

24

EFFECTO DE LA INTERACCIÓN
DEL NITRÓGENO CON EL POTASIO SOBRE LA INTENSIDAD DE
LA CLOROFILA EN EL CULTIVO DEL BANANO

EFFECTO DE LA INTERACCIÓN

DEL NITRÓGENO CON EL POTASIO SOBRE LA INTENSIDAD DE LA CLOROFILA EN EL CULTIVO DEL BANANO

EFFECT OF NITROGEN-POTASSIUM INTERACTION ON CHLOROPHYLL INTENSITY IN BANANA CULTIVATION

Abrahan Rodolfo Cervantes Alava¹

E-mail: acervantes@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6223-8661>

Luis Sigcha Cañar¹

E-mail: lsicha_est@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6185-5753>

Diego Villaseñor Ortiz¹

E-mail: dvillasenor@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5646-4451>

Trosky Maldonado Mora¹

E-mail: tmaldonado@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9523-8681>

¹ Universidad Técnica de Machala. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Cervantes Alava, A. R., Sigcha Cañar, L., Villaseñor Ortiz, D., & Maldonado Mora, T. (2020). Efecto de la interacción del nitrógeno con el potasio sobre la intensidad de la clorofila en el cultivo del banano. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(2), 192-198.

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la Granja experimental Santa Inés de la Facultad de Ciencias Agropecuarias en la Universidad Técnica de Machala, con el objetivo de evaluar el efecto de la interacción del nitrógeno con el potasio sobre la intensidad de la clorofila en el cultivo de banano. En la variable IC los tratamientos que llevaron nitrógeno (200, 400 y 600 kg ha⁻¹) se observaron diferencias estadísticas a la dosis 0 kg ha⁻¹, distinto comportamiento se observó en los tratamientos que llevaron dosis de K, en donde todas las variables IC y AF no evidenciaron diferenciación estadística entre las dosis 0, 350, 700 y 1050 kg ha⁻¹ de K₂O. En la evaluación de la variable AF los tratamientos que llevaron nitrógeno se diferenciaron estadísticamente a la dosis 0 kg ha⁻¹, por otra parte, los tratamientos con dosis de 0, 350, 700 y 1050 kg ha⁻¹ de K₂O, no evidenció diferenciación estadística. Estos datos fueron corroborados mediante una prueba F, donde los tratamientos que llevaron nitrógeno se diferenciaron estadísticamente, no así, las dosis de K y la interacción NK para IC y AF, sin embargo, el AF del mes de mayo sí tuvo interacción estadística del K y su interacción.

Palabras clave:

Clorofila, área foliar, tratamientos, interacción.

ABSTRACT

This research was carried out at the Experimental Farm Santa Inés of the Faculty of Agricultural Sciences at the Technical University of Machala, with the aim of evaluating the effect of nitrogen interaction with potassium on the intensity of chlorophyll in banana cultivation. In the IC variable the treatments that carried nitrogen (200, 400 and 600 kg ha⁻¹) were observed statistical differences at dose 0 kg ha⁻¹ were observed, different behavior was observed in treatments carrying K doses, where all THE CI and AF variables showed no statistical differentiation between doses 0, 350, 700 and 1050 kg ha⁻¹ of K₂O. In the evaluation of the AF variable the treatments that carried nitrogen were statistically differentiated at the dose 0 kg ha⁻¹, on the other hand, treatments with doses of 0, 350, 700 and 1050 kg ha⁻¹ of K₂O, did not show statistical differentiation. These data were corroborated by an F-test, where treatments that carried nitrogen differed statistically, not so, the K doses and NK interaction for IC and AF, however, the May AF if it had statistical interaction of K and its interaction.

Keywords:

Chlorophyll, foliar area, treatments, interaction.

INTRODUCCION

Según el registro del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el Ecuador posee alrededor de 162 mil hectáreas sembradas de banano (*Musa spp.*) y cuenta con más de cuatro mil productores de fruta a nivel nacional, del cual el 95,6%, las que corresponden a pequeñas y medianas empresas, en este sentido, la producción de esta fruta lo convierte en una actividad que genera plazas de empleo y la reducción de la pobreza sectorial. Las provincias que concentran el mayor número de productores son El Oro (41%), Guayas (34%) y Los Ríos (16%), siendo la provincia de El Oro, el lugar donde se sitúan la mayor parte de pequeños productores con un 42%, mientras que los grandes productores se localizan principalmente en la provincia de Guayas y Los Ríos.

Los fertilizantes nitrogenados minerales son sustancias nutritivas que contienen nitrógeno (N) en forma asimilable para la planta, contribuyendo así a su crecimiento, desarrollo y producción, su alta demanda a nivel mundial se debe a que el N, junto con el fósforo (P) y potasio (K), son elementos claves en la producción de cultivos, por otro lado, a nivel mundial existe una generalizada deficiencia de N en los suelos, lo que conlleva al estudio de este elemento, dado que una aplicación con los procesos técnicos adecuados puede ser determinante en aumentos de rendimientos, calidad y sostenibilidad de los cultivos. Además, dada la necesidad de conocer el estado nutricional del cultivo de banano y debido a que los análisis químicos tradicionales resultan costosos cuando se quiere obtener una información completa de este tipo, se adoptan alternativas no destructibles. Se ha establecido una estrecha relación entre los contenidos de clorofila y niveles de N, en los tejidos vegetales de la planta.

En este contexto, la clorofila es importante en la planta para realizar la fotosíntesis (Castañeda, et al., 2018), por la tanto, la medición de ésta, es trascendental, en la síntesis de la glucosa y en las primeras del desarrollo de la planta.

Según Castañeda, et al. (2018), el contenido de clorofila en la hoja se presenta como una de las variables en el momento de evaluar el status fisiológico de las plantas, además, establece la relación del contenido de clorofila y el contenido de N en hojas, por consiguiente, existen equipos para estimar de modo indirecto, no destructivo y rápido el contenido de clorofila, como los medidores de la intensidad de la clorofila (Sanchez et al., 2018); la concentración de pigmentos fotosintéticos se relaciona con la concentración foliar de nitrógeno, por lo que de forma indirecta se puede saber si existe una deficiencia o exceso de este elemento.

Por lo antes expuesto se planteó la investigación con el siguiente objetivo de determinar el efecto de la interacción de dosis crecientes de N y K sobre la intensidad del color de la clorofila y el área foliar hasta la fase reproductiva del cultivo de banano, cultivar Williams y establecer una relación entre este índice y el área foliar del experimento, bajo las condiciones edafoclimáticas de la provincia de El Oro.

MATERIALES Y METODOS

La presente investigación se realizó en la Granja experimental Santa Inés de la Facultad de Ciencias Agropecuarias en la Universidad Técnica de Machala, ubicada a 5,5 km de la vía Machala-Pasaje, parroquia El Cambio, cantón Machala, provincia El Oro, Ecuador. La ubicación geográfica del experimento está entre las coordenadas 79° 54'05" de longitud oeste, y 03° 17'16" de latitud sur.

De acuerdo a las zonas de vida natural de Holdridge y en el mapa ecológico del Ecuador, el sitio pertenece a una clasificación de bosque muy seco Tropical (bms-T) con una precipitación media anual de 699 mm, una temperatura media anual de 25° C, una humedad relativa de 84 % y una altura de 6 msnm. El suelo del área de estudio está clasificado como un Aquic Dystrustepts, de clase textural franca y con parámetros de fertilidad (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 2014). Las características físico-químicas del estudio, se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Características físico – químicas del área de estudio.

Características químicas y físicas	Unidades	Niveles Óptimos	Resultado Profundidad	Resultado Profundidad
		para banano- Cultivo intensivo*	(0 – 30cm)	(0 – 60cm)
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	meq 100-1	> 15	39,8	33,2
Conductividad (CE)	mS/cm	0,3 - 0,6	0,38	0,23
pH (en H2O)	Vol 1:2	-	7,8	7,7
pH (en KCl)	Vol 1:2	5,5 – 7,0	6,6	6,4
M.O	%	3 – 5	1,2	0,8

Clase textural (USDA)			Franco limosa	Franco limosa
Densidad aparente	g cm ⁻³		1,45	1,35
Macronutrientes				
Nitrato (NO ₃ -N)	mg kg ⁻¹	-	3,5	2,4
Amonio (NH ₄ -N)	mg kg ⁻¹	-	0,9	3,2
(NO ₃ +NH ₄)-N	mg kg ⁻¹	35 – 60	4,4	5,6
Fosforo (P)	mg kg ⁻¹	25 – 40	35,9	26,5
Potasio (K)	mg kg ⁻¹	125 – 320	110	64,0
Magnesio (Mg)	mg kg ⁻¹	45 – 135	197	172
Calcio (Ca)	mg kg ⁻¹	600 – 1200	910	865
Azufre (SO ₄ -S)	mg kg ⁻¹	15 – 25	34,3	21,6
Micronutrientes				
Hierro (Fe)	mg kg ⁻¹	20 – 50	48,4	38,1
Manganeso (Mn)	mg kg ⁻¹	6 – 30	19,0	11,7
Cobre (Cu)	mg kg ⁻¹	1,0 – 4,0	4,6	4,8
Zinc (Zn)	mg kg ⁻¹	1,2 – 6,0	2,4	1,6
Boro (B)	mg kg ⁻¹	0,15 – 0,60	0,35	0,24
Peligro de salinidad				
Sodio(Na)	mg kg ⁻¹	< 140	65,6	41,7
Cloruro (Cl-)	mg kg ⁻¹	< 210	47,7	32,1
Sales Totales	mg kg ⁻¹	< 2000	313	188

El estudio fue conducido siguiendo las prácticas agrícolas que establece la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (2017), en cuanto a labores fitosanitarias para el cultivo, el control de malezas se realizó de forma manual, deshoje, cirugía de hojas de manera permanente para evitar la competencia por nutrientes y que éstas sean hospederas de plagas, además se realizó el deshoje, el cual consistió en eliminar las hojas que se deslaminan, después que fueron afectadas por Sigatoka (*Mycosphaerella fijienses*) y aquellas que ya no cumplen funciones en la planta.

El riego se realizó a través de un sistema de aspersión, con aspersores de caudal 3,4 gl·ha⁻¹, ubicados a una distancia de 11 m x 11 m. se estableció el tiempo y frecuencia de riego de acuerdo a las necesidades del cultivo. Por otra parte, cuando empezó la floración se procedió a proteger al racimo de daños ocasionados por plagas, agentes físicos, o cualquier otro que reduzca su población, esto mediante el enfunde del racimo con fundas de polietileno y en cada mano se colocó protectores de lámina expandida para hacer más eficiente esta labor. La fertilización fue de manera edáfica, tomando como guía las características físico-químico del suelo (Tabla 1) se elaboró un plan de fertilización con elementos y las dosis anteriormente descritas por Soto, (2015).

Como material vegetativo experimental, se utilizaron plantas clonales de banano (Musa AAA), variedad Cavendish, del tipo Williams. La unidad experimental consistió en parcelas de 16,5 m x 3 m, conteniendo cada una de 16

plantas distribuidas en un espaciamiento de 1,7 m entre plantas y 2,2 m entre hileras. En cada unidad experimental se identificaron desde el día de la siembra (dds) seis plantas, que fueron monitoreadas hasta la finalización de la etapa reproductiva (173 dds) o emisión de inflorescencia, de acuerdo a lo reportado por Martínez (2011). Las variables evaluadas durante el experimento fueron: 1) Intensidad del color de la clorofila o índice de clorofila (IC), 2) Área foliar (AF).

Medición de las variables. Tanto IC como AF fueron evaluadas mensualmente desde el mes de marzo de 2019, con la finalidad de llevar un control mensual de la evolución de estos dos parámetros en función de las dosis de fertilización con N y K. Para IC se utilizó un medidor de la intensidad de la clorofila modelo CCM-200. Para la medición de AF, se procedió a contar el número total de hojas (N), medir el largo (L) y el ancho (B) de la tercera hoja desde arriba y calculando el área foliar total (TLA) con la siguiente fórmula: $TLA=L \times B \times 0.80 \times N \times 0.662$.

Para la medición del índice de clorofila se tomó tres plantas por cada tratamiento, se tomaron en cuenta las de mejor desarrollo para evitar variaciones exageradas en los resultados, los datos fueron obtenidos con el medidor CCM-200 en la tercera hoja de la planta. Cada 15 días se hizo la recolección de datos, todos en la mañana y evitar errores como lo establece Moreno (2015).

Tratamientos y diseño experimental. Se evaluaron 16 tratamientos configurados en dosis crecientes de N y K.

Estos tratamientos fueron diseñados en función de los requerimientos básicos del cultivo y el suministro del suelo reportado en el análisis de laboratorio. Se utilizaron como fuente de N, nitrato de amonio (34% N) y de K, cloruro de potasio (60% K₂O). El análisis de suelos reflejó la necesidad de suministrar, aparte de N y K, aportes de fósforo (P) y azufre (S), sin necesidad de suministrar magnesio (Mg), dado que el análisis reflejó un exceso en el suelo (Tabla 1). Como fuente de P se utilizó Superfosfato triple (46% P₂O₅), como fuente de S se utilizó yeso agrícola (23,6% CaO– 18,6% SO₄). Las dosificaciones de cada tratamiento se reflejan en la Tabla 2.

El diseño experimental adoptado fue un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con 16 tratamientos y cuatro repeticiones, en un esquema factorial 4 x 4, siendo cuatro dosis de N y cuatro dosis de K. Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza siendo los efectos de los tratamientos evaluados empleando un test F. Al final del periodo de evaluación (Final de la etapa reproductiva) en las cuales se detectaron efectos significativos de los tratamientos, se ajustaron ecuaciones de regresión polinomial relacionando dosis de N y K aplicados a través de los tratamientos. En las comparaciones de medias envolviendo todos los tratamientos se empleó un test de comparación de medias de Tukey al 99%. Finalmente, para la evaluación de la relación de IC Y AF se empleó un análisis de correlación. Los datos fueron tabulados y analizados utilizando el software AGROESTAT® (Barboza y Maldonado Junior, 2010).

Tabla 2. Tratamientos de estudio.

Tratamientos	Dosis N kg año ⁻¹ ha ⁻¹	Dosis K ₂ O kg año ⁻¹ ha ⁻¹	Dosis P ₂ O ₅ kg año ⁻¹ ha ⁻¹	Dosis SO ₄ kg año ⁻¹ ha ⁻¹
T1	0	0	50	50
T2	0	350	50	50
T3	0	700	50	50
T4	0	1050	50	50
T5	200	0	50	50
T6	200	350	50	50
T7	200	700	50	50
T8	200	1050	50	50
T9	400	0	50	50
T10	400	350	50	50
T11	400	700	50	50

T12	400	1050	50	50
T13	600	0	50	50
T14	600	350	50	50
T15	600	700	50	50
T16	600	1050	50	50

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la evaluación de las variable IC de manera general se observaron diferencias significativas en los tratamientos que llevaron N, siendo la dosis de cero kg ha⁻¹ distinta estadísticamente a las dosis de 200, 400 y 600 kg ha⁻¹. Distinto comportamiento se observó en los tratamientos que llevaron dosis de K, en donde todas las variables IC y AF no evidenciaron diferenciación estadística entre las dosis 0, 350, 700 y 1050 kg·ha⁻¹ de K₂O.

Finalmente corroboramos en la prueba F que los tratamientos que llevaron N se diferenciaron estadísticamente de los que no; sin embargo, las dosis de K y la interacción NK para IC, no resultaron con significancia estadística.

Estos resultados son el producto de lo manifestado por Alonso, et al. (2008), el cual determina al N como el constituyente básico de la clorofila, jugando un papel determinante en la fotosíntesis. Corroborando a la información publicada por Natale, et al. (2006), que evalúan los efectos de la fertilización de N y K en el desarrollo de plántulas de maracuyá (*Passiflora edulis*).

Por otra parte, en la evaluación de la variable AF de manera general se observó diferencias significativas en los tratamientos que llevaron nitrógeno, siendo la dosis de 0 kg·ha⁻¹ diferente estadísticamente a las dosis de 200, 400 y 600 kg·ha⁻¹. Distinto comportamiento se observó en los tratamientos que llevaron dosis de K, en donde la variable AF no evidenció diferenciación estadística entre las dosis 0, 350, 700 y 1050 kg·ha⁻¹ de K₂O. En la prueba F corroboramos que los tratamientos que llevaron nitrógeno se diferenciaron estadísticamente, no así, las dosis de K y la interacción NK para AF, sin embargo, el AF de mayo si tuvo interacción estadística del K y su interacción.

El contenido de N estadísticamente es de mucha relevancia para esta variable, ya que su aplicación favorece al aumento del AF en el desarrollo de la planta, en acumulación de nitrógeno en dos ciclos de producción en zona humedad tropical. En cuanto al potasio, es el nutriente con mayor efecto sobre la velocidad del crecimiento, principalmente del área foliar, así lo describe Novoa, Miranda & Melgarejo (2018), en un estudio sobre el efecto de las deficiencias y excesos de fósforo, potasio y boro en la fisiología y el crecimiento de plantas de *Persea americana*.

La variable IC y AF mostraron un comportamiento cuadrático en función de las dosis crecientes de N, para IC, hubo respuesta a la fertilización de nitrógeno, con la ecuación ajustándose al modelo cuadrático, se logró un punto máximo de $51\mu\text{m}\cdot\text{cm}^{-2}$ con una dosis de $558\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N, concordando con Rincón & Ligarreto (2010), quienes observaron diferencias en el contenido de clorofila en plantas de maíz fertilizadas con distintas dosis de N. Por otra

parte, en el caso de AF, el punto máximo de desarrollo se logró con una aplicación de $418\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\text{ año}^{-1}$ de N lo cual nos permitió obtener 26 m^2 de hojas (concordando con Lawlor (2002); y Corrales, Rada & Jaimez (2016), quienes explican que el suministro de N es crucial para el crecimiento de la hoja debido a la función de las proteínas en el crecimiento de las paredes celulares por lo tanto en la expansión de las células. (Tabla 3).

Tabla 3. Relación entre las variables independientes (dosis de N y K) y la variable dependiente (Intensidad del color de la clorofila) y las dosis respectivas en las que los valores Y alcanzaron sus puntos de Máximo desarrollo.

Variables	Ecuaciones	R ²	Y max	X max
IC	$y = 28,2303125 + 0,08412031x - 0,00007535x^2$	0,7278	$51\mu\text{m}\cdot\text{cm}^{-2}$	$558\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$
AF	$y = 10,3506250 + 0,07733125x - 0,00009250x^2$	0,6904	26 m^2	$418\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$

*, **Significativo a 5 y 1% de probabilidades para el Test F. IC= Intensidad de la clorofila, AF=Área Foliar.

Los resultados obtenidos de las variables IC y AF frente a dosis crecientes de N aplicadas en el experimento al ser ajustada a una ecuación cuadrática (Figuras 1 y 2), nos permiten establecer un nivel crítico (producción máxima) tanto para IC como AF, en dosis establecidas bajo un modelo cuadrático, el cual es altamente significativo (**) a pesar las diferencias que existen entre las dosis. Sin embargo, esto se puede corroborar con los resultados obtenidos por Almeida, et al. (2006), para variables de crecimiento frente a fertilización de N y K en plántulas de maracuyá y Sánchez, et al. (2018), quienes indican la importancia del N en parámetro de crecimiento en el cultivo de frejol.

CONCLUSIONES

El N influye positivamente en la Intensidad de la clorofila (IC) de las hojas en el cultivo, cabe resaltar, que, de los tratamientos analizados con dosis crecientes de N, se demostró estadísticamente la relación de este nutrimento con las variables evaluadas, en cuanto al contenido de K, se determinó que este elemento no influye de manera representativa en la IC y AF de la planta.

De acuerdo a los modelos cuadráticos de regresión se estableció que el mejor desarrollo de las plantas de banano con relación en las variables IC y AF se produjo con las dosis de $558\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\text{ año}^{-1}$ de N y $418\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, en la primera etapa de crecimiento vegetativo del cultivo de banano.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro. (2017). *Manual de aplicabilidad de buenas prácticas agrícolas de banano*. <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/pdf/inocuidad/manuales-aplicabilidad/manual-banano.pdf>

Alonso Santos, M., Rozados Lorenzo, M. J., Ignacio, M. F., Rozas Ortiz, V. F., Lamas Pose, S., Chapela Rodríguez, D., & Fontúrbel Lliteras, M. (2008). Nitrógeno foliar como estimador de clorofila en una población de "Laurus nobilis" del Parque Nacional de las Islas Atlánticas, Galicia. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 25, 61-66.

Castañeda, C. S., Almanza, P. J., Pinzón, E. H., Cely, G. E., & Serrano, P. A. (2018). Estimación de la concentración de clorofila mediante métodos no destructivos en vid (*Vitis vinifera* L.) cv. Riesling Becker. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(2), 329-337.

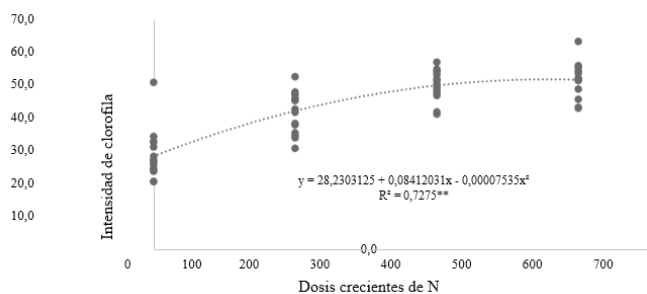


Figura 1. Efectos de la aplicación de diferentes dosis de N sobre la Intensidad de la clorofila en plantas de banano.

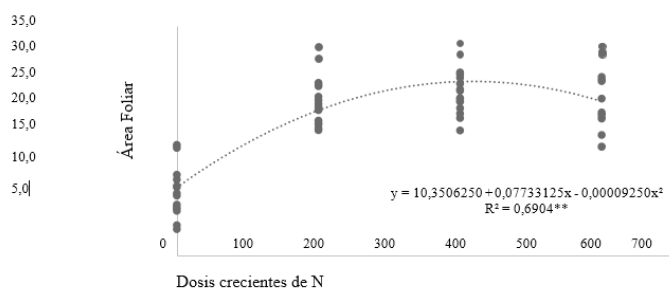


Figura 2. Efectos de la aplicación de diferentes dosis de N sobre el Área foliar en plantas de banano.

- Corrales-González, M., Rada, F., & Jaimez, R. (2016). Efecto del nitrógeno en los parámetros fotosintéticos y de producción del cultivo de la gerbera (*Gerbera jamesonii* H. Bolus ex Hook. F.). *Acta Agronómica*, 65(3), 255–260.
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (2014). *Claves para la Taxonomía de Suelos*. USDA https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/migrated/uploads/tx_news/Info_musa_La_revista_internacional_sobre_bananos_y_plátanos_950.pdf
- Lawlor, D. W. (2002). Limitation to photosynthesis in water-stressed leaves: Stomata vs. Metabolism and the role of ATP. *Annals of Botany*, 89(7), 871–885.
- Moreno Peña, J. O. (2015). *Influencia de diferentes fuentes de nitrógeno en el contenido de clorofila y altura de la planta de banano, Hacienda Morella*. (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Machala.
- Almeida, V. E., Natale, W., Prado, R. M., Barbosa, C. J. (2006). Adubação nitrogenada e potássica no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro. *Ciência Rural, Santa Maria*, 36, 1138–1142.
- Novoa, M. A., Miranda, D., & Melgarejo, L. M. (2018). Efecto de las deficiencias y excesos de fósforo, potasio y boro en la fisiología y el crecimiento de plantas de aguacate (*Persea Americana*, Cv. Hass). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(2), 293–307.
- Rincón, Á., & Ligarreto, G. (2010). Relación entre nitrógeno foliar y el contenido de clorofila, en maíz asociado con pastos en el Piedemonte Llanero colombiano. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 11(2), 122–128.
- Sánchez, E., Ruiz, J., Romero, L., Preciado, P., Flores, M., & Márquez, C. (2018). ¿Son los pigmentos fotosintéticos buenos indicadores de la relación del nitrógeno, fósforo y potasio en frijol? *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 5(15), 387–398.