

NUTRICIÓN - UNA HERRAMIENTA ESTRATÉGICA PARA LOGRAR UNA ALTA PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD EN EL CULTIVO DEL PALTO

Anthony Whiley *

1. INTRODUCCIÓN

La productividad de cualquier cultivo depende de la acumulación de materia seca en un ciclo del cultivo con la asignación de una significativa porción de fotosintatos al producto económico. EVANS (1976) sostiene que el mejoramiento del rendimiento durante la evolución y la domesticación de las plantaciones, se ha logrado en gran parte a través del aumento de la proporción de asimilados destinada a las partes cosechadas de la planta. En la literatura, hay un acuerdo general que apoya este principio (GIFFORD et al. 1984; PATRICK, 1988).

El desarrollo ecoevolutivo del palto como un árbol tropical ha predispuesto la especie hacia una tendencia vegetativa. Este rasgo se ha mantenido en los diferentes cultivares durante la domesticación comparativamente reciente del palto como un árbol de huerto (WOLSTENHOLME, 1987). WOLSTENHOLME et al. (1990) han demostrado cuáles son los requerimientos de un brote de renuevo para mantener el rendimiento de los paltos. Sin embargo, WHILEY et al. (1991) han aumentado con éxito la producción mediante una redistribución de fotosintatos independiente del crecimiento vegetativo a través del uso de retardadores de crecimiento. De este modo, el manejo de la productividad de paltos depende de la generación de una reserva de "carbono", con una reorientación de una porción aumentada de fotosintatos a la fruta.

Los factores ambientales y de cultivos afectan la formación, el almacenamiento o el uso de carbohidratos en el árbol. Mediante el manejo de prácticas culturales en el huerto, tenemos la posibilidad de influir en la de carbohidratos entre las raíces, los brotes y los frutos. Quisiera discutir en este documento el uso de la nutrición como una herramienta

(*) Investigador. Maroochy Horticultural Research Station, QDPI, P.O. Box 5083, SCMC, Nambour, Australia 4560.

de manejo para mejorar el rendimiento en paltos.

2. EL IMPACTO DE LA NUTRICIÓN EN EL CRECIMIENTO

Los sistemas agrícolas son fundamentalmente receptores solares que recolectan y almacenan energía del sol. Esto se consigue mediante carbono fijado fotosintéticamente que corresponde al 95% de la producción de materia seca. Si bien sólo corresponden al 5% restante de materia seca, los nutrientes minerales son esenciales para el crecimiento normal y en caso de ser deficientes o tóxicos, ocurrirán reducciones significativas. En el caso de los paltos, se ha demostrado que el rendimiento del fruto depende de lo vegetativo del árbol (WOLSTENHOLME et al, 1998; WHILEY et al, 1991), aunque su dependencia es mayor respecto de la potencia de los sinks competitivos en situaciones de limitación de recursos (WHILEY, 1990; WOLSTENHOLME et al. 1990). De este modo, un componente importante de manejo del rendimiento del palto es el que tiene que ver con el crecimiento vegetativo, particularmente cuando surgen sinks competitivos potentes.

CANNELL (1985) define el orden prioritario de la potencia de los sinks de carbono cuando las semillas > las partes con pulpa del fruto = ápices y hojas de vastagos > cámbium > raíces > almacenamiento. Las relaciones de este orden se pueden manipular para efectos de prácticas nutricionales. LEDIG (1983), presenta una lista de 24 artículos respecto de especies leñosas y herbáceas, dando a conocer que los niveles de suministros de nutrientes aumentan el crecimiento vegetativo con respecto al crecimiento radicular. En forma particular, las manzanas (MftGGS, 1961) y los árboles de bosques (KEYES y GRIER, 1981) que han crecido bajo altos regímenes de nitrógeno destinaron más cantidad de materia seca a las hojas y a la madera en desmedro de las raíces. MENZEL et al (1988) también demostraron con el lychee que gran cantidad de nitrógeno en la hoja hacia finales del verano, incita a un crecimiento de brotes a expensas de la floración y la formación de frutos. Estos resultados demuestran que la nutrición es una herramienta que se puede usar para manipular la distribución de materia seca entre los órganos al interior del árbol.

Otra de las consideraciones respecto del manejo de la nutrición mineral en el huerto es la relacionada con la calidad del fruto. En particular, se sabe que las deficiencias de zinc (WALLIHAN, 1958) y de boro (WHILEY et

al. 1988) deforman la fruta, mientras que las elevadas concentraciones de calcio, mejoran la calidad de post cosecha (BOWER y CUTTING, 1988).

3. LOS NUTRIENTES NO REGULADORES DE CRECIMIENTO

En el contexto del manejo del rendimiento, se propone que los siguientes elementos son nutrientes no reguladores del crecimiento: P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Mn, Fe y B. Dado que éstos se presentan en las hojas en cantidades superiores a lo crítico e inferiores a las concentraciones tóxicas, no tienen ningún efecto sobre la condición vegetativa del árbol. En la Figura 1 se ilustra la típica curva de respuesta del rendimiento del fruto en relación a las concentraciones aumentadas de nutrientes minerales no reguladores. A partir de concentraciones deficientes, se produce un rápido aumento en el crecimiento hasta un punto donde existe un amplio rango sin respuesta y donde no hay impacto sobre el crecimiento.

El rango crítico de concentración de la hoja para los paltos establecido por EMBELTON y JONES (1964), muestra, de hecho, que el rango para los nutrientes no reguladores es 100-400% de la concentración base donde el crecimiento se nivela. Por lo tanto, dado que las concentraciones de nutrientes no reguladores se ajustan dentro de ese amplio margen, existen muy pocas expectativas de un impacto tanto en el crecimiento como en el rendimiento.

4. EL NITRÓGENO REGULADOR DEL CRECIMIENTO

El nitrógeno, regulador del crecimiento, tiene un efecto dinámico en la productividad del árbol. Cuando se suministran adecuadamente todos los otros nutrientes minerales y el agua del suelo, y las temperaturas favorecen el crecimiento, las altas concentraciones de nitrógeno estimularán el crecimiento del brote. La curva de respuesta de rendimiento del nitrógeno (Figura 2) da a conocer una sensibilidad mucho mayor de la hoja a las concentraciones de nitrógeno cuando se comparan con nutrientes no reguladores. Inicialmente, el rendimiento aumenta en forma directa a la concentración de nitrógeno en la hoja. Sin embargo, el rango óptimo de respuesta es sólo del orden de 25-30% de la concentración base donde el rendimiento se nivela (EMBELTON y JONES, 1964). Sobre este rango crítico, los árboles llegan a ser excesivamente

vegetativos, favoreciendo la acumulación de materia seca en los brotes a expensas del desarrollo del fruto y de la raíz. Si se usa correctamente, el nitrógeno es una herramienta de manejo poderosa para maximizar el rendimiento potencial anual.

5. FERTILIZACIÓN Y FENOLOGÍA

El desarrollo de estrategias de manejo nutricional está basado en una comprensión fundamental de la fisiología y fenología del árbol más que en la relación NPK tradicional por tasas de experimentos. Esto está ilustrado por las similitudes y diferencias entre los cítricos y los paltos, ambos creciendo vegetativamente durante la floración y la formación de frutos. En el caso de los cítricos, el crecimiento de brotes primaverales asociados a la floración se correlaciona positivamente con un rendimiento aumentado. Esto se supone debido a la separación temporal del desarrollo de las hojas que precede a la formación del fruto (SAUER, 1954; LENZ, 1967; MOSS et al, 1978). Sin embargo, en los paltos el crecimiento primaveral es concordante con la formación de frutos y con un desarrollo temprano, donde se da un desarrollo simultáneo de sinks altamente competitivos, y se correlacionan negativamente con el rendimiento. Para el horticultor en terreno, esto se interpreta en términos de procedimientos nutricionales que intensifican el crecimiento del brote primaveral en los cítricos, pero limita tal crecimiento en los paltos. El crecimiento del brote en el verano se correlaciona positivamente con un rendimiento sostenible del palto, y es durante ese período que se conforma el estado nutricional del árbol.

Las decisiones de manejo respecto de las cantidades de nutrientes que se aplicarán deben ser flexibles, interpretando los cambios en el desempeño y los requerimientos del árbol en cada año. Al respecto, el análisis del tejido de la hoja se convierte en una herramienta esencial para monitorear el éxito de los programas nutricionales aplicados. Los estándares de nutrientes de la hoja para el palto, desarrollados en California por EMBLETON y JONES (1964), han constituido la pauta y en la mayoría de las situaciones, se han requerido pocos cambios. La selección de las hojas que sirven de muestra para el análisis de tejido se ha convertido en un importante punto de partido de la exportación de la tecnología californiana hacia Australia. Las hojas maduras

más jóvenes del crecimiento de verano, recolectadas en el otoño cuando todo el crecimiento en el árbol está detenido, han llegado a reflejar el estado nutricional del árbol en relación al desempeño del rendimiento posterior. Son las hojas de estos brotes las que se han convertido en una fuente de nutrientes móviles para la floración, formación de frutos y crecimiento de brotes en la primavera.

La aplicación anual de nutrientes está controlada en el tiempo de acuerdo a los requerimientos de los árboles en relación al ciclo fenológico. WHILEY et al (1991) han presentado datos que sugieren que tanto la formación de frutos como la retención en primavera es lo esencial del rendimiento final. Existen muchos aspectos nutricionales importantes que se relacionan con este período de actividad de crecimiento que se deben abordar.

WHILEY et al (1988) han propuesto un modelo de fertilización para el palto enmarcado en el ciclo fenológico anual del árbol (Figura 3). Se discuten algunos de los nutrientes claves con relación a este modelo.

5.1 Boro:

El boro está estrechamente asociado con la división celular y la actividad del meristema y es particularmente importante durante la polinización (COETZER y ROBERTSE, 1987) y el desarrollo temprano del fruto. En árboles severamente deficientes, ocurren deformaciones del fruto y de los brotes (WHILEY et al, 1988). Existe una removilización de boro intensa y rápida durante el invierno desde las hojas maduras a las panículas de flores en desarrollo (Figura 4). De este modo, se deberían aprovechar las oportunidades para ajustar las concentraciones de boro en el árbol durante los meses de verano, con el fin de asegurar una fuente adecuada durante el crítico período primaveral.

En Australia, el boro se aplica usual mente en el suelo (WHILEY et al, 1988) y las investigaciones han demostrado que el árbol soportará tasas diez veces mayores que el equivalente a los cítricos y mangos (WHILEY, datos no publicados).

5.2 Zinc:

El zinc también está asociado a la actividad del meristema y cuando prevalecen la clorosis deficiente de la hoja y el fruto deformado (WALLIHAN et al, 1958). De manera similar al boro, las concentraciones de zinc en la hoja también descienden durante el desarrollo de panículas de flores (figura 4). En tejidos florales, los niveles pueden ser entre un 88-180% superiores durante la antesis que en las hojas adyacentes.

La corrección de las deficiencias de zinc ha resultado ser difícil en muchas situaciones. Se ha logrado algún éxito mediante la aspersión foliar en hojas en expansión. Sin embargo, las hojas maduras proporcionan un ambiente hostil para la absorción de nutrientes. Las aplicaciones en el suelo pueden tener éxito en algunas circunstancias y WHILEY et al (1991) han descrito recientemente un método de inyección de zinc al tronco, asociado con técnicas de control de pudrición de raíces por Phytophthora.

5.3 Calcio:

Durante las primeras doce semanas del desarrollo del fruto, el calcio puede afectar el desempeño del almacenamiento post cosecha en los paltos (WHITNEY et al, 1986). Durante la primera etapa de la división celular y de la formación de la membrana, las altas concentraciones de calcio mejoran la integridad de esos tejidos (BAUER, comunicación personal). El calcio está limitado a algunas zonas de los tejidos de la planta y no se vuelve a trasladar al interior de ella. La disponibilidad para desarrollar el fruto depende de la humedad del suelo y de las concentraciones de calcio al igual que del crecimiento de brotes. Los sinks vegetativos compiten fuertemente por el calcio disponible y se interrumpen las concentraciones de fruta durante la primera etapa del desarrollo en árboles vegetativamente vigorosos (WHITNEY et al 1986). WHILEY (datos no publicados) ha mejorado las concentraciones de calcio en la fruta durante las primeras doce semanas de su desarrollo, con aspersión de paclobutrazol (Figura 5) que retardan el crecimiento de brotes (WOLSTENHOLME et al. 1990). En situaciones deficientes, el calcio se aplica en la primavera y el otoño, pero una vez que se normalizan los niveles, se suministran aplicaciones de mantenimiento en el otoño.

5.4 Nitrógeno:

El rol del nitrógeno en la productividad del palto es el de manipular el crecimiento vegetativo. Previamente se estableció que las aplicaciones de nitrógeno promueven el crecimiento de brotes y que en la primavera este crecimiento compite con la formación y desarrollo del fruto, mientras que el crecimiento en el verano es esencial para los altos rendimientos sostenibles. Las aplicaciones de nitrógeno están, de este modo, programadas de acuerdo al crecimiento de brotes de verano que se ha promovido y que madura con las concentraciones críticas de N en la hoja antes prescritas (1.5 - 2.0% para Fuerte y 2.3 - 2.6% para Hass), y para desincentivar el crecimiento de brotes primaverales (Figura 1). La cantidad de nitrógeno que se requiere cada año debe ser ajustada con relación a la carga y al análisis precedente de la hoja.

6. CONCLUSIÓN

El manejo de la fenología del árbol, usando programas culturales estructurados puede mejorar la productividad de los paltos. La nutrición juega un rol importante en la conducción del crecimiento vegetativo del árbol. Los nutrientes se pueden agrupar de manera muy amplia en no reguladores o reguladores del crecimiento. El nitrógeno se incluye en el último grupo y es una herramienta de manejo poderosa en cuanto a la regulación del árbol para una mayor producción de frutas. La nutrición también juega un rol importante en la calidad de la fruta, donde se identifican el boro, zinc y calcio como elementos claves.

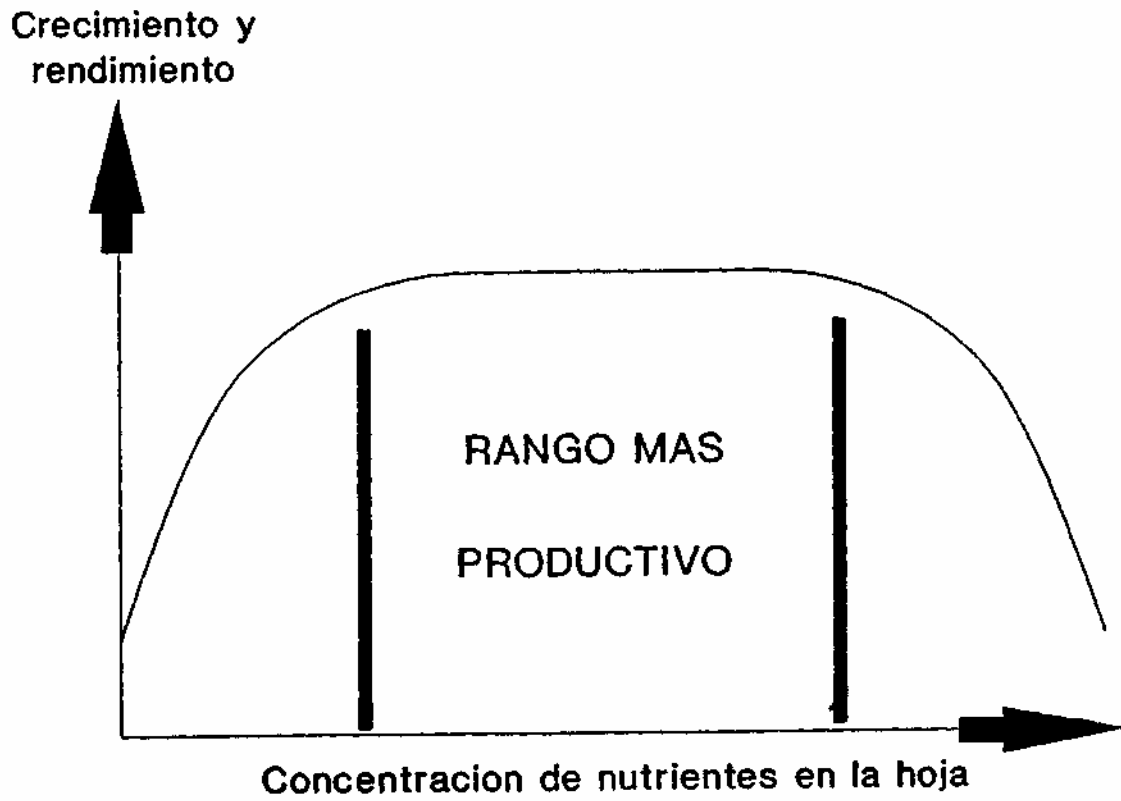


FIGURA 1. La respuesta del rendimiento a las progresivas concentraciones de nutrientes en la hoja de nutrientes no reguladores del crecimiento, a saber: P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn, B.

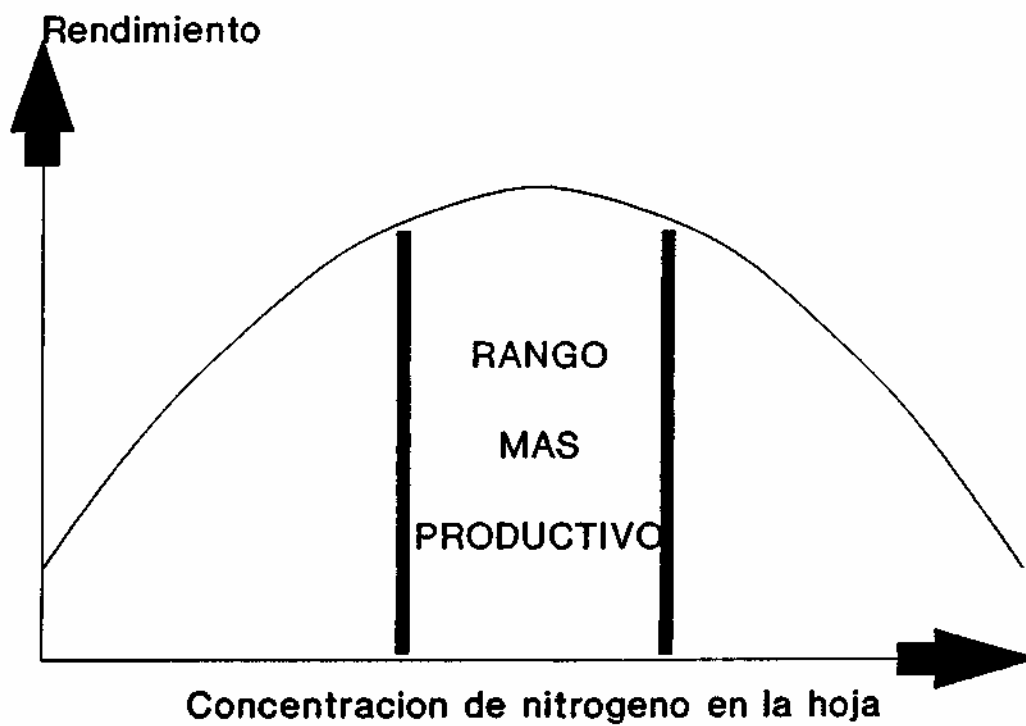
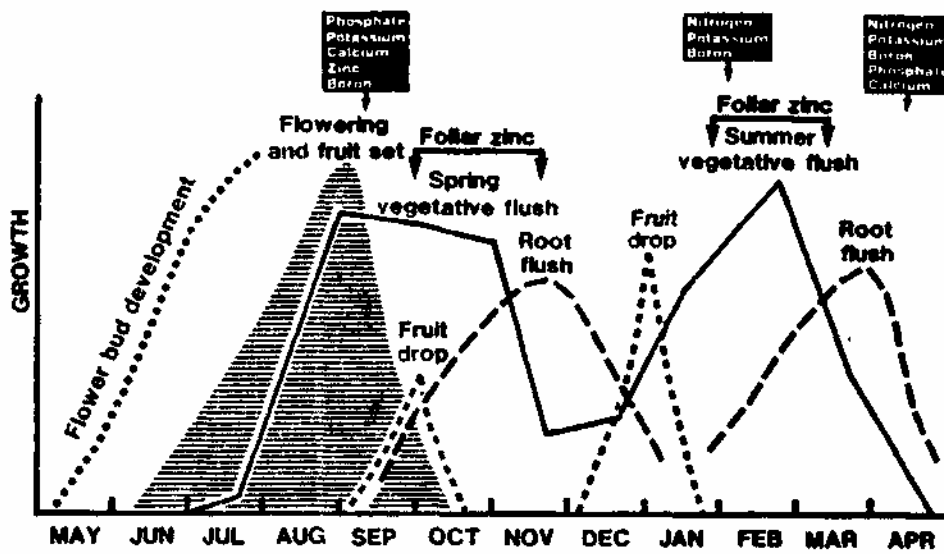


FIGURA 2. La respuesta del rendimiento a las progresivas concentraciones de nitrógeno en la hoja en paltos (modificado de EMBLETON y JONES, 1964).



Growth: crecimiento
 Flower bud development: desarrollo yema floral
 Flowering and fruit set: floración y cuaja
 Foliar zinc: Zinc foliar
 Spring vegetative flush: crecimiento vegetativo de primavera
 Fruit drop: abscisión de frutos
 Root flush: crecimiento radical
 Summer vegetative flush: crecimiento vegetativo de verano

FIGURA 3. Fertilización según el ciclo de crecimiento. Los niveles de nutrientes se debería establecer mediante un análisis de la hoja y del suelo antes de ser aplicados. Fertilizar para corregir deficiencias o para mantener niveles base (WHILEY et al, 1988).

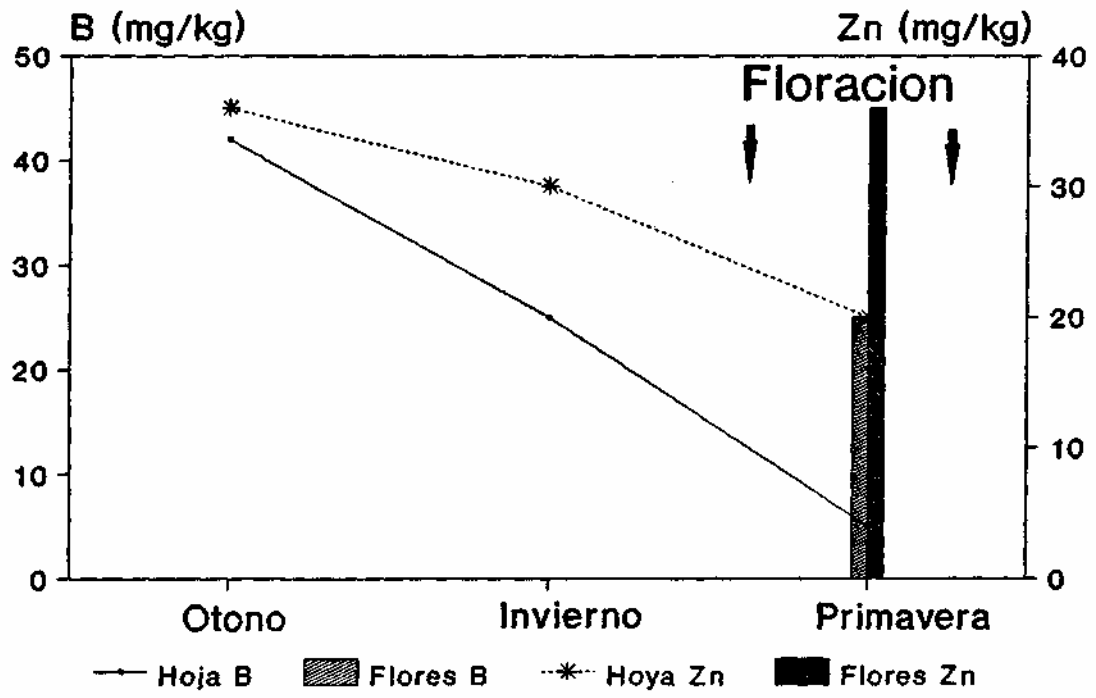


FIGURA 4. Concentraciones de boro y zinc en los tejidos de las hojas y flores (WHILEY, datos no publicados).

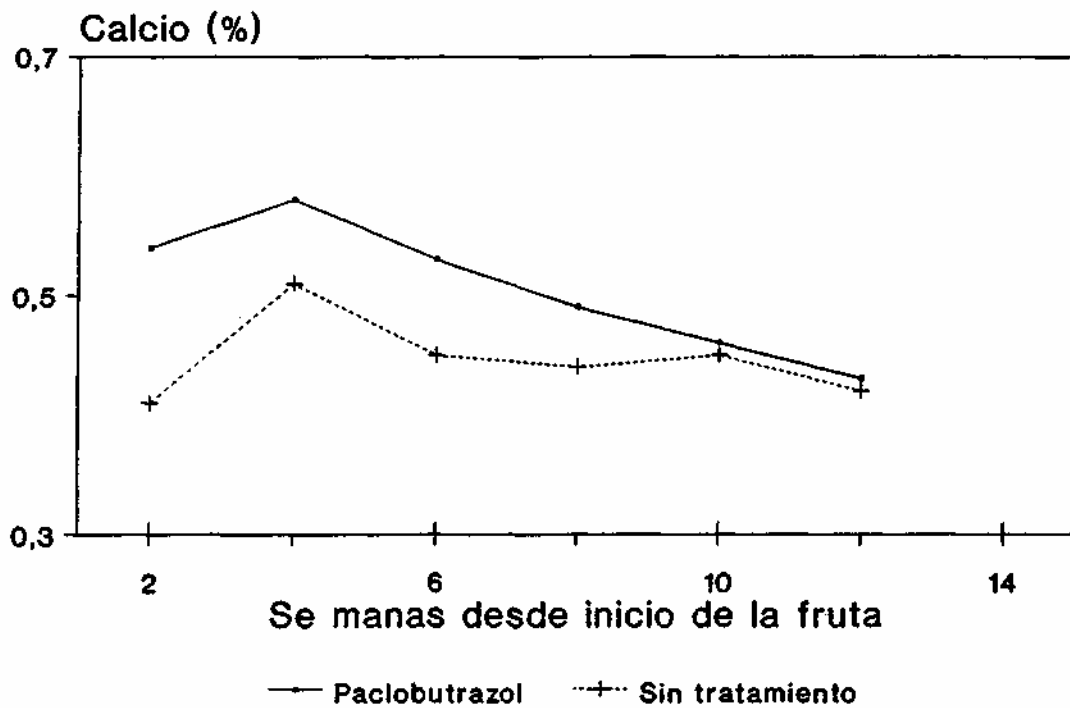


FIGURA 5. Concentraciones de calcio en los tejidos de frutas en desarrollo de palto Hass (WHILEY, datos no publicados).

LITERATURA CITADA

- BOWER, J.P. and CUTTING, J.G. 1988. Avocado fruit development and ripening physiology. Horticultural Reviews, 113: 229-71.
- COETZER, L. A. and ROBBERTSE, P.J. 1987. Pollination biology of *Persea americana* Fuerte. South African Avocado Growers' Association Yearbook, 10:43-5.
- EMBLETON, T. W. and JONES, W.W. 1964. Avocado nutrition in California. Proceedings of the Florida State Horticultural Society, 77:401-5.
- EVANS, L.T. 1976. Physiological adaptation to performance as crop plants. Phil. Trans. R. Society, 357B:71-83.
- GIFFORD, R.M. , THORNE, J. H. , HITZ, W. D. and GIAQUINTA, R. T. 1984. Crop productivity and photoassimilate partitioning. Science, 225: 801-8.
- LEDIG, F.T. 1983. The influence of genotype and environment on dry matter distribution in plants. In: Plant Research and Agroforestry, ed. Huxley, 47-54. Nairobi: International Council for Research in Agroforestry.
- LENZ, F. 1967. Relationships between the vegetative and reproductive growth of Washington navel orange cuttings (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). Journal of Horticultural Science, 42:31-9.
- MENZEL, C.M. , CARSELDINE. M. L. and SIMPSON, D. R. 1988. Crop development and leaf nitrogen in lychee in subtropical Queensland. Australian Journal of Experimental Agriculture, 28:793-800.
- MOSS, G. I., STEER, B.T. and KRIEDEMANN, P. E. 1978. The regulatory role of inflorescence leaves in fruit-setting by sweet orange (*Citrus sinensis*). Physiologia Plantarum, 27, 432-8.
- PATRIK, J.W. 1988. Assimilate partitioning in relation to crop productivity. HortScience, 19:33-40.
- SAUER, M.R. 1954. Flowering in the sweet orange. Australian Journal of Agricultural Research, 5:649-57.

- WfLLIHftN, E.F., EMBLETON, T. W. and PRINTY, W. 1988.
Zinc deficiency in the avocado. California
Agriculture, 12:4-5.
- WHILEY, A. W. 1990. CO₂ assimilation of developing fruiting
shoots of cv Hass avocado (Persea americana Mill). A
preliminary report. South African Avocado Growers'
Association Yearbook, 13: In Press.
- WHILEY, A.W. , WINKS, C. W. STEPHENSON, R. A and WINSTON, E.G.
1988. Boron nutrition of subtropical and tropical
fruit and nut crops in Queensland. Maroochy
Horticultural Research Station Report, No. 5. 103-4.
- WHILEY, A. W. , WOLSTENHOLME, B. N. and SARANAH, J. B. and
RfLSHUSSEN, T.S. 1991. Effect of paclobutrazol sprays
at mid-anthesis on fruit size and yield of avocado
(Persea americana Mill. cv Hass). Journal of
Horticultural Science. In review.
- WITNEY, G. W. , WOLSTENHOLME, B. N. and HOFMAN, P. J. 1988.
Calcium accumulation in avocado fruits: effect of
cultivar and tree vigour. South African Avocado
Growers' Association Yearbook, 9:35-8.
- WOLSTENHOLME, B. N. 1987. Some aspects of avocado research
world-wide. South African Avocado Growers'
Association Yearbook, 10:8-11.
- WOLSTENHOLME, B. N. WHILEY, A. W. and SARANAH, J. B. 1990.
Manipulating vegetative: reproductive growth in
avocado (Persea americana Mill) with paclobutrazol
foliar sprays. Scientia Horticulturae, 41:315-327.