



Contenido y distribución de macronutrientes en rambután en el litoral atlántico de Honduras¹

Macronutrient content and distribution in rambutan on the atlantic coast of Honduras

Breno Augusto Sosa-Rodriguez², Yuly Samanta García-Vivas²

¹ Recepción: 6 de enero, 2020. Aceptación: 13 de mayo, 2020. Este trabajo fue producto de una beca de investigación en frutas tropicales para exportación por el primer autor. Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Honduras.

² Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico (CURLA), detrás del Aeropuerto Internacional Golosón, La Ceiba, Atlántida, Honduras. breno.sosa@unah.edu.hn (autor para correspondencia; <https://orcid.org/0000-0001-7506-797X>), yuly.garcia@unah.edu.hn (<https://orcid.org/0000-0003-1396-3829>).

Resumen

Introducción. La productividad del rambután depende de satisfacer su demanda nutricional a través del uso de fertilizantes. Conocer la cantidad y momentos de mayor exigencia de nutrientes por la planta permite al productor mejorar los programas de fertilización. **Objetivo.** Evaluar el contenido y distribución de macronutrientes en diferentes edades del cultivo de rambután. **Materiales y métodos.** Se estableció un experimento en el litoral atlántico de Honduras bajo un diseño completamente al azar con seis tratamientos (muestreo a los 2, 3, 4, 8, 10 y 17 años de establecido) y tres repeticiones. El estudio se realizó entre los meses de marzo a diciembre de 2017. En época de cosecha se hizo la recolección de hojas, ramas, cáscaras y semillas para analizar en cada uno las concentraciones de N, P, K, Ca, Mg y S. **Resultados.** Se registró que la concentración de macronutrientes difirió significativamente entre los órganos y edades de la planta, encontrando la mayor concentración de N, Ca, Mg y S en hojas, P en semilla y K en la cáscara. La concentración total (hoja + rama + cáscara + semilla) de los nutrientes registró fluctuaciones en el tiempo y aumentó la demanda de P, K, Ca y Mg en los años 2 y 3, para luego decaer en los años 8 y 10. Mientras que la exigencia de N y S fue constante durante las etapas de desarrollo. Además, el N (41 %) fue requerido en mayor cantidad, seguido por K (24 %) y Ca (20 %) y, por último, P (6 %), Mg (5 %) y S (4 %). **Conclusión.** El contenido y distribución de los macronutrientes fue variable conforme a la edad de la planta, lo que permitió identificar cuales nutrientes y en qué momento tuvieron una mayor exigencia y el órgano vegetal donde se acumuló.

Palabras claves: *Nephelium lappaceum* L., frutas tropicales, nutrición mineral, nutrientes en hojas.

Abstract

Introduction. Rambutan productivity depends on satisfying its nutritional demand through the use of fertilizers. Knowing the quantity and the times of greatest demand for nutrients by the plant allows the producer to improve fertilization programs. **Objective.** To evaluate the content and distribution of macronutrients in different ages of the rambutan crop. **Materials and methods.** An experiment was established in the Atlantic coast of Honduras under a



completely randomized design with six treatments (sampling at 2, 3, 4, 8, 10, and 17 years of establishment) and three repetitions. The study was carried out between the months of March and December 2017. At harvest time, leaves, branches, shells, and seeds were collected to analyze the concentrations of N, P, K, Ca, Mg, and S in each one. **Results.** It was recorded that the macronutrient concentration differed significantly among the organs and ages of the plant, finding the highest concentration of N, Ca, Mg, and S in leaves, P in seed and K in the shell. The total concentration (leaf + branch + shell + seed) of the nutrients registered fluctuations over time and increased the demand for P, K, Ca, and Mg in years 2 and 3, to then decline in years 8 and 10. While the demand for N and S were constant during the development stages. In addition, N (41 %) was required in greater quantities, followed by K (24 %) and Ca (20 %) and finally P (6 %), Mg (5 %) and S (4 %). **Conclusion.** The content and distribution of macronutrients were variable according to the age of the plant, allowing the identification of which nutrients and when they were most required and the plant organ where it was accumulated.

Keywords: *Nephelium lappaceum* L., tropical fruits, mineral nutrition, nutrients in leaves.

Introducción

El cultivo de rambután (*Nephelium lappaceum* L.) en Honduras brinda importantes divisas y empleo, principalmente en actividades como el manejo agronómico y la exportación de la fruta, los pequeños productores establecen plantaciones en monocultivo o en sistemas agroforestales con piña, plátano y caoba (FHIA y SOCODEVI, 2018). La fruta, semilla y cáscara contienen ácido elálgico, la corilagina y la geranina, actuando como antioxidante, antibacterial, anti-inflamatoria y antiviral (Hernández et al., 2019).

La nutrición mineral es la práctica agronómica a la cual responde más el rambután, indispensable para la productividad y, por ende, en la economía y seguridad alimentaria del productor. Durante la fertilización, los macronutrientes representan de 97 a 98 % de la demanda nutricional de las plantas (Salisbury y Ross, 1994). El nitrógeno (N) es quizás el más importante, dada su participación en múltiples reacciones bioquímicas implicadas fisiológicamente en el crecimiento, desarrollo y producción de cultivos (Rao, 2009).

Los macronutrientes contribuyen en el crecimiento vegetativo de las raíces, tallos y hojas; en la etapa productiva promueven la floración, formación de frutas y semillas (Rao, 2009). Sin embargo, en las regiones tropicales y subtropicales de países en desarrollo, alrededor de 45 % de los suelos presentan baja fertilidad natural (Giller, 2001), la acumulación de materia orgánica es limitada por las altas tasas de descomposición de biomasa (Woomer et al., 1994), estas limitantes naturales son acentuadas por el uso de prácticas de producción económica y ambientalmente insostenibles, que contribuyen a la degradación del suelo (Amézquita et al., 1998).

En la actualidad, las fertilizaciones sintéticas cobran interés no solo desde el punto de vista económico, sino por el impacto ambiental que generan. En Honduras (FHIA-SOCODEVI, 2018), Costa Rica (Vargas-Calvo, 2009) y Australia (Lim et al., 1997) aplican entre 4 y 6 onzas por planta de 15-15-15 y urea cada dos meses a partir del tercer año, complementado con enmiendas orgánicas; sin embargo, diferentes investigaciones han demostrado que la aplicación de N y otros nutrientes conlleva pérdidas de 60 % o más de la cantidad aplicada, por vías como lixiviación, volatilización y escorrentía, que contaminan el ambiente con óxido nitroso (N₂O) y dióxido de nitrógeno (NO₂) (Jordan et al., 2008).

Además de los procesos degradativos que ocurren en el suelo por prácticas agronómicas, existe un vacío teórico y científico sobre el manejo nutricional del rambután. De las aproximadas 1000 ha establecidas en Honduras, en diferentes etapas fenológicas del cultivo, el 80 % están en el litoral atlántico. Son manejadas en su mayoría (70 %) por pequeños productores (3 - 5 ha), donde prevalece poco asesoramiento técnico, altos costos de fertilización y

con mínimo sistema de riego (Mancía, comunicación personal, 2017), provocando un uso deficiente de nutrientes en el sistema, con sus connotaciones financieras y ambientales.

Dentro de la fracción mineral del suelo, los macronutrientes son responsables del 98 % de la necesidad nutricional de las plantas (Salisbury y Ross, 1994), de manera que el conocer la demanda nutricional en las diversas etapas fenológicas del cultivo, le permitirá al productor mejorar programas de fertilización y con ello, la sostenibilidad financiera y ambiental. El objetivo de la investigación fue evaluar el contenido y distribución de macronutrientes en diferentes etapas del cultivo de rambután.

Materiales y métodos

Caracterización del área experimental

La investigación se realizó entre los meses de marzo a diciembre del 2017 en plantaciones de rambután, ubicadas en los municipios de La Ceiba, La Masica y Santa Ana, departamento Atlántida, Honduras. La estación meteorológica de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras ubicada en La Ceiba caracterizó la región con una altitud aproximada de 20 a 70 msnm, con temperatura promedio de 29,5 °C, humedad relativa de 95 % y precipitación pluvial media anual de 3100 a 3230 mm.

Para analizar el suelo experimental se recolectaron diez submuestras a una profundidad de 0-20 cm (Cuadro 1). Las características químicas (Cuadro 1) y sus resultados se interpretaron por escalas manejadas a nivel internacional (Castro, 2004). El suelo presentó un pH fuertemente ácido y elevado nivel de Al^{3+} , media concentración de MO y bajo nivel de fósforo y conductividad eléctrica (CE). Entre las bases, se encontraron niveles bajos de Na^+ , K^+ , Mg^{2+} y Ca^{2+} . Para los elementos menores Fe, Cu y Mn los niveles fueron altos, a excepción de B y Zn que fueron bajos.

Cuadro 1. Caracterización química de un Nitisols sembrado con Rambután (*Nephelium lappaceum*). Efectuado en el Western Hemisphere Analytical Laboratory (WHAL) de la empresa Standard Fruit. Atlántida, Honduras. 2017.*

Table 1. Chemical characterization of a Nitisols seeded with Rambutan (*Nephelium lappaceum*). Performed at Western Hemisphere Analytical Laboratory of the Standard Fruit of Honduras. Atlantida, Honduras. 2017.*

pH	cmol _c kg ⁻¹			-----cmol _c kg ⁻¹ -----				-----mg kg ⁻¹ -----						
	Al	CE	MO	Ca	K	Mg	Na	P	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
4,61	3,27	0,06	22,59	0,22	0,15	0,19	0,04	2,15	0,82	221,89	81,85	4,15	0,04	13,52

*: pH: solución acuosa 1:1; CE: extracto saturado, conductancia; Al: extracción con KCL; macro y microelementos: detección de plasma Mehlich-3 / *: pH: 1 aqueous solution; EC: saturated extract, conductance; Al: extraction with KCL; macro, and microelements: Mehlich-3 plasma detection.

En el litoral atlántico, donde se establece el rambután (*Nephelium lappaceum*), es común la presencia de suelos Nitisols (Gardi et al., 2014), caracterizados por la fuerte presencia de óxidos de hierro. Además, la concentración de aluminio es frecuentemente elevada, lo que permite identificar que este cultivo tolera la acidez intercambiable, hasta 11 Cmol_c kg⁻¹ (Goenaga, 2011), al igual que el cacao, la yuca y la piña, ya que en varias investigaciones se ha manifestado que suelos con niveles superiores a 2 cmol₍₊₎ kg⁻¹ (Castro, 2004) o 2-3 ppm (Balsberg-Pahlsson, 1990) son limitantes para muchos cultivos.

Descripción del ensayo

Los macronutrientes se evaluaron en diferentes órganos y etapas fenológicas de la planta de rambután (Cuadro 2); bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones.

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos en el experimento para analizar el contenido y distribución de macronutrientes en diferentes etapas de desarrollo del rambután (*Nephelium lappaceum*), en condiciones de campo. Atlántida, Honduras. 2017.

Table 2. Description of the treatments in the experiment to analyze the content and distribution of macronutrients in different stages of development of rambutan (*Nephelium lappaceum*), under field conditions. Atlantis, Honduras. 2017.

Etapas desarrollo	Órgano de la planta	Nutrientes
2 años	Hojas	N, P, K, Ca, Mg, S
3 años	hojas, cáscara, rama, semilla	N, P, K, Ca, Mg, S
4 años	hojas, cáscara, rama, semilla	N, P, K, Ca, Mg, S
8 años	hojas, cáscara, rama, semilla	N, P, K, Ca, Mg, S
10 años	hojas, cáscara, rama, semilla	N, P, K, Ca, Mg, S
17 años	hojas, cáscara, rama, semilla	N, P, K, Ca, Mg, S

La recolección de las muestras se realizó en tres fincas de productores, donde tenían establecidas plantaciones de diferentes edades y variedades (R-134, R-162 y R-167), por su buena aceptación organoléptica en el mercado nacional y centroamericano. En cada finca, la unidad experimental consistió en cuatro a cinco árboles por cada etapa de desarrollo (años). El Distanciamiento en su mayoría era de 7m x 7m, para una densidad de 236 plantas por hectárea.

Los elementos nutritivos analizados en los órganos vegetales se realizaron desde el tercer año, solo se tomaron muestras de hojas durante el crecimiento (dos años) por ser menos destructivo o inexistente el daño en dicha etapa, así no perjudicar la futura producción del agricultor.

Las variables analizadas fueron los macronutrientes: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre en hojas, cáscara de fruta, ramas y semillas. Se recolectaron muestras compuestas en cada punto cardinal de árboles sanos y productivos. Para el análisis foliar se tomó la tercera o cuarta hoja, contando desde la punta de la rama hacia el tallo, luego se identificaron por órgano y se enviaron al laboratorio. La información obtenida se sometió a análisis de varianza ($p < 0,05$) y prueba de separación de medias de Tukey ($p < 0,05$), con el uso del software SAS versión 9.1.3 (SAS Institute, 2002).

Resultados

Distribución de macronutrientes en órganos vegetativos del rambután

Para los macronutrientes N, P y K, hubo diferencias significativas entre los órganos de la planta en las distintas etapas de desarrollo (Figura 1). Para los distintos órganos de la planta evaluados, la dinámica de N fue variable, y presentó diferencias altamente significativas. Las concentraciones más elevadas se localizaron en la hoja ($20,79 \text{ g kg}^{-1}$), seguidas de la semilla ($14,98 \text{ g kg}^{-1}$), la cáscara ($10,23 \text{ g kg}^{-1}$) y, en menor medida, en la rama ($5,38 \text{ g kg}^{-1}$). Se pudo apreciar una demanda similar del nutrimento en todos los órganos, siendo necesaria su disponibilidad en todo el ciclo.

La mayoría del P utilizado en procesos metabólicos energéticos se almacenó en la semilla (2,71 g kg⁻¹), órgano predilecto para la conservación de las especies, seguido de las hojas (1,74 g kg⁻¹) y por último, la rama (1,12 g kg⁻¹). En el caso del K, se registraron los mayores valores en la cáscara (11,76 g kg⁻¹) y las ramas (7,82 g kg⁻¹), para alcanzar la menor concentración en la semilla (4,84 g kg⁻¹) (Figura 1).

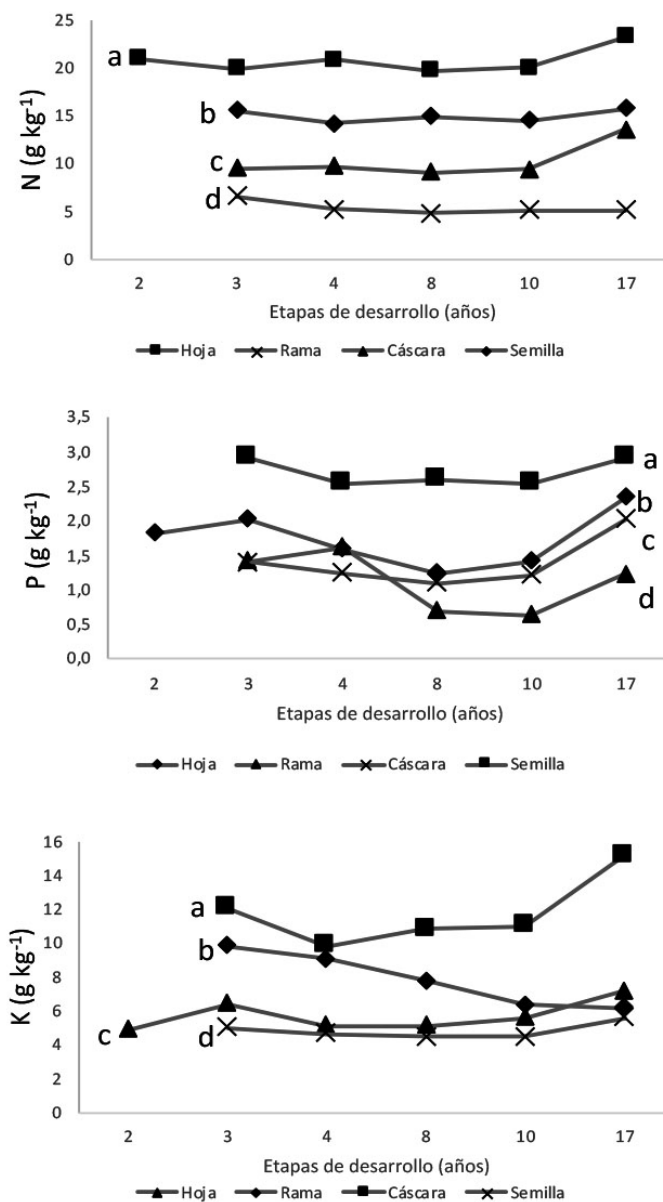


Figura 1. Contenido de N, P y K (g kg⁻¹) en hojas, rama, cáscara y semilla de la planta de rambután (*Nephelium lappaceum*) en diferentes etapas (años) de desarrollo. Atlántida, Honduras. 2017.

Promedios con igual letra no difieren significativamente según la prueba Tukey ($p < 0,05$).

Figure 1. N, P, and K (g kg⁻¹) content in leaves, branches, husks, and seeds of the rambutan (*Nephelium lappaceum*) plant at different stages (years) of development. Atlantida, Honduras. 2017.

Averages with the same letter do not differ significantly according to the Tukey test ($p < 0,05$).

Para los macronutrientes Ca, Mg y S, hubo diferencias significativas ($p < 0,05$), entre los órganos de la planta en las distintas etapas de desarrollo (Figura 2). El mayor reservorio del Ca se encontró en las hojas ($13,84 \text{ g kg}^{-1}$), para luego seguir sin mucha variación en la rama ($4,94 \text{ g kg}^{-1}$), en la cáscara ($4,58 \text{ g kg}^{-1}$) y, en menor proporción, en la semilla ($1,65 \text{ g kg}^{-1}$). Las hojas fueron el órgano que más se acumuló Ca, registraron los mayores niveles al inicio de la etapa productiva, precipitándose abruptamente en el octavo año, para luego elevar su concentración.

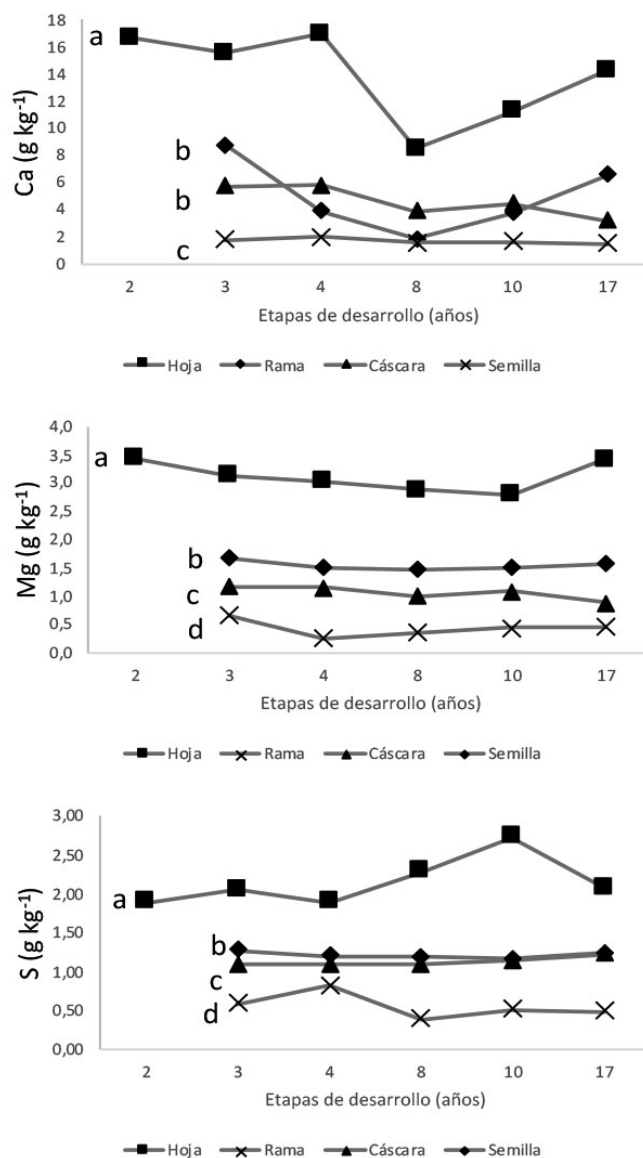


Figura 2. Contenido de Ca, Mg y S (g kg^{-1}) en hojas, rama, cáscara y semilla de la planta de rambután (*Nephelium lappaceum*) en diferentes etapas (años) de desarrollo. Atlántida, Honduras. 2017.

Promedios con igual letra no difieren significativamente según la prueba Tukey ($p < 0,05$).

Figure 2. Ca, Mg, and S (g kg^{-1}) content in leaves, branch, husk, and seed of the rambutan (*Nephelium lappaceum*) plant at different stages (years) of development. Atlantida, Honduras. 2017.

Averages with the same letter do not differ significantly according to the Tukey test ($p < 0.05$).

El Mg, al igual que el Ca se encontró en mayor concentración en las hojas ($3,12 \text{ g kg}^{-1}$), donde se suscita la mayor actividad fotosintética; hubo menor acumulación en la semilla ($1,55 \text{ g kg}^{-1}$), la cáscara ($1,06 \text{ g kg}^{-1}$) y por último, en las ramas ($0,44 \text{ g kg}^{-1}$). Este elemento nutritivo es requerido en cantidades similares en cada uno de los tejidos evaluados a lo largo de los años. Los valores superiores del S se localizaron en las hojas ($2,15 \text{ g kg}^{-1}$), luego en la semilla ($1,21 \text{ g kg}^{-1}$), la cáscara ($1,13 \text{ g kg}^{-1}$) y la rama ($0,56 \text{ g kg}^{-1}$). A lo largo de los años, las concentraciones de S variaron en la hoja y la semilla, siendo más estable en el resto de los órganos.

Concentración de macronutrientes en diferentes épocas productivas

Para los macronutrientes N, P y K, hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las etapas de desarrollo de la planta (Figura 3). Con respecto al nitrógeno, la mayor acumulación sucedió en el año 17 ($14,44 \text{ g kg}^{-1}$), ya que la planta posee una mayor biomasa aérea, a la vez, se registró que su demanda fue constante en todo el ciclo productivo al no encontrarse diferencias estadísticas del tercer hasta el décimo año.

Para el fósforo, se registraron diferencias significativas entre tratamientos. En las primeras etapas de la planta, los años 3 ($1,94 \text{ g kg}^{-1}$) y 4 ($1,75 \text{ g kg}^{-1}$), la acumulación del nutrimento fue mayor en comparación con los años 8 ($1,41 \text{ g kg}^{-1}$) y 10 ($1,45 \text{ g kg}^{-1}$); posterior a dichas edades la concentración a la edad más avanzada del estudio (17) se incrementó y presentó un valor de $2,13 \text{ g kg}^{-1}$.

Las mayores concentraciones de potasio acumulados en los tejidos se encontraron al inicio y final de la etapa productiva, años 3 ($8,32 \text{ g kg}^{-1}$) y 17 ($8,50 \text{ g kg}^{-1}$), mientras que en los años 4 ($7,16 \text{ g kg}^{-1}$), 8 ($7,04 \text{ g kg}^{-1}$) y 10 ($6,85 \text{ g kg}^{-1}$), los niveles disminuyeron de forma significativa, que a la vez no difirieron estadísticamente entre sí.

Para los macronutrientes Ca, Mg y S, hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos (Figura 4). La planta concentró más Ca al inicio de su etapa productiva, años 3 ($7,93 \text{ g kg}^{-1}$) y 4 ($7,12 \text{ g kg}^{-1}$), sin diferir estadísticamente entre sí, aunque la exigencia disminuyó significativamente en los años siguientes, y fue el año 8 ($3,93 \text{ g kg}^{-1}$) el más bajo. La acumulación en los tejidos luego se fue incrementando en los años 10 ($5,23 \text{ g kg}^{-1}$) y 17 ($6,35 \text{ g kg}^{-1}$), posiblemente por la mayor biomasa lignificada en hojas y ramas (Figura 4).

Los valores registrados de Mg y S acumulados en la planta fueron similares entre las etapas de desarrollo; para magnesio variaron de $1,43 \text{ g kg}^{-1}$ hasta $1,66 \text{ g kg}^{-1}$, mientras que para el azufre la concentración más baja fue al octavo año ($1,24 \text{ g kg}^{-1}$) y la más elevada en el 10 ($1,39 \text{ g kg}^{-1}$) (Figura 4).

El contenido de macronutrientes expresados en porcentaje relativo, mostró que en toda la planta, a través de los años, acumuló más nitrógeno (41 %), en un segundo nivel el potasio (24 %), calcio (20 %) y exigió en menor escala, al fósforo (6 %), magnesio (5 %) y azufre (4 %) (Figura 5).

Los muestreos de hojas se realizaron en las diversas fincas durante la etapa de cosecha, en contraste a lo realizado por Arias y Calvo (2014). Aunque las variedades que utilizaron los productores para conformar las fincas de rambután en Honduras (R-134, R-162, R-167, Binjai) y Costa Rica (R-162, R-134, Jeetle) pudieran ser similares genéticamente, las condiciones edafoclimáticas fueron contrastantes entre las zonas productivas, aun así, existieron similitudes en la concentración acumulada de la mayoría de los macronutrientes (Cuadro 3), a excepción del Ca, donde los valores de la propuesta de Vargas-Calvo (2009) superaron a la referenciada por Arias y Calvo (2014). La variabilidad existente en la región Centroamericana no fue muy distante a los niveles que se reportaron en Australia (Lim et al., 1997), cuyo material genético no distó en demasía al utilizar R-134, R-156, R-162, R-167, Binjai, Jitlee y Rongrien. Los resultados obtenidos contribuyen en afianzar rangos óptimos de análisis foliar como herramienta de diagnóstico nutricional.

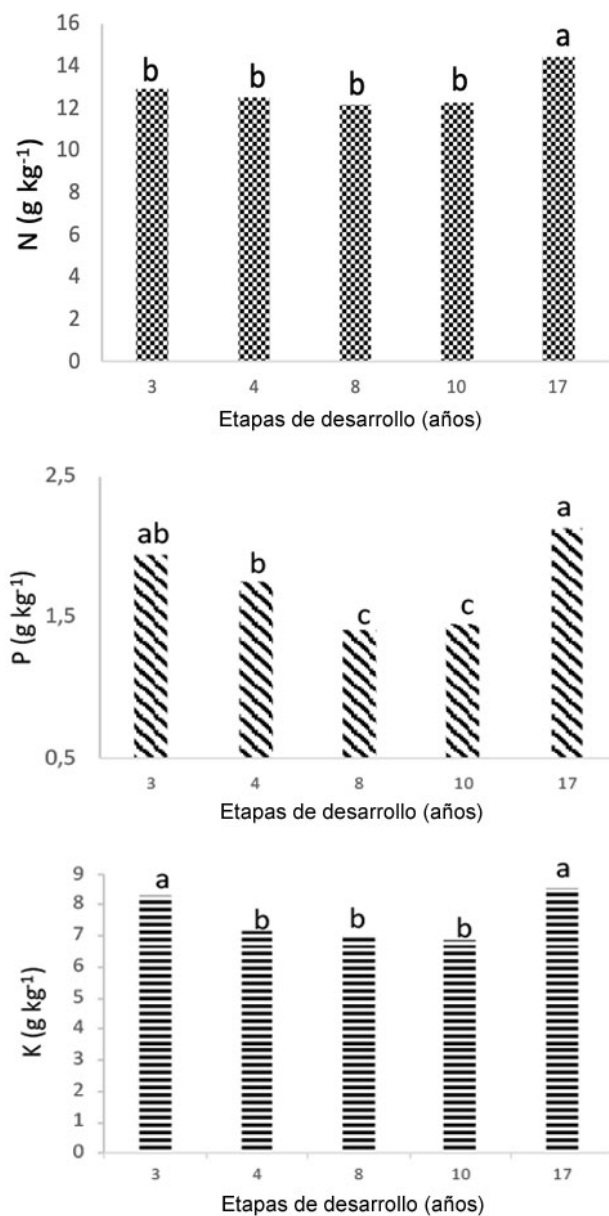


Figura 3. Contenido de N, P y K (g kg^{-1}) en diferentes edades (años) de la planta (hojas + cáscara + rama + semilla) de rambután (*Nephelium lappaceum*). Atlántida, Honduras. 2017.

Promedios con igual letra no difieren significativamente según la prueba Tukey ($p < 0,05$).

Figure 3. N, P, and K (g kg^{-1}) content at different ages (years) of the plant (leaves + husk + branch + seed) of rambutan (*Nephelium lappaceum*). Atlantida, Honduras. 2017.

Averages with the same letter do not differ significantly according to the Tukey test ($p < 0.05$).

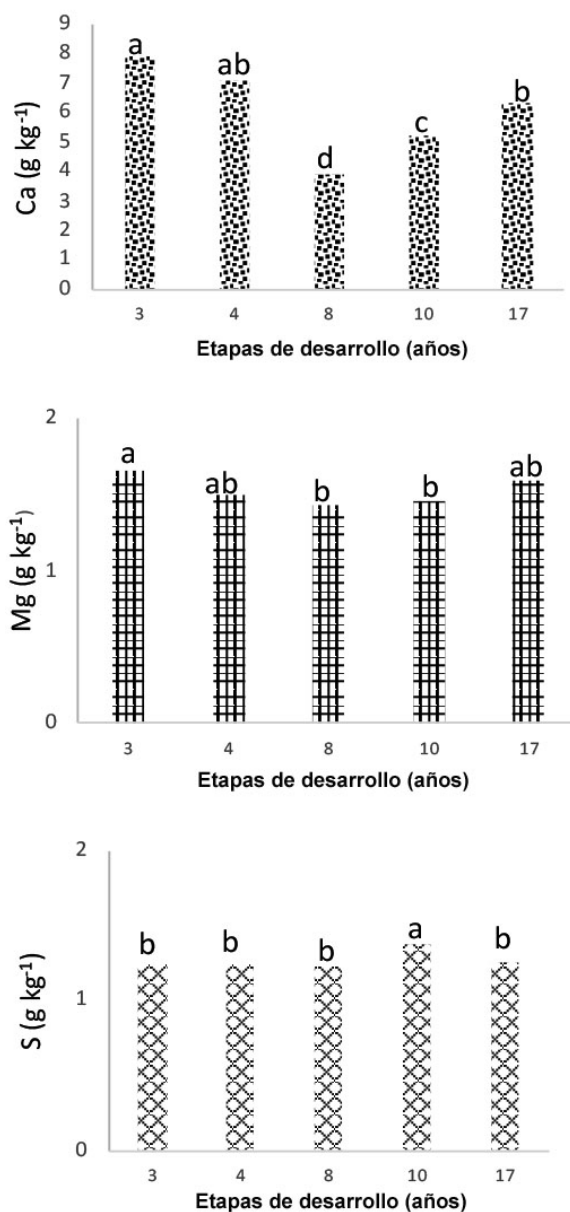


Figura 4. Contenido de Ca, Mg y S (g kg⁻¹) en diferentes edades (años) de la planta (hojas + cáscara + rama + semilla) de rambután (*Nephelium lappaceum*). Atlántida, Honduras. 2017.

Promedios con igual letra no difieren significativamente según la prueba Tukey ($p < 0,05$).

Figure 4. Ca, Mg, and S (g kg⁻¹) content at different ages (years) of the plant (leaves + husk + branch + seed) of rambutan (*Nephelium lappaceum*). Atlántida, Honduras. 2017.

Averages with the same letter do not differ significantly according to the Tukey test ($p < 0.05$).

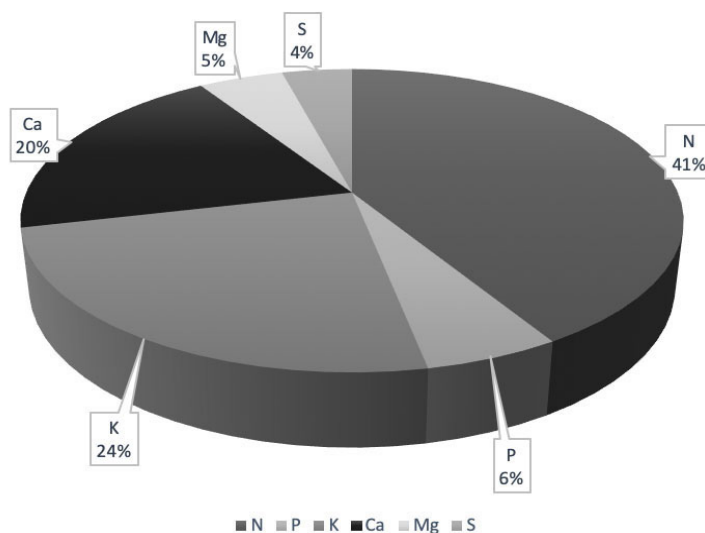


Figura 5. Concentración de los macronutrientes en la planta (hojas + cáscara + rama + semilla) de rambután (*Nephelium lappaceum*), en las diferentes etapas de desarrollo (año 3 + 4 + 8 + 10 + 17). Atlántida, Honduras. 2017.

Figure 5. Concentration of macronutrients in the plant (leaves + husk + branch + seed) of rambutan (*Nephelium lappaceum*) in the different stages of development (year 3 + 4 + 8 + 10 + 17). Atlantida, Honduras. 2017.

Cuadro 3. Rangos para interpretar los análisis foliares en rambután (*Nephelium lappaceum*). Atlántida, Honduras. 2017.

Table 3. Ranges to interpret the foliar analysis in rambutan (*Nephelium lappaceum*). Atlantida, Honduras. 2017.

Elemento (%)	Rango de suficiencia			
	Lim et al. (1997)	Vargas-Calvo (2009)	Arias y Calvo (2014)	Propuesta autores
Nitrógeno	1,54-1,8	1,85 ± 0,11	1,9-2,2	1,97-2,33
Fósforo	0,21-0,23	0,19 ± 0,01	0,2-0,3	0,12-0,24
Potasio	0,69-0,77	0,52 ± 0,05	0,6-0,8	0,49-0,71
Calcio	0,68-0,77	1,68 ± 0,23	0,6-0,8	0,84-1,67
Magnesio	0,41-0,48	0,37 ± 0,03	0,25-0,5	0,28-0,34
Azufre	0,16-0,17	0,25 ± 0,03	0,15-0,3	0,19-0,27

Discusión

En todos los órganos analizados la concentración del nitrógeno fue similar a lo largo de los años, aumentando un poco solamente en el año 17, donde la planta tuvo mayor biomasa acumulada. Nutrimiento requerido en grandes cantidades no solo en la etapa de crecimiento y desarrollo, sino que funge un papel crucial en la renovación foliar después de cada poda realizada en las plantaciones para mantenerlas productivas.

La acumulación del P en el rambután registró sus mayores picos al inicio de la etapa productiva, donde la formación de la estructura de la planta, principalmente el sistema radical, exige buena parte del P absorbido desde

el suelo. Con el transcurrir de las etapas de desarrollo los fotoasimilados se distribuyen en los diversos tejidos, cumpliendo funciones específicas, en este caso, se localizaron más en las semillas, responsable de la supervivencia de las plantas.

El K se concentró de forma constante en el periodo intermedio de muestreo, elevando levemente las concentraciones al inicio y final del ciclo productivo, y se concentró en su mayoría en la cáscara y ramas, responsables de la conducción y almacena de azúcares y agua en la planta. El potasio contribuye en la osmoregulación de las plantas, mecanismo que cobra mayor importancia en las condiciones bajo estudio, donde los productores no cuentan con sistemas de riego por aspersión o goteo y disponen del agua requerida en la floración y fructificación.

Las hojas fueron el principal reservorio de macronutrientes (N, Ca, Mg y S) en el rambután, ya que en ellas se registraron los niveles más altos de concentración; por lo que se consideran como tejido referente para el monitoreo nutricional. El comportamiento del calcio fue similar al P en toda la planta, al registrar los mayores niveles al inicio de la etapa productiva para luego decaer con los años; mientras que Mg y S, requeridos en procesos metabólicos de generación de tejidos, los niveles fueron constantes en el ciclo del cultivo.

Si se considera que las plantaciones de rambután en su mayoría son manejadas por productores de pequeña escala en el litoral atlántico de Honduras, es valioso registrar la demanda nutricional de toda la planta en el orden siguiente: $N > K > Ca > P > Mg > S$, lo que servirá de parámetro para formular o mejorar programas de fertilización, por consiguiente, aumentar la productividad. Otra apreciación desde Australia es la que reportaron Lim et al. (1997), donde los nutrientes removidos del sistema a través del fruto fueron en el siguiente orden: $N > K > Ca > Mg > P$. Mientras en Malasia, Ng y Thamboo (1967) mostraron que 15 kg de N, 11,7 kg de K, 5,9 kg de Ca, 2,7 kg de Mg y 2 kg de P por hectárea fueron removidos en la producción (75 árboles ha⁻¹) de 7300 kg fruta ha⁻¹.

Los rangos de suficiencia de macronutrientes monitoreados en las hojas propuestos como los referenciados en otros países, con diferentes condiciones edafoclimáticas, variedad y manejo nutricional de las plantaciones, servirán para evaluar el efecto de la fertilización y de la fertilidad natural del suelo.

Conclusiones

La concentración de macronutrientes difirió significativamente entre los órganos vegetales y entre edades del cultivo. Se encontró la mayor concentración de N, Ca, Mg y S en hojas, de P en la semilla y de K en la cáscara.

La demanda de P, K, Ca y Mg fue mayor al inicio de la etapa productiva para luego decaer en los años 8 y 10, mientras que para N y el S, fue similar a lo largo del ciclo. El orden de requerimiento nutricional en toda la planta fue el siguiente: $N > K > Ca > P > Mg > S$.

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento y recursos brindados para realizar esta investigación al Departamento de Suelos en el Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico y a la Dirección de Investigación Científica y Posgrado en Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras.

Literatura citada

Amézquita, E., J. Ashby, E.K. Knapp, R. Thomas, K. Müller-Sämman, H. Ranvorg, J. Beltrán, J.I. Sanz, I.M. Rao, and E. Barrios. 1998. CIAT's strategic research for sustainable land management on the steep hillsides of Latin America. En: F.W.T.

- Penning-de-Vries et al., editors, Soil erosion at multiple scales: principles and methods for assessing causes and impacts. CAB International, Wallingford, UK, p. 121-132.
- Arias, T.M., y V.I. Calvo. 2014. El cultivo de rambután o mamón chino. MAG-INTA-FITTACORI, San José, CRI.
- Balsberg-Pahlsson, A.M. 1990. Influence of aluminum on biomass, nutrients, soluble carbohydrate and phenols in beech (*Fagus sylvatica*). *Physiol. Plant.* 78:79-84. doi:10.1111/j.1399-3054.1990.tb08718.x
- Castro, H. 2004. Propuesta guía de indicadores analíticos para calificar suelos estables y en proceso de degradación desde el punto de vista físico. En: CIAT, editor, Memorias I Taller Nacional sobre indicadores de calidad del suelo. CIAT, Palmira, Valle, COL. p. 37-42.
- FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola), y SOCODEVI (Sociedad de Cooperación para el Desarrollo Internacional). 2018. Guía técnica: Producción de rambután en sistemas agroforestales. FHIA, y SOCODEVI, HON.
- Gardi, C., M. Angelini, S. Barceló, J. Comerma, C. Cruz-Gaistardo, A. Encina-Rojas, A. Jones, P. Krasilnikov, M.L. Mendonça-Santos-Brefin, L. Montanarella, O. Muñoz-Ugarte, P. Schad, M.I. Vara-Rodríguez, y R. Vargas. 2014. Atlas de suelos de América Latina y el Caribe. Comisión Europea, Ciudad de Luxembourg, LUX.
- Giller, K. 2001. Nitrogen fixation in tropical cropping systems. CAB International, Wallingford, GBR.
- Goenaga, R. 2011. Dry matter production and leaf elemental concentrations of rambutan grown on an acid Ultisol. *J. Plant Nutr.* 34:753-761. doi:10.1080/01904167.2011.540690
- Hernández, H.D., C.N. Aguilar, R. Rodríguez-Herrera, A.C. Flores-Gallegos, J. Morlett-Chávez, M. Govea-Salas, y J.A. Ascacio-Valdés. 2019. Rambután (*Nephelium lappaceum* L.): Una revisión general. *JBCT* 11(21):7-13.
- Jordan, F., W. Jody, E. Glenn, L. Sam, T. Thompson, and T. Lewis. 2008. Natural bioremediation of a nitrate-contaminated soil-and-aquifer system in a desert environment. *J. Arid Environ.* 72:748-763. doi:10.1016/j.jaridenv.2007.09.002
- Lim, T.K., L. Luders, Y. Dieczbalis, and M. Poffley. 1997. Rambutan nutrient requirement and management. Darwin: Department of Primary Industry and Fisheries, AUS.
- Ng, S.K., and S. Thamboo. 1967. Nutrient removal studies on Malaysian fruits – durian and rambutan. *Malaysian Agric. J.* 46:164-183.
- Rao, I.M. 2009. Essential plant nutrients and their functions. Working Document No. 36. CIAT, Cali, COL.
- Salisbury, B.F., y C. W. Ross. 1994. Fisiología vegetal. Editorial Iberoamérica, Ciudad de México, MEX.
- SAS Institute. 2002. Statistical analysis software Versión 9.1.3. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Vargas-Calvo, A. 2009. Síntomas asociados con altas concentraciones de boro en rambután (*Nephelium Lappaceum*). *Agron. Mesoam.* 20:121-126. doi:10.15517/AM.V20I1.4987.
- Woomer, P.L., A. Martin, A. Albrecht, D.V.S. Resck, and H.W. Scharpenseel. 1994. The importance and management of soil organic matter in the tropics. In: P.L. Woomer, and M.J. Swift, editors, The biological management of tropical soil fertility. Wiley & Sons, and TSBF, GBR. p. 47-80.