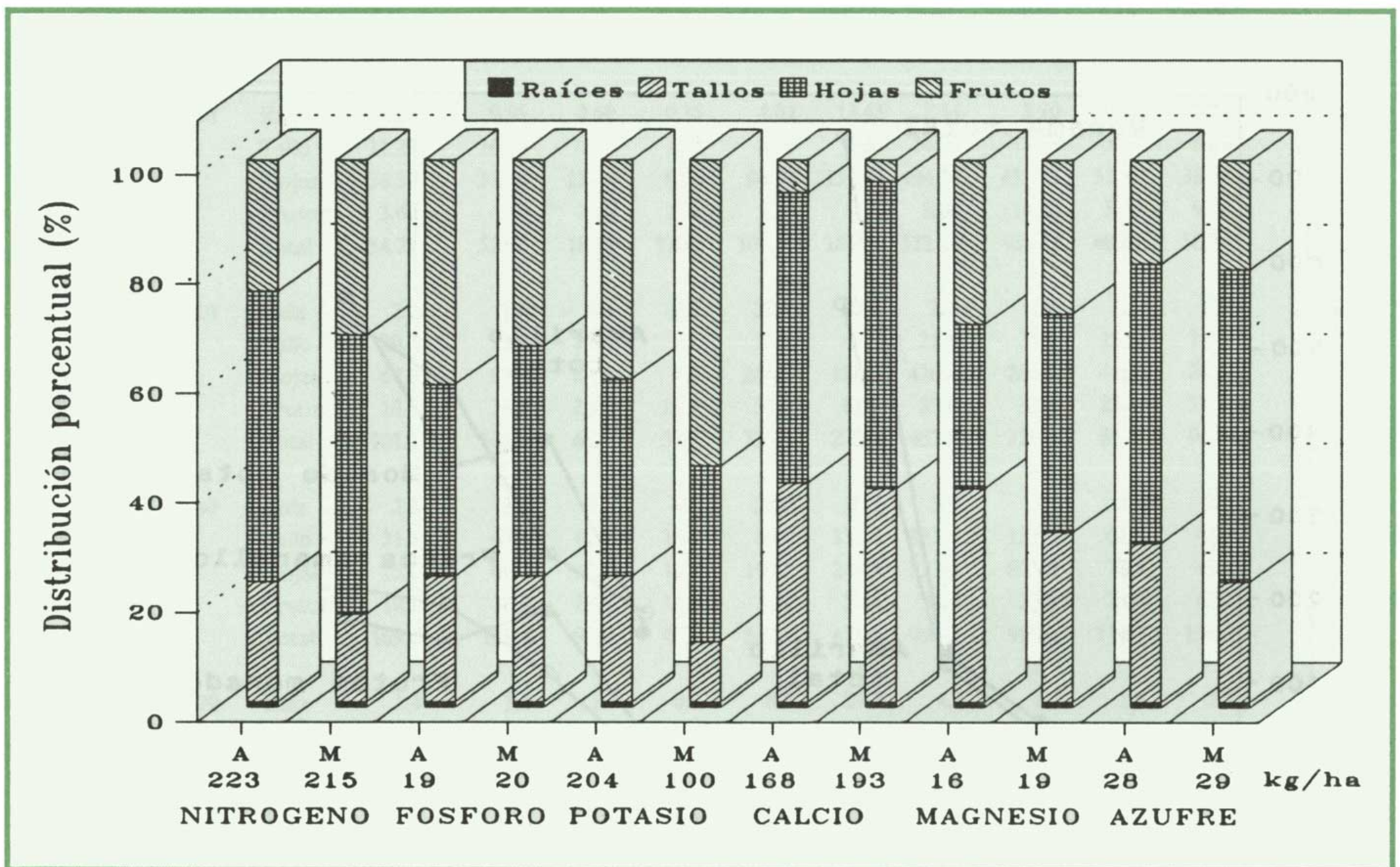


Figura 6. Acumulación de macronutrientes en plantas de maracuyá amarillo y morado a 370 días de edad.

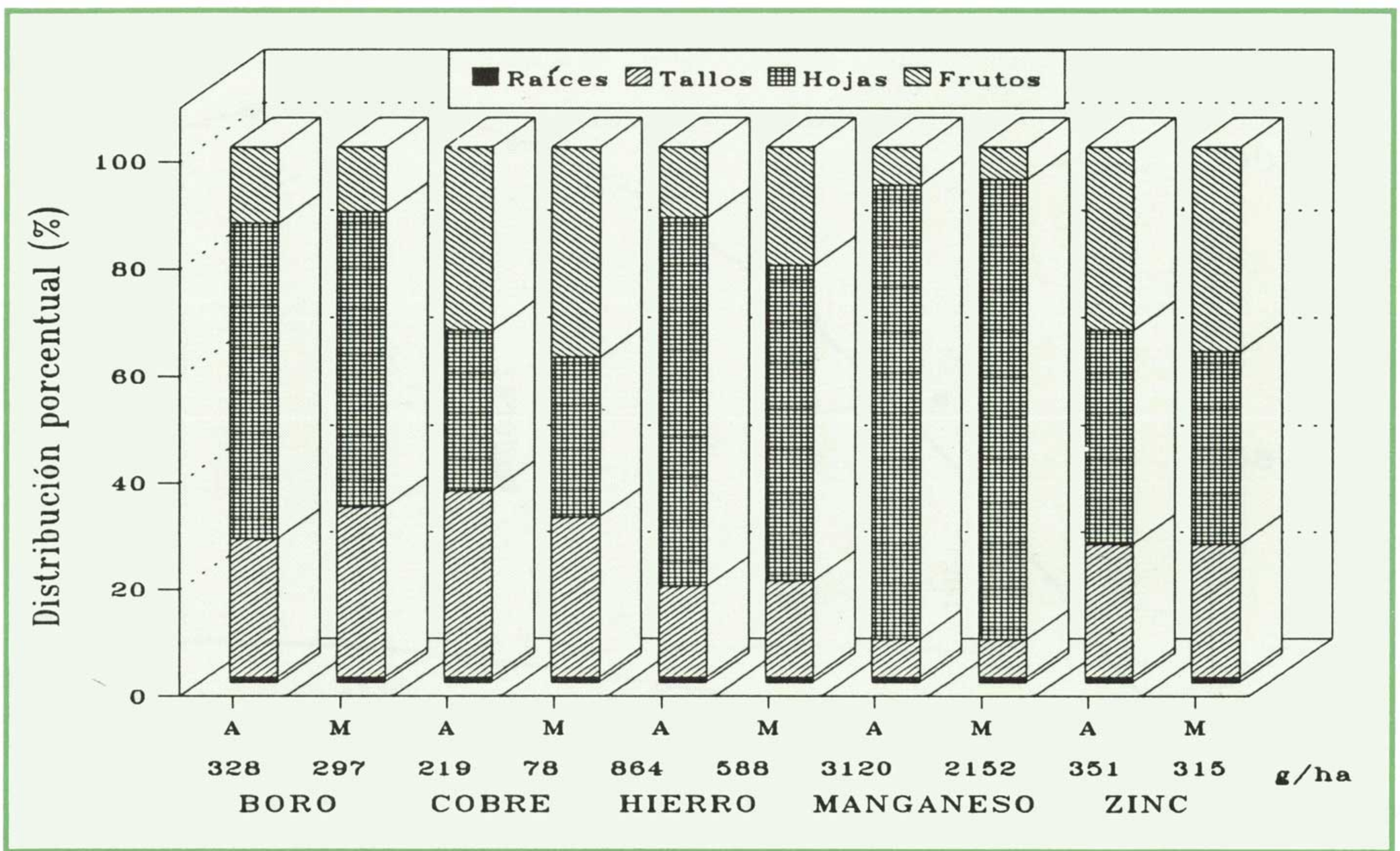


Figura 7. Acumulación de micronutrientes en plantas de maracuyá amarillo y morado a 370 días de edad.

EXPORTACION DE NUTRIENTES EN EL FRUTO

Fernandes et al. (1977) estudiaron la acumulación de materia seca, macro y micronutrientes durante el desarrollo del fruto del maracuyá amarillo. La Figura 8 muestra que el fruto aumenta su peso casi hasta la maduración, particularmente entre 10 y 40 días. Lo mismo sucede con la acumulación de nutrientes como se observa en las Figuras 9 y 10. No es posible determinar que porcentaje de la cantidad total de nutrientes acumulados representa absorción neta del suelo acompañada de transporte a larga distancia y que porcentaje corresponde a redistribución de nutrientes que se encontraban en las hojas o en otros órganos de residencia como las ramas. Es interesante notar el paralelismo entre N y K y la gran acumulación del Zn.

La Tabla 7 per...e comparar los datos del contenido de nutrientes en el fruto presentados por varios autores. De una manera general la concentración sigue el siguiente orden: macronutrientes K > N > Ca > P > Mg > S y micronutrientes Fe > Mn > Zn > B > Cu > Mo.

Las cantidades de nutrientes exportadas en una tonelada métrica de fruta fresca de maracuyá amarillo se presentan en la Tabla 8. De acuerdo con estos datos de exportación, después de convertir P y K en los óxidos, la pérdida de nutrientes primarios mantiene una relación 2-0.1-5 de N-P_2O_5-K_2O.

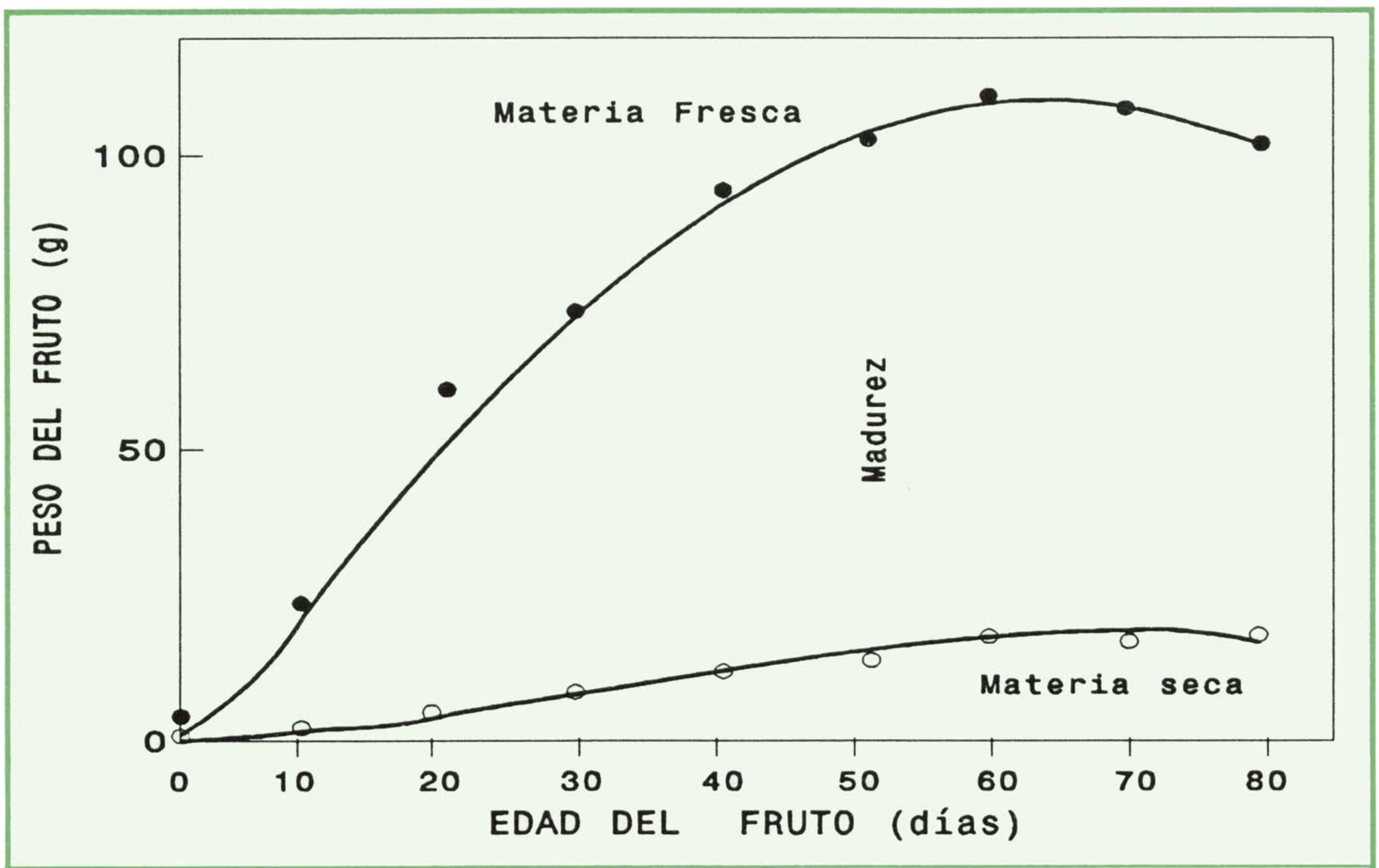


Figura 8. Crecimiento del fruto del maracuyá amarillo.

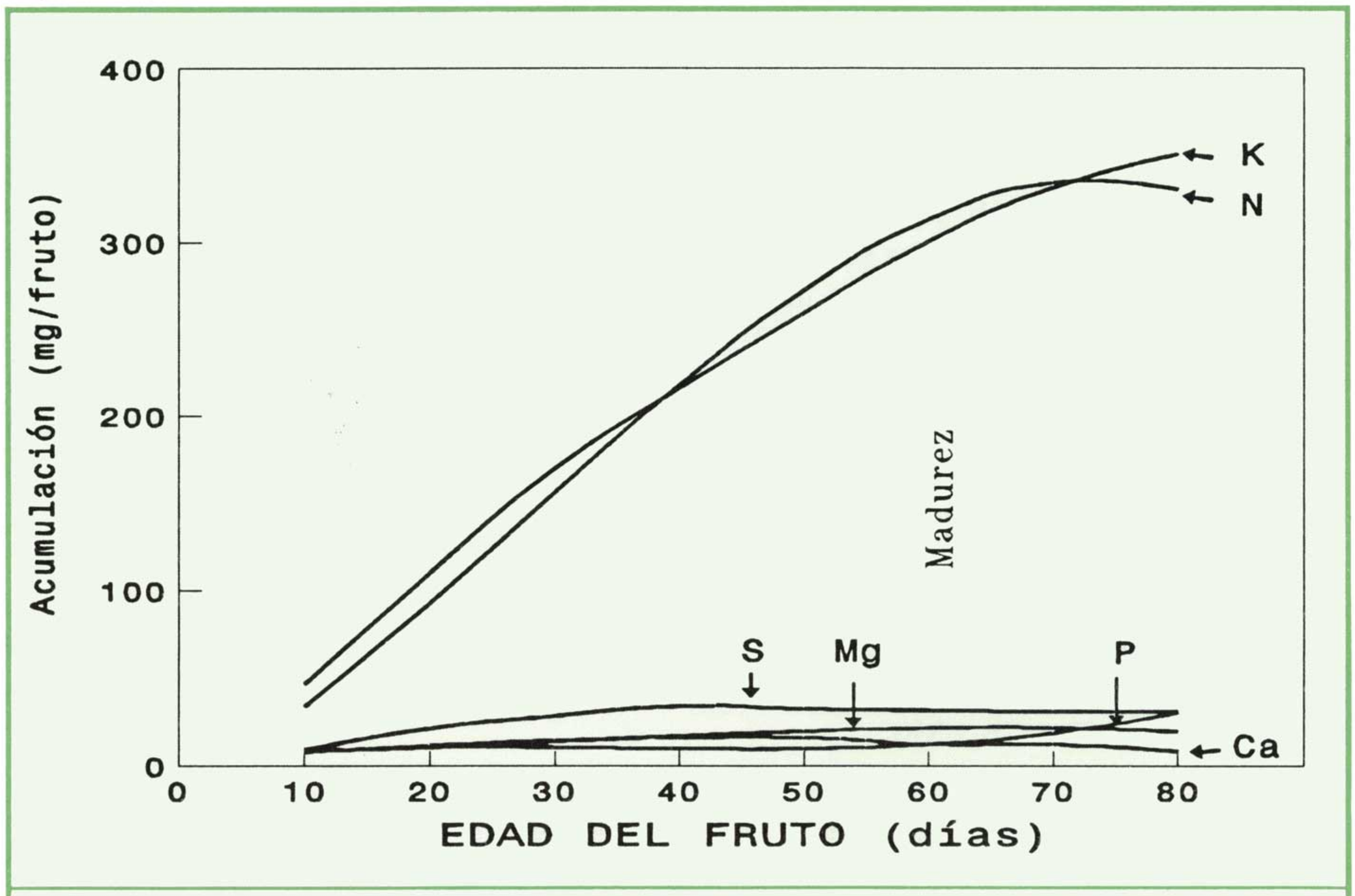


Figura 9. Acumulación de macronutrientes en el maracuyá amarillo.

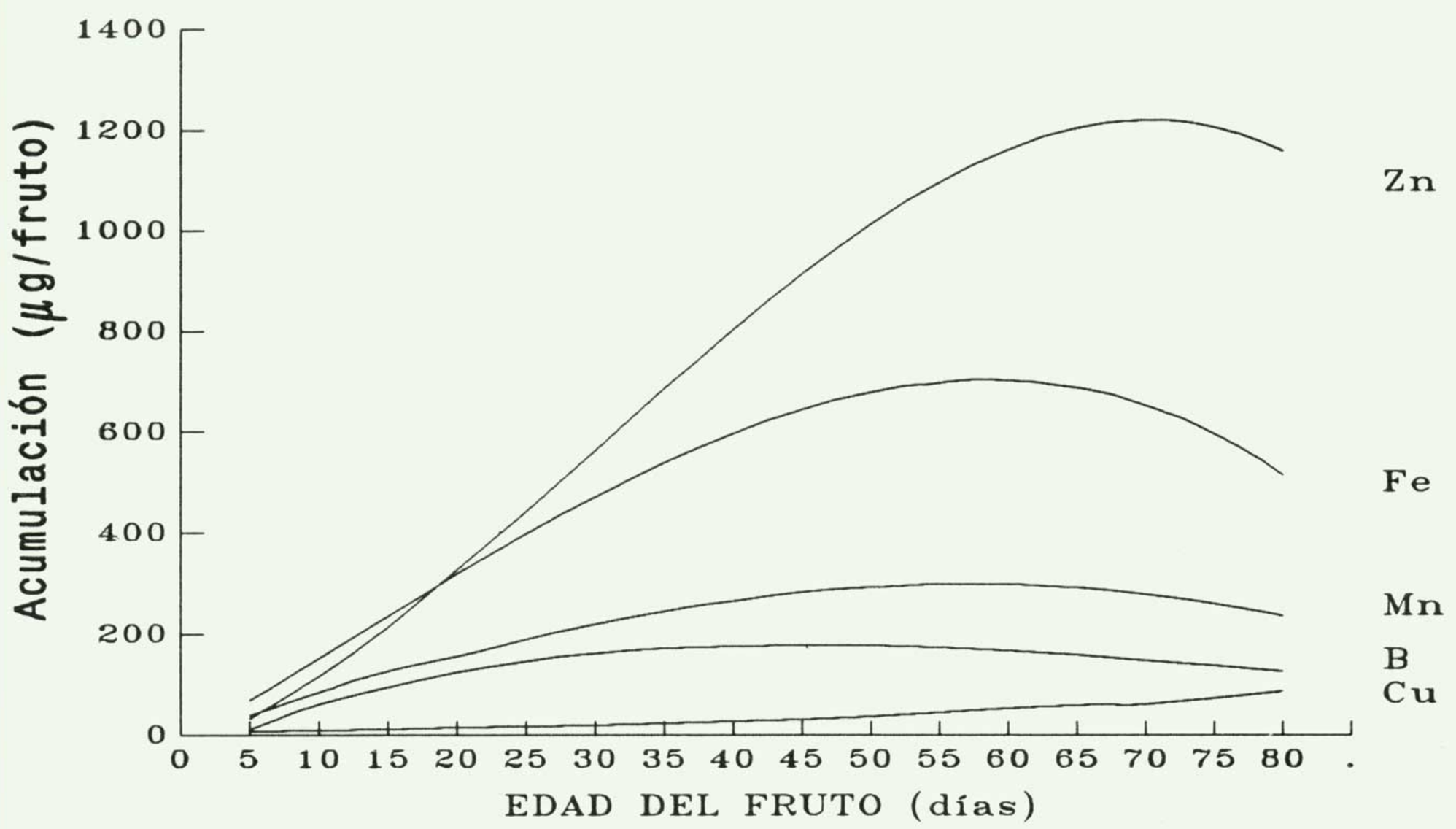


Figura 10. Acumulación de micronutrientes en el maracuyá amarillo.

Tabla 7. Composición mineral del maracuyá amarillo según diferentes investigadores.

Elemento	Paula et al. (1974) Cáscara + Pulpa	Paula et al. (1974) Semilla	Haag et al. (1973) Amarillo	Haag et al. (1973) Morado	Fernandes et al. (1977)
	% (materia seca)				
N	0.80	1.40	1.09	1.82	1.88
P	0.21	0.25	0.17	0.20	0.15
K	3.00	2.00	1.84	1.54	1.93
Ca	0.40	0.10	0.17	0.13	0.08
Mg	0.15	0.15	0.10	0.13	0.11
S	0.08	0.08	0.10	0.14	0.17
	ppm (materia seca)				
B	25	9	9	4	7
Cu	6	10	16	8	4
Fe	150	110	22	24	29
Mn	40	16	45	32	13
Mo	0.08	0.12	--	--	--

Tabla 8. Cantidades de nutrientes en 1 tonelada de frutos frescos de maracuyá amarillo.

Macronutrientes		Contenido	Micronutrientes		Contenido
		--kg--			--g--
Nitrógeno	(N)	1.92	Boro	(B)	26
Fósforo	(P)	0.39	Cobre	(Cu)	14
Potasio	(K)	4.08	Hierro	(Fe)	213
Calcio	(Ca)	0.38	Manganeso	(Mn)	55
Magnesio	(Mg)	0.25	Molibdeno	(Mo)	0.2
Azufre	(S)	0.13	Zinc	(Zn)	77

EFECTO DE LOS NUTRIENTES EN EL CRECIMIENTO

La Tabla 9 y la Figura 11 resumen los resultados de dos experimentos independientes conducidos por Blondeau y Bertin (1978, 1980). En los dos experimentos se cultivó maracuyá amarillo a la intemperie en arena con solución nutritiva. En el primer estudio, que tuvo una duración de 8 meses, las plantas estuvieron sujetas a carencias totales de N, P, K, Ca y Mg en forma independiente. En el segundo estudio, con una duración de un año, las plantas recibieron una fracción del N, P, K, Ca, Mg y S suministrada al testigo que recibio las dosis completas de nutrientes.

Bajo las condiciones del primer ensayo (carencias totales), el N fue el nutriente que afectó más profundamente el crecimiento y la producción. La omisión del N de la solución nutritiva provocó un crecimiento casi nulo. No hubo ninguna rama secundaria y tampoco floración (Figura 11).

Las plantas sin P retardaron la emisión de ramas secundarias que fueron poco vigorosas.

En ausencia de K, el crecimiento del tallo principal y de las ramas secundarias fue comparable al del testigo. Sin embargo, hubo una reducción apreciable del peso de las plantas y notoria pérdida de hojas, la floración fue normal pero el cuajado fue bajo, los frutos fueron pequeños y cayeron precozmente o se momificaron.

La falta de Ca provocó un retraso en el crecimiento del tallo principal y de las ramas secundarias, los entrenudos al final de las ramas secundarias tienden a acortarse y las hojas adquieren el aspecto de roseta, los frutos tienen color verde pálido y piel muy gruesa.

Tabla 9. Efectos de las carencias totales y parciales de macronutrientes en el crecimiento del maracuyá amarillo (Blondeau y Bertin, 1978; 1980) (1).

	----------Parte vegetativa ----------					----Frutos----	
Trat.	Raíces	Tallo	Ramas	Hojas	Total	Total	Peso Prom.
	----------gramos/planta----------						
Testigo	975	593	460	938	2967	2384	76
0 N	18	20	0	0	38	0	0
0 P	137	169	59	329	695	0	0
0 K	461	418	205	293	1379	578	48
0 Ca	627	490	276	800	2294	1877	60
0 Mg	306	378	299	166	1151	1486	67
0 S	416	478	110	64	1068	45	70
Testigo	613	434	238	429	1714	1125	81
1/4 N	193	217	65	70	545	488	84
1/10 P	686	439	236	423	1784	272	78
1/4 K	531	515	292	408	1746	935	67
1/10 Ca	557	499	340	444	1840	824	71
1/4 Mg	697	566	344	539	2146	693	69
1/10 S	696	484	230	395	1805	404	80

(1) Promedios: 8 plantas y 6 plantas, respectivamente.

Aunque la elongación del tallo y ramas de las plantas creciendo sin Mg fue prácticamente igual a la del testigo, hubo sensible disminución en el peso de los distintos órganos-pero la floración fue normal.

En el segundo experimento se observó el siguiente comportamiento: la carencia parcial en N causa disminución en el crecimiento y peso de las ramas, la floración es normal pero el cuajado es difícil.

La deficiencia de P retrasa el desarrollo de las ramas secundarias, perjudica la floración y causa la caída de frutos jóvenes.

La deficiencia de K retrasa la floración y disminuye el tamaño de los frutos.

El efecto principal de la deficiencia de Ca y Mg es la disminución en el número y tamaño de los frutos.

La carencia total de S causa disminución en el crecimiento y el efecto en la producción es más acentuado.

Trabajos similares fueron conducidos con maracuyá amarillo en solución nutritiva pero en condiciones controladas de invernadero (Aguirre, 1977; Primavesi y Malavolta, 1980). Si bien los resultados de estos estudios son algo diferentes en cuanto al efecto de la ausencia de nutrientes en la producción de materia seca, todos los estudios coinciden indicando que la carencia de N produjo el efecto más marcado en la producción de materia seca.

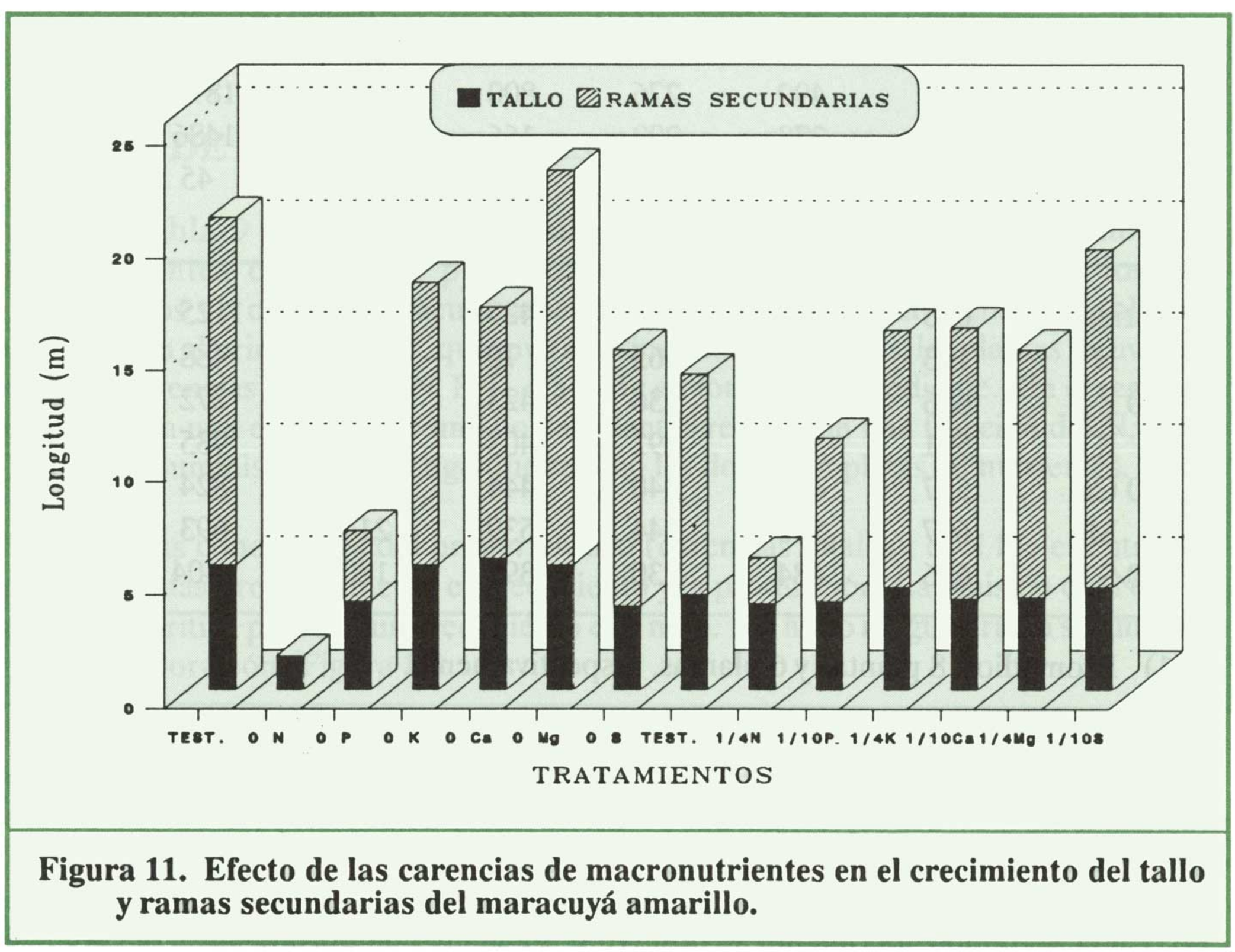


Figura 11. Efecto de las carencias de macronutrientes en el crecimiento del tallo y ramas secundarias del maracuyá amarillo.

EFECTO DE LOS NUTRIENTES EN LA COMPOSICION MINERAL

Mediante estudios con plantas de maracuyá en condiciones controladas, los cuales permiten observar el efecto de la omisión de un nutriente en el comportamiento de otros, se ha podido evaluar los cambios en la composición mineral de los distintos órganos en respuesta a los tratamientos empleados. Las Tablas 10 y 11 presentan los resultados de los análisis de nutrientes en los diferentes órganos, como efecto de los tratamientos de los experimentos conducidos en condiciones controladas presentados en la Tabla 9 (Blondeau y Bertin, 1978, 1980). Los datos de la Tablas 10 y 11 indican que:

- **Nitrógeno:** La carencia de N se observa como una reducción de la concentración de este nutriente en los diferentes órganos. Por otro lado se observa incremento en la concentración de P lo cual se explica por el hecho que las plantas crecieron mucho menos y concentraron más P en los tejidos.

- **Fósforo:** La omisión de P causa una reducción en la concentración de este nutriente de cerca del 50% en todos los órganos y reduce la concentración de Mg, particularmente en las raíces y hojas.

- **Potasio**: En general el contenido de K en los órganos de las plantas en los tratamientos sin este nutriente es un quinto de la concentración del testigo (todos los nutrientes). Sin embargo, no se observa aumento en la concentración de Ca, pero si un considerable incremento en la concentración de Mg en las hojas.

- **Calcio:** La omisión completa de Ca disminuye considerablemente la concentración de este nutriente en todos los órganos de la planta (hasta 10 veces en las hojas). Existe una compensación en la concentración total de cationes debido al consecuente incremento en la concentración de K y Mg.

- **Magnesio:** La carencia de Mg causa una reducción en el contenido (5-7 veces) de este nutriente en todos los órganos y un incremento en la concentración de K y Ca.

- **Azufre:** En las plantas carentes en S se redujo el contenido de este nutriente y hubo un incremento en la concentración de P, como en caso de carencia de N.

Como comparación en la Tabla 12 se presentan los contenidos de macro y micronutrientes en los órganos de plantas de maracuyá amarillo cultivadas en solución nutritiva completa (Aguirre, 1977).

Tabla 10. Contenido de nutriente en los órganos del maracuyá amarillo cultivado en diferentes tratamientos con carencia total de los principales nutrientes. Análisis hechos 8 meses después de iniciados los tratamientos (Blondeau y Bertin, 1978, 1980).

	Tratamientos					
	Testigo	-N	-P	-K	-Ca	-Mg
Raíces						
N	1.23	0.76	1.40	1.64	1.39	1.28
P	0.12	0.43	0.07	0.24	0.22	0.15
K	1.29	1.25	1.17	0.18	2.35	1.30
Ca	1.50	1.94	1.17	1.42	0.41	2.06
Mg	0.30	0.11	0.13	0.31	0.65	0.60
Tallo 1						
N	0.87	0.60	1.72	1.24	0.99	0.92
P	0.09	0.52	0.04	0.20	0.23	0.17
K	0.77	1.56	0.81	0.14	1.27	1.03
Ca	1.71	1.32	1.90	1.42	0.37	2.46
Mg	0.49	0.18	0.12	0.14	0.45	0.03
Tallo 2						
N	0.66	--	1.27	0.95	0.72	0.60
P	0.08	--	0.04	0.17	0.17	0.11
K	0.82	--	1.12	0.14	1.55	1.11
Ca	1.77	--	1.32	1.01	0.22	1.65
Mg	0.15	--	0.15	0.15	0.39	0.03
Rama 1						
N	0.95	--	1.50	0.21	0.97	0.68
P	0.09	--	0.04	0.25	0.16	0.11
K	0.90	--	1.20	0.17	1.94	1.58
Ca	1.69	--	1.57	1.14	0.21	2.49
Mg	0.31	--	0.29	0.34	0.65	0.03
Rama 2						
N	1.00	--	1.56	1.25	1.06	0.89
P	0.12	--	0.05	0.33	0.18	0.20
K	1.06	--	1.26	0.15	2.23	2.08
Ca	1.65	--	1.40	0.99	0.18	2.40
Mg	0.28	--	0.22	0.36	0.61	0.03
Hoja						
N	2.84	--	4.03	3.72	2.87	3.98
P	0.15	--	0.07	0.27	0.18	0.36
K	1.39	--	2.51	0.32	3.31	3.94
Ca	3.78	--	1.43	3.79	0.36	1.31
Mg	0.52	--	0.31	1.14	1.06	0.09

Tabla 11. Contenido de nutriente en los órganos del maracuyá amarillo cultivado en diferentes tratamientos con carencia parcial de los principales nutrientes. Análisis hechos 8 meses después de iniciados los tratamientos (Blondeau y Bertin, 1978, 1980).

	Tratamientos							
	Testigo	N/4	P/10	K/4	Ca/10	Mg/4	S/10	0 S
Raíces								
N	1.25	0.82	1.41	1.08	1.09	1.23	0.92	1.23
P	0.12	0.40	0.05	0.08	0.09	0.12	0.17	0.20
K	1.35	1.11	1.39	0.30	1.22	1.19	1.41	0.98
Ca	1.12	1.15	1.20	0.93	0.71	1.31	1.40	1.03
Mg	0.25	0.11	0.22	0.22	0.22	0.15	0.28	0.14
S	0.32	0.16	0.33	0.20	0.20	0.18	0.09	0.69
Tallo 1								
N	0.61	0.55	1.09	0.69	0.74	0.67	0.97	1.05
P	0.03	0.21	0.02	0.04	0.02	0.05	0.10	0.13
K	0.72	0.86	0.76	0.36	0.93	0.80	0.97	0.90
Ca	1.21	1.42	1.64	1.19	0.87	1.53	1.51	1.29
Mg	0.10	0.09	0.13	0.10	0.14	0.09	0.16	0.15
S	0.12	1.14	0.15	0.12	0.09	0.10	0.07	0.06
Tallo 2								
N	0.67	0.51	1.07	0.57	0.60	0.61	0.95	1.04
P	0.06	0.40	0.02	0.06	0.07	0.08	0.15	0.19
K	0.79	0.83	0.79	0.22	1.04	0.81	1.03	1.02
Ca	1.17	1.29	1.43	0.93	0.62	1.27	1.17	1.05
Mg	0.12	0.16	0.18	0.12	0.18	0.11	0.18	0.14
S	0.12	0.13	0.14	0.11	0.10	0.11	0.07	0.06
Ramas								
N	0.74	0.60	1.06	0.69	0.64	0.74	1.10	1.35
P	0.10	0.59	0.03	0.10	0.11	0.14	0.20	0.20
K	0.92	1.13	1.08	0.24	1.26	1.101	1.49	1.13
Ca	1.56	1.31	1.70	1.31	0.53	1.49	1.46	1.13
Mg	0.30	0.26	0.35	0.32	0.40	0.19	0.37	0.21
S	0.23	0.21	0.25	0.19	0.26	0.16	0.06	0.05
Hojas								
N	2.36	1.70	3.11	1.61	1.60	2.30	3.46	3.41
P	0.15	0.68	0.06	0.11	0.10	0.16	0.17	0.18
K	2.05	2.74	3.10	0.33	2.35	2.79	2.39	1.84
Ca	1.96	2.17	2.02	2.76	0.80	1.85	2.90	3.41
Mg	0.46	0.47	0.48	0.86	0.75	0.26	0.62	0.85
S	0.32	0.41	0.41	0.23	0.29	0.23	0.08	0.09

Tabla 12. Niveles de macro y micronutrientes en los órganos del maracuyá amarillo cultivado en solución nutritiva completa (Aguirre, 1977).

			Ramas			Hojas		
Nut.	Raíces	Tallo	Mad.	Nuevas	Tallo	R. mad.	R. nuevas	Zarc.
	% (materia seca)							
N	4.23	1.73	1.95	2.72	3.59	4.44	5.15	1.36
P	1.12	0.17	0.18	0.24	0.10	0.16	0.15	0.07
K	1.73	1.41	1.59	2.16	5.46	5.41	5.07	2.07
Ca	3.20	1.59	0.91	0.56	1.49	1.49	1.22	0.73
Mg	0.42	0.17	0.18	0.19	0.52	0.52	0.56	0.34
S	0.80	0.24	0.26	0.26	1.20	1.20	0.96	0.21
	ppm (materia seca)							
B	89	47	53	64	116	124	112	91
Cu	40	9	11	11	50	13	11	13
Fe	2694	146	142	152	646	647	595	597
Mn	127	5	2	1	37	31	31	23
Mo	2	0.3	0.2	0.3	0.9	0.5	1	0.2
Zn	34	9	5	10	58	55	57	28

EVALUACION DEL ESTADO NUTRICIONAL DEL MARACUYA

Entre los métodos o técnicas disponibles para evaluar el estado nutricional de los cultivos se encuentran los siguientes: síntomas visuales, diagnóstico foliar o análisis de tejidos, ensayos bioquímicos y técnicas de infiltración (véase Malavolta et al., 1989). De estos métodos solamente los dos primeros han sido utilizados para el maracuyá.

SINTOMAS VISUALES

En orden cronológico los estudios conducidos para desarrollar síntomas visuales de carencia de nutrientes en maracuyá son los siguientes: Abanto (1970) *P. edulis;* Avilán (1974) *P. quadrangularis*; Abanto y Muller (1976, 1977 a,b) *P. edulis*; Aguirre (1977) *P. edulis, f. flavicarpa*; Aguirre et al. (1977) *P. edulis, f. flavicarpa*; Blondeau y Bertin (1978-1980) *P. edulis, f. flavicarpa*; Cereda et al. (1991) *P. alata*.

Los síntomas visibles de las deficiencias son en general parecidos en la mayoría de sus detalles con los descritos para otras plantas y son prácticamente los mismos para *P. edulis f. flavicarpa*, *P. edulis f. purpurea, P. quadrangularis* y *P. alata.* Diferencias menores se deben a las condiciones experimentales.

Las épocas en las que aparecen los síntomas pueden estar relacionadas con períodos de mayor demanda del elemento. Así, las necesidades de K parecen más importantes en la floración, mientras que las de Ca se incrementan cuando el fruto comienza a desarrollarse. El N y el P son requeridos desde cuando la planta empieza a crecer (Blondeau y Bertin, 1978). En la Tabla 13 se presenta una clave para identificar los síntomas carenciales de nutrientes.

DIAGNOSTICO FOLIAR

La hoja es el órgano que mejor refleja el estado nutricional de la planta de maracuyá e indirectamente refleja también el nivel de fertilidad del suelo (natural o modificado por las prácticas de fertilización y encalado). Por lo tanto, el análisis foliar sirve para evaluar el estado nutricional de la planta y para ajustar los programas de fertilización.

La hoja que representa mejor el estado nutricional, en consecuencia la que debe muestrearse para análisis de laboratorio, es aquella recién madura, cuyo crecimiento ha terminado pero que todavía no está en el proceso de vejez o senescencia.

Tabla 13. Clave para la identificación de deficiencias nutricionales en el cultivo del maracuyá a través de síntomas visuales (Abanto, 1970; Aguirre et al., 1977).

Síntomas	Elemento deficiente
HOJAS VIEJAS AFECTADAS, CRECIMIENTO AFECTADO	
Defoliación prematura	
Clorosis sin áreas necróticas	
Hojas de color verde más claro, las más viejas se secan y se desprenden Crecimiento débil y menor número de ramas, ramas más delgadas y con tendencia a crecimiento vertical.	N
Clorosis con áreas necróticas	
Clorosis y después necrosis en los bordes y ápices de las hojas viejas, después estos síntomas aparecen entre las nervaduras. Las hojas tienden a curvarse hacia abajo. Reducción en el número y diámetro de las ramas. Los zarcillos del tercio inferior y medio se marchitan y se secan, los del tercio superior permanecen verdes y son de apariencia leñosa.	K
Sin defoliación prematura	
Hojas viejas de color verde oscuro, después presentan manchas cloróticas que se unen y toda la lámina se vuelve amarilla, con peciolos y nervaduras de color rojo claro. Las hojas son más distantes unas de las otras. Ramas débiles, delgadas y más cortas.	P
Hojas viejas con manchas cloróticas en las zonas intervenales, después aparece un color marrón, las nervaduras permanecen verdes. Brotes laterales con menor crecimiento. Los zarcillos se marchitan y se secan.	Mg
Hojas con manchas cloróticas, más angostas y gruesas. Los síntomas progresan de las hojas viejas hacia las jóvenes donde son más intensos. Los entrenudos se acortan y forman "roseta". Muerte descendente de brotes terminales.	Zn
Hojas viejas con clorosis internerval, el tejido permanece verdes alrededor de las manchas amarillas. Marcado curvamiento de los bordes de las hojas hacia arriba. Síntomas menos acentuados en las hojas más jóvenes.	Mo
Hojas viejas grandes y anchas de color verde oscuro, con pérdida parcial de turgencia, inmediatamente clorosis en los bordes y grandes	

Tabla 13. Continuación ...

Síntomas	Elemento deficiente
manchas amarillas entre las nervaduras. Suberización de las nervaduras de la cara superior y curvamiento de la lámina hacia abajo transversalmente a la nervadura principal. Brote de yemas de la base del tallo con hojas cloróticas y curvadas. Desarrollo de hojas anormales, curvadas y amarillas en la punta de las ramas terminales y formación de rosetas.	Cu
HOJAS JOVENES AFECTADAS PRIMERO	
Clorosis sin áreas necróticas	
Clorosis intervenal de las hojas jóvenes, las nervaduras permanecen de color verde, después toda la hoja (incluyendo las nervaduras) de color amarillo-blanquecino. Ramas jóvenes cloróticas y muerte de yemas. Gradiente de clorosis a lo largo de las ramas, con las hojas viejas de color normal.	Fe
Clorosis con áreas necróticas y muerte de yemas	
En el inicio clorosis intervenal uniforme en las hojas jóvenes, las nervaduras permanecen verdes dando a la hoja un aspecto de malla, después necrosis entre las nervaduras y puntos negros cerca de los bordes. Manchas necróticas en las yemas terminales. Fuerte necrosis en los zarcillos del tercio inferior del tallo.	Ca
Necrosis y atrofiamiento de la yema terminal con estancamiento del desarrollo de la planta. Hojas jóvenes de menor tamaño, deformadas, de consistencia coriácea y ondulaciones en los bordes. Manchas necróticas intervenales y en los bordes de las .hojas. Acortamiento de los internudos. Después de la muerte de las yemas se forman ramitos abajo de los puntos de crecimiento.	B
Clorosis sin áreas necróticas y sin afectar yemas	
Clorosis casi uniforme quedando pequeñas áreas de color verde en ambos lados de las nervaduras que, en la cara inferior son rojizas. Ramas más delgadas y leñosas.	S
Hojas nuevas con clorosis intervenal, las nervaduras con delgada franja de parénquima permanecen verdes, posteriormente toda la hoja se torna amarilla y los bordes se curvan hacia abajo.	Mg

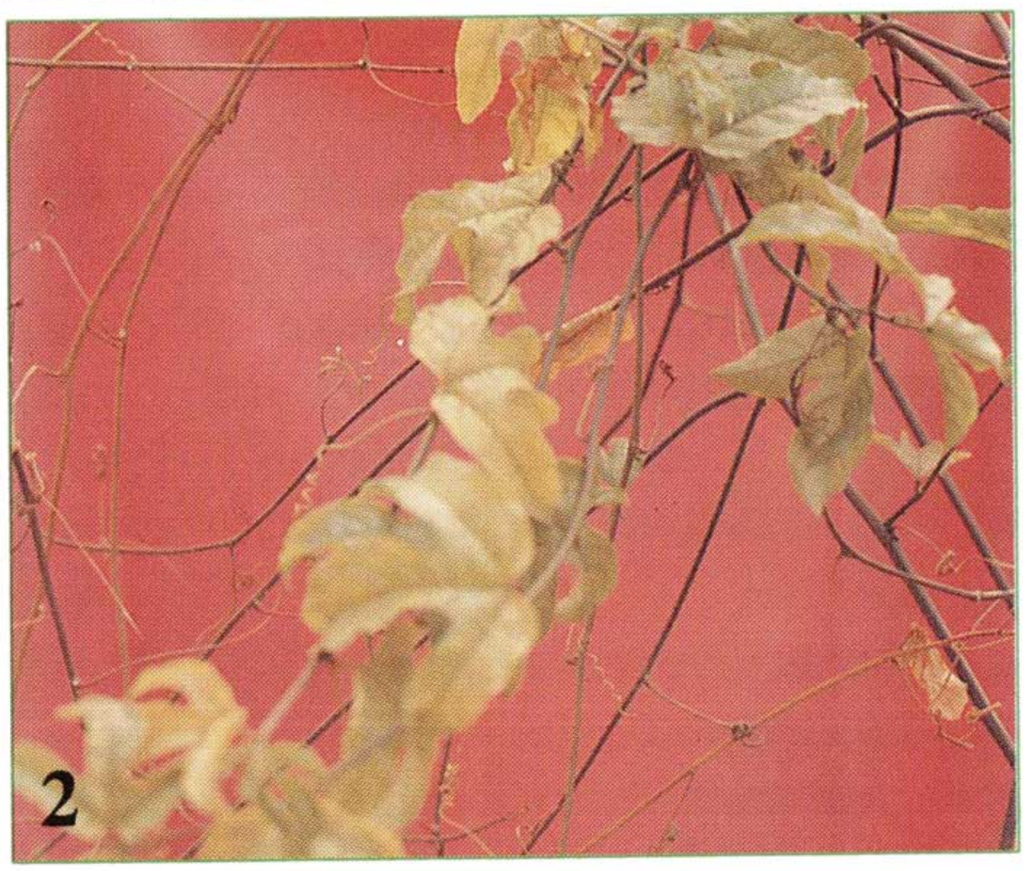
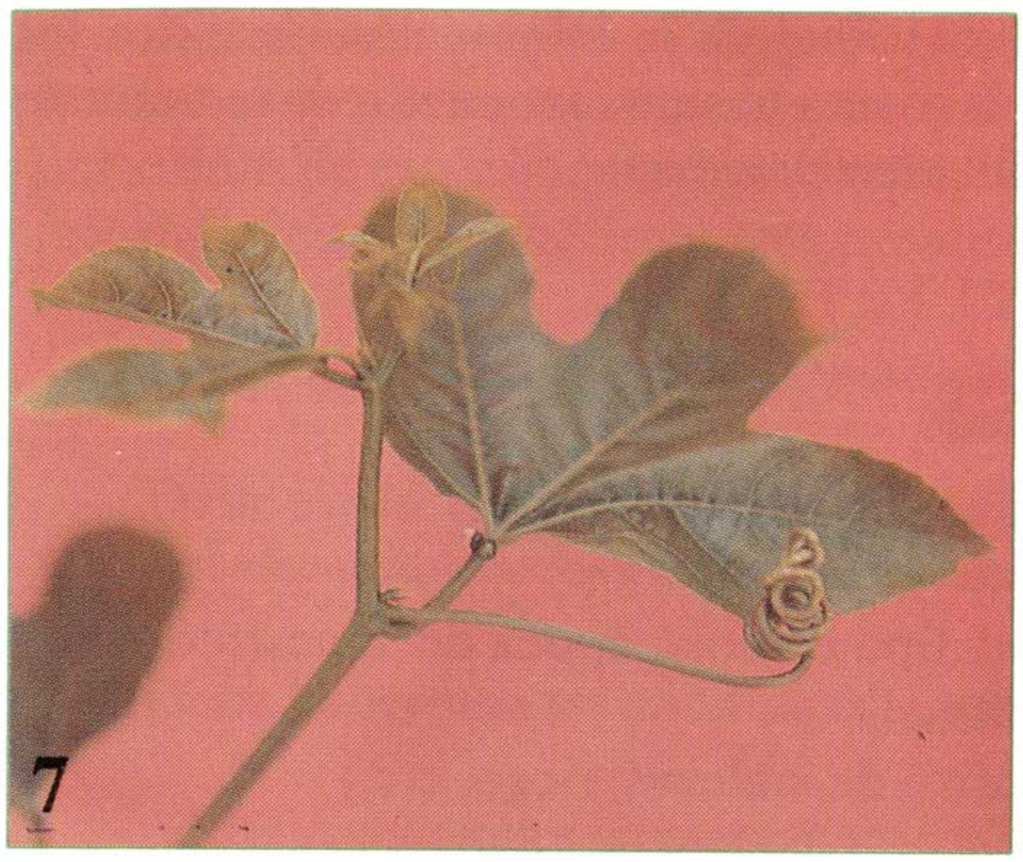
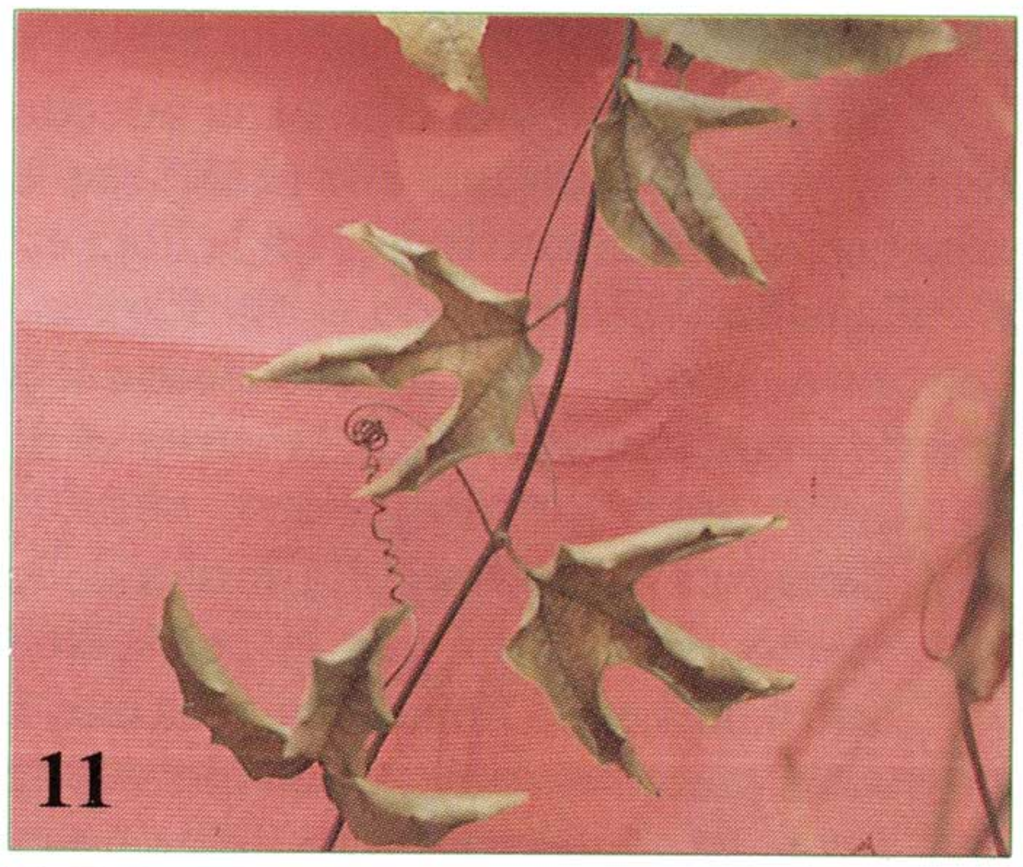
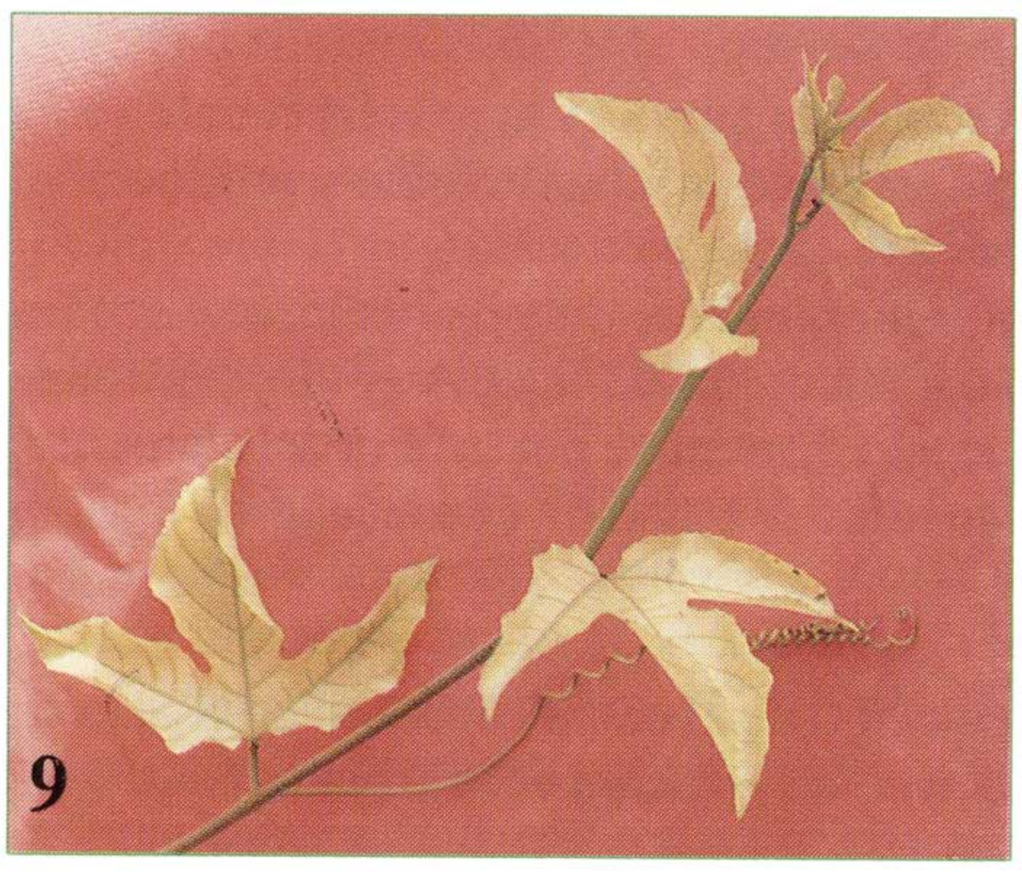


Foto 1: Deficiencia de nitrógeno
Foto 2: Deficiencia de fósforo
Foto 3: Deficiencia de potasio

Foto 4: Deficiencia de calcio
Foto 5: Deficiencia de magnesio
Foto 6: Deficiencia de azufre







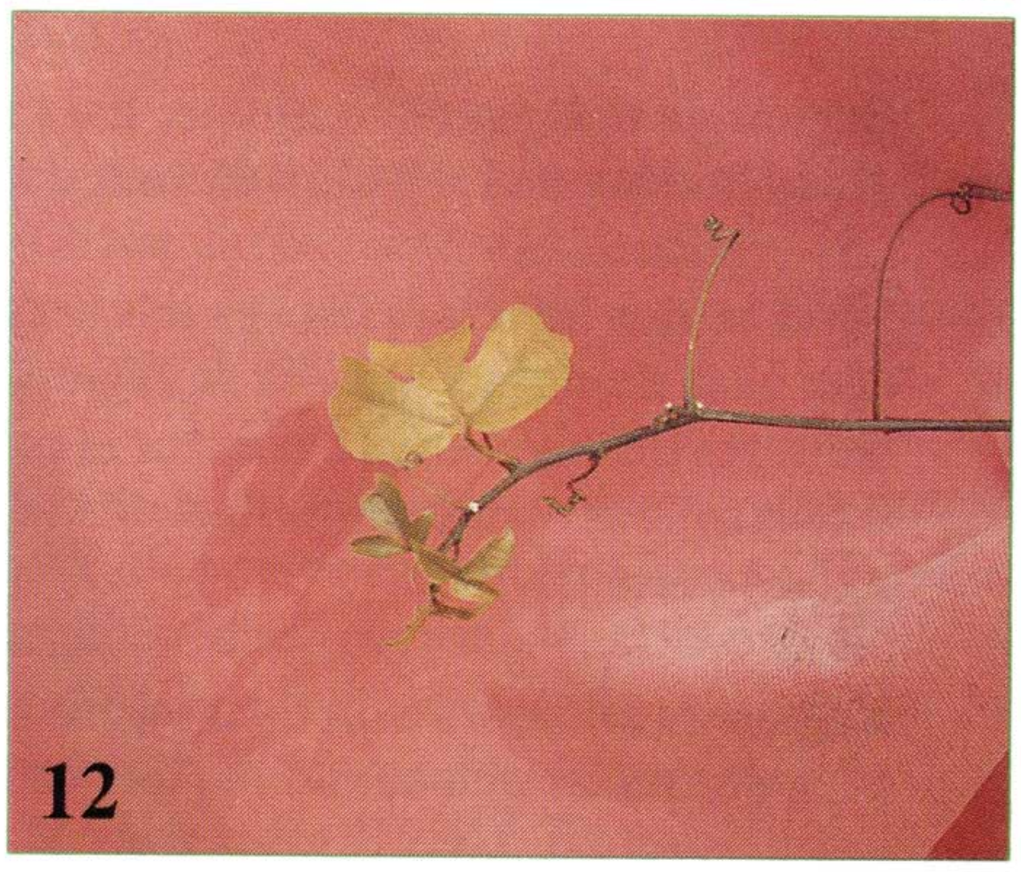


Foto 7: Deficiencia de cobre
Foto 8: Deficiencia de hierro
Foto 9: Deficiencia de manganeso

Foto 10: Deficiencia de zinc
Foto 11: Deficiencia de boro
Foto 12: Deficiencia de molibdeno

La composición de la hoja es el resultado final de la interacción de todos los factores que intervinieron en la nutrición de la planta hasta el momento de la toma de la muestra. Esta situación se refleja en la siguiente relación:

$$Y = f\ (S, PI, Cl, Pc, Pe..)$$

de donde

Y	=	Concentración del nutriente en la hoja
S	=	Tipo de suelo y fertilizante y cal aplicados
Pl	=	Planta (especie, variedad, tipo de hoja, época de muestreo
Cl	=	Clima (lluvias, temperatura)
Pc	=	Prácticas culturales (control de malezas, riego, etc.)
Pe	=	Plagas y enfermedades

Si la variedad y el clima son adecuados, el control de plagas y enfermedades es bueno y las prácticas culturales se conducen a tiempo y eficientemente, la concentración de nutrientes en la hoja está en relación directa con el tipo de suelo, la fertilización y el encalado. La Figura 12 representa la relación existente entre la concentración foliar de un nutriente y la producción, sea ésta materia seca o cosecha. Las diferentes secciones de la curva se discuten a continuación:

- **Efecto de Steenjberg:** La forma de letra C de esta sección de la curva resulta del efecto producido por la reducción de materia seca en la concentración de nutrientes en la hoja. A niveles muy bajos de nutrientes en el suelo el crecimiento de la planta es muy pequeño y el contenido de nutrientes en la hoja se concentra aparentando el contrasentido de menor producción a mayor concentración.

- **Región de deficiencia o ajuste:** Esta sección de la curva es la más frecuente en la práctica. Hay una relación directa y casi lineal entre contenido foliar y producción.

- **Nivel crítico inferior:** Esta es una sección, generalmente muy pequeña, que separa la región de deficiencia de la región de alimentación de lujo. A concentraciones menores del nivel crítico inferior la producción disminuye por la falta del elemento. Existen otros términos para el nivel crítico inferior como nivel adecuado u óptimo y nivel umbral.

- **Región de alimentación de lujo:** En esta sección de la curva la producción permanece constante aun cuando se incrementa la concentración del nutriente en la hoja.

- **Nivel crítico superior:** Es una sección muy pequeña de la curva que separa la sección de consumo de lujo de la región de toxicidad o desequilibrio.

- **Región de toxicidad o desequilibrio:** En esta sección el aumento de la concentración foliar es acompañado de una reducción en la producción.

Cuando se emplea el diagnóstico foliar para hacer ajustes en los programas de fertilización es necesario que los datos de nivel crítico a utilizarse hayan sido obtenidos por medio de experimentación conducida previamente. Dentro de ciertos límites, esta investigación debe obedecer tres premisas:

- Debe haber una relación directa entre las dosis de fertilizante y la producción.
- Debe existir una relación directa entre dosis de fertilizante y concentración foliar del elemento.
- Debe haber una relación directa entre el contenido foliar y la producción.

Estas condiciones se presentan gráficamente en la Figura 13 que también ilustra el principio del empleo del diagnóstico foliar para hacer ajustes en las dosis de fertilizantes.

El análisis de la Figura 13 permite hacer los siguientes comentarios:

- El rendimiento máximo, Yc, se obtuvo empleando la dosis Xc de fertilizante que logró una concentración Zc del elemento en la hoja.
- Si en condiciones semejantes, la hoja analizada contiene una concentración Za del elemento, esto quiere decir que el suelo tiene un nivel del nutriente correspondiente a una dosis Xa de fertilizante.
- En consecuencia, para hacer subir la concentración foliar Za hasta el nivel crítico Zc, y por lo tanto incrementar el rendimiento de Ya hasta Yc, se debe suministrar la dosis de fertilizante equivalente a Xc - Xa.

Varios aspectos del diagnóstico foliar del maracuyá han sido estudiados y deben ser tomados en cuenta. A continuación se resumen varios de ellos:

Variación de la concentración de nutrientes a través del año

La Figuras 14 y 15, describen la variación en el porcentaje de macronutrientes en las hojas de maracuyá amarillo y morado cultivados en zonas subtropicales. Como se puede observar, existe una tendencia, a lo largo del año, a reducir la concentración de los elementos más móviles (N, P, K y Mg), mientras que los poco móviles (S) o inmóviles (Ca) existe la tendencia a mantener o aumentar la concentración en las hojas. Además parece haber una correlación positiva entre N y K y entre P y Mg. Es importante tener en cuenta estas variaciones del contenido de nutrientes a través de año cuando se efectúa el diagnóstico foliar del estado nutricional del cultivo. Esta variaciones pueden tener diferente comportamiento en las diferentes áreas de cultivo del maracuyá en Latino América.

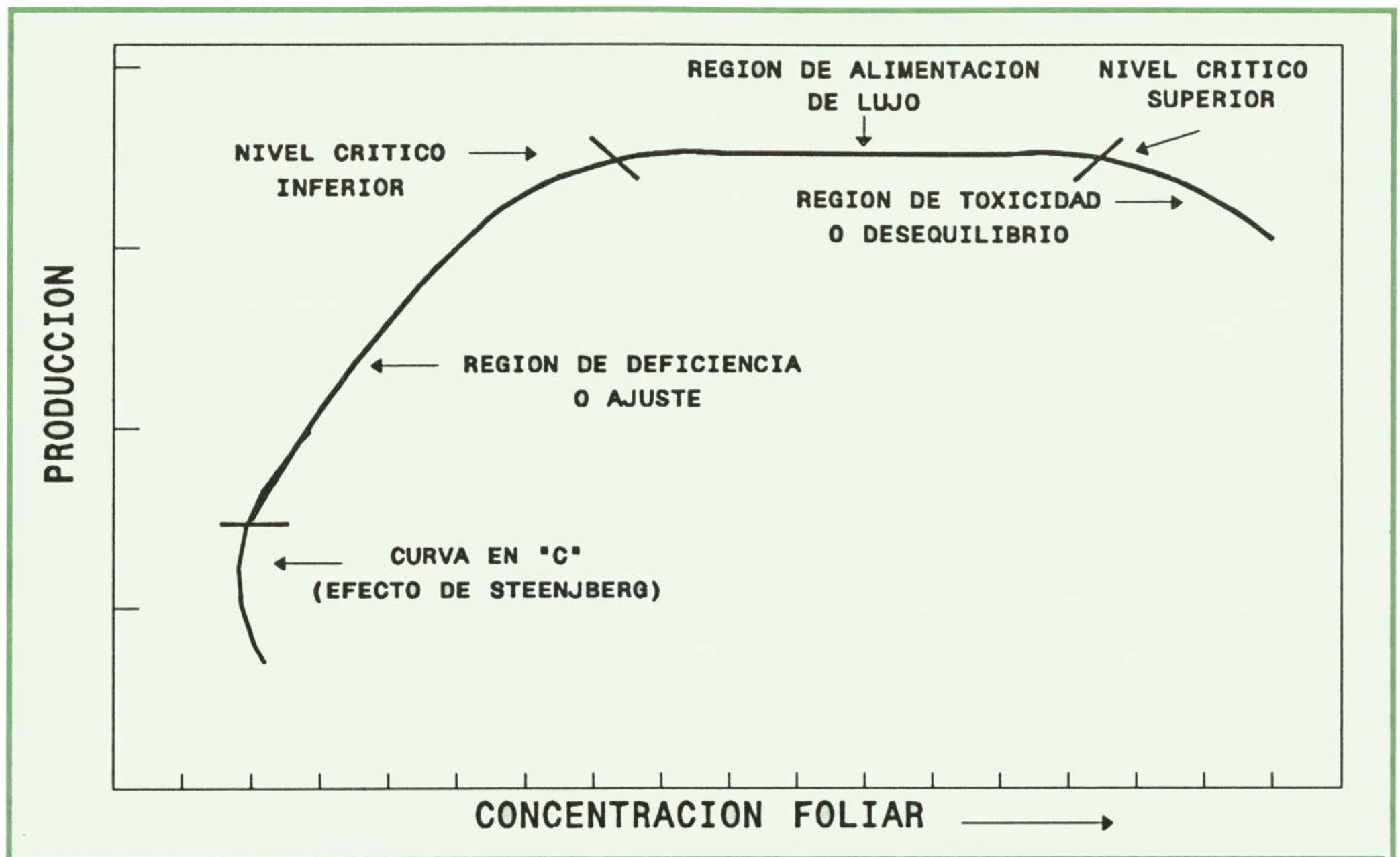


Figura 12. Relación entre la concentración de nutrientes a las hojas y el crecimiento o la producción.

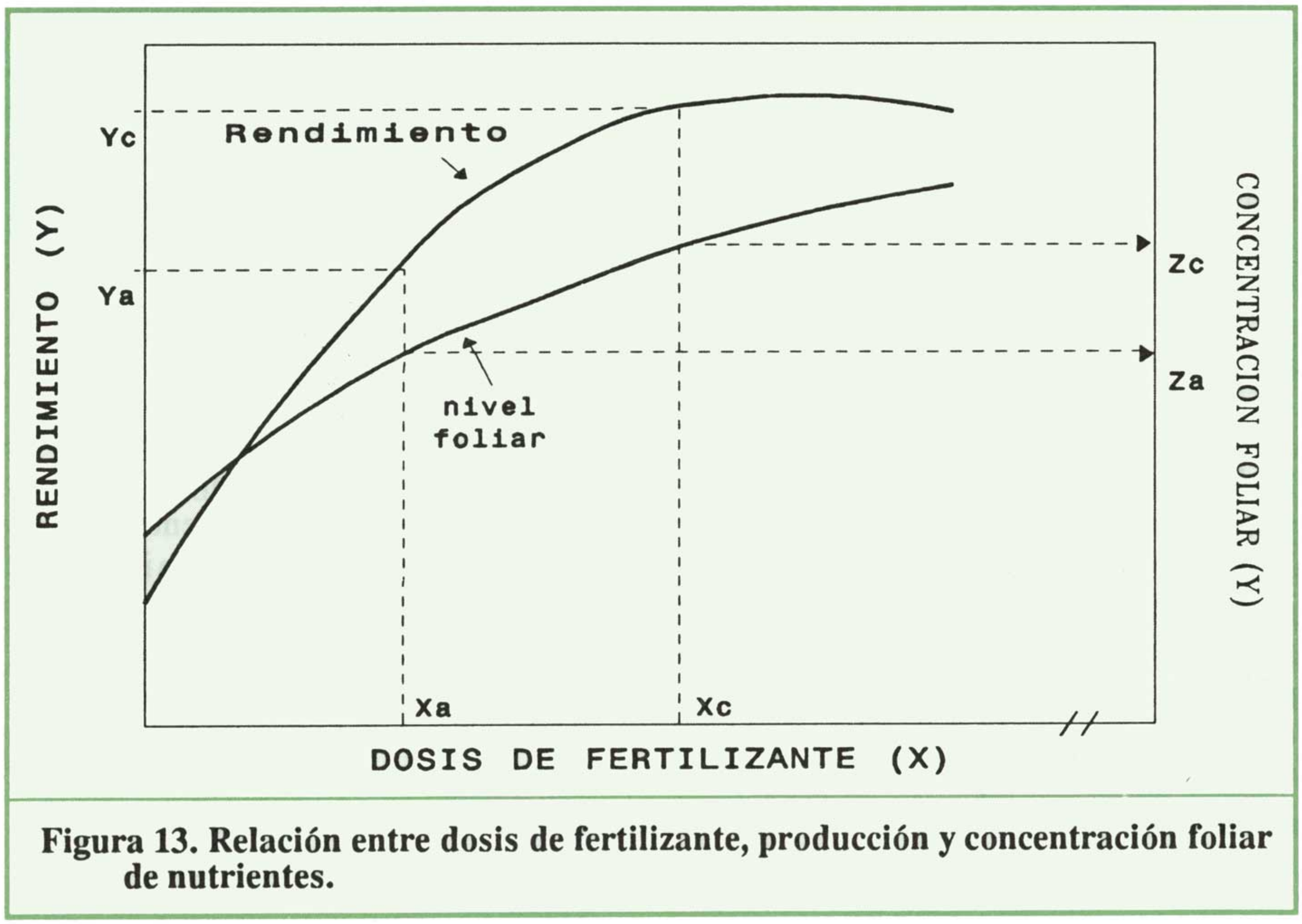


Figura 13. Relación entre dosis de fertilizante, producción y concentración foliar de nutrientes.

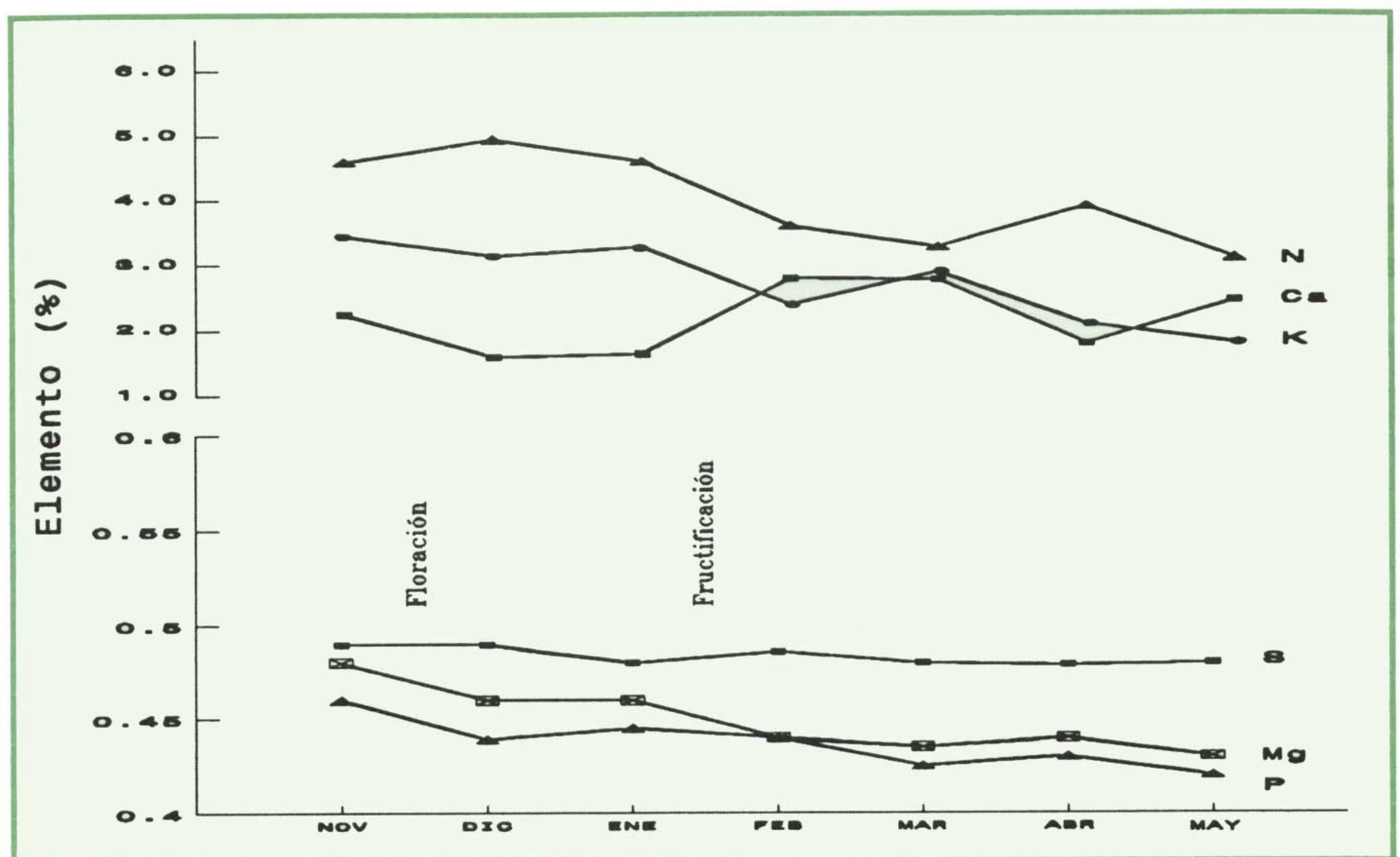


Figura 14. Variación del contenido foliar de macronutrientes a través del año en maracuyá amarillo.

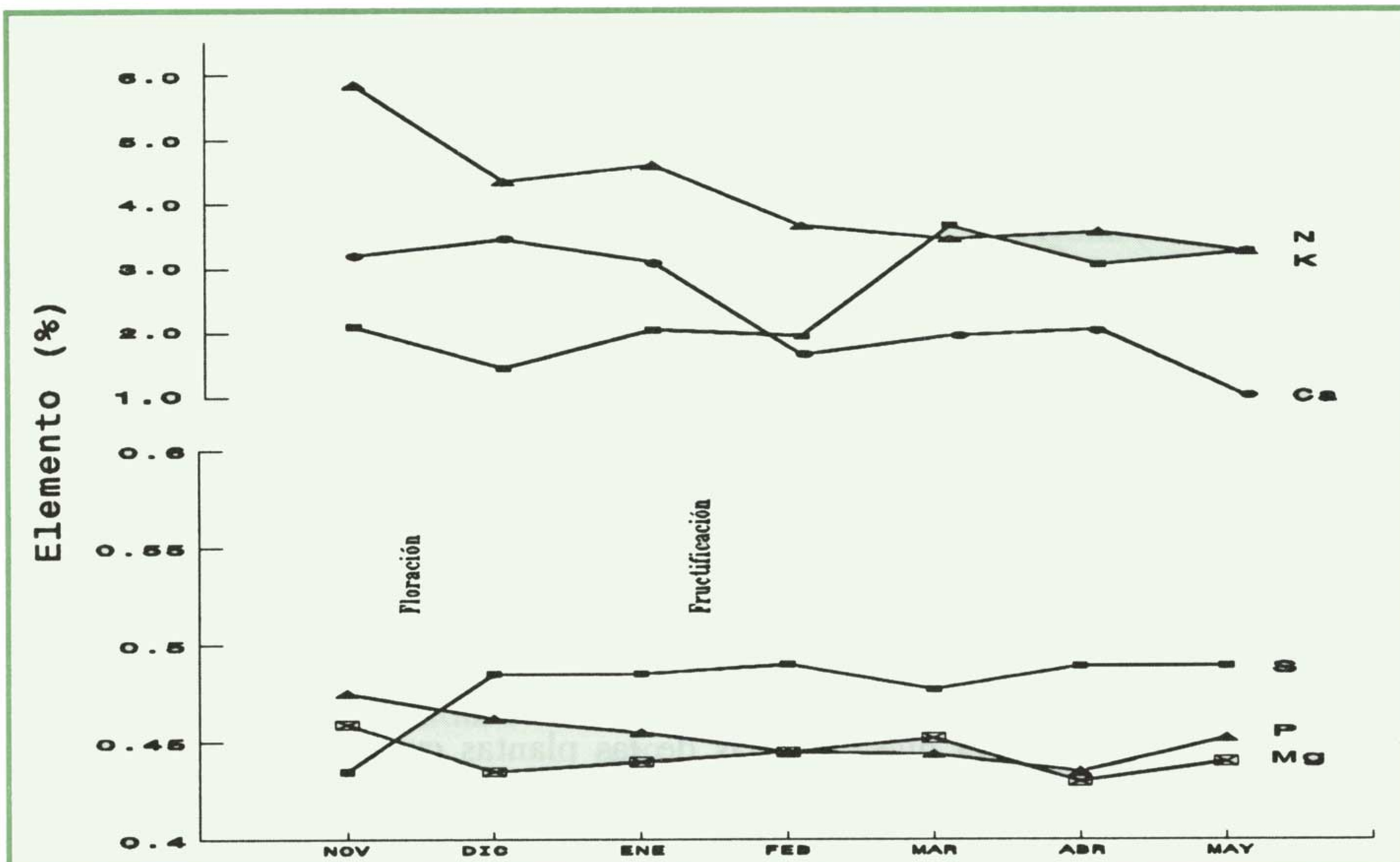


Figura 15. Variación del contenido foliar de macronutrientes a través del año en maracuyá morado.

Diferencia varietal

En la Tabla 14 se presenta un comparación de la composición del maracuyá amarillo y morado. Aparentemente no hay diferencias entre los nutrientes presentes en los dos materiales, excepto en le caso de Cu cuyo nivel es dos veces mayor en el maracuyá amarillo.

Tabla 14. Efecto varietal en la composición de las hojas de maracuyá amarillo y morado (Haag et al., 1973).

Elemento	Rango Amarillo	Rango Morado	Promedio Anual Amarillo	Promedio Anual Morado
	% (materia seca)			
N	3.05-4.97	3.23-5.74	3.99	4.04
P	0.17-0.39	0.17-0.35	0.24	0.25
K	1.83-3.46	0.90-3.41	2.69	2.31
Ca	1.62-2.77	1.43-3.56	2.17	2.47
Mg	0.12-0.26	0.16-0.27	0.20	0.21
S	0.36-0.45	0.17-0.47	0.42	0.40
	ppm (materia seca)			
B	33 - 49	32 - 48	43	40
Cu	13 - 17	7 - 9	15	8
Fe	91 - 233	100 - 230	151	164
Mn	215 - 667	255 - 538	414	454
Zn	25 - 49	23 - 49	36	36

NIVELES DEFICIENTES Y ADECUADOS

El análisis de hojas de plantas cultivadas en solución nutritiva, en presencia o ausencia de determinado nutriente, o mejor aun representando el efecto de la aplicación de niveles crecientes del nutriente, brinda información muy útil que sirve como referencia para evaluar el estado nutricional de plantaciones en el campo.

Datos de esta naturaleza obtenidos en varios trabajos de investigación, se resumen en la Tabla 15. Se observa que las hojas de las plantas cultivadas en condiciones deficientes contienen concentraciones más bajas de los nutrientes en comparación con aquellas hojas de plantas cultivadas en niveles adecuados. Las diferencias encontradas en los distintos trabajos reflejan diferentes condiciones experimentales, forma de muestreo y posiblemente material vegetal.

Tabla 15. Niveles foliares encontrados en plantas cultivadas en solución nutritiva (1).

Elemento	Tipo de Hoja	Nutriente Deficiente	Nutriente Adecuado	Autor
		%		
N	Superiores	1.92	3.26	
	Inferiores	1.40	2.14	Avilán (1974)
	Tallo maduro	1.86	4.44	Aguirre (1977)
	Todas	1.70	2.36	Marchat et al.(1980)
	Todas	1.82	3.33	Cereda et al.(1991)
P	Superiores	0.08	0.17	
	Inferiores	0.07	0.11	Avilán (1974)
	Tallo maduro	0.05	0.16	Aguirre (1977)
	Todas	0.06	0.15	Marchal et al. (1980)
	Todas	0.08	0.23	Cereda et al. (1991)
K	Superiores	1.15	2.47	
	Inferiores	0.52	2.09	Avilán (1974)
	Tallo maduro	3.82	5.41	Aguirre (1977)
	Axila botón floral	0.55	2.11	Marchal et al. (1978)
	Todas	0.63	3.13	Cereda et al. (1991)
Ca	Superiores	1.00	1.31	
	Inferiores	1.15	1.42	Avilán (1974)
	Tallo maduro	0.40	1.53	Aguirre (1977)
	Axila botón floral	0.13	1.25	Marchal et al. (1978)
	Todas	0.71	1.60	Cereda et al. (1991)
Mg	Superiores	0.33	0.42	
	Inferiores	0.15	0.27	Avilán (1974)
	Tallo maduro	0.08	0.58	Aguirre (1977)
	Axila botón floral	0.04	0.31	Marchal et al.(1978)
	Todas	0.20	0.42	Cereda et al.(1991)
S	Tallo maduro	0.52	1.10	Aguirre (1977)
	Todas	0.09	0.32	Marchal et al. (1980)
	Todas	0.15	0.50	Cereda et al. (1991)

Tabla15. Continuación ...

Elemento	Tipo de Hoja	Nutriente Deficiente	Nutriente Adecuado	Autor
	ppm			
B	Tallo maduro	48	124	Aguirre (1977)
	Todas	12	56	Cereda et at. (1977)
Cu	Tallo maduro	2	13	Aguirre (1977)
	Todas	4	8	Cereda et al. (1991)
Fe	Tallo maduro	497	647	Aguirre (1977)
	Todas	123	172	Cereda et al. (1991)
Mn	Tallo maduro	11	31	Aguirre (1977)
	Todas	12	26	Cereda et al. (1991)
Mo	Tallo maduro	0.27	0.49	Aguirre (1977)
Zn	Tallo maduro	61	55	Aguirre (1977)
	Todas	14	18	Cereda et al. (1991)

(1) Avilán (1974) - *P. quadrangularis*; Aguirre (1977), Marchal et al. (1978, 1980) - *P. edulis f. flavicarpa*; Cereda et al. (1991) - *P. alata*.

MUESTREO FOLIAR

El maracuyá es una planta voluble, de hábitos trepadores, de crecimiento prácticamente continuo y más o menos rápido en relación con las condiciones climáticas (Marchal, 1984). Por esta razón es difícil identificar una hoja de edad determinada, a menos que se marque la brotación.

Existen tres tipos de hojas que se pueden muestrear sin antes marcar la brotación y que corresponden a estados fisiológicos bien determinados. Estas hojas son:

- La hoja que se localiza en la axila de un botón floral que se abrirá en las próximas 24 horas. Este botón es de fácil identificación: tiene 5 cm de largo, forma ovoide y muestra los pétalos ligeramente separados.

- La hoja que terminó recientemente su crecimiento. Esta hoja se ubica en la tercera o cuarta posición a partir del ápice de la rama y es más joven que la descrita anteriormente (Baumgartner et al., 1978).

- La hoja más nueva completamente expandida en ramas bien desarrolladas y creciendo activamente a fines de la época lluviosa (Robinson, 1986).

La Tabla 16 presenta los resultados de análisis de nutrientes hechos en distintos tipos de hojas y en la Figura 16 muestra la relación existente entre varios niveles de N aplicados como fertilizante, la producción y el contenido de N de los distintos tipos de hojas. La hoja 1 (hoja de un mes de edad) y hoja 2 (botón floral cerca de abrirse) cumplen con los requisitos del diagnóstico foliar discutidos anteriormente, es decir: existe una relación directa entre las dosis de fertilizante y la producción, entre dosis de fertilizante y concentración foliar del elemento y el contenido foliar y la producción.

Estas relaciones son más claras con el análisis de K en los diferentes tipos de hojas presentados en la Figura 17. En este caso las hojas 1 y 3 representan mejor el estado nutricional de la planta con respecto al K.

Es aconsejable colectar entre 80 y 100 hojas de una área uniforme. Estas hojas deben colectarse sin separar el pecíolo de la lámina. Es preferible hacer el muestreo en la mañana, y se deben colectar muestras de los dos lados de la línea y por lo menos cuatro hojas por pie (Marchal, 1984; Menzel et al., 1989).

INTERPRETACION

Debido a las fuentes de variación discutidas anteriormente, la comparación de un análisis foliar obtenido en un laboratorio con los datos de la literatura solamente puede ser hecha cuando la muestra ha sido colectada con los mismos criterios, especialmente con respecto a especie o variedad, época y tipo de hoja.

En la Tabla 16 se comparan los niveles foliares de nutrientes considerados adecuados por distintos autores para la evaluación del estado nutricional del maracuyá. Las concentraciones foliares obtenidas al analizar hojas de plantas cultivadas en ensayos en solución nutritiva se presentaron anteriormente en la Tabla 14 y estos datos pueden ser también empleados con fines comparativos.

En ocasiones es posible obtener mejor información utilizando relaciones entre nutrientes antes que las concentraciones de nutrientes en forma aislada. Las relaciones más útiles son: N/P, N/K, N/S, N/B, K/Ca, K/Mg, P/Cu, P/Fe, P/Zn, Ca/Mn, Fe/Mn. Este método de diagnóstico denominado DRIS (Diagnosis and Recommendations Integrated System) requiere de un banco de datos de producción y análisis bastante

amplio. Este es uno de los principales limitantes del uso de este método en el diagnóstico foliar (Beaufils, 1973; Malavolta et al., 1989, Beaton James et al, 1991).

Tabla 16. Concentración de nutrientes en diferentes hojas de maracuyá muestreadas en la misma fecha (Marchal y Bourdeaut, 1972).

Elemento	Hoja*	Tratamiento				
		N_0K_0	N_1K_1	N_1K_2	N_2K_1	N_2K_2
N	1	3.43	3.54	3.53	3.70	4.06
	2	3.55	3.82	3.86	3.95	3.75
	3	3.89	4.02	4.05	4.15	3.92
	4	5.06	5.10	5.36	4.86	4.62
P	1	0.23	0.22	0.22	0.22	0.21
	2	0.22	0.22	0.21	0.22	0.22
	3	0.25	0.25	0.23	0.25	0.24
	4	0.46	0.41	0.45	0.40	0.52
K	1	2.84	3.72	3.81	3.57	3.50
	2	3.06	3.57	3.53	3.82	3.38
	3	3.00	3.63	3.48	3.55	3.60
	4	2.53	2.55	2.54	2.60	2.61
Ca	1	1.32	1.38	1.16	1.33	1.18
	2	1.12	1.11	1.04	1.11	1.22
	3	1.37	1.38	1.34	1.35	1.21
	4	0.81	1.01	0.89	0.74	0.67
Mg	1	0.23	0.21	0.19	0.24	0.21
	2	0.22	0.21	0.19	0.23	0.21
	3	0.30	0.25	0.25	0.26	0.22
	4	0.30	0.29	0.27	0.27	0.28

* 1.- hoja de un mes de edad
2.- hoja con una flor en la axila cerca de abrirse
3.- hoja de la brotación de un mes
4.- tercera hoja

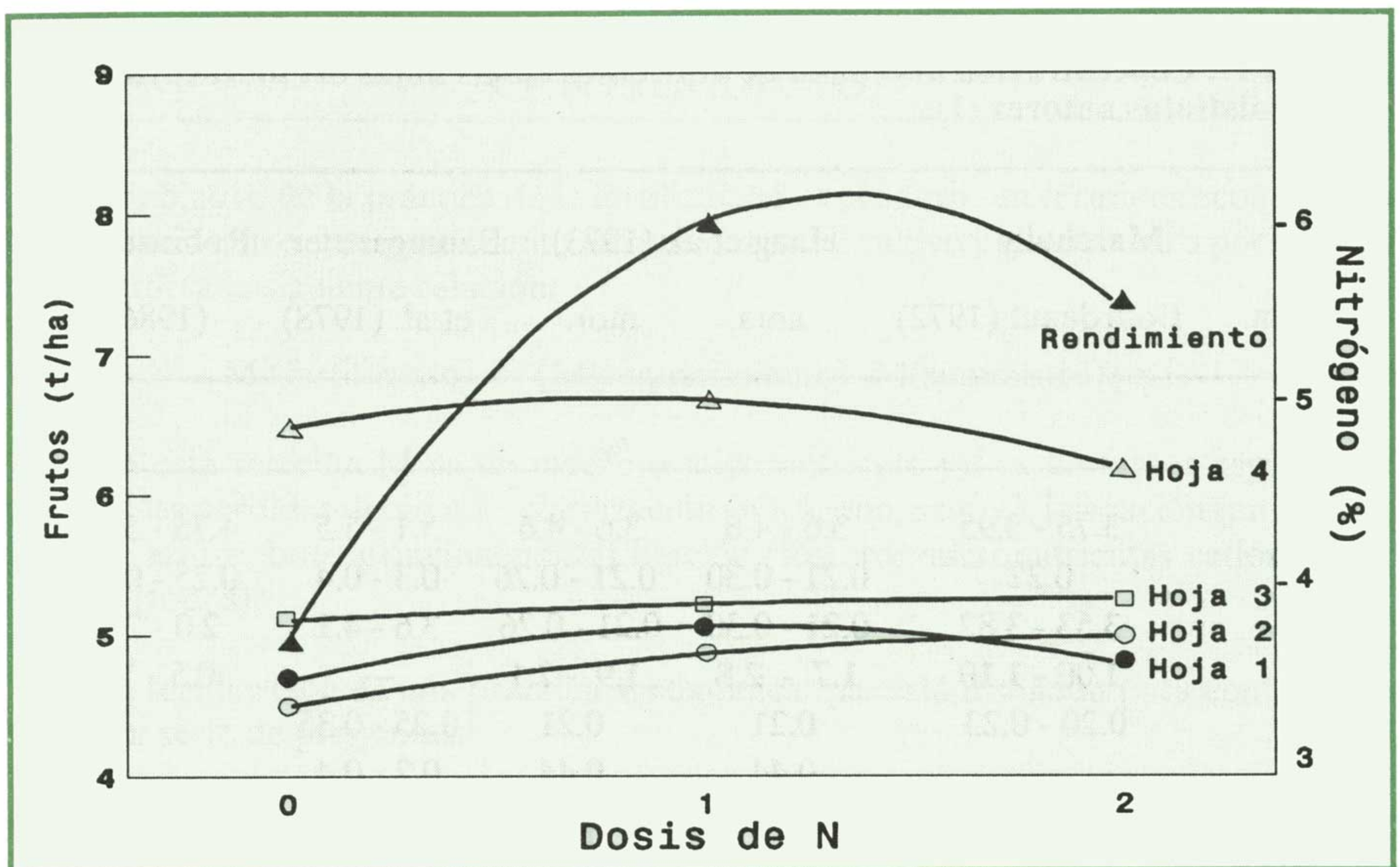


Figura 16. Relación entre dosis de nitrógeno, producción y concentración de N en las hojas.

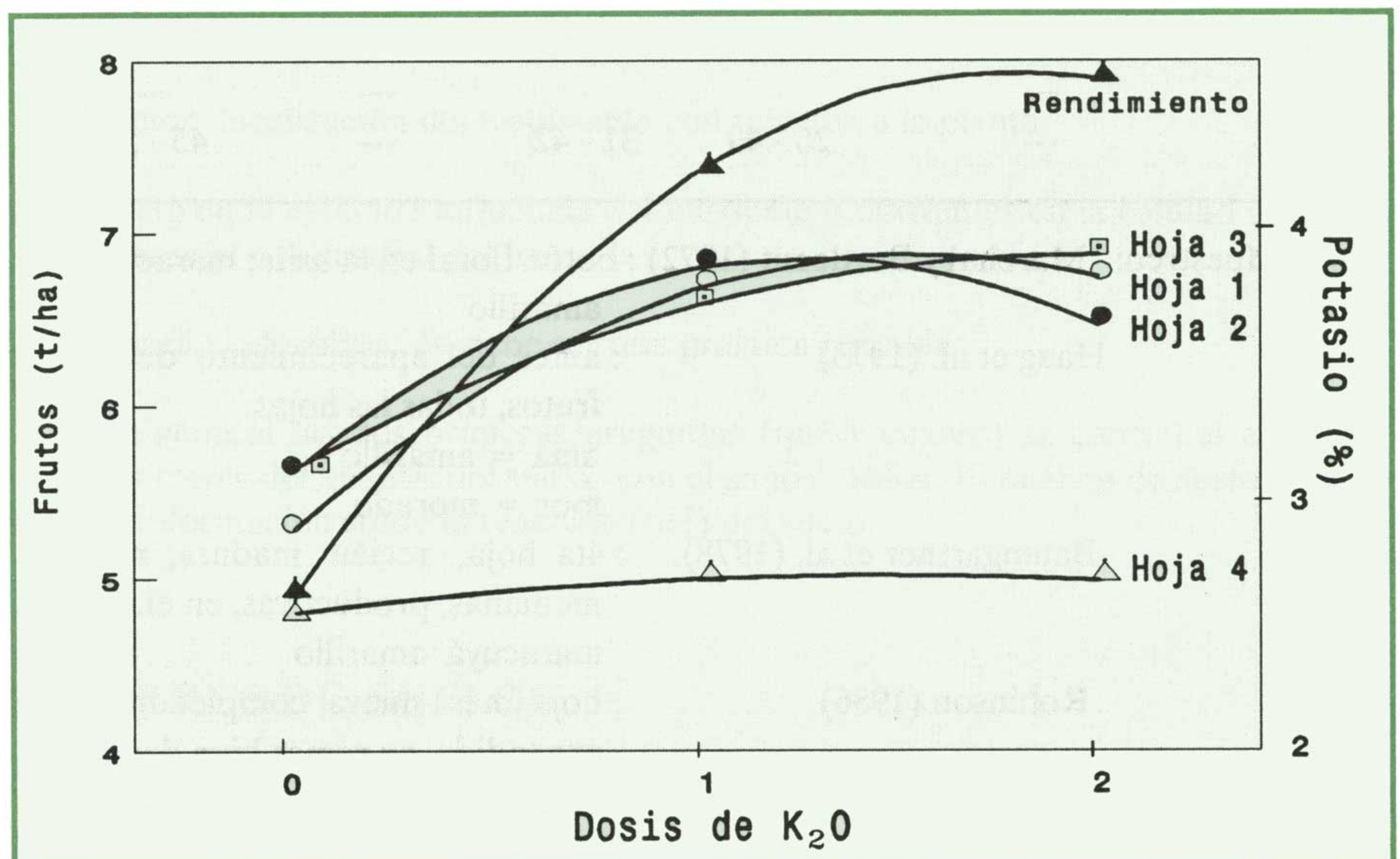


Figura 17. Relación entre dosis de potasio, producción y concentración de P en las hojas.

Tabla 17. Concentración adecuada de nutrientes en las hojas del maracuyá según distintos autores (1).

Elem.	Marchal y Bourdeaut (1972)	Haag et al. (1973) ama.	Haag et al. (1973) mor.	Baumgartner et al. (1978)	Robinson (1986)
	%				
N	3.75 - 3.95	3.6 - 4.6	3.6 - 4.6	5.1 - 5.5	4.75 - 5.25
P	0.22	0.21 - 0.30	0.21 - 0.26	0.3 - 0.4	0.25 - 0.35
K	3.53 - 3.82	0.21 - 0.30	0.21 - 0.26	3.6 - 4.1	2.0 - 2.3
Ca	1.00 - 1.10	1.7 - 2.8	1.9 - 2.1	---	0.5 - 1.5
Mg	0.20 - 0.23	0.21	0.21	0.25 - 0.35	
S	---	0.44	0.44	0.2 - 0.4	
	ppm				
B	---	39 - 47	39 - 47	---	---
Cu	---	15 - 16	8 - 9	---	5 - 20
Fe	---	116 - 233	180 - 230	---	100 - 200
Mn	---	433 - 604	449 - 522	---	50 - 200
Mo	---	-	-	---	---
Zn	---	26 - 49	31 - 42	---	45 - 50

(1) Muestreo: Marchal y Bordeaut (1972) : botón floral en la axila; maracuyá amarillo

Haag et al. (1973) : antes del aparecimiento de los frutos, todas las hojas
ama = amarillo
mor = morado

Baumgartner et al. (1978) : 4ta hoja, recién madura, ramas medianas, productivas, en el otoño; maracuyá amarillo

Robinson (1986) : hoja más nueva completamente expandida, en ramas bien desarrolladas y en crecimiento activo (*Passiflora* spp)

FERTILIZACION

El objetivo de la práctica de la fertilización es el cubrir, en términos económicos, la diferencia entre el requerimiento de nutrientes del cultivo y el suministro por el suelo de acuerdo a la siguiente relación:

$$M\ (\text{fertilizante}) = \{M(\text{requerimiento}) - M(\text{suministro})\} \times f$$

En esta relación M es un macro o micronutriente y f es un factor usado para corregir las pérdidas debidas a volatilización (nitrógeno, azufre), lixiviación (nitrógeno, potasio, azufre, boro principalmente) fijación (fósforo, micronutrientes catiónicos) y erosión (todos).

La fertilización es una práctica agronómica que está diseñada para contestar la siguiente serie de preguntas:

- Qué? cual elemento o elementos son limitantes en la producción.
- Cuánto? cantidad que se debe aplicar.
- Cuándo? época en la cual hay que fertilizar para garantizar el mayor aprovechamiento de los nutrientes.
- Cómo? localización del fertilizante con relación a la planta.
- Efecto en la calidad? influencia del nutriente o nutrientes en la calidad nutritiva, comercial o industrial del fruto.
- Pagará? la fertilización debe ser una práctica rentable.

En general las dos primeras preguntas (qué y cuánto) se contestan al mismo tiempo a través del análisis del suelo, con el análisis foliar. El análisis de suelo además entrega información sobre la reacción (pH) del suelo.

MUESTREO DE SUELOS

El suelo se debe analizar antes de la siembra y después periódicamente durante la vida de la plantación. En ambos casos la muestra debe tomarse a una profundidad de 0-20 cm, a una distancia de 30-50 cm del tallo (zona de mayor concentración de raíces). Los muestreos de suelos con la plantación en pie deben hacerse en la banda de fertilización por lo menos un mes después de la última aplicación de fertilizante.

ENCALADO

En general se considera que el pH (medido en agua) más favorable para el cultivo del maracuyá se sitúa entre 5.5 y 6.5. Cuando el pH del suelo cae a valores inferiores a 5.5 es necesario encalar.

Un buen método para determinar las dosis de cal necesarias para controlar la acidez se basa en el criterio de calcular la cantidad de cal teniendo en cuenta la cantidad de aluminio intercambiable (Al^{+3}) de acuerdo a la siguiente ecuación (Kamprath, 1970):

$$\text{Requerimiento de cal (t/ha)} = \text{Factor} * \text{meq/100 g de } Al^{+3}$$

El factor a utilizarse puede ser 1.5 o 2.0 de acuerdo al tipo de suelo. Este factor puede ser ajustado por el agrónomo o el agricultor trabajando en un sitio determinado.

En suelos viejos altamente meteorizados (suelos rojos clasificados como Oxisoles y Ultisoles) el criterio anterior no trabaja muy bien. En estos suelos de baja capacidad de intercambio catiónico (CIC) la determinación de los requerimientos de cal funciona mejor de acuerdo al criterio de saturación de bases (SB) expresado en la siguiente ecuación (Quaggio et al., 1985):

$$\text{Requerimiento de cal (t/ha)} = [\text{CIC (SB2 - SB1)}] / 100$$

de donde

CIC = Capacidad de intercambio catiónico a pH 7.0
CIC = (H + Al + K + Ca + Mg) en meq/100 g
SB1 = Porcentaje de saturación en bases antes del encalado

$$SB1 = \frac{(K + Ca + Mg)}{CIC} * 100$$

SB2 = Porcentaje de saturación en bases da la cual se quiere llegar generalmente 60%.

El requerimiento de cal obtenido por cualquiera de los dos criterios descritos arriba debe compensarse por el poder de neutralización de la cal a utilizarse en el sitio. Muy pocas veces se consigue cal totalmente pura y las impurezas del material reducen el poder de neutralización. Si la recomendación calculada es de 2 t/ha y la cal disponible tiene solamente un 85% de poder de neutralización la cantidad de cal a utilizarse es 2.353 t/ha (2.0/0.85).

Dependiendo de las condiciones se puede utilizar como fuente de cal el carbonato de calcio o calcita ($CaCO_3$) y el carbonato doble de calcio y magnesio o dolomita ($CaCO_3.MgCO_3$) teniendo en cuenta que se han observado acentuadas deficiencias de Mg en algunas de las áreas donde se cultiva maracuyá.

Es mejor controlar los problemas de acidez antes de la siembra de la plantación. En este caso se distribuye la cal al voleo y luego se incorpora por lo menos a 30 cm de profundidad. Sin embargo, se pueden desarrollar problemas de acidez en plantaciones establecidas. En este caso la enmienda se aplica también al voleo entre las hileras, con mayor proporción en la banda de fertilización donde se genera mayor acidez y parte en la entrecalle. Las operaciones de cultivo logran una ligera incorporación y es por esta razón que este tipo de encalado no es muy eficiente.

FERTILIZACION

Trasplante y formación

Es importante acondicionar la zona donde se desarrollará el sistema radicular del maracuyá. Esto se logra con aplicaciones de materiales orgánicos y fertilizantes minerales al hoyo de siembra, antes del trasplante. Generalmente se utiliza gallinaza, torta de higuerilla o estiércol de ganado. Los materiales orgánicos aportan con cierta cantidad de nutrientes, pero el principal beneficio de su aplicación es la de mejorar las condiciones físicas y químicas del suelo, logrando de esta manera mejor retención de agua, adecuada aereación y mayor capacidad de intercambio catiónico lo que permite que el suelo retenga una mayor cantidad de nutrientes.

Las dosis de P_2O_5 y K_2O que deben aplicarse al hoyo de trasplante dependen del análisis de suelos inicial. Sin embargo, las dosis de P_2O_5 y K_2O generalmente varían entre 12 y 40 g por hoyo (Avilán y Leal, 1984; Moreira, 1985).

Es aconsejable mezclar el material orgánico y los fertilizantes minerales con el suelo del hoyo (que servirá de relleno al momento del trasplante) 20 o 30 días antes del trasplante. Esto evita problemas de fermentación que pueden afectar la plántula.

Durante el período de formación, es decir hasta 6 meses después del trasplante, es necesario fertilizar periódicamente la plantación. Las dosis recomendadas dependen del análisis de suelo inicial. En la Tabla 19 se presentan las dosis de fertilizantes recomendadas en Brasil para el período de formación del maracuyá basándose en el análisis de suelo inicial. Estas dosis se aplican a los 30, 90 y 150 días después del trasplante. Esta información puede ser utilizada como guía en lugares donde no se ha desarrollado información local.

Tabla 18. Dosis de nutrientes recomendadas en Brasil, basándose en el análisis de suelos, para el período de formación del maracuyá.

P (resina) ug/cm^3	K intercambiable- meq/100 cm^3 0-0.15			K intercambiable- meq/100 cm^3 >0.15		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
	g/hoyo					
0 - 15	10	14	20	10	14	10
>15	10	7	20	10	7	10

Plantas en producción

La adecuada fertilización de las plantas en producción asegura una producción rentable a través de los años de vida útil de la plantación. El análisis de suelos, complementado con el análisis foliar, permite establecer las dosis de nutrientes y determinar si los nutrientes aplicados están siendo aprovechados eficientemente por la planta.

En la Tabla 19 se presentan las dosis de nutrientes recomendadas en Brasil para el período de producción, basándose en el análisis de suelos. Estas dosis pueden ser también utilizadas como guía en lugares donde no se ha desarrollado información. En Venezuela se recomiendan dos aplicaciones por año 45 a 65 g de N, P_2O_5 y K_2O por planta mientras que en Colombia se aplican 20 g de N, P_2O_5 y K_2O por planta después de cada cosecha. Las aplicaciones de Mg, S y micronutrientes se hacen de acuerdo al tenor de estos nutrientes detectado por el análisis foliar. Las concentraciones adecuadas de los nutrientes en las hojas se presentan en las Tablas 16 y 17.

EPOCA Y FORMA DE APLICACION DE LOS FERTILIZANTES

La época de aplicación de los fertilizantes depende de los períodos de demanda de nutrientes por el cultivo y del comportamiento de los nutrientes en el suelo. En el caso del maracuyá, la información generada sobre acumulación de nutrientes en el año, variación del contenido foliar y períodos en los que se intensifican los síntomas de deficiencias indican que el N es necesario durante todo el ciclo anual para satisfacer las demandas del crecimiento continuo, floración y desarrollo del fruto, y el P y K deben estar presentes en la floración siendo también necesarios para el crecimiento del fruto. Desde el punto de vista práctico se recomienda hacer dos aplicaciones de fertilizantes al año de acuerdo a las dosis discutidas anteriormente. Las épocas de aplicación deben

variar entonces de acuerdo al estado de crecimiento del cultivo y las condiciones de humedad en el suelo. En la Tabla 20 se presentan las épocas de aplicación utilizadas en diversas áreas productoras de maracuyá en el mundo.

La localización del fertilizante depende del comportamiento de los diferentes nutrientes en el suelo y del desarrollo del sistema radicular tanto en forma horizontal como en profundidad. El N es un nutriente que se mueve fácilmente en el suelo mientras que el K tiene un movimiento intermedio que depende mucho de la textura del suelo. Por otro lado el P es un nutriente inmóvil en el suelo.

Teniendo en cuenta que las raíces activas del maracuyá son superficiales y se localizan cerca al tallo (Tabla 3), se debe aplicar el N y K a la superficie del suelo en una circunferencia de 40-50 cm de diámetro alrededor de la planta. En cuanto al P, estudios en maracuyá con P radiactivo (Rapchan y Malavolta, 1976; Malavolta y Neptune, 1977) demostraron que aplicaciones de P a la superficie del suelo son tanto o más eficientes que aplicaciones que incorporaron el P al suelo. Esto es importante desde el punto de vista práctico ya que se pueden colocar los tres nutrientes en la superficie del suelo y lograr una buena nutrición.

En cultivos de maracuyá mecanizados se puede aplicar el fertilizante en bandas continuas a lo largo de las hileras, en los lados de las plantas. Las bandas pueden tener un ancho de 20 a 40 cm dependiendo de la edad de las plantas. Cuando se utiliza fertigación (fertilización en el agua de riego) se mantiene esta localización de fertilizantes.

Tabla 19. Dosis de nutrientes recomendadas en Brasil, basándose en el análisis de suelos, para el período de producción del maracuyá.

P (resina)	K intercambiable- meq/100 cm^3								
ug/cm^3	0-0.15			0.16-0.30			> 0.30		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
	g/planta								
0 - 15	60	25	60	60	25	40	60	25	20
16 - 40	60	20	60	60	20	40	60	20	20
> 40	60	15	60	60	15	40	60	15	20

Tabla 20. Epoca de aplicación de fertilizantes para plantas en producción en diferentes áreas productoras de maracuyá en el mundo.

País o Región	Epoca	Autor
Costa de Marfil	Dosis total dividida en 3 partes iguales: fines de las lluvias, comienzo pequeña estación lluvias y fines de la estación sequía.	Marchal y Bourdeaut (1972)
Sri Lanka	Dos veces al año cada 6 meses	Bertin (1976)
Colombia	Después de cada cosecha	Rios Castaño y Salazar (1977)
Venezuela	Dosis divididas en 2 fraccionamientos: 1/2 cuando existe un alto número de frutos formados y 1/2 después de la cosecha.	Avilán y Leal (1984)
Brasil, Est. Sao Paulo	Dosis divididas en 2 fraccionamientos: 1/2 inicio floración y 1/2 medio estación lluvias.	Moreira (1985)
Malasia	Dos aplicaciones por año	Raveendranathan (1992)

REFERENCIAS

Abanto. A. M., 1970. Algunas alteraciones fisiológicas y morfológicas en "maracuyá" (*Passiflora edulis*) causadas por deficiencias de algunos elementos esenciales. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Centro Enseñanza e Investigación. Tesis de M. Sc. Turrialba. 94 p.

Abanto, A. M. y L. E. Muller, 1976. Alteraciones producidas en el maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.) por deficiencia de nitrógeno, fósforo y potasio. Turrialba 26 (4): 331-336.

Abanto, A. M. y L. E. Muller. 1977-a. Alteraciones producidas en el maracuyá (*Passiflora edulis*) por deficiencias de manganeso, hierro, boro y zinc. Turrialba 27 (2): 163-168.

Abanto, A. M. y L. E. Muller. 1977-b. Alteraciones producidas en el maracuyá (*Passiflora edulis*) por deficiencias de magnesio, calcio y azufre. Turrialba 27 (3): 221-225.

Aguirre, A. C. P. 1977. Nutricao mineral do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims. *f. flavicarpa* Deg.). Tesis de Maestria. E. S. A. "Luiz de Queiroz", Universidade de Sao Paulo. Piracicaba. 106 p.

Aguirre, A. C. P.; R. S. Lourenco y E. Malavolta. 1977. Estudos sobre a nutricao mineral do maracujá amarelo. IV. Chave para a identificacao de sintomas de deficiencia de macro e micronutrientes. O Solo (Piracicaba) 59 (2): 30.31.

Akamine, E. K. y G. Girolami, 1959. Pollination and fruit set in the yellow passion fruit. Hawaii Agr. Experiment Station, University of Hawaii. Tech. Bull. 39. Honolulu, 44 p.

Akamine, E. K.; J. H. Beumont; F. A. I. Bowers; R. A. Hamilton; T. Nishida; G. D. Sherman; K. Shoji; W. B. Storey; W. W. J. Yee; T. Onsdorff y T. N. Shaw. 1964. Passion fruit culture in Hawaii. University of Hawaii, College of Agriculture. Extension Cir. 345 (Revised). Honolulu. 35 p.

Avilán, L. R. 1974. Efectos de la deficiencia de macronutrientes sobre el crecimiento y la composición química de la porcha granadina. (*Passiflora quadrangularis)* cultivada en soluciones nutritivas. Agronomía Tropical (Maracay) 24 (2): 133-140.

Avilán, L y F. Leal. 1984. Suelos y fertilizantes para frutales en el trópico. Ediciones del Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Caracas. 312 p.

Bailey, L. H. 1971. Manual of cultivated plants. 12a. ed. The Mac Millan Co. N. York p. 689-691.

Barber, S. A. 1966. The role of root interception, mass flow and diffusion in regulating the uptake of ions from soils. In: limiting steps in ion uptake by plants from soil. p. 39-45. IAEA Tech. Rept. Series 65. Viena. 154 p.

Baumgartner, J. G.; R. S. Lourenco y E. Malavolta. 1978. Estudos sobre a nutricao mineral e adubacao do maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg.). V. Adubacao mineral. Científica (Jaboticabal) 6: 361-367.

Beaufils, R. P. 1973. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS): a general cheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. Bull. of Soil Science (Pietermatitzburg) 1: 1-132.

Benton Jones Jr., J.; B. Wolf y H. H. Mills. 1991. Plant analysis hondbook. Micro - macro Publishing, Inc. Athens. 213 p.

Bertin, Y. 1976. La culture de la granadille au Sri-Lanka. Fruits (Paris) 31: 171-176.

Blondeau, J. P. y Y. Bertini. 1978. Carences minerales chez la grenadille (*Passiflora edulis* Sims. var. *flavicarpa*). I. Carences totales en N, P, K, Ca, Mg. Croissance et symptomes. Fruits (Paris) 33 (6): 433-443.

Blondeau, J. P. y Y. Bertini. 1980. Carences minerales chez la granadille *Passiflora edulis* Sims. var. *flavicarpa*. III. Carences partielles en N,P, K, Ca, Mg. Croissance et sympomes. IV. Carence totale et partielle en S. Croissance et symptomes. Fruits (Paris) 35 (6): 361-367

Carvalho, S. L. C. 1988. Estudo da destribuicao do sistema radicular do maracujazeior amarelo. Anais Soc. Bras. de Fruticultura (Campinas) v. II: 609-612.

Cereda, E.; I. M. L. Almeida y H. Grassi F. 1991. Disturbios nutricionales en maracuyá dulce (*Passiflora alata* Dryand) cultivado en solución nutritiva. Primer Symp. Internacional de Pasifloras. Palmira. 11 p.

Durigan, J. F. y L. H. Yamanaka. 1987. Aproveitamento de subprodutos da fabricaca do suco de maracujá. In: Maracujá. p. 202-209. C. Ruggiero, ed. Editora Legis Summa. Ribeirao Preto. 250 p.

Fernandes, P. D.; G. D. Oliveira; C. Ruggeiro y H. P. Haag. 1977. Extracao de nutrientes durante o desenvolvimento do fruto do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*). O Solo 69 (1): 16-21.

Fibge. 1991. Anuário Estatístico do Brasil. Vol. 51. Rio de Janeiro. 1024 p.

Freitas, P. C. D. 1987. Possibilidades farmacológicas. In: Maracujá. p. 210-217. C. Ruggiero, ed. Editora Legis Summa. Ribeiroa Preto. 250 p.

Haag, H. P.; G. D. Oliveira; A. S. Borduchi y J. R. Sarruge. 1973. Absorcao de nutrientes por duas variedades de maracujá. An. Es. Sup. Agr. "Luis de Queiroz", Universidade de Sao Paulo (Piracicaba) 30: 267-279.

Kamprath, E. J. 1970. Exchangeable aluminum as a criterion for liming leached mineral soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. (Madison) 34: 252-254.

Kuhne, A. 1965. Tasty granadillas and their root system. Farming in South Africa 41 (26): 33-37. (cit. por Piza Jr., 1966).

Kuhne, A. 1968. Cultivation of granadillas. Farming in South Africa 43 (11): 29-32 (ref. en Manica, 1981).

Malavolta, E. y A.M.L. Neptune. 1977. Studies on the placement of fertilizer phosphorus in tropical crops. Phosphorus in Agriculture No. 70. Special Issue: 93-97.

Malavolta, E.; G. C. Vitti y S. A. Oliveira. 1989. Avaliacao do estodo nutricional das plantas-princípios e aplicacoes. Associacao Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Priracicaba. 201 p.

Manica, I. 1981. Fruticultura tropical-maracujá. Editora Agronomica Ceres. Sao Paulo. 151 p.

Marchal, J. 1984. Passiflore. In L'Analyse vegetale dans la controle de l'alimentation des plantes temperees et tropicales. p. 695-700. p. Martin-Prevel, J. Gagnard y P. Gautier, Coord. Technique et Documentation - Lavoisier. Paris 810 p.

Marchal, J. y J. Bourdeaut. 1972. Echantillonnages foliares de la grenadille (*Passiflora edulis* Sims. var. *flavicarpa*). Fruits (Paris) 27 (4): 307-311.

Marchal, J.; J. P. Blondeau y Y. Bertin. 1978. Carences minerales chez la grenadille (*Passiflora edulis* Sims. var. *Flavicarpa*) II. Carences totales en N, P, Ca, Mg. Influences sur la composition mineral des organes de la planta. Fruits (Paris) 33 (10): 681-691.

Marchal, J.; J. P. Blondeau y Y. Bertin. 1980. Carences minerales chez la granadille *Passiflora edulis* Sims. var. *flavicarpa*. V. Carences partielles en N, P, K, Ca, Mg, S, et totale en S. Influence sur la composition minerale des organes de la plante. Fruits (Paris) 35 (9): 529-536.

Medina, J. C.; J. L. M. Garcia; J. C. C. Lara, R. P. Tochini; T. Hashizume; V. A. Moretti y W. L. Canto. 1980. Maracujá-da cultura ao processamento e comercializacao. Gov. Est. Sao Paulo, Sec. Agric. e Azastecimento, Coord. Pesq. Agropecuária, Inst. Tecnologia de Alimentos Sér. Frutas Tropicais -9. Campinas. 207 p.

Menzel, C. M.; y D. R. Simpson. 1988. Effect of continuous shading on growth, flowering and nutrient uptake of passionfruit. Scientia Hortic. (Amsterdam) 35: 77-88.

Menzel, C. M.; y D. R. Simpson. 1989. Effect of intermittent shading on growth, flowering and nutrient uptake of passionfruit. Scientia Horticultural (Amsterdam) 41: 83-96.

Menzel, C. M.; D. R. Simpson y C. W. Winks. 1987. Effect of temperature on growth, flowering and nutrient uptake of three passionfruit cultivars under low irradiance. Scientia Hortic. (Amsterdam). 31 (3-4): 259-268.

Menzel, C. M.; D. R. Simpson y G. H. Prince. 1986. Effect of foliar applied nitrogen during winter on growth, nitrogen content and production of passionfruit. Scientia Horticulturae (Amsterdam) 28: 339-346.

Moreira, R. S. 1985. Maracujá In: Recomendacaes de adubacao e calagem para o Estado de Sao Paulo. p. 72. B. van Raij, coord. Sec. Agricultura e Abastecimento. Instituto Agronomico. Campinas. Bol. Tec. No. 100-107 p.

Paula, O. F.; R. Lourenco y E. Malavolta. 1974. Estudos sobre a nutricao mineral e a adubacao do maracuja (*Passiflora edulis f. flavicarpa*). I. Extracao de macro e micronutrientes na colheita (Nota Previa). Rev. de Agricultura (Piracicaba) 49 (2-8): 61-65.

Piza Jr., C. T. 1966 Cultura do maracuja. Sbc. Agr. do Estado de Sao Paulo. Dep. Producao Vegetal. Ser. Bol. Tec. 5. Campinas. 102 p.

Piza Jr., C. T. 1991. A cultura do maracujá. Sec. Agr. e Abastecimento, CATI. Campinas. 71 p.

Primavesi, A. C. P. A. y E. Malavolta. 1980. Estudos sobre a nutricao mineral do maracuja amarelo. VIII. Efeito dos micronutrientes no desenvoivimento e composicao mineral das plantas. AN. E.S.A. "Luiz de Queroz" (Piracicaba) 37: 537-553.

Pruthi, J. S. 1963. Physiology, chemistry and technology of passion fruit. Adv. in Food Research 12: 203-282.

Quaggio, J. A.; B. Van Raij y E. Malavolta. 1985. Alternative use of the SMP - buffer solution to determine lime requirement of soil. Commun. Soil Sci. Plant Anal. (N. York) 16: 245-260.

Raveendranathan, P. 1992. Passion fruit (Granadilla) *Passiflora* spp). In: IFA World Fertilizer Use Manual p. 378-379. W. Wichmann, ed. Intermational Fertilizer Insdustry Association. Paris. 632 p.

Rios-Castaño, D. y R. Salazar. 1977. Passifloras. In. Frutales. p. 365-395. R. Torres y D. Rios Castaño, ed. Min. Agric., Inst. Colombiano Agropeciario Bogota. (ref. en Avilán y Leal, 1984, p. 285).

Robinson, J. B. 1986. Fruits, vines and nuts. In: Plant Analysis-an interpretation manual. p. 120-147. D. J. Reuter y J.B. Robinson, eds. Inkata Press. Melbourne, Sydney. 218 p.

Ruggeiro, C. 1987. Consideracoes gerais sobre a cultura no Brasil. In: Maracujá. p. 5-19. C. Ruggiero, ed. Editora Legis Summa. Ribeiroa Preto. 250 p.

Salomao, T. A. y V. M. M. Andrade. 1987. Botanica In: Maracujá. p. 20-39. C. Ruggiero, ed. Editora Legis Summa. Ribeirao Preto. 250 p.

Santos, J. E. 1980. A deficiencia de vitamina A e vitamina C no Brasil e a utilizacao do maracujá (*Passiflora edulis*) como fonte vitaminica. In: Cultura do maracujazeiro. p. 139-147. C. Ruggiero, ed. Fac. Ciencias Agrarias e Veterianarias. Jaboticabal. 147 p.

Vuillaume, C. 1992. Premier symposium international sur les passiflores. Palmira, Colombia, du 29 octobre au 1er novembre 1991. Fruits (Paris) 47(1): 85-89.

Winks, C. W.; C. M. Menzel y D. R. Simpson. 1988. passionfruit in Queensland. 2. Botany and cultivars. Queensland Agr. Journal. Jul.-Aug.: 217-224.