

Extracción de nutrientes del mango cv. Tommy Atkins en suelos Entisoles e Inceptisoles del departamento del Tolima, Colombia.

Nutrient extraction from mango cv. Tommy Atkins in Entisols and Inceptisols soils of the department of Tolima, Colombia.

Marlon José Yacomelo Hernández^{1*}; Carlos Alberto Abaunza González²; Eliseo Polanco Díaz²; Isueh Arenas-Rubio¹; Ender Manuel Correa Álvarez¹; Sair Jaramillo Bonilla²

Recibido para publicación: agosto 23 de 2021 - Aceptado para publicación: octubre 11 de 2021

RESUMEN

El mango cv. Tommy Atkins es cultivado en el departamento del Tolima, principalmente, lugar donde expresa su mejor comportamiento agronómico y calidad de la fruta. El objetivo fue evaluar el estado nutricional de las plantas y cuantificar la extracción de nutrientes por la fruta de mango Tommy Atkins en función del orden de suelo donde se cultiva. Las concentraciones de cada nutriente variaron entre fases muestreadas y de órgano (hojas, flor y fruto) en función del orden del suelo donde es cultivado (Entisol e Inceptisol). La mayor extracción por cada mil kilogramos cosechado de fruta fue de potasio (K) seguido de nitrógeno (N) en los seis muestreos evaluados independientemente del orden de suelo (K, Entisol, E2=2,39 kg t⁻¹, E3=2,07 kg t⁻¹ y E4=2,00 kg t⁻¹; Inceptisol E2=2,58 kg t⁻¹, E3=2,40 kg t⁻¹ y E4=2,05 kg t⁻¹; N, Entisol, E2=1,56 kg t⁻¹, E3=1,65 kg t⁻¹, E4=1,46 kg t⁻¹ e Inceptisol E2=1,52 kg t⁻¹, E3=1,01 kg t⁻¹ y E4=1,69 kg t⁻¹). La extracción total de nutrientes por el mango cv. Tommy Atkins, por cada mil kilogramos cosechados fue cercana a 4,3 kg de nutrientes en suelos de orden Entisol y 4,5 kg de nutrientes en suelos de orden Inceptisol, siendo el orden de extracción K>N>P>Ca>Mg>S en suelos Entisol y K>N>Ca>P>Mg>S en suelos Inceptisol.

Palabras clave: Entisol; Extracción de nutrientes; Inceptisol; Nutrientes.

ABSTRACT

Mango cv. Tommy Atkins is mainly grown in the department of Tolima, a place where it expresses its best agronomic behavior and quality of the fruit. The objective was to evaluate the nutritional status of the plants and quantify the extraction of nutrients by plants of Tommy Atkins mango fruit based on the soil order where is grown. The concentrations of each nutrient varied between samples and organ phases (leaves, flower, and fruit) depending on the order of the soil where it is cultivated (Entisol and Inceptisol). The highest extraction per one thousand kg of harvested fruit was potassium (K) followed by nitrogen (N) in the three phases independently evaluated of the soil order (K, Entisol, E2 = 2.39 kg t⁻¹, E3 = 2.07 kg t⁻¹ and E4 = 2.00 kg t⁻¹; Inceptisol E2 = 2.58 kg t⁻¹, E3 = 2.40 kg t⁻¹ and E4 = 2.05 kg t⁻¹; N, Entisol, E2 = 1.56 kg t⁻¹, E3 = 1.65 kg t⁻¹, E4 = 1.46 kg t⁻¹ and Inceptisol E2 = 1.52 kg t⁻¹, E3 = 1.01 kg t⁻¹ and E4 = 1.69 kg t⁻¹). The total extraction of nutrients by mango cv. Tommy Atkins, for one thousand kg of harvested fruit was close to 4.3 kg of nutrients in soils of the Entisol order and 4.5 kg of nutrients in soils of the Inceptisol order. The extraction order was K>N>P>Ca>Mg>S.

Key words: Entisol; Nutrient extraction; Nutrients; Inceptisol.

Cómo citar

Yacomelo Hernández, M.J., Abaunza González, C.A., Polanco Díaz, E., Arenas-Rubio, I., Correa Álvarez, E.M. y Jaramillo Bonilla, S. 2021. Extracción de nutrientes del mango cv. Tommy Atkins en suelos Entisoles e Inceptisoles del departamento del Tolima, Colombia. *Temas Agrarios* 26(2): 117-128. <https://doi.org/10.21897/rta.v26i2.2842>



Temas Agrarios 2021. Este artículo se distribuye bajo los términos de la Licencia Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es>), que permite copiar, redistribuir, remezclar, transformar y crear a partir del material, de forma no comercial, dando crédito y licencia de forma adecuada a los autores de la obra.

INTRODUCCIÓN

El mango (*Mangifera indica* L.) se encuentra distribuido en el mundo alrededor de las regiones tropicales y subtropicales (Bekele *et al.*, 2020). En el 2018 la producción mundial de mango representó más del 50% de la producción mundial de las frutas tropicales (FAO, 2020). En Colombia el área reportada en el año 2019 fue aproximadamente de 33 mil hectáreas, alcanzando una productividad de 300 mil toneladas. Entre los cultivares sembrados está la cv. Tommy Atkins, establecida en el departamento del Tolima en un área aproximada de 7000 mil hectáreas, con rendimientos promedios de 15,80 toneladas por hectárea (Minagricultura, 2020).

Entre los factores que influyen en la sostenibilidad de las fincas productoras de mango y que están muy relacionados con la calidad y producción de la fruta, se encuentran las propiedades del suelo, las condiciones climáticas y las estrategias de fertilización (Khan y Ahmed, 2020), sin embargo, es preciso indicar que en la actualidad la mayoría de los productores fertilizan sin tener en cuenta los requerimientos nutricionales de las plantas, el estado nutricional actual del cultivo y la fertilidad del suelo, pudiendo estar aplicando de más o menos del requerimiento, lo cual puede afectar procesos fisiológicos y metabólicos (Berdanier y Berdanier, 2015; Souri y Aslani 2018; Souri y Bakhtiarizade, 2019).

El nitrógeno (N) y el potasio (K) son nutrientes esenciales para la producción de frutos de mango porque promueven el crecimiento y desarrollo vegetativo del cultivo. El nitrógeno, estimula la formación de yemas florales y yemas que producirán frutos debido al aporte de aminoácidos, proteínas, compuestos nitrogenados, vitaminas y pigmentos. El potasio, permite promueve el incremento del contenido de carbohidratos y proteínas, lo

que permite un llenado de frutos por medio de la promoción del almacenamiento de azúcar, almidones y el transporte de foto asimilados a los frutos, aumenta la resistencia a sequías, heladas, plagas y enfermedades (Zamora, 2021).

Ante lo expuesto anteriormente es posible realizar un diagnóstico sobre la nutrición de las plantas, mediante un análisis no destructivo, donde se midan las concentraciones de los diferentes elementos químicos en las hojas (análisis foliar), pues existe una relación muy estrecha entre la concentración de los nutrientes en el tejido vegetal y el crecimiento o rendimiento de las plantas cultivadas (Osorio, 2014).

Otro indicador disponible para generar programas de fertilización es la restitución de nutrientes en función de los requerimientos nutricionales por fase fenológica (Faria *et al.*, 2016; Salehin *et al.*, 2020) y de la extracción de nutrientes realizada por el fruto (Obreza y Morgan, 2008; Li *et al.*, 2017). El objetivo de este trabajo fue caracterizar las concentraciones de nutrientes en los diferentes órganos de la planta y cuantificar la extracción de nutrientes por la fruta de mango Tommy Atkins en suelos Entisoles e Inceptisoles en el departamento del Tolima, en función del orden de suelo donde se cultiva y de la etapa fenológica de la planta.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en cuatro fincas productoras de mango Tommy Atkins del departamento del Tolima, dos ubicadas en suelos de orden Entisoles y dos en Inceptisoles. Los suelos de orden Inceptisol de taxonomía Typic Haplustepts, ubicados en relieves de abanico reciente, de material parental de sedimentos aluviales que cubren depósitos de toba, caracterizados por presentar baja evolución pedogenética,

moderadamente profundos, de texturas medias. Morfológicamente presentan un perfil de tipo A-B-C moderadamente desarrollados. El horizonte A, se caracteriza por presentar un espesor que varía entre 15 y 20 cm, con estructura en bloques subangulares finos y medios, textura franca y color pardo grisáceo muy oscuro.

El horizonte B presenta estructura en bloques angulares medios, de espesor mayor a 65cm, color pardo oscuro y textura franca. El horizonte C aparece después de los 65 cm de profundidad, es de textura franco arcillo arenosa y sin estructura (IGAC, 2004).

De acuerdo con la caracterización química de los suelos estos presentan bajo contenido de materia orgánica (1 – 2%), con pH neutros en los primeros 10cm de profundidad (15 cm) y ligera a moderadamente acida a partir de los 10cm según clasificación de Soil Survey Division Staff (SSDS, 1993); las bases totales y la capacidad de intercambio catiónica son medias a través del perfil, saturación de bases entre 13,30 y 50 % y contenido de fósforo bajos (<20 ppm). Las propiedades físicas presentan densidad aparente promedio de 1,56 g cm⁻³ en los primeros 10 cm aumentando en profundidad hasta 1,62 g cm⁻³ y porosidad total de 35,1% en los primeros 10cm de profundidad, con predominio de microporos (20,8%) sobre los Mesoporos (9,7%) y Macroporos (4,6%) (Tabla 1).

Los suelos Entisoles grupo taxonómico Typic Ustorthents, se desarrollaron a partir de esquistos, son moderadamente profundos, con limitaciones por la presencia de fragmentos de roca en el perfil, de buen drenaje, de textura moderadamente finas a medias, gravillosos a muy gravillosos a partir de los 25 cm. Morfológicamente presentan horizontes de tipo A-C, sin estructura. El horizonte A tiene de 16 a 25 cm de espesor, color pardo grisáceo oscuro y textura franca. El horizonte C compuesto por dos o tres

subhorizontes que varía de 30 a 45 cm de espesor, de colores pardo grisáceo oscuro y pardo amarillento oscuro, textura franca gravillosos, sin estructura. Presentan una reacción neutra en los primeros 55 cm y ligeramente acida en el resto del perfil. Densidad aparente de 1,61g cm⁻³ en los primeros 10cm de profundidad y aumentando hasta 1,69g cm⁻³ a profundidades superior a los 40 cm y porosidad total de 36,7%, siendo los Macroporos (4,1%), Mesoporos (9,8%) y Microporos (22,8%) (Tabla 1).

En cada finca seleccionada por grupo de suelo se seleccionó un grupo de 10 árboles con productividad mayor a 530 kg fruta · árbol⁻¹. En todos los árboles se realizó un seguimiento durante dos ciclos de cosecha (dos años). El ciclo de cosecha se separó en tres muestreos por año; los cuales fueron realizados a los 30, 90 y 110 días después de la floración (tiempo óptimo de cosecha). En cada árbol seleccionado durante cada muestreo (6 en total, tres por año) se cosecharon 20 frutos del tercio medio de la copa para determinar la extracción de nutrientes por el fruto en cada una de las fases. Se tomó el peso fresco total de biomasa fresca y seca de fruto, y se cuantificó la cantidad de biomasa seca correspondiente a una tonelada de fruto fresco. Conociendo la concentración de nutrientes en el tejido vegetal, se cuantificó la cantidad de nutrimentos que se extrae por cada mil kilogramos de fruta.

Adicionalmente, en el año 2 en cada muestreo se tomaron 10 hojas de brotes no fructíferos, en ramas del tercio medio del árbol, por cada punto cardinal (40 hojas por árbol), de edad comprendida entre 6 y 7 meses (hoja más baja de un brote nuevo), de acuerdo con Campos y Calderón (2016). Por otra parte, se realizó un muestreo de inflorescencias para caracterizar los contenidos de nutrientes en ellas.

Tabla 1. Características físico químicas de los suelos cultivados con mango Tommy Atkins en el departamento del Tolima.

Nutriente	Concentración	Nutrientes	Concentración
pH	6,58 ± 0,26	K (cmol(+) kg ⁻¹)	0,21 ± 0,03
CE (dS m ⁻¹)	0,14 ± 0,03	Na (cmol(+) kg ⁻¹)	<0,14 ± 0,00
MO (%)	1,07 ± 0,31	Fe (mg kg ⁻¹)	38,61 ± 5,15
P (mg kg ⁻¹)	8,47 ± 4,56	Cu (mg kg ⁻¹)	<1 ± 0,00
S (mg kg ⁻¹)	2,24 ± 0,74	Mn (mg kg ⁻¹)	4,68 ± 0,85
CICE	4,44 ± 0,91	Zn (mg kg ⁻¹)	1,85 ± 0,80
Ca (cmol(+) kg ⁻¹)	3,29 ± 0,78	B (mg kg ⁻¹)	0,25 ± 0,05
Mg (cmol(+) kg ⁻¹)	0,86 ± 0,12		
Propiedades físicas			
Textura	AF	Porosidad total (%)	35,1 ± 2,72
Da (gcm ⁻³)	1,56 ± 0,08 Aumenta en profundidad	Macroporos (%)	4,6 ± 2,60
		Microporos (%)	20,76 ± 2,56
pH	6,37 ± 0,30	K (cmol(+) kg ⁻¹)	
CE (dS m ⁻¹)	0,12 ± 0,03	Na (cmol(+) kg ⁻¹)	
MO (%)	0,54 ± 0,21	Fe (mg kg ⁻¹)	
P (mg kg ⁻¹)	12,70 ± 0,77	Cu (mg kg ⁻¹)	
S (mg kg ⁻¹)	1,75 ± 0,35	Mn (mg kg ⁻¹)	
CICE	2,39 ± 0,61	Zn (mg kg ⁻¹)	
Ca (cmol(+) kg ⁻¹)	1,70 ± 0,46	B (mg kg ⁻¹)	
Mg (cmol(+) kg ⁻¹)	0,63 ± 0,20		
Propiedades físicas			
Textura	FA	Porosidad total (%)	36,7 ± 2,87
Da (gcm ⁻³)	1,61 ± 0,09 Aumenta en profundidad	Macroporos (%)	4,1 ± 2,62
		Microporos (%)	22,8 ± 2,59

*Métodos de extracción (**pH**: VC-R-004 Versión 03, **CE**: NTC 5596:2008, **MO**: Walkey & Blackg, **P**: VC-R-007 Versión 2, **Ca**, **Mg**, **K** y **Na**: ID-R-072 Versión 5, **Fe**: NTC 5526:2007, **Al**: KCl, **B** y **S**: Fosfato monobásico de calcio.

Fuente: Elaboración propia.

En el tejido foliar y fruto de cada muestra se cuantificaron las concentraciones de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), Calcio (Ca), magnesio (Mg), manganeso (Mn), zinc (Zn), boro (B), cobre (Cu) y hierro (Fe). Los métodos empleados para la extracción de nutrientes en tejido foliar fueron; **1)** Digestión cerrada nítrico: peróxido (5:1:2) / Espectrometría de emisión de plasma inductivamente acoplado para P, K, Ca, Mg, Na, S, Fe, Cu, Mn y Zn, **2)**

EPA 351,3 modificado para N, **3)** NTC 5404 modificado para B.

Se realizó un análisis descriptivo (media y coeficiente de variación - CV) para conocer la variabilidad de las concentraciones de los nutrientes en tejido foliar y en la fruta. Se realizó un análisis de varianza con medidas repetidas empleando modelos mixtos considerando la estructura de

covarianza autorregresiva heterogénea de primer orden. Se usó un nivel de significancia de 0,05 y en caso de encontrarse diferencias estadísticamente significativas se empleó la prueba de comparación múltiple de Tukey – Kramer. Todos los análisis fueron realizados empleando el procedimiento Glimmix de SAS 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC) y la agrupación de letras se generó empleando el macro pdmix800.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2 se resumen los promedios y coeficientes de variación de las concentraciones de los nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Mn, Zn, B, Cu y Fe en los diferentes órganos muestreados en las plantas de mango Tommy Atkins en el departamento del Tolima, por cada muestreo realizado durante el año 2. Las concentraciones de cada nutriente variaron entre muestreos y de órgano (hojas, flor y fruto). En el muestreo 1 en hojas nutrientes que presentaron mayor variación fueron B y Mn con CV de 46,40% y 38,73%. En el muestreo 1 en fruto Cu y Zn con CV de 40,80 % y 35,15 % y en hojas Mn y Cu 47,57 % y 47,01 %. En el muestreo 2 en fruto Fe y Mn con 100,49% y 52,15% y en hojas B y Mg 47,37% y 44,70%. Por último, en el muestreo 3, la mayor variación en fruto fue Mn y N con 45,88 % y 40,14 % respectivamente, y en hojas B y Mn con 48,26 % y 46,90% respectivamente.

En el muestreo realizado en la fase de floración, en inflorescencia los nutrientes que presentaron mayor variación fueron Mn y Ca con CV de 131,62% y 124,51% respectivamente.

Las concentraciones de N, K, S y Fe en hojas y P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Zn y B en fruto variaron significativamente entre muestreos ($p < 0,05$). En los muestreos 1, 2 y 3 las mayores

concentraciones de nutrientes de nutrientes en hojas fueron de Ca (M1=2,09%, M2=2,25 % y M3=2,00 %) seguido de N (M1=1,16 %, M2=1,15 % y M3=1,27 %), mientras que en fruto fueron de K (M1=1,03%, M2=0,92% y M3=0,84%), seguido de N (M1=0,63%, M2=0,55% y M3=0,64%). En el muestreo realizado en la fase de floración las mayores concentraciones de nutrientes en hojas fueron de Ca y N (Ca 2,08% y N 1,13%) y en flor de N y K (N 1,3 % y K 1,2%).

Lo anterior también fue reportado por Faria *et al.* (2016) en mango Tommy cultivado en Brasil, donde el contenido de P, K, Mg y Cu en las hojas de los árboles varió según las fases fenológicas (muestreos) y ciclos de producción, independientemente de las estrategias para reducir los niveles de riego en la inducción floral. Los contenidos de N, Ca, B, Fe, Mn y Na variaron con las fases y con los ciclos de producción, de manera independiente.

En la tabla 3, se presenta los valores promedios de las concentraciones de nutrientes en cada órgano en función del orden de suelo, durante los muestreos realizados en el año 2. De acuerdo con el análisis de varianza la concentración de nutrientes varió significativamente en función del orden de suelo y los muestreos en los diferentes órganos muestreados ($p < 0,05$). Lo anterior ha sido reportado en otros trabajos para la misma especie, por ejemplo, en México las regiones productoras tuvieron un efecto significativo en la concentración de nutrientes en la fruta, lo cual puede estar relacionado con el riego y la fertilización in situ, la cual está relacionada con el tipo de suelo. La humedad del suelo es importante para el movimiento adecuado de minerales en el suelo y la absorción por las raíces. Un estudio con mango 'Dashehari' mostró una mayor disponibilidad de minerales con un 45% de humedad del suelo, pero casi nula con un 30% (Bhriyuvanshi *et al.*, 2014).

Tabla 2. Concentraciones promedio de nutrientes en inflorescencia, hojas y frutos del cultivar mango Tommy Atkins en cuatro fases fenológicas (muestreos - año 2).

Muestreo	N	P	K	Ca	Mg	Na
	-----%-----					
Inflorescencia						
0	1,3 CV=15,57%	0,2 CV=24,77%	1,2 CV=32,05%	0,8 CV=124,51%	0,2 CV=38,46%	0,0
Hojas						
0	1,13b CV=7,63%	0,16a CV=10,48%	0,89a CV=6,38%	2,08a CV=9,78%	0,27a CV=31,78%	0,01a
4	1,16ab CV=12,32%	0,16a CV=26,37%	0,88a CV=11,18%	2,09a CV=11,89%	0,26a CV=26,43%	0,01a
5	1,15ab CV=12,06%	0,18a CV=32,52%	0,82ab CV=16,75%	2,25a CV=16,76%	0,23a CV=44,70%	0,00a
6	1,27a CV=15,39%	0,14a CV=21,36%	0,73b CV=26,81%	2,00a CV=27,92%	0,20a CV=29,79%	0,01a
Frutos						
4	0,63a CV=28,55%	0,17a CV=17,52%	1,03a CV=17,47%	0,19a CV=22,36%	0,08a CV=17,96%	0,00a
5	0,55a Cv=39,27%	0,13b CV=13,93%	0,92ab CV=15,89%	0,15b CV=14,05%	0,06b CV=19,49%	0,00a
6	0,64a CV=40,14%	0,12b CV=17,96%	0,84b CV=9,59%	0,12c CV=27,31%	0,06b CV=17,53%	0,00a
	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
	-----%-----					
	-----mg kg ⁻¹ -----					
Inflorescencia						
0	0,1 CV=15,31%	49,2 CV=44,82%	7,4 CV=32,70%	135,5 CV=131,62%	13 CV=29,10%	31,7 CV=61,97%
Frutos						
4	0,07a CV=31,35%	31,74a CV=30,74%	5,86a CV=40,80%	12,26a CV=25,81%	5,40a CV=35,15%	13,91a CV=13,01%
5	0,05b Cv=29,27%	25,19ab CV=100,49%	4,76ab CV=43,05%	13,26a CV=52,15%	3,48b CV=39,71%	12,53a CV=12,38%
6	0,05b CV=26,88%	17,29b CV=26,01%	4,21b CV=24,69%	12,32 CV=45,88%	3,37b CV=27,09%	10,69b CV=18,63%

*Letras distintas por columna indican diferencias significativas según prueba de Tukey ($p < 0,005$). (**Muestreo 0** = plena floración; **muestreo 4**= 35 días después de floración; **muestreo 5**=70 días después de floración y **muestreo 6**=110 días después de floración). **Nutrientes:** Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Sodio (Na), Azufre (S), Hierro (Fe), Cobre (Cu), Manganeseo (Mn), Zinc (Zn) y Boro (B). **CV:** Coeficiente de variación. **Fuente:** Elaboración propia.

En el muestreo 4 en hojas hubo diferencias significativas en las concentraciones de Mg y Mn entre orden de suelo, siendo mayores las concentraciones de Mg en Inceptisoles y de Mn en Entisol. En frutos no hubo efecto del orden del suelo sobre la concentración de nutrientes.

En el muestreo 5 en hojas, hubo diferencias significativas de las concentraciones de Ca, siendo mayores las concentraciones en suelos Entisoles; en fruto diferencias significativas de Mn entre orden de suelo, siendo mayores las concentraciones cuando se cultivó en orden Entisoles.

Finalmente, una vez los frutos se encuentran en el momento de cosecha (muestreo 6 - año 2) en hojas, se presentaron diferencias significativas de Mn, siendo mayores las concentraciones en suelos Entisoles; y en frutos no se presentaron diferencias entre orden de suelo donde es cultivado. El muestreo adicional realizado en el año 2 (M0-fase de floración) se encontró diferencias significativas en las concentraciones de P y K en flores de árboles establecidos en suelos de orden Entisoles, en comparación de árboles establecidos en suelos de orden Inceptisol, siendo mayores las concentraciones en suelos Inceptisoles.

Las plantas utilizan el suelo como medio inerte para crecimiento (Khan y Ahmed, 2020).

La disponibilidad de nutrientes es regulada en el suelo a través del crecimiento de las raíces y el suelo afecta las actividades funcionales de las plantas. Muchos tipos del suelo son aptos para la producción de mango, desde suelos de baja fertilidad hasta suelos bien fértiles (Dirou, 2004).

Aunque, el cultivo y el crecimiento del cultivar está influenciado por las propiedades del suelo. Suelo de menor fertilidad, ligero y de buenas propiedades de drenaje son considerados de mejores características para la producción de mango, mientras que en suelos muy fértiles se pueden presentar problemas en la coloración de la fruta (Madonsela, 2019).

Tabla 3. Concentraciones promedio de nutrientes en inflorescencia, hojas y frutos en cuatro fases fenológicas (muestréos – año 2) del cultivar mango Tommy Atkins establecido en dos órdenes de suelo, en el departamento del Tolima.

Orden de suelo	Muestreo	Órgano	%										mg kg ⁻¹		
			N	P	K	Ca	Mg	Na	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B	
Entisol	0	Flor	1,26a	0,19b	0,97b	1,07a	0,17a	0,00a	0,14a	41,91a	7,57a	193,72a	12,90a	37,10a	
Inceptisol	0	Flor	1,38a	0,25a	1,53a	0,34a	0,15a	0,00a	0,12a	60,13a	7,23a	48,29a	13,14a	23,53a	
Entisol	4	Fruto	0,64a	0,17a	0,99ab	0,17ab	0,08ab	0,00a	0,07a	30,58a	5,68 ^a	14,01ab	5,12a	14,11a	
Inceptisol	4	Fruto	0,63a	0,18a	1,06a	0,21a	0,09a	0,00a	0,07a	32,91a	6,03a	10,51b	5,68a	13,72ab	
Entisol	5	Fruto	0,68a	0,13b	0,86b	0,15bc	0,07ab	0,00a	0,06ab	22,77a	4,00a	18,30a	4,04ab	12,80abc	
Inceptisol	5	Fruto	0,42a	0,12b	0,99ab	0,15bc	0,06b	0,00a	0,04b	27,61a	5,52a	8,23b	2,93b	12,26abc	
Entisol	6	Fruto	0,60a	0,13b	0,82b	0,11c	0,07ab	0,00a	0,06ab	14,56a	4,63a	14,76ab	3,97ab	11,17bc	
Inceptisol	6	Fruto	0,70a	0,10b	0,85b	0,13bc	0,06b	0,00a	0,04b	20,02a	3,79a	9,87b	2,76b	10,21c	
Entisol	0	Hoja	1,19a	0,16a	0,90a	1,90b	0,17c	1,9E-03b	0,12ab	55,10a	5,12a	400,35ab	12,56a	41,77a	
Inceptisol	0	Hoja	1,10a	0,15a	0,89a	2,16ab	0,32a	0,01ab	0,13ab	68,84a	6,88a	239,48bc	11,21a	40,25a	
Entisol	4	Hoja	1,17a	0,16a	0,84a	2,12ab	0,20bc	0,00ab	0,14ab	62,82a	6,65a	453,17a	12,20a	52,73a	
Inceptisol	4	Hoja	1,15a	0,15a	0,90a	2,06ab	0,31a	0,01a	0,14ab	68,48a	6,38a	233,48bc	11,83a	41,61a	
Entisol	5	Hoja	1,16a	0,19a	0,82a	2,56a	0,18bc	0,00ab	0,15a	51,71a	5,23a	398,98abc	12,26a	53,97a	
Inceptisol	5	Hoja	1,16a	0,17a	0,81a	1,94b	0,28ab	0,00ab	0,13ab	49,74a	5,94a	228,27bc	11,15a	35,55a	
Entisol	6	Hoja	1,26a	0,13a	0,68a	1,86b	0,17c	0,00ab	0,11b	59,33a	4,97a	434,68a	11,41a	49,47a	
Inceptisol	6	Hoja	1,29a	0,15a	0,78a	2,14ab	0,23abc	0,01a	0,12ab	52,74a	6,74a	227,00c	11,42a	38,44a	

*Letras distintas por columna indican diferencias significativas según prueba de Tukey ($p < 0.005$).

Nutrientes: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), azufre (S), hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn), zinc (Zn) y boro (B). (**Muestreo 0** = plena floración; muestreo 4= 35 días después de floración; muestreo 5=70 días después de floración y muestreo 6=110 días después de floración).

Fuente: Elaboración propia

Extracción de nutrientes por la fruta

La fruta de mango Tommy Atkins alcanzó desarrollo fisiológico a los 110 días después de la floración. El 80% del crecimiento del fruto se logró en los primeros 60 días. Lo anterior cambia de acuerdo con la variedad y la región productora, por ejemplo, Corredor y García (2011) en mango Hilacha y Tommy Atkins en el valle del alto Magdalena, encontraron variación en los días que se requieren para que la fruta alcance su desarrollo fisiológico adecuado para cosechar ('Tommy Atkins' $78,6 \pm 3,3$ días).

De acuerdo con el análisis de varianza la extracción de nutrientes varió significativamente en función del orden de suelo para los nutrientes K y Mn. Hubo variación significativa en función del muestreo (fase fenológica) para los nutrientes P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mg y Na. La interacción Orden de suelo y Muestreo presentó efecto significativo para N, Mg y Ca (Tabla 4). Comparando entre los órdenes de suelo por cada muestreo solo se encontraron diferencias significativas en las concentraciones de Mn en los muestreos 2 y 5 siendo mayor las extracciones cuando se cultivó en suelos de origen Entisol. La mayor extracción por cada mil kilogramos de fruta cosechada fue de K seguido de N en los seis muestreos evaluados independientemente del orden de suelo donde es cultivado (K, Entisol, M1=2,39 kg t⁻¹, M2=2,07 kg t⁻¹, M3=2,00 kg t⁻¹, M4=2,38 kg t⁻¹, M5=2,07 kg t⁻¹ Y M6= 1,99 kg t⁻¹; Inceptisol M1=2,58 kg t⁻¹, M2=2,38 kg t⁻¹, M3=2,05 kg t⁻¹, M4=2,57 kg t⁻¹, M5=2,40 kg t⁻¹ Y M6=2,05 kg t⁻¹; N, Entisol, M1=1,56 kg t⁻¹, M2=1,65 kg t⁻¹, M3=1,46 kg t⁻¹, M4=1,55 kg t⁻¹, M5=1,65 kg t⁻¹ y M6=1,45 kg t⁻¹ e Inceptisol M1=1,52 kg t⁻¹, M2=1,01 kg t⁻¹, M3=1,69 kg t⁻¹, M4=1,51 kg t⁻¹, M5=1,00 kg t⁻¹ y M6=1,67 kg t⁻¹).

Los microelementos cumplen un rol en el desarrollo de los frutos, principalmente en los procesos de respiración y la fotosíntesis de la planta (Ahmed *et al.*, 2009), además, la deficiencia de micronutrientes con frecuencia provoca un retraso en la maduración del mango (Iqbal *et al.*, 2012). En mango Tommy Atkins la mayor extracción fue de Fe seguido de Mn y B en los seis muestreos evaluados independiente del orden del suelo donde es cultivado.

Lo anterior concuerda con lo reportado por Fallas *et al.* (2010) y Mellado *et al.* (2012), independiente del tipo de suelo, el elemento de mayor absorción es el K seguido del N, tal como lo sostiene también Gontijo (1982), citado por Vega y Molina (1999). Recientemente Mellado *et al.* (2012) también encontró diferencias significativas en la extracción de nutrientes por la fruta de Tommy Atkins entre localidad, variando entre 0,78 – 0,9 kg t⁻¹ de N, 0,12 – 0,16 kg t⁻¹ de P, 1,2 – 1,9 kg t⁻¹ de K, 0,2 – 0,3 kg t⁻¹ de Ca, 0,08 – 0,09 kg t⁻¹ de Mg, 0,08 – 0,25 kg t⁻¹ de S, por su parte los micronutrientes la extracción fue entre 6 – 6,3 g t⁻¹ de Fe, 1 – 1,2 g t⁻¹ de Cu, 3,3 – 5,6 g t⁻¹ de Mn, 1,5 – 1,9 g t⁻¹ de Zn y 2,0 – 4,3 g t⁻¹ de B. La extracción reportada de N, P, K, Ca y S están por debajo de las extracciones reportadas en el presente estudio, mientras que los micronutrientes son similares.

Es claro que la extracción de nutrientes varía en función de las características edafoclimáticas y de la variedad cultivada, por ejemplo, Yacomelo *et al.* (2021) en el cultivar mango de azúcar establecido en el departamento del Magdalena, Colombia, reporta extracciones de 2,43; 2,24 y 1,67 kg de potasio (K) y 1,87; 1,27 y 1,29 kg de nitrógeno (N), por cada mil kilogramos cosechados a los 35, 70 y 100 días después de la floración respectivamente.

Tabla 4. Extracción promedio de nutrientes por el fruto por cada mil kilogramos de fruta cosechada en función del orden de suelo y el muestreo (fase fenológica).

Orden	Muestreo	N		P		K		Ca		Mg		Na	
		Kg t ⁻¹											
Entisol	1 – año 1	1,56	ab	0,40	ab	2,39	abc	0,42	ab	0,19	abc	0,01	a
Inceptisol	1 – año 1	1,52	ab	0,45	a	2,58	a	0,50	a	0,21	a	0,01	a
Entisol	2 – año 1	1,65	ab	0,31	bcd	2,07	abc	0,37	ab	0,18	abc	0,01	a
Inceptisol	2 – año 1	1,01	b	0,30	dc	2,38	abc	0,36	bc	0,15	bc	0,01	a
Entisol	3 – año 1	1,46	ab	0,31	bcd	2,00	bc	0,27	c	0,18	abc	0,01	a
Inceptisol	3 – año 1	1,69	a	0,25	d	2,05	abc	0,31	bc	0,15	bc	0,01	a
Entisol	4 – año 2	1,55	ab	0,39	abc	2,39	abc	0,41	ab	0,18	abc	0,01	a
Inceptisol	4 – año 2	1,51	ab	0,44	a	2,57	ab	0,49	a	0,20	ab	0,01	a
Entisol	5 – año 2	1,65	ab	0,31	bcd	2,07	abc	0,37	ab	0,17	abc	0,01	a
Inceptisol	5 – año 2	1,00	b	0,29	d	2,40	abc	0,35	bc	0,15	c	0,13	a
Entisol	6 – año 2	1,45	ab	0,30	bcd	1,99	c	0,26	c	0,17	abc	0,13	a
Inceptisol	6 – año 2	1,67	a	0,25	d	2,05	abc	0,30	bc	0,15	bc	0,01	a

Orden	Muestreo	S		Fe		Cu		Mn		Zn		B	
		Kg t ⁻¹		g t ⁻¹									
Entisol	1 – año 1	0,17	a	7,41	ab	1,46	a	3,40	ab	1,24	ab	3,42	a
Inceptisol	1 – año 1	0,16	ab	7,98	a	1,38	a	2,55	ab	1,38	a	3,33	ab
Entisol	2 – año 1	0,14	ab	5,52	abc	1,34	a	4,44	a	0,98	ab	3,10	abc
Inceptisol	2 – año 1	0,10	ab	6,69	abc	0,97	a	1,99	b	0,71	b	2,97	abc
Entisol	3 – año 1	0,14	ab	3,53	c	1,12	a	3,58	ab	0,96	ab	2,71	bc
Inceptisol	3 – año 1	0,10	ab	4,85	bc	0,92	a	2,39	b	0,67	b	2,48	c
Entisol	4 – año 2	0,15	ab	7,40	ab	1,45	a	3,38	ab	1,23	ab	3,41	a
Inceptisol	4 – año 2	0,15	ab	7,97	a	1,36	a	2,54	ab	1,36	a	3,31	ab
Entisol	5 – año 2	0,13	ab	5,51	abc	1,32	a	4,42	a	0,97	ab	3,09	abc
Inceptisol	5 – año 2	0,09	ab	6,68	abc	0,96	a	1,98	b	0,69	b	2,96	abc
Entisol	6 – año 2	0,12	ab	3,52	c	1,11	a	3,57	ab	0,95	ab	2,69	bc
Inceptisol	6 – año 2	0,08	b	4,84	bc	0,91	a	2,38	b	0,66	b	2,46	c

*Letras distintas por columna indican diferencias significativas según prueba de Tukey ($p < 0.005$). **Nutrientes:** Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Sodio (Na), Azufre (S), Hierro (Fe), Cobre (Cu), Manganeseo (Mn), Zinc (Zn) y Boro (B).

De los microelementos la mayor extracción fue de hierro (Fe), seguido de boro (B), con 3,88 y 1,37 g t⁻¹, respectivamente. En cada ciclo de producción del cultivo de mango se remueven del suelo nutrientes que pasan a estar contenidos en los frutos cosechados. Por lo anterior es importante conocer los nutrimentos removidos por la planta en la cosecha (Salazar y Lazcano, 2001).

Con respecto a las propiedades químicas de los suelos estudiados (Entisol e

Inceptisol), se evidenció que el fósforo tuvo una concentración mayor en el Entisol con 12,70 mg kg⁻¹ comparado con 8,47 mg kg⁻¹ respectivamente (tabla 1) debido a que los Inceptisoles obedecen a un orden de suelos en el cual la saturación de bases y el contenido de fósforo son mucho menores al 50% y 250 mg kg⁻¹ respectivamente (Salazar *et al.*, 2021), precisamente porque son suelos poco evolucionados con horizontes poco profundos. Mientras que en el potasio tuvo un comportamiento diferente mostrando

que se incrementa en el Inceptisol con una concentración de 0,21 cmol (+) kg⁻¹ comparado con 0,09 cmol (+) kg⁻¹ en el Entisol (Tabla 1), lo anterior debido a que los Entisoles el material parental no permite la formación de suelo debido a la erosión hasta el punto de que hay ausencia de las características diagnósticas en los horizontes (Salazar *et al.*, 2021).

CONCLUSIONES

El cultivar de Tommy Atkins extrajo alrededor de 4,3 kg de nutrientes por cada tonelada (t) de fruta cosechada en suelos de orden Entisol distribuidos en la siguiente manera: 45,82% K, 33,37% N, 7,02% P, 6,12% Ca, 4,03% Mg y 3,20% S, y 0,44 % para el resto de los nutrientes, y 4,5 kg de nutrientes en suelos de orden Inceptisol distribuidos 44,88 % K, 36,99% N, 6,76 % Ca, 5,50% P, 3,31% Mg y 2,12 % S, y con 0,44 % el resto de los nutrientes.

Los registros de extracción de nutrientes por cada tonelada de fruta cosechada permitirán al productor contar con herramientas eficientes para la toma de decisiones que generen mayor productividad, y se reduzcan los costos por aplicación de fertilizantes innecesarios y se potencialice las capacidades de los suelos donde se encuentran establecidos este sistema productivo.

La información reportada son un aporte para la toma de decisiones sobre el manejo de la nutrición de las plantas teniendo en cuenta el orden del suelo, y la demanda nutricional de la planta para la formación de frutos de mango Tommy. Este análisis hace eficiente la aplicación de fertilizantes en los tiempos que la planta lo requiere.

Agradecimientos

Esta investigación fue realizada por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA, con recursos recibidos en el marco de la ley 1731 de 2014. La información presentada es resultado del proyecto ID1001212-Manejo del riego y nutrición del mango". Los autores expresan su gratitud a los productores que ayudaron en la implementación de la investigación. A los asistentes de investigación del C.I. Nataima José Arboney Guzmán y Gentil García, por la colaboración en la toma de información, preparación de las muestras y acompañamiento durante el proceso.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que es un trabajo original y no existió conflicto de intereses de ningún tipo en la elaboración y publicación del manuscrito

REFERENCIAS

- Ahmed, N., Ahmad, F., Abid, M. and Ullah, M.A. 2009.** Impact of zinc fertilization on gas exchange characteristics and water use efficiency of cotton crop under arid environment. *Pak J Bot*; 41(5):2189–97.
- Bekele, M., Satheesh, N. and Sadik. J. 2020.** Screening of Ethiopian mango cultivars for suitability for preparing jam and determination of pectin, sugar, and acid effects on physico-chemical and sensory properties of mango jam. *Scientific African* 7(5): e00277.
- Berdanier, C. and Berdanier, L. 2015.** Advanced nutrition: macronutrients, micronutrients, and metabolism. CRC Press; 2015. Search in Google Scholar

- Bhriguvanshi, S., Adak, T., Kumar, K., Singh, V., Singh A. and Singh, V. 2014.** Soil moisture, organic carbon and micronutrient dynamics and their interrelationship in drip irrigated mango orchard. *Journal of Soil and Water conservation* 11(4): 316-322.
- Campos, B. y Calderón, E. 2016.** El Análisis Foliar para el Diagnóstico Nutritivo de Plantaciones de Mango. Toma de muestras. Málaga. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, 1-8 p. Formato digital (e-book) - (Producción Agraria).
- Corredor, J. y García, J. 2011.** Fenología reproductiva, biología floral y visitantes florales en los cultivares de mango (*Mangifera indica L.*) Hilacha y Tommy Atkins en el valle del alto Magdalena (Colombia). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 12(1): 21-32.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=449945030003>
- Dirou, J.F. 2004.** Mango growing. Agfact H6.1.10, 4th Ed., NSW Centre for Tropical Horticulture, Alstonville, Australia.
- Fallas, R., Bertsch, F., Miranda, E. y Henríquez, C. 2010.** Análisis de crecimiento y absorción de nutrimentos de frutos de mango, cultivares Tommy Atkins Y Keith. *Agronomía Costarricense* 34(1): 1-15.
- FAO. 2020.** Las principales frutas tropicales Análisis del mercado 2018. Roma.
- Faria, L., Donato, S., Dos Santos, M. and Castro, L. 2016.** Nutrient contents in 'Tommy Atkins' mango leaves at flowering and fruiting stages. *Scientific Papers, Soil and Water Engineering. Engenharia Agrícola* 36 (06).
<https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n6p1073-1085/2016>
- IGAC. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2004.** Estudio general de suelos de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento Del Tolima.
- Iqbal, M., Niamatullah, M., Hussain, A., Munir, M., Khan, I. and Khan, M. 2012.** Performance of selected parameters of mango cultivars in Muzaffargarh district (Punjab), Pakistan. *Sarhad. J Agri*; 28(3):395–398.
- Khan, M. and Ahmed, N. 2020.** Sustainable management of mango Nutrition for better yield and quality. *Cercetări Agronomice în Moldova Vol. LIII(4)*: 473-501.
- Li, R., Chang, Y., Hu, T., Jiang, X., Liang, G., Lu, Z., Yi, Y. and Guo, Q. 2017.** Effects of Different Fertilization Treatments on Soil, Leaf Nutrient and Fruit Quality of Citrus grandis var. longanyou. *World Journal of Engineering and Technology*, 5, 1-14.
<https://doi.org/10.4236/wjet.2017.52B001>
- Madonsela, E. 2019.** Defining and describing fruit quality of mango, its development and protection in fruit production. *Acta Sci.Agric.*, 3(9): 38- 41.
- Mellado, V., Salazar, G., Treviño, de la F., González, D. y López, J. 2012.** Composición y remoción nutrimental de frutos de mango 'Haden' y 'Tommy Atkins' bajo producción forzada. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.3 Núm.5.* p. 925-941.
- Minagricultura, 2020.** Cadena del Mango. Indicadores e instrumentos. Primer trimestre 2020. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
<https://sioc.minagricultura.gov.co/Mango/Documentos/2020-03-30%20Cifras%20sectoriales.pdf>

- Obreza, T. and Morgan, K. 2008.** Nutrition of Florida citrus trees. Gainesville: Soil and Water Science Department, University of Florida.
- Osorio, N. 2014.** Manejo de Nutrientes en Suelos del Trópico. Editorial L.Vieco. Medellín, Colombia. p412.
- Salazar, G. and Lazcano, F. 2001.** Identifying fruit mineral removal differences in four avocado cultivars. USA. Better Crops International.
- Salazar, L. A. L. y Khalajabadi, S.S. 2021.** Taxonomía de suelos: Consideraciones para la zona cafetería de Colombia. p 34.
- Salehin, S., Mohsin, G., ferdous, T., Zaman, J., Uddin, M. and Rahman, M. 2020.** Soil Fertility and Leaf Nutrient Status of Mango Orchard Sites. Dhaka University Journal of Biological Sciences, 29(2):155–163.
<https://doi.org/10.3329/dujbs.v29i2.48735>
- SAS. 2012.** Statistical Analysis System, User's Guide. Statistical. versión Enterprise Guide 5,1. SAS. Inst. Inc. Cary. N.C. USA.
- Soil Survey Division Staff (SSDS). 1993.** Soil survey manual. Handbook No. 18. USDA. Washington D. C. p437.
- Souri, M. and Bakhtiarizade, M. 2019.** Biostimulation effects of Rosemary essential oil on growth and nutrient uptake of tomato seedlings. Sci Hortic 243: 472-476.
- Souri, M. and Aslani, M. 2018.** Beneficial effects of foliar application of organic chelate fertilizers on French bean production under field conditions in a calcareous soil. Adv. Hortic. Sci. 32(2): 265-272
- Vega, E. y Molina, E. 1999.** Fertilización nitrogenada en el cultivo de mango var. Tommy Atkins, en Guanacaste, Costa Rica. Agronomía Costarricense 23(1):37-44.
- Yacomelo, M., Ramírez, M., Pérez, U., Arcila, A., Carrascal, F. y Flórez, E. 2021.** Análisis nutricional y niveles de extracción del mango cv. Azúcar en el departamento del Magdalena, Colombia. Bioagro 33(2): 79-90.
<http://www.doi.org/10.51372/bioagro332.2>
- Zamora, M.V.J. 2021.** Optimización de la fertilización edáfica del mango (Tommy Atkins) mediante análisis espacial, Cerecita-Guayas. Ecuador. p88.