

***RECICLAMIENTO DE NUTRIMENTOS POR LAS HOJAS DE AGUACATE 'HASS'**

S. Salazar-García¹; L.E. Cossio-Vargas² y I.J. González-Durán¹

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Apdo. Postal 100, Santiago Ixcuintla, Nayarit 63300, México. E-mail: samuelsalazar@prodigy.net.mx.

² Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias, Universidad Autónoma de Nayarit. Apdo. Postal 49, Xalisco, Nayarit 63780, México.

Se cuantificó la magnitud del reciclamiento de macro- y micronutrientos que ocurre previo a la senescencia foliar en el aguacate 'Hass' cultivado sin riego (lluvia anual = 1,185 a 1,300 mm) en el clima semicálido subhúmedo del estado de Nayarit, México. Se muestrearon hojas en posiciones 5 y 6 (sentido basipétalo) a intervalos mensuales en brotes previamente marcados, desde el inicio del crecimiento de las hojas de los flujos vegetativos de invierno (Abril 2004) y verano (Septiembre 2004) hasta la fecha de abscisión foliar. En hojas del flujo de invierno, el inicio de la senescencia y reciclamiento de nutrientes coincidió con el rompimiento de yemas florales (Diciembre 2004) y para el caso de hojas del flujo de verano se produjo con la emergencia del flujo vegetativo de invierno (Febrero 2005). La abscisión de hojas en los flujos de invierno y verano ocurrió en marzo y abril 2005, respectivamente. En orden de magnitud, el reciclamiento de nutrientes en hojas del flujo de invierno fue: $K > Cu > N > P > Fe > S$ y no hubo reciclamiento de Ca, Mg, Mn, Zn y B. En el caso de las hojas del flujo de verano el reciclamiento de nutrientes fue: $Cu > N > Zn > Mn > P > S > Fe > K > B$ y no se observó reciclamiento de Ca y Mg. Esta información será útil para hacer más eficiente el manejo de la nutrición del aguacate 'Hass'.

Palabras clave. *Persea americana*, retranslocación, reabsorción, flujos vegetativos.

* ¹ Se reconoce el financiamiento de la USPR Aguacate Hass de Nayarit, del SIMORELOS-CONACYT, del FOMIX CONACYT-Gobierno del Estado de Nayarit, de la Fundación Produce Nayarit y de la Fundación Produce Michoacán, A.C. Agradecemos a Alberto Ante y Juan Nájera por facilitar sus huertos de aguacate.

NUTRIENT RECYCLING BY 'HASS' AVOCADO LEAVES

S. Salazar-García¹; L.E. Cossio-Vargas² and I.J. González-Durán¹

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Apdo. Postal 100, Santiago Ixcuintla, Nayarit 63300, México. E-mail: samuelsalazar@prodigy.net.mx.

² Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias, Universidad Autónoma de Nayarit. Apdo. Postal 49, Xalisco, Nayarit 63780, México.

The magnitude of macro- and micronutrient recycling that occurred previous to leaf senescence was quantified in 'Hass' avocado cultivated under rainfed conditions (annual rain = 1,185 to 1,300 mm) in the semi-warm sub-humid climate of the state of Nayarit, Mexico. Leaves in positions 5 and 6 (basipetal fashion) were collected from previously tagged shoots, at monthly intervals from the beginning of leaf growth in winter (April 2004) and summer (September 2004), until the date of leaf abscission. For leaves from winter, the beginning of senescence and nutrient recycling concurred with floral bud break (December 2004), and for summer leaves these processes coincided with the emergence of the winter vegetative flow (February 2005).

Leaf abscission on winter and summer shoots occurred on March and April 2005, respectively. According to their magnitude, nutrient recycling on winter leaves was: $K > Cu > N > P > Fe > S$, and there was no recycling for Ca, Mg, Mn, Zn, and B. For summer flush leaves, nutrient recycling was: $Cu > N > Zn > Mn > P > S > Fe > K > B$, and no recycling for Ca and Mg was observed. This information will be useful to make a more effective management of 'Hass' avocado nutrition.

KEY WORDS. *Persea americana*, retranslocation, resorption vegetative flushes.

1. Introducción

La conservación de los nutrimentos juega un papel importante en las plantas adaptadas a ambientes de baja o mediana fertilidad. Una manera en que los nutrimentos pueden ser conservados es mediante la prolongación de la vida activa de las hojas y/o mediante el reciclamiento o reabsorción de una porción del contenido total de nutrimentos de las hojas, previo a su abscisión (Chabot y Hicks 1982; Eckstein y Karlsson, 1999).

Durante su evolución, el aguacate desarrolló diferentes estrategias de adaptación. Una de ellas es la de producir varios flujos de crecimiento vegetativo, compuestos de hojas de vida corta pero adaptadas a la sombra y que en su búsqueda por luz crecen en brotes terminales, alejados del tronco y en la periferia del árbol Wolstenholme y Whiley (1999). El fruto de aguacate es muy demandante de energía y tiene una gran dependencia de las reservas del árbol (Wolstenholme, 1986). Esto hace que la estrategia del árbol de aguacate sea de alta eficiencia para captar, almacenar, conservar y reciclar carbohidratos y

reservas minerales, haciéndolo parecer como un árbol cuya producción es barata en cuanto al gasto de nutrimentos.

En el estado de Nayarit, México, el aguacate 'Hass' es cultivado sin riego y presenta dos flujos importantes de crecimiento vegetativo, un sólo flujo de floración y la cosecha se concentra de Noviembre a Diciembre (Salazar-García et al., 2007). El flujo vegetativo de invierno ocurre simultáneamente a la floración (Enero-Febrero), es el de mayor intensidad y el que más contribuye a la producción de inflorescencias del siguiente año. El flujo vegetativo de verano, se presenta cuando el periodo de lluvias se ha establecido (Julio-Agosto) y tiene una importancia intermedia para la floración (Salazar-García et al., 2006).

La vida de las hojas en el aguacate puede variar según el flujo vegetativo en que se origine, la demanda de nutrimentos y otros compuestos en etapas críticas de la fenología del árbol, así como la presencia de estreses que causen o aceleren su abscisión (Xuan et al. 1999; Roets et al., 2006). Para las hojas del cv. Hass se menciona una esperanza de vida de 10 a 12 meses (Whiley y Schaffer, 1994). Los primeros síntomas visuales de senescencia foliar se aprecian como el amarillamiento de la lámina de la hoja; esto hace suponer la presencia de un proceso de reciclamiento de uno o varios nutrimentos hacia otros sitios de demanda o almacenamiento del árbol. Este proceso concluye con la abscisión o caída de la hoja. No se pudo encontrar un estudio científico en aguacate en el que se hubiesen estudiado al detalle estas observaciones.

El conocimiento sobre el reciclamiento de nutrimentos es importante para el manejo de la nutrición del aguacate 'Hass' en Nayarit. Esto, dado que en esta región los suelos son de mediana a baja fertilidad (Salazar-García y Lazcano-Ferrat, 1999), y los rendimientos suelen ser bajos (8 a 10 ton/ha), comparados con las 25 a 32 ton/ha obtenidas en aquellos huertos que reciben fertilización balanceada (Salazar-García y Lazcano-Ferrat, 2003). El objetivo de esta investigación fue el de cuantificar el reciclamiento de macro- y micronutrimentos, que ocurre previo a la abscisión, en hojas de los flujos vegetativos de invierno y verano en el aguacate 'Hass' cultivado sin riego en el estado de Nayarit.

2. Materiales y Métodos

2.1. Material vegetal.

El estudio fue realizado durante 2004-2005 en dos huertos comerciales de aguacate 'Hass' sobre portainjertos criollos originados por semilla de híbridos naturales de las razas Antillana x Guatemalteca, cultivados sin riego en el clima semicálido subhúmedo del municipio de Tepic, Nayarit. Uno de ellos fue el huerto "Nájera", localizado en la Yerba (N 21° 31.6', O 105° 02.9'), a una altura de 858 msnm. El otro fue el huerto "Ante" ubicado en Venustiano Carranza (N 21° 32.0', O 104° 59.1'), a 927 msnm. En ambos huertos la precipitación media anual es de 1,225 mm, distribuida de Junio a Septiembre. Al inicio del estudio los árboles

tenían 10 años de edad y estaban establecidos a 8 x 8 m en suelos de textura migajón arcillo arenosa (huerto Nájera) y migajón arenoso (huerto Ante).

Los huertos recibieron el manejo estándar del productor y desde el 2001 fueron manejados con un programa de fertilización balanceada de sitio específico (Salazar-García y Lazcano-Ferrat, 2003). El programa de fertilización ha presentado ligeras modificaciones según la respuesta de los árboles y los análisis foliares. Sin embargo, en los dos años previos a este estudio se aplicó lo siguiente (kg/árbol): 1.748 kg N, 0.472 kg P₂O₅, 2.461 kg K₂O, 0.101 kg MgO, 1.62 kg Zn y 94.3 g B. La dosis de N fue fraccionada en tres aplicaciones (Julio, Agosto y Septiembre), todo el P₂O₅ y MgO se aplicó en Julio y el resto de nutrientes se fraccionó en dos aplicaciones (Julio y Septiembre). La forma de aplicación fue manual y en una zanja circular a 1.5 - 2 m del tronco del árbol.

2.2. Muestreo foliar.

En cada huerto se seleccionaron cinco árboles y en cada uno de ellos fueron marcados 300 brotes terminales jóvenes del flujo vegetativo de invierno y 300 brotes del flujo vegetativo de verano. Los muestreos foliares se realizaron mensualmente en cada flujo de crecimiento, colectando 20 hojas completas (lámina + pecíolo) y sanas por árbol, ubicadas en la posición 6 o 7 en sentido basipétalo. Los muestreos foliares iniciaron desde que las hojas tenían 5 cm de longitud y concluyeron hasta su senescencia y abscisión.

En total se realizaron 12 muestreos foliares para el flujo de invierno (Abril 2004 a Marzo 2005) y ocho para el flujo de verano (Septiembre 2004 a Abril 2005). En cada muestreo se midió la longitud de 10 hojas por árbol. Posteriormente, las hojas fueron lavadas y secadas en una estufa con aire forzado a 70 °C durante 48 horas o hasta peso constante. Una vez molidas, las hojas fueron enviadas a un laboratorio certificado para la determinación del contenido en la materia seca de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, B, Zn, Na y Cl.

2.3. Reciclamiento de nutrimentos.

El cálculo de la proporción de nutrimentos reciclados se obtuvo de la diferencia entre el contenido nutrimental foliar cuando las hojas mostraran los primeros síntomas de senescencia (amarillamiento) y el cuantificado después de su abscisión natural.

2.4. Análisis de la información.

Como la diferencia en el comportamiento de los huertos fue mínima, para todas las variables estudiadas se utilizaron como repeticiones los cinco árboles de cada huerto, para hacer un total de 10 repeticiones.

3. Resultados

3.1. Crecimiento y longevidad de las hojas.

Las hojas de los flujos vegetativos de invierno y verano alcanzaron una longitud ≥ 5 cm para Abril y Septiembre, respectivamente. La longitud máxima alcanzada por las hojas maduras de los flujos de invierno y verano no mostró diferencias y fue de 17.3 cm y 18.06 cm, respectivamente (Fig. 1d). Las hojas del flujo de invierno requirieron siete meses desde su emergencia (Marzo) hasta alcanzar su máxima longitud (Octubre). Por su parte, las hojas del flujo de verano presentaron un crecimiento constante, de tal forma que el máximo tamaño lo presentaron ocho meses después (Abril) de su emergencia.

La vida de las hojas en el árbol varió con el flujo vegetativo. Las hojas del flujo de invierno vivieron 12 meses y las de verano sólo lo hicieron por nueve meses (Fig. 1d).

3.2. Evolución nutrimental.

El patrón de evolución nutrimental foliar mostró marcadas diferencias entre nutrimentos. Los patrones más típicos correspondieron a N, P y K (Figs. 1a, b y c). El comportamiento del nitrógeno fue más característico en hojas de verano (alto contenido en la materia seca cuando jóvenes y que disminuyó con la edad) que en las de invierno. Sin embargo, una vez que se realizó la cosecha (Noviembre) e inició la senescencia, el comportamiento fue similar, disminuyendo abruptamente hasta la fecha de abscisión (Fig. 1a).

La evolución del fósforo fue muy similar en las hojas de invierno y verano. Niveles elevados de P en hojas jóvenes, los cuales disminuyeron conforme la hoja alcanzó la madurez (Fig. 1b). Al final del periodo de lluvias, se observó un incremento de la concentración foliar de P en las hojas de invierno, descendiendo rápidamente después de la cosecha (Noviembre). En las hojas del flujo de verano el descenso del contenido de P ocurrió un mes antes (Enero) de la floración plena.

El comportamiento del contenido de K varió con la edad de la hoja. Las hojas jóvenes siempre presentaron una mayor concentración de K, que disminuyó progresivamente con la edad. Sin embargo, las hojas de invierno mostraron un incremento notable del K después de octubre, una vez que el fruto había alcanzado su madurez fisiológica (Fig. 1C). Esta recuperación fue breve pues en Diciembre, que inició la senescencia, las concentraciones de K en hojas de invierno disminuyeron. Algo similar ocurrió con las hojas del flujo de verano, cuyas concentraciones de K disminuyeron a partir de la senescencia de las hojas de invierno y que coincidió con la floración y el proceso de senescencia.

La evolución de Ca y Mg mostró una tendencia acumulativa durante todo el desarrollo de la hoja, hasta su abscisión. El comportamiento del S fue muy variable en las distintas fechas de muestreo. Los niveles de cloruros (Cl) siempre fueron más elevados en las hojas del flujo de invierno que las de verano,

alcanzando valores máximos de 1.48% y 0.77%, respectivamente (no se muestran datos).

El contenido de B fue relativamente estable, alcanzando valores máximos de $52.3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en hojas de invierno y de $81.6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en hojas de verano (no se muestran datos). Los descensos en el contenido de B ocurrieron previos a la cosecha (hojas de invierno) y a la floración (hojas de verano).

Las hojas de invierno y verano mostraron diferencias en los niveles máximos de Zn alcanzados en hojas maduras. En hojas de invierno se obtuvo $19.8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (fecha de abscisión) y en hojas de verano $41.3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (un mes previo a la abscisión). Se observaron dos descensos importantes del contenido de Zn en hojas del flujo de invierno, uno cuando inició la emergencia del flujo vegetativo de verano y otro cuando durante la floración (no se muestran datos).

Algo similar al Zn ocurrió para el Mn, ya que las hojas maduras presentaron un mayor valor en el flujo de verano ($924.4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; inicio de senescencia) que en las de invierno ($564.5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; fecha de abscisión) (no se muestran datos).

El comportamiento del Cu fue muy similar en hojas de ambos flujos vegetativos y presentó una curva cuadrática negativa. Los valores máximos fueron alcanzados previo al inicio de la senescencia y fueron de $73.7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y $81.4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ para hojas de invierno y verano, respectivamente.

El contenido foliar de Fe mostró pocas variaciones (52.3 a $60.6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) en hojas del flujo de invierno en los primeros ocho muestreos (Abril-Noviembre), pero se incrementó después de la cosecha ($80.7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Las hojas de verano mostraron un comportamiento cuadrático negativo, con un valor máximo de $124.3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

3.3. Reciclamiento de nutrimentos.

La proporción de nutrimentos que fueron reciclados previo a la abscisión de las hojas varió con el nutrimento en cuestión. Los mayores porcentajes de reciclamiento nutrimental ($\geq 30\%$) fueron observados para el N, P, K, Cu, Mn, Zn y Na (Fig. 2). El menor reciclamiento ($\leq 5\%$) fue obtenido para Ca, Mg, Cl, Mn, Zn, Na y B, aunque esta situación varió significativamente con el flujo vegetativo.

El nitrógeno y boro fueron los únicos casos en que no hubo efecto significativo del flujo vegetativo sobre la magnitud de su reciclamiento, aunque este fue mayor para el N (44.9 a 48.5%) que para el B (3.3 a 7.2%) (Fig. 2). En los casos del P, K, Cl y Na, el reciclamiento fue mayor en hojas del flujo de invierno que en las del flujo de verano. Para el azufre y los micronutrimentos Fe, Cu, Mn y Zn, el reciclamiento fue mayor en las hojas del flujo de verano (Fig. 2).

En hojas del flujo vegetativo de invierno, los nutrimentos mayormente reciclados ($\geq 30\%$) fueron: K (56.6%), P (49.3%), N (48.5%), Cu (39.2%) y Na (33.1%); los

que menor reciclamiento presentaron ($\leq 1\%$) fueron: Zn (0.6%), Mg (0%), Ca (0%) y Mn (0%) (Fig. 2). Para el flujo de verano el mayor reciclamiento correspondió a: Cu (59.6), Zn (46.1%), N (44.9%), Mn (43%) y P (34%); el más bajo reciclamiento fue para: Mg (0.4%), Ca (0%) y Cl (0%).

4. Discusión

No obstante la diferencia en las condiciones ambientales en las que se desarrollaron las hojas de los flujos vegetativos de invierno y verano, la longitud final de las hojas maduras no mostró diferencias significativas (17.3 cm vs. 18.06 cm). Lo anterior difiere de lo mencionado por Wolstenholme y Whiley (1999), quienes mencionaron que para adaptarse a la nubosidad y baja intensidad luminosa, las hojas del flujo de verano crecen más grandes que las del flujo de invierno. En Nayarit, la radiación solar mostró diferencias apreciables en los cuatro meses en que presentaron su crecimiento inicial los flujos vegetativos de invierno (Marzo-Junio) y verano (Agosto-Noviembre). Los promedios de radiación solar para dichos periodos fueron de $378 \text{ watt}\cdot\text{m}^{-2}$ (298 a $432 \text{ watt}\cdot\text{m}^{-2}$) y $320 \text{ watt}\cdot\text{m}^{-2}$ (275 a $354 \text{ watt}\cdot\text{m}^{-2}$), respectivamente.

La dinámica de crecimiento inicial de la hoja, desde su emergencia hasta la estabilización de su crecimiento, fue más lenta para el flujo de invierno (seis meses) que para el de verano (cuatro meses). Esto pudo deberse a la presencia de temperaturas más cálidas y mayor disponibilidad de humedad durante los meses en que el flujo de verano presentó su crecimiento inicial, cuya temperatura promedio del periodo fue $22.5 \text{ }^\circ\text{C}$, comparada con $21.0 \text{ }^\circ\text{C}$ de los meses en que desarrolló el flujo de invierno.

En las condiciones en las que se realizó la presente investigación, las hojas del flujo de invierno vivieron 12 meses y las de verano sólo nueve meses. Esto coincide parcialmente con los 10-12 meses mencionados por Whiley y Schaffer (1994).

Adicional a la variación en la concentración nutrimental foliar atribuible a la edad de la hoja, fue notoria la disminución del contenido nutrimental asociada a las últimas etapas de desarrollo del fruto, así como a la floración. Este comportamiento parece lógico para el comportamiento fenológico de huertos del cv. Hass que presentan una sola época de floración y cosecha al año. Adicionalmente, en Nayarit la cosecha se realiza dos a tres meses antes de la floración (Salazar-García et al., 2006). Será interesante conocer el comportamiento del aguacate 'Hass' en Michoacán, donde suelen ocurrir varios flujos de crecimiento vegetativo, de floración y un periodo extendido de cosecha (Salazar-García et al., 2005), tema que está siendo investigado en mi laboratorio.

Los resultados de la presente investigación mostraron que en aguacate el contenido nutrimental durante la vida de la hoja es regulado por los sitios de demanda metabólica, incluyendo el traslape que ocurre entre generaciones de hojas. No se encontró relación entre la época de mayor crecimiento de raíces y

aplicación de fertilizantes en el verano (Julio-Septiembre) y los contenidos foliares de la mayoría de los nutrimentos estudiados.

Para la mayoría de los nutrimentos, excepto el Zn, Mg, Ca y Mn en hojas del flujo de invierno, y Mg, Ca y Cl en hojas de verano, el proceso de senescencia estuvo asociado a una disminución progresiva del contenido nutrimental, el cual cesó con la abscisión de la hoja. Para el resto de nutrimentos la magnitud de su reciclamiento fue variable; sin embargo, esta es la primera vez que se cuantifica su importancia y sin duda contribuye a aumentar nuestro conocimiento sobre la nutrición del aguacate.

El conocer que hay nutrimentos cuya tasa de reciclamiento es mayor que 50% y otros en los cuales es muy bajo o nulo ayuda a entender por qué al aguacate se le considera un frutal cuya producción de fruto es “barata”, desde el punto de vista nutrimental (Wolstenholme y Whiley (1999). Por otra parte, la gran eficiencia en el reciclamiento de N, P y K por las hojas de ambos flujos vegetativos explica porqué en la región de estudio los árboles no muestran síntomas visuales de deficiencia de estos nutrimentos. Sin embargo, también explica la presencia de deficiencias de Ca, Mg, B, y en muchas ocasiones Zn.

5. Conclusiones

La magnitud del reciclamiento de nutrimentos, previo a la abscisión de la hoja, varió con el flujo vegetativo.

En hojas del flujo de invierno el reciclamiento de nutrimentos fue (%): K (56.6), P (49.3), N (48.5), Cu (39.2), Na (33.1), Cl (10.8), Fe (6.9), S (5.8), B (3.3), Zn (0.6) y no hubo reciclamiento de Ca, Mg y Mn.

Para las hojas del flujo de verano el reciclamiento de nutrimentos fue (%): Cu (59.6), Zn (46.1), N (44.9), Mn (43.0), P (34.0), Fe (28.9), K (25.3), S (20.5), B (7.2), Na (1.3), Mg (0.4) y no se observó reciclamiento de Ca y Cl.

6. Literatura Citada

- CHABOT, B.F. AND D.J. HICKS. 1982. The ecology of leaf life spans. Annual Review of Ecology and Systematics 13:229-259.
- ECKSTEIN, R.L., P.S. KARLSSON, AND M. WEIH. 1999. Leaf life span and nutrient resorption as determinants of plant nutrient conservation in temperate-arctic regions. New Phytologist 143(1):177-189.
- ROETS, N.J.R., S. DE MEILLON, C. KAISER, P.J. ROBBERTSE, R. OWEN, AND R. EHLERS. 2006. Possible causes and measures to prevent excessive leaf abscission in the avocado (*Persea americana* Mill.) cultivar Ryan. South African Avocado Growers' Assn. Yrbk. 29:21-36.
- SALAZAR-GARCÍA, S. AND I. LAZCANO-FERRAT. 2003. Site specific fertilization increased yield and fruit size in 'Hass' avocado. Better Crops International 17(1):12-15.

- SALAZAR-GARCÍA, S. Y I. LAZCANO-FERRAT. 1999. Diagnóstico nutrimental del aguacate 'Hass' bajo condiciones de temporal. Revista Chapingo Serie Horticultura 5:173-184.
- SALAZAR-GARCÍA, S., L. ZAMORA-CUEVAS, AND R.J. VEGA-LÓPEZ. 2005. Update on the avocado industry of Michoacán, México. California Avocado Soc. Yrbk. 87:31-44.
- SALAZAR-GARCÍA, S., L.E. COSSIO-VARGAS, C.J. LOVATT, I.J.L. GONZÁLEZ-DURÁN, AND M.H. PÉREZ BARRAZA. 2006. Crop load affects vegetative growth flushes and shoot age influences irreversible commitment to flowering of 'Hass' avocado. HortScience 41(7):1541-1546.
- SALAZAR-GARCÍA, S., L.E. COSSIO-VARGAS, I.J.L. GONZÁLEZ-DURÁN, AND C.J. LOVATT. 2007. Foliar-applied GA₃ advances fruit maturity and allows off-season harvest of 'Hass' avocado. HortScience 42:257-261.
- WHILEY, A.W. AND B. SCHAFFER. 1994. Avocado. pp. 3-35. In: B. Schaffer, P.C. Andersen (eds.). CRC Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops. Vol. I. Subtropical and Tropical Crops. CRC Press Inc. Boca Raton, Florida. USA.
- WOLSTENHOLME, B.N. 1986. Energy costs of fruiting as a yield-limiting factor with special reference to avocado. Acta Hort. 175:121-126.
- WOLSTENHOLME, B.N. AND A.W. WHILEY. 1999. Ecophysiology of the avocado (*Persea americana* Mill.) tree as a basis for pre-harvest management. Revista Chapingo Serie Horticultura 5:77-88.
- XUAN L., R. HOFSHI, AND M.L. ARPAIA. 1999. 'Hass' avocado leaf growth, abscission, carbol production and fruit set. pp. 52-55. In: M.L. Arpaia and R. Hofshi (eds.). Proceedings of Avocado Brainstorming. Session 3. Canopy Management. October 27-28, 1999. Riverside, CA.

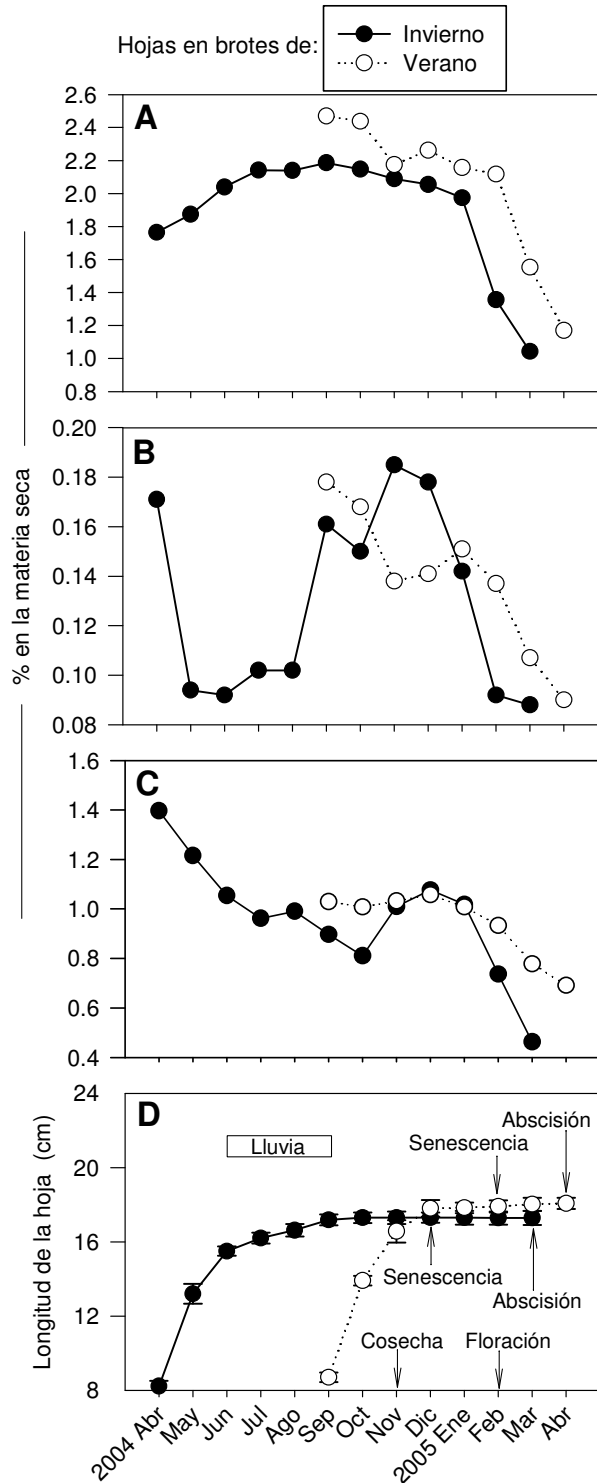


Figura 1. Evolución nutrimental del N (A), P (B), K (C) y crecimiento de hojas (D) de los flujos vegetativos de invierno y verano en aguacate 'Hass'.
 Figure 1. Nutritional evolution of N (A), P (B), K (C), and leaf growth (D) of winter and summer vegetative flushes of 'Hass' avocado.

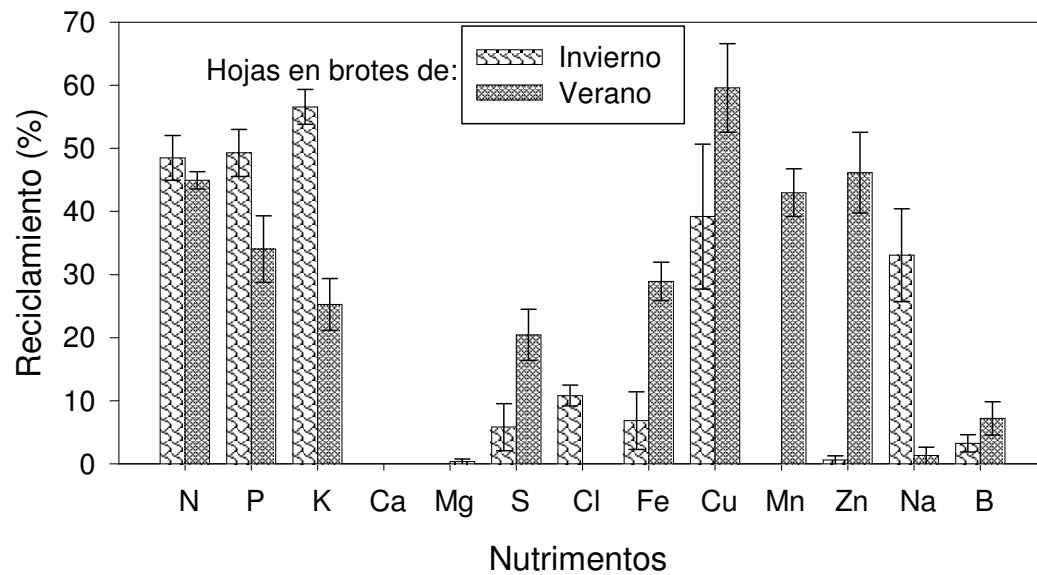


Figura 2. Proporción del reciclamiento de nutrientes en hojas de los flujos vegetativos de invierno y verano del aguacate 'Hass'.

Figure 2. Proportion of nutrimental recycling in winter and summer flush leaves of 'Hass' avocado.