

CONCENTRACIÓN Y ACUMULACIÓN DE NITRÓGENO Y CALCIO EN EL FRUTO DE AGUACATE CV. HASS EN CLIMA TROPICAL ALTOANDINO DE COLOMBIA

Mejía-Jaramillo, Luz María¹; Montoya-Areiza, Maira Camila¹; Salazar-García, Samuel²

¹Avofruit S.A.S Cartama¹, Cr33 N°7-41, Medellín, Colombia. Imejia@cartama.com.

²INIFAP- Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Km 6 entronque carretera Internacional a Santiago. Santiago Ixcuintla, Nayarit 63300, México.

Resumen

Colombia tiene grandes ventajas competitivas y comparativas al producir aguacate 'Hass' en clima tropical altoandino en cuanto a producción y exportación. En el país se desconoce la tasa de acumulación y remoción de nutrientes en pulpa a lo largo del desarrollo del fruto lo que dificulta la elaboración de planes de nutrición específicos que busquen mejorar rendimientos y calidad de fruto. El objetivo de este estudio fue cuantificar la concentración y acumulación de nitrógeno (N) y calcio (Ca) en frutos de aguacate 'Hass' en dos zonas de Colombia. Se registró el crecimiento de frutos (peso seco) y se analizó la concentración de nutrimentos en pulpa y cáscara de frutos de 50 árboles en cada uno de los huertos seleccionados: (i) Sinaí, altitud: 2000 m, zona de vida: bmh-MB, temperatura máxima promedio anual: 22.9 °C, temperatura mínima promedio: 14.41 °C y precipitación media anual: 1837 mm; (ii) La Escondida, altitud: 2200 m, zona de vida: bh-MB, temperatura máxima promedio anual: 21.1 °C, temperatura mínima promedio: 12.58 °C y precipitación media anual: 2091 mm. La acumulación de Ca y N incrementó con los días después de anthesis como consecuencia del incremento de la materia seca; sin embargo, la concentración de los dos elementos disminuyó en las últimas etapas de desarrollo. El suministro de nutrientes debe ser constante durante todo el desarrollo del fruto, reforzando las aplicaciones a partir de la etapa 2 (diámetro 45.1-60.0 mm).

Palabras clave: Modelos de crecimiento, Materia seca, Nutrición vegetal.

CONCENTRATION AND ACCUMULATION OF NITROGEN AND CALCIUM IN CV. HASS AVOCADO FRUIT IN TROPICAL CLIMATE OF COLOMBIA'S HIGHLANDS

Abstract

Colombia has great competitive and comparative advantages when producing 'Hass' avocado in a high Andean tropical climate in terms of production and export. In the country, the rate of accumulation and removal of nutrients in pulp throughout the development of the fruit is unknown, which makes it difficult to prepare specific nutrition plans that seek to improve yields and fruit quality. The objective of this study was to quantify the concentration and accumulation of nitrogen (N) and calcium (Ca) in 'Hass' avocado fruits in two areas of Colombia. Fruit growth (dry weight) was recorded and the concentration of nutrients in pulp and fruit peel from 50 trees in each of the selected orchards was analyzed: (i) Sinai, altitude: 2000 m, life zone: bmh- MB, average annual maximum temperature: 22.9 °C, average minimum temperature: 14.41 °C and average annual precipitation: 1837 mm; (ii) La Escondida, altitude: 2200 m, life zone: bh-MB, annual average maximum temperature: 21.1 °C, average minimum temperature: 12.58 °C and annual average precipitation: 2091 mm. The accumulation of Ca and N increased with the days after anthesis as a consequence of the increase in dry matter; however, the concentration of the two elements decreased in the later stages of development. The supply of nutrients must be constant throughout the development of the fruit, reinforcing the applications from stage 2 (diameter 45.1-60.0 mm).

Key words: Growth models, Dry matter, Mineral nutrition.

Introducción

El aguacate cv. Hass cultivado en Colombia es reconocido como uno de los productos más importantes en varios de los mercados internacionales, hoy se sigue posicionando como uno de los principales productos de la canasta agroexportadora, gracias al sabor, calidad y sostenibilidad (Santoro, 2021). En cuanto al aguacate cv. Hass en 2019 se exportaron 49387 t y en 2020 se exportaron 86160 t, con un incremento en exportaciones de 74 % entre un año y el otro, respectivamente (ICA-SISPAP, 2021). No obstante, se estima que cerca del 26 % del área cultivada se encuentra en etapa de desarrollo, por lo tanto, se espera que la producción anual del fruto se incremente en los próximos años (Minagricultura, 2020).

Colombia es prácticamente el único país que produce aguacate 'Hass' a gran escala bajo condiciones de clima tropical altoandino, lo que le da ciertas ventajas competitivas y comparativas en la producción y exportación (Restrepo, 2021). En la actualidad las dos zonas más importantes están en el departamento de Antioquia y en el Eje Cafetero (Departamentos como Caldas, Risaralda, Quindío y Norte del Valle del Cauca) ya que el 70 % de la producción proviene de éstas. El cv. Hass se ha comportado muy bien bajo las condiciones agroclimáticas de los sitios que presentan altitudes entre 1500 y 2600 m. Sin embargo, todavía quedan por resolver grandes desafíos, como los de mejorar rendimientos, optimizar la postcosecha de la fruta y manejar la heterogeneidad de esta en el huerto (Redagícola, 2019), así como mantener la vida productiva de los árboles. Las condiciones ambientales tienen influencia directa sobre el crecimiento y desarrollo de las especies vegetales; adicional a esto en el aguacate 'Hass' las prácticas de manejo y la fenología influyen en el comportamiento y la dinámica de absorción y remoción de nutrientes a lo largo del ciclo.

En Colombia se desconoce la tasa de acumulación y remoción de nutrimentos por la pulpa a lo largo del desarrollo del fruto. Esto dificulta la elaboración de planes de fertilización específicos para cada etapa de desarrollo, ya que se desconocen los momentos de mayor demanda de cada nutrimento. Se considera que al conocerlo se podría mejorar el rendimiento y calidad del fruto. En otros cultivos se ha documentado esto y se indica la importancia de fraccionar la fertilización de acuerdo con la curva de acumulación de nutrientes (Sosa et al., 2012). Esto permite ajustar los planes nutrimentales según las necesidades del fruto para garantizar rendimiento adecuado (ca. 20 t ha⁻¹), buena formación y tamaño, correcta maduración y vida en anaquel que permitan alcanzar un buen nivel de aceptación en el mercado internacional y mejor precio potencial final.

La hipótesis de este estudio fue que la tasa de acumulación y concentración de nitrógeno (N) y calcio (Ca) en el fruto de aguacate 'Hass' cambia en función de la etapa de desarrollo de este y puede ser afectada por el sitio y variar entre años. El objetivo de la investigación fue cuantificar la concentración y acumulación de N y Ca durante cada una de las etapas de desarrollo del fruto de 'Hass' en dos sitios de clima tropical altoandino de Colombia durante tres años de producción.

Materiales y Métodos

Sitio Experimental

Se seleccionaron dos unidades productivas (UP) del grupo Cartama con condiciones edafoclimáticas contrastantes: UP La Escondida, 14 y 20 años de edad, ubicada en el municipio de Rionegro (Antioquia), vereda Cabeceras (Coordenadas: 6° 5' 58.274" N; 75° 26' 30.48" O), altitud 2200 m, con temperatura máxima promedio anual de 21.1 °C y mínima promedio de 12.6 °C, humedad relativa promedio 85 %, precipitación pluvial anual 1837 mm, categorizada como zona de vida Bosque húmedo montano bajo (bh-MB) (Holdridge, 1967); UP El Sinaí, 7 años de edad, ubicada en el municipio de Anserma (Caldas), vereda Bellavista (Coordenadas: 5° 16' 57.12" N 75° 47' 59.23" O), altitud 2000 m, con temperatura máxima promedio anual de 22.9 °C y mínima promedio de 14.4 °C, humedad relativa promedio 87 % precipitación pluvial anual 2091 mm, categorizada como zona de vida Bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB) (Holdridge, 1967).

Suelos

Las propiedades de los suelos de las UP fueron determinadas en el Laboratorio de Suelos Agrilab. Para la UP La Escondida los resultados fueron: textura franco-limosa (Bouyoucos), pH 5.4 (extracto de saturación), densidad aparente 0.71 g cm⁻³ (estimada), M.O.S. 170. 8 g kg⁻¹ (Walkley y Black); Ca, Mg, K y Na 3.90, 1.20, 0.95 y 0.26 cmol_c kg⁻¹ (acetato de amonio), respectivamente, P 8.04 mg kg⁻¹ (Bray-II), S y B 48.55 y 3.65 mg kg⁻¹ (fosfato monobásico); Fe, Mn, Cu y Zn 7.56, 10.47, 0.51 y 31.95 mg kg⁻¹ (Mehlich-I). Según el estudio general de suelos de Antioquia (IGAC), estos suelos están ubicados en un relieve que varía de plano a ligeramente ondulado, con pendientes que oscilan entre 3 y 12 %, y pertenecen a la asociación litológica Rionegro y tienen aptitud para agricultura intensiva de orientación comercial. Este suelo se clasifica como Tipic Melanudand.

Para la UP El Sinaí los resultados fueron: textura franco-limosa (Bouyoucos), pH 5.8 (extracto de saturación), densidad aparente 0.79 g cm⁻³ (estimada), M.O.S. 126.2 g kg⁻¹ (Walkley y Black); Ca,

Mg, K y Na 5.65, 1.29, 0.42 y 0.39 cmol_c kg⁻¹ (acetato de amonio), respectivamente, P 20.14 mg/kg (Bray-II), S y B 20.01 y 1.44 mg kg⁻¹ (fosfato monobásico); Fe, Mn, Cu y Zn 11.77, 16.03, 1.61 y 11.87 mg kg⁻¹ (Mehlich-I). según Corpocaldas, los suelos de esta zona son derivados de cenizas volcánicas, lo que indica que se trata en general de suelos livianos, con topografías montañosas, con relieve ondulado de pendientes inferiores al 20 % (Corpocaldas, 2020).

Selección y marcación de árboles

En la UP La Escondida se eligieron 50 árboles del cv. Hass de 14 a 20 años y en la UP el Sinaí 50 árboles de 7 años, injertados sobre portainjertos provenientes de semilla de aguacate criollo de origen desconocido. Al momento de la selección los árboles de ‘Hass’ tenían más de 200 frutos/árbol en etapa aceituna (20-34 mm de diámetro) y con altura, etapa fenológica, sanidad y manejo agronómico similar. Se realizaron muestreos de fruto de la floración principal, según sus etapas de desarrollo usando la metodología adaptada de Salazar-García et al. (2019). La cantidad de frutos colectados varió con la etapa de desarrollo del fruto (Cuadro 1).

Cuadro 1. Diámetro y cantidad de frutos por árbol según etapa de desarrollo del fruto de aguacate ‘Hass’ en las UP La Escondida y El Sinaí, durante tres campañas productivas.

Etapas	Diámetro (mm)	Frutos/árbol
Aceituna (E-A)	20.0 – 34.0	25
Etapa 1 (E-1)	34.1 – 45.0	15
Etapa 2 (E-2)	45.1 – 60.0	10
Etapa 3 (E-3)	60.1 – 70.0	4-10 ^z
	>70.1 y 24 % materia	
Cosecha (E-C)	seca	2-10 ^z

^z El intervalo superior corresponde al 2º y 3º año de muestreo.

Fertilización

Los aportes de nutrientes fueron determinados a partir de la interpretación de los análisis de suelos y los registros de la duración de las etapas fenológicas (Cuadro 2).

Variables

Los frutos en E-A se procesaron completos (sin diferenciar tejidos). A partir de la E-1 se separó en cada uno de sus tejidos (piel, mesocarpio, cubiertas seminales y embrión). En cada fecha de muestreo se obtuvo el peso fresco y seco (horno eléctrico con aire forzado a 60 °C hasta peso constante) así como el diámetro ecuatorial y longitud del fruto. Las muestras secas de los árboles

más productivos de cada UP se enviaron al laboratorio para determinar el contenido de nutrimentos.

Los análisis químicos se realizaron en el Laboratorio Agrilab. Para tal fin a las muestras se les hizo una digestión húmeda con ácido nítrico y ácido perclórico y luego la concentración fue determinada así: N orgánico a través del método de Kjeldahl y para Ca se utilizó absorción atómica.

Cuadro 2. Aportes nutrimentales anuales para cada una de las unidades productivas de aguacate 'Hass' evaluadas.

Nutrimentos	UP Sinaí (kg ha ⁻¹)			UP La Escondida (kg ha ⁻¹)		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020
N	56.0	42.7	270.2	81.4	69.4	270.5
P ₂ O ₅	166.5	160.6	225.3	364.9	238.7	221.5
K ₂ O	540.5	515.7	552.7	370.0	504.9	358.7
CaO	84.8	103.8	130.8	147.0	72.4	141.7
MgO	357.0	45.0	185.8	44.4	40.1	101.1
S	156.9	167.9	398.8	127.0	119.8	220.1
Fe	5.8	5.7	23.6	8.7	10.3	11.0
Mn	4.5	6.0	0.2	6.8	2.7	1.0
Zn	33.7	30.5	40.6	28.9	26.2	22.4
B	16.7	18.2	21.1	9.5	22.0	21.7

Análisis estadístico

Se describió la acumulación y concentración de N y Ca en los frutos de aguacate, de cada una de las unidades productivas a través del tiempo; cada una de las variables respuesta se analizaron en función de las etapas de desarrollo del fruto, de los aportes nutricionales hechos en cada una de la unidades productivas y de variables climáticas como: precipitación, temperatura máxima y mínima, con un análisis de varianza, con el objetivo de determinar la existencia de diferencias significativas ($P < 0.05$), en el comportamiento promedio de las variables.

Se evaluó el ajuste y la capacidad predictiva de modelos lineales y no lineales, que permitieran modelar el comportamiento de las variables respuesta. Algunos de los modelos evaluados fueron: polinómicos hasta de grado 2, logístico, Weibull y regresión beta.

La selección de los mejores modelos se llevó a cabo utilizando el criterio de información de Akaike (AIC) (Motulsky, 2003), el cual es una medida de la calidad relativa del modelo, que representa el ajuste y el número de parámetros representa la complejidad de este, todo lo anterior utilizando el software R (R Core Team, 2020).

Resultados y Discusión

La concentración y acumulación de N y Ca en el fruto de 'Hass' varió con la etapa fenológica y las condiciones edafoclimáticas. Para describir el comportamiento de la concentración de nutrimentos en los tejidos, se evaluaron múltiples modelos. Además de los días después de antesis, las variables de aporte de nutrición y variables climáticas resultaron importantes como covariables. Dadas las características numéricas específicas de la variable concentración, la regresión Beta fue más apropiada, lo cual fue confirmado por el valor de AIC (Cuadro 3).

Cuadro 3. Criterio estadístico para la evaluación del ajuste y capacidad predictiva de diferentes modelos para la concentración de N y Ca en frutos de aguacate 'Hass'.

Distribución variable respuesta	Covariables	Forma funcional para DDA ^z	AIC ^y (PSS)	AIC ^y (N)	AIC ^y (Ca)
Normal	DDA	Polinomio grado 2	348.8	-	-
Normal	DDA	Polinomio grado 3	350.4	-4697.1	-5725.6
Normal	DDA	Logístico	350.5	-4696.7	-5759.5
Normal	DDA	Weibull	349.4	-4695.4	-5713.8
Normal	DDA, variables de nutrición, variables climáticas	Polinomio grado 3	-	-4917.5	-6199.7
Beta	DDA, variables de nutrición, variables climáticas	Polinomio grado 3	-	-5017.5	-6322.4

^z Días después de antesis.

^y Criterio de información de Akaike.

Se puede definir crecimiento de un órgano como el incremento en el tiempo de ciertas variables características, como tamaño o peso y su distribución de recursos se estudia por lo general mediante el peso seco o el contenido de energía y su distribución a lo largo de los órganos, siendo el peso seco uno de los más usados (Lieth, 1968). El peso seco de los frutos de 'Hass', bajo las condiciones edafoclimáticas de la zona altoandina de Colombia, presenta valores menores a 5 g entre E-A y E-1, siendo las etapas con menor tasa de acumulación de materia seca. A partir de E-2 (aproximadamente 130 días después de antesis) el peso seco se describe con un

comportamiento creciente, alcanzando valores superiores a 30 g en E-C; esto evidencia unas mayores tasas de acumulación (Figura 1). Estas diferencias en cuanto a distribución y acumulación de biomasa pueden estar vinculadas a factores genéticos, climáticos y a la intensidad de manejo agronómico (Coale et al., 1993).

La concentración de N en el fruto mostró una tendencia decreciente en la medida que avanzó su crecimiento. Durante E-A y E-1 se presentó los niveles más altos de este nutrimento (Figura 2), esto debido a que es un componente clave de enzimas activas en los procesos de división y alargamiento celular, vitaminas y especialmente de la clorofila en el proceso de la fotosíntesis, tales procesos durante estas etapas se llevan a cabo de una manera más rápida (Salvo et al., 2017). Adicional a esto, existen etapas fenológicas de la planta que compiten por este nutrimento, especialmente la etapa de brotación vegetativa y desarrollo del fruto, de acuerdo con los flujos de crecimiento que se presentan en la planta de aguacate 'Hass' (Rocha et al., 2011).

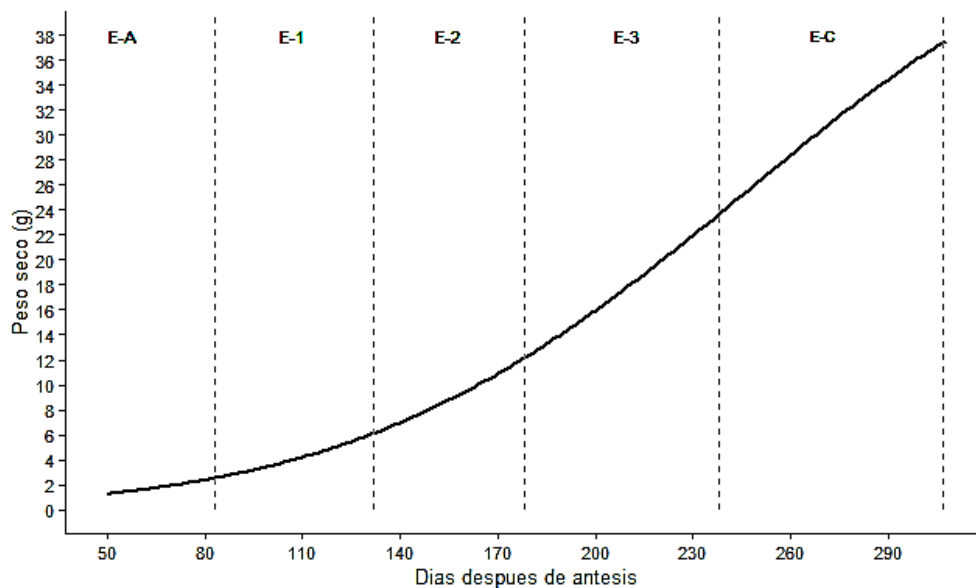


Figura 1. Crecimiento (peso seco) del fruto de aguacate 'Hass' en el clima altoandino de Colombia.

En las etapas cercanas a cosecha la concentración de N disminuye tal como lo observaron Salazar-García et al. (2019) en el estudio de acumulación de nutrimentos en el aguacate cv. Méndez donde la concentración de la mayoría de los nutrientes (N, P, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn y Zn) en el mesocarpio disminuyeron con el desarrollo de los frutos. Dicha disminución también se asocia al manejo agronómico establecido que incluye la reducción en los aportes para dicho momento, con el fin de garantizar la calidad de la fruta a cosechar. Los excesos de N en E-C

pueden inducir deterioro de la fruta (Ferreyra et al., 2012). En general después de E-2 la concentración de este nutrimento tiende a disminuir, posiblemente por un efecto de dilución debido al crecimiento del fruto, tal y como lo menciona Rengel et al. (2011) en una investigación en caña de azúcar.

Adicional a esto, la acumulación de N presentó un comportamiento creciente en el que a partir de 170 días después de antesis ocurrió la mayor tasa de asimilación de este nutrimento en el fruto de 'Hass'; para estas mismas etapas se presentaron las mayores tasas de acumulación de materia seca (MS).

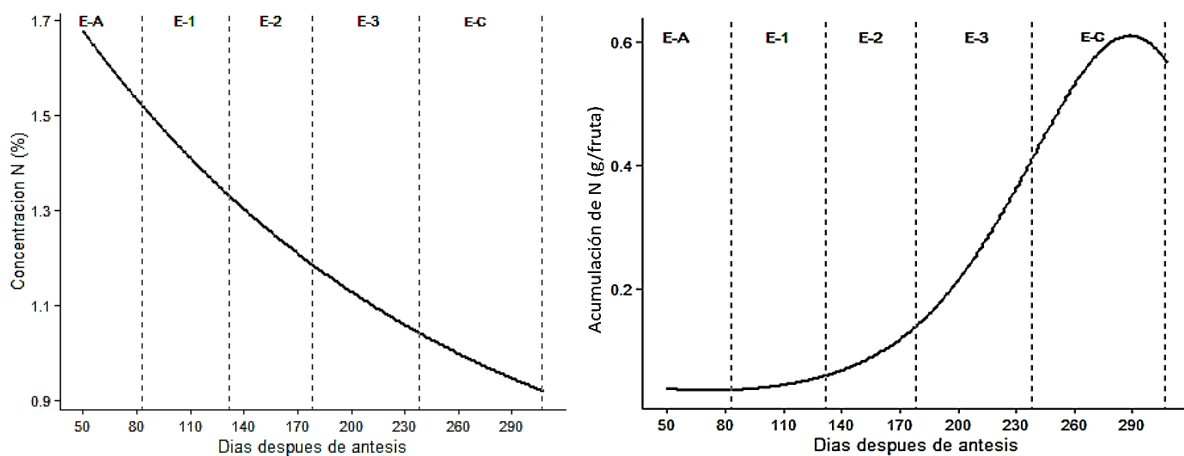


Figura 2. Evolución de la concentración y acumulación de N en el fruto de aguacate 'Hass' en el clima tropical altoandino de Colombia.

La concentración de Ca en el fruto de 'Hass' mostró un comportamiento creciente, alcanzó su máximo valor (> 0.25 %) entre 140 y 170 días después de antesis (Figura 3). Durante estas etapas los procesos de división celular se intensificaron y a partir de esta etapa los valores disminuyeron y se llevaron a cabo los procesos de alargamiento y engrosamiento del fruto. El Ca es de vital importancia, puesto que mantiene íntegras las paredes celulares de los tejidos y evita problemas fisiológicos como las pudriciones y deterioro en la calidad de la fruta (Salvo et al., 2017).

De acuerdo con Bertsch y Ramírez (1997) la acumulación de nutrimentos es un proceso que está relacionado con la materia seca; a mayor acumulación de MS se incrementa la absorción de nutrimentos. La acumulación de Ca en los frutos de 'Hass' durante E-A y E-1 fue inferior a 0.02 g/fruto; a partir de E-2 se presentó una tendencia creciente con valores superiores a 0.06 g/fruto.

Este proceso puede ser influenciado por factores como la movilidad del nutrimento, la cual está condicionada por variables climáticas, como humedad y temperatura, que influyen en el proceso de transpiración, a través del cual se mueve la mayor cantidad de Ca (Battey, 1990).

Esta investigación documenta por primera vez la evolución de la concentración y acumulación de N y Ca en el fruto de aguacate 'Hass' en el clima tropical altoandino de Colombia. La acumulación de N y Ca incrementó con los días después de antesis como consecuencia del alza de la materia seca; sin embargo, la concentración de los dos elementos disminuyó en las últimas etapas de desarrollo del fruto. El suministro de nutrientes debe ser constante durante todo el desarrollo del fruto, reforzando esta práctica a partir de la etapa 2 (diámetro 45.1-60.0 mm).

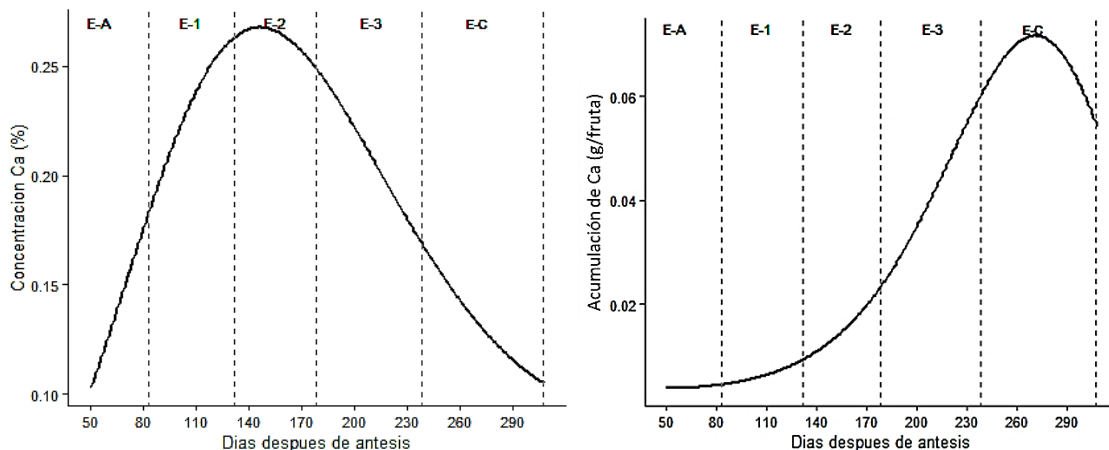


Figura 3. Evolución de la concentración y acumulación de Ca en el fruto de aguacate 'Hass' en el clima tropical altoandino de Colombia.

Literatura Citada

- Battey, N. H. 1990. Calcium deficiency disorders of fruits and vegetables. *Postharvest News Info.* 1:23–27.
- Bertsch, F., y F. Ramírez. 1997. Curvas de crecimiento y de absorción de nutrimentos en melón (*Cucumis melo*) 'Honey Dew' y sandía (*Citrullus lanatus*) 'Crimson Jewel'. En informe Anual 1997 Instituto de la Potasa y el Fósforo. Proyecto Potasio, Fósforo y Calidad: Efecto del potasio y el fósforo sobre el rendimiento y la calidad de algunos cultivos frutícolas. San José, Universidad de Costa Rica, Centro de Investigaciones Agronómicas. Anexo 1.
- Coale, F. J., C. A. Sanchez, F. T. Izuno, y A. B. Bottcher. 1993. Nutrient accumulation and removal by sugarcane grown on everglades histosols. *Agron. J.* 85:310–315.
- Corpocaldas. 2020. Plan de Gestión Ambiental Regional 2020 - 2031. Consultado en <http://www.corpocaldas.gov.co/publicaciones/329/10-14/TomIII/ComponenteProgramatico.pdf>

- Ferreira, R., B. Defilippi, G. Sellés, and M. L. Arpaia. 2012. Factores de precosecha que afectan la postcosecha de la palta Hass. pp. 11-20. In: Ferreira, R., y B. Defilippi (Eds.). Factores de precosecha que afectan la postcosecha de la palta Hass: Clima, suelo y manejo. Boletín INIA N° 248. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación La Cruz, La Cruz, Chile.
- Holdridge, L. R. 1967. Life Zone Ecology. Tropical Science Center. Consultado en http://reddcr.go.cr/sites/default/files/centro-de-documentacion/holdridge_1966_-_life_zone_ecology.pdf.
- ICA-SISPAP. 2021. Cifras de Exportación dic. 2019-dic. 2020 de aguacate Hass. Consultado en https://www.ica.gov.co/servicios_linea/sispap_principal/consultas/agricola/exportacion/consulta-de-estadisticas-de-exportacion-vegetal
- Lieth, H. 1968. The determination of plant dry matter production with special emphasis on the underground parts. Nat. Resour. Res. 5:179-186.
- Minagricultura. 2020. Cadena productiva de Aguacate. Consultado en <https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Pages/default.aspx>
- Motulsky, H. 2003. Prism 4 Statistics Guide –Statistical analyses for laboratory and clinical researchers. GraphPad Software Inc. San Diego, CA, USA.
- R Core Team. 2020. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. Retrieved from <http://www.r-project.org/index.html>.
- Redagícola. 2019. El aguacate Hass encuentra su segundo hogar en Colombia. Consultado en <https://www.redagricola.com/co/el-aguacate-hass-encuentra-su-segundo-hogar-en-colombia/>
- Rengel, M., F. Gil, y J. Montaña. 2011. Crecimiento y dinámica de acumulación de nutrientes en caña de azúcar. I. macronutrientes. Bioagro 23:43–50.
- Restrepo, J. 2021. Colombia es tercero en el mundo en producción y área cosechada de aguacate Hass. La República. Consultado en <https://www.agronegocios.co/agricultura/colombia-es-tercero-en-el-mundo-en-produccion-y-area-cosechada-de-aguacate-hass-3142547>
- Rocha-Arroyo J. L., S. Salazar-García, A. E. Bárcenas-Ortega, I. J. González-Durán, and L. E. Cossio-Vargas. 2011. Phenology of 'Hass' avocado in Michoacan. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 2:303–316.
- Salazar-García, S., A. Álvarez-Bravo, M. E. Ibarra-Estrada, y A. Mellado-Vázquez. 2019. Accumulation of nutrients during the development of 'Méndez' avocado fruit. Terra Latinoam. 37:469–478.
- Salvo, J., A. Torres, N. Olivares, y J. Riquelme. 2017. Manual del Cultivo del Palto. Boletín INIA 378:120.
- Santoro, F. 2021. ¡El mejor! Colombia es el primer proveedor de aguacate Hass en Europa. Consultado en <https://www.eltiempo.com/economia/sectores/por-que-colombia-es-el-primer-proveedor-de-aguacate-hass-en-europa-565052>
- Sosa Baldivia, A., G. Ruíz Ibarra, J. Padilla Cuevas, J. D. Etchevers Barra, J. Z. Castellanos Ramos, y R. R. Robles de la Torre. 2012. Curva de acumulación de nitrógeno, fósforo y potasio en lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. Coolward. Doi: 10.13140/RG.2.2.12968.37127.