

Efectos morfológicos, concentración de tejidos y costos de establecimiento con aplicación de fertilizantes de liberación controlada para el cultivo de aguacate Hass

Morphological effects, tissue concentration and establishment costs with application of controlled release fertilizers for Hass avocado cultivation

Jaqueline Présiga Granada

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Católica de Oriente

Agronomía

Asesor Mag. Rubén Darío David Giraldo

2023

Resumen

La aplicación de fertilizantes convencionales presenta desperdicios en las plantas porque estas no lo pueden aprovechar en su totalidad, los cuales son arrastrado por acción del agua o del viento que a su vez pueden infiltrarse en cuerpos de agua. El elemento con mayor volatilización y lixiviación es el Nitrógeno causando un adverso problema al medio ambiente. Para lo cual se plantea hacer un ensayo a partir de un modelo de estudio cuantitativo con enfoque descriptivo exploratorio, y se presenta a continuación los resultados de los efectos de la aplicación de fertilizantes de liberación controlada como tratamiento T1 versus fertilizante convencional como tratamiento T2, en plantas de aguacate (*Persea americana Mill*) evaluando variables morfológicas, concentración de tejidos y costos de establecimiento, durante 13 meses incluyendo el momento de la siembra, en la finca Los Molinos del municipio de Abejorral Antioquia Colombia. La hipótesis de trabajo: los tratamientos T1 y T2 poseen los mismos promedios en las variables de estudio; fue aceptada toda vez que no se encontraron diferencias significativas; los análisis foliares también mostraron absorción de nutrientes cercanas a las recomendadas para la zona tropical. En cuanto a los costos de establecimiento, el FLC mostró un 50% de ahorro en mano de obra, pero un 12% más en el valor de los insumos. Se empleó la Distribución Normal, el análisis de los cinco números y las gráficas de cajas y bigotes, para hacer el análisis estadístico. Se concluye que ambos tratamientos son viables respecto al crecimiento y desarrollo

del cultivo de aguacate, siempre y cuando se conozca con certeza la disponibilidad de los elementos en el suelo por medio de un análisis físico químico.

Palabras claves: aguacate hass, efectos morfológicos, fertilizante convencional, liberación controlada.

Abstract

The application of conventional fertilizers presents waste in the plants because they cannot take full advantage of it, which are carried away by the action of water or wind, which in turn can infiltrate bodies of water. The element with the greatest volatilization and leaching is Nitrogen, causing an adverse problem for the environment. For which it is proposed to carry out a test based on a quantitative study model with a descriptive exploratory approach, and the results of the effects of the application of controlled release fertilizers as treatment T1 versus conventional fertilizer as treatment T2 are presented below, in plants of avocado (*Persea americana* Mill) evaluating morphological variables, tissue concentration and establishment costs, for 13 months including the time of planting, at the Los Molinos farm in the municipality of Abejorral, Antioquia, Colombia. The working hypothesis: the treatments T1 and T2 have the same averages in the study variables; it was accepted whenever no significant differences were found; foliar analyzes also showed nutrient absorption close to those recommended for the tropical zone. Regarding establishment costs, the FLC showed 50% savings in labor, but 12% more in the value of inputs. The Normal Distribution, the analysis of the five numbers and the box and whisker graphs were used to carry out the statistical analysis. It is concluded that both treatments are viable regarding the growth and development of the avocado crop, as long as the availability of the elements in the soil is known with certainty through a physical-chemical analysis.

Keywords: Hass avocado, morphological effects, conventional fertilizer, controlled release

Introducción

El ser humano por antonomasia, ha encontrado e la agricultura, un estilo de vida y un medio de supervivencia (Crespo-Garay, 2022). No obstante, para incrementar el rendimiento en la producción de alimentos, la agricultura convencional se ha valido de los fertilizantes minerales

solubles; su uso excesivo, ha producido entre otros, toxicidad de las aguas, contaminación del aire y degradación del suelo (González-Ulibarry, 2019).

El concepto planteado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], afirma que la contaminación por fertilizantes se produce cuando éstos se utilizan en mayor cantidad de la que pueden absorber los cultivos; o cuando se descartan por acción del agua o del viento, de la superficie del suelo, antes de que puedan ser tomados por las plantas (FAO, 2002).

El aguacate (*Persea americana Mill*), fruta que no se exime de la aplicación excesiva de agroquímicos, es originario de América y se produce en casi todos los países de clima cálido y templado. La distribución natural de este cultivo es desde México hasta Perú, pasando por Centroamérica, Colombia, Venezuela y Ecuador (Corpoica, 2013). Colombia es el cuarto país en el ámbito mundial productor de aguacate Hass; el área sembrada en los principales departamentos productores de esta variedad, es de aproximadamente 14.000 hectáreas; ubicadas en el Eje Cafetero, Tolima, Cauca, Antioquia, Huila y Valle del Cauca (ICA, 2019).

Volviendo a la problemática de exceso y desaprovechamiento de fertilizantes minerales aplicados al suelo, la Asociación de Funcionarios de Control de Alimentos Vegetales de los Estados Unidos, encontró que los llamados fertilizantes de liberación lenta [FLL] y controlada [FLC], ofrecen una prolongación en el tiempo en cuanto a la disponibilidad de los elementos, producida por la solubilidad controlada, al contar con revestimientos semipermeables, polímeros, materiales orgánicos nitrogenados naturales, materiales proteínicos u otras formas químicas. La temperatura y las características de la cubierta del fertilizante son claves para determinar la velocidad de liberación. Los productores, indicaban en aquella época un período de liberación de 70 días a 25°C constantes, o 140 días, hasta 400 días de liberación (Trenkel, 2010).

Un estudio adelantado por Palma-Mena (2015), observó que en un cultivo de macadamia (*Macadamia integrifolia*), un FLC estimuló las concentraciones de nutrientes -NPK- en los tejidos vegetales de las plantas a lo largo de 12 meses. Por su parte, Causapé-Valenzuela (2016) realizó una evaluación con un FLC en maíz, y encontró que con dichos abonos las producciones se

mantienen, y disminuyen el riesgo de pérdidas de nitrato por lixiviado. En el mismo año, Isla-Climente, Medina, Escartín y Alonso-Segura (2016) evaluaron el efecto de un FLC sólido, sobre la cantidad y calidad de la fruta del duraznero (*Prunus persica L*) como parámetros productivos y los efectos sobre el medio ambiente. Concluyeron que las cantidades de nitrato perdidas por lavado fueron mínimas; a la vez que el FLC permitió mantener un nivel nutricional y un crecimiento de los árboles similar al obtenido con fertirriego [FLIR]. Posteriormente, en el huerto La Serena, del municipio de Maceo Antioquia, se llevó a cabo la aplicación de fuentes protegidas, teniendo en cuenta las pérdidas usuales de nitrógeno y potasio. Para mitigar dicha situación se usaron productos recubiertos con calcio de origen marino; lo cual permitió disminuir la cantidad de fertilizantes y la mano de obra hasta en un 80% (Isaza, 2017).

Como puede observarse en las anteriores investigaciones, los estudios emplearon FLC, pero ninguno de ellos¹ experimentó con aguacate. Así surgió la pregunta de estudio: ¿La aplicación de fertilizantes de liberación controlada podría ser una alternativa para el crecimiento y desarrollo de aguacate (*Persea americana Mill*)?

Con lo anterior, se concretó el propósito de estudio: Evaluar los efectos de variables morfológicas, concentración de tejidos y costos de establecimiento con FLC para el crecimiento y desarrollo en cultivo de aguacate *Persea americana Mill cv. Hass* durante un periodo de 13 meses incluyendo el momento de siembra; estimando la altura de la planta, el diámetro del tallo y el diámetro de la copa, como parámetros morfométricos; conociendo además los contenidos nutricionales del tejido foliar para de cada tratamiento -convencional [FC] y de liberación controlada [FLC]-; y comparando los costos de establecimiento.

Metodología

Tipo de Estudio

La experiencia investigativa aquí plasmada, fue concebida como un estudio cuantitativo, de enfoque descriptivo exploratorio, toda vez que requirió del registro, análisis e interpretación del comportamiento de un objeto de estudio poco investigado (Mar-Orozco, Barbosa-Moreno, &

¹ La revisión de literatura del presente estudio, incluyó 30 artículos más, de los ya mencionados.

Molar-Orozco, 2020), como es el caso del efecto del FLC en el crecimiento y desarrollo del aguacate Hass.

Localización y Actividades Previas

La investigación se llevó a cabo en la finca Los Molinos, vereda Piedra Candela Parte Baja, del municipio de Abejorral Antioquia; ubicada en las coordenadas 5° 48' 33.1046" N, 75° 26' 33.6199" W; a 2050 msnm. Previamente la finca, con una extensión de cinco hectáreas, se distribuyó en siete lotes, para facilitar el análisis del suelo². Se escogió el lote uno por tener características físico químicas ideales para la siembra de Hass; el suelo es homogéneo en cuanto topografía, geomorfología y con el mismo manejo de plagas y enfermedades [MIPE].

Para asegurar la homogeneidad del material vegetal, el porta injertos o árbol patrón, se obtuvo de un mismo árbol criollo, apto por fitosanidad y ecología³; así mismo, los injertos o yemas, también se obtuvieron de un mismo árbol de la variedad Hass, garantizando el material genético de las plantas a evaluar, para evitar contaminación cruzada. Desde la escogencia del árbol patrón, hasta el momento de la siembra, trascurrieron 10 meses; un mes antes de la siembra se preparó el terreno con actividades de plateo, hoyado y desinfección. Se optó por la variedad Hass por ser de tipo exportación.

Tratamientos

Se realizaron dos tratamientos así: el tratamiento T1, consiste en una aplicación de un FLC más micorriza; y el tratamiento T2 manejado de forma convencional, con la aplicación de micorrizas más microessentials. Cada uno de los tratamientos contó con 20 plantas, para un total de 40 unidades, las cuales se evaluaron durante 12 meses. Aleatoriamente se eligieron y marcaron con números arábigos, tanto las plantas para aplicar el FC o el FLC, como los huecos para siembra.

Para determinar los efectos del FLC en la especie vegetal, se procedió a evaluar fuentes con técnica alemana encontradas en el mercado colombiano; el FLC aplicado es un complejo

² La Finca Los Molinos cuenta con estudios físico químicos periódicos, desde el año 2016.

³ El árbol patrón procede de la finca Las Agüitas, localizada en la vereda Los Rastrojos de Abejorral Antioquia. Pero fue procesado por el vivero El Porvenir, localizado en la vereda que lleva su nombre, en el mismo Municipio.

químico granular (N, P, K, Mg y microelementos, todos en un mismo gránulo) protegido por un recubrimiento de ceras elásticas, que optimizan la liberación controlada de nutrientes, ajustándose a las necesidades de las plantas.

Los tratamientos se hicieron de la siguiente manera:

- En el T1, se aplicó en la siembra una dosis de 100 gr de FLC por planta, más 80 gr de micorriza; luego se hicieron dos aplicaciones más: 150g en el mes cuarto y 200g en el octavo, hasta finalizar el año.
- En el T2 o de manejo convencional, al momento de la siembra se aplicaron 80 gr de micorriza más 30 gr de microessentials. Según la edad del árbol y el análisis físico químico del suelo, se fue aumentado las dosis cada 30 días, hasta completar 200g por planta al finalizar el estudio.

Variables Evaluadas

En cada planta de T1 y T2 se observaron y evaluaron las variables de desempeño agronómico: en centímetros, altura de la planta, diámetro del tallo, diámetro de la copa; conteo de nuevas hojas, concentraciones nutricionales en tejido vegetal y porcentaje de supervivencia; haciendo las mediciones cada 30 días.

Para valorar o conocer los contenidos nutricionales de las plantas en sus primeros 12 meses, se hizo análisis de tejido foliar así: el primer muestreo se hizo tres meses después de trasplantados los árboles; el segundo a los seis meses, el tercero a los nueve, el cuarto y último al mes 12. Los análisis se realizaron para cada tratamiento, con base a las recomendaciones realizadas por el laboratorio⁴.

Asimismo, se realizó una comparación durante el año 2021, de los costos de establecimiento para cada tratamiento -T1 y T2- incluyendo fertilizantes, semilla, transporte, análisis foliares y la mano de obra con factor prestacional.

⁴ El análisis de los datos foliares fue realizado por Gestión de Laboratorios Universidad Nacional de Colombia, aplicando el método de NTC 5752:2010 Análisis de Tejido Vegetal, Digestión y Mineralización de Muestras.

Hipótesis y Análisis Estadístico

Como hipótesis de trabajo se estableció que los tratamientos T1 y T2 poseen los mismos promedios en las variables de estudio: $H: \mu_1 = \mu_2$.

Para la aprobación o rechazo de la hipótesis, se realizaron muestreos mensuales, desde el 29 de diciembre de 2020 hasta el 27 de diciembre de 2021; cada muestreo tuvo 20 observaciones; esto es, 260 por tratamiento, para un total de 520; analizadas bajo los criterios de la distribución normal o distribución de Gauss -**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** de los anexos- toda vez que dicha distribución facilita identificar la evidencia de la similaridad o rasgos distintivos entre la población en estudio (Contento-Rubio, 2019), con análisis exploratorio de datos a través del llamado *resumen de cinco números*⁵ y la posterior construcción de los diagramas de caja y bigotes (Llinás-Solano & Rojas-Álvarez, 2017).

Para la segmentación previa a la aplicación de la distribución normal, se empleó la ecuación de Sturges - $K= 1+3,32*\text{Log}N$ - (Vargas-Sabadías, 1995), arrojando un total de 10 segmentos en cada una de las variables de estudio, tal como se observa en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** de los anexos.

Análisis y Resultados

Evaluando con la distribución gaussiana las 520 observaciones obtenidas en los 13 muestreos incluyendo siembra, se obtuvo el comportamiento gráfico de la figura 1 y la tabla 1. La gráfica y los cálculos estadísticos coinciden, al identificar un comportamiento asimétrico hacia la derecha de las variables altura del árbol, diámetro de la copa, diámetro del tallo y número de hojas nuevas, para ambos tratamientos; se destaca la variable diámetro de copa como la de mayor comportamiento simétrico. Al comparar los valores de promedio y mediana, tanto en la FLC como en la FC, alcanzaron valores muy cercanos entre ellos; excepto en la variable número de hojas

⁵ Consiste en resumir los datos a través del cálculo de cinco números: valor mínimo, cuartil 1 Q1, cuartil 2 Q2 o mediana; cuartil 3 Q3, y valor máximo. Con lo anterior, se obtienen dos medidas de tendencia central -mediana y media- y dos medidas de variación -rango intercuartílico y rango- (Llinás-Solano & Rojas-Álvarez, 2017).

nuevas por árbol, donde la media y la mediana tuvieron los valores más disímiles. En T1 y T2 el índice de supervivencia fue del 100%.

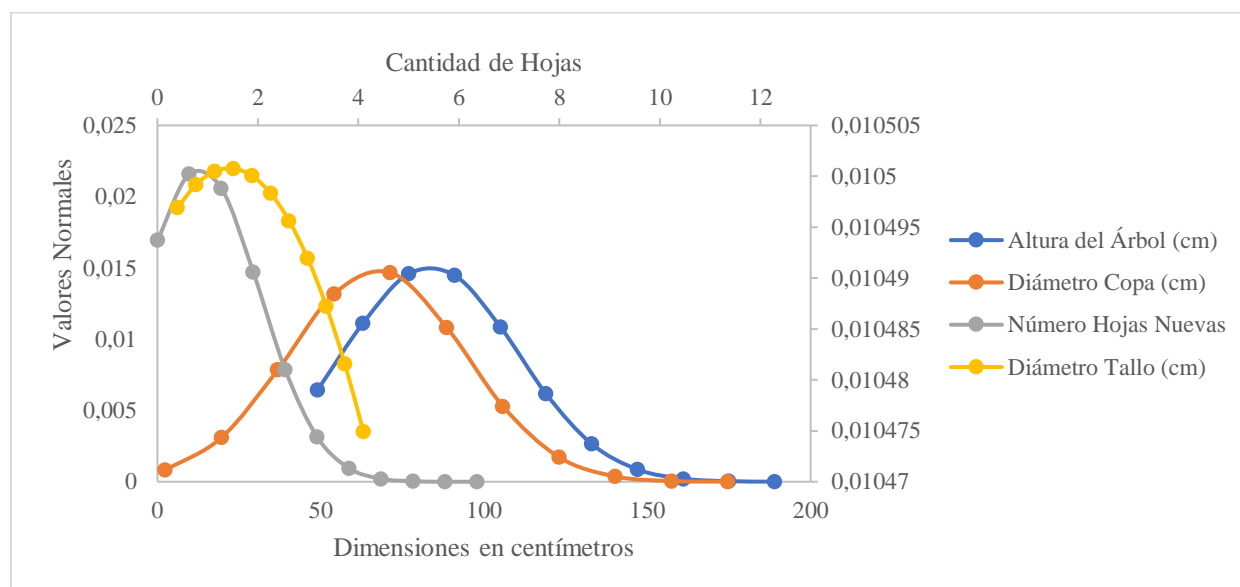


Figura 1. Distribución Normal de las variables en estudio. Fuente: el autor.

Tabla 1. Resumen de similitud y rasgos distintivos en las variables en estudio

Variable en estudio	FLC			FC		
	Promedio	Mediana	Curva	Promedio	Mediana	Curva
Altura del árbol (cm)	81,73	76	Asim.derecha	85,46	78	Asim.derecha
Diámetro del tallo (cm)	1,42	1,2	Asim.derecha	1,44	1,2	Asim.derecha
Diámetro de la copa (cm)	67,62	63	Asim.derecha	66,76	60	Asim.derecha
No. hojas nuevas	12,52	4,5	Asim.derecha	13,65	4,0	Asim.derecha

Fuente: elaboración propia según conceptos de Llinás-Solano y Rojas-Álvarez (2017)

Con respecto a las gráficas boxplot condensadas en la figura 2, se compararon los promedios de cada una de las variables a evaluar cómo fueron (Altura del árbol, diámetro del tallo, diámetro de la copa, y No. de hojas nuevas) y se encontró que el comportamiento es similar para medias y medianas entre los tratamientos. Lo que significa que ambos tratamientos pueden ser

viables para establecer un cultivo de aguacate, siembra que actualmente tiene alta demanda en cuanto a insumos y mano de obra. Como rasgo distintivo, la FLC en general presenta menos datos atípicos, esto pudo obedecer a variables físicas, ecológicas, químicas del ambiente y en especial del sustrato, ya que los lotes de una finca así sean con el mismo cultivo no tienen un desarrollo igual.

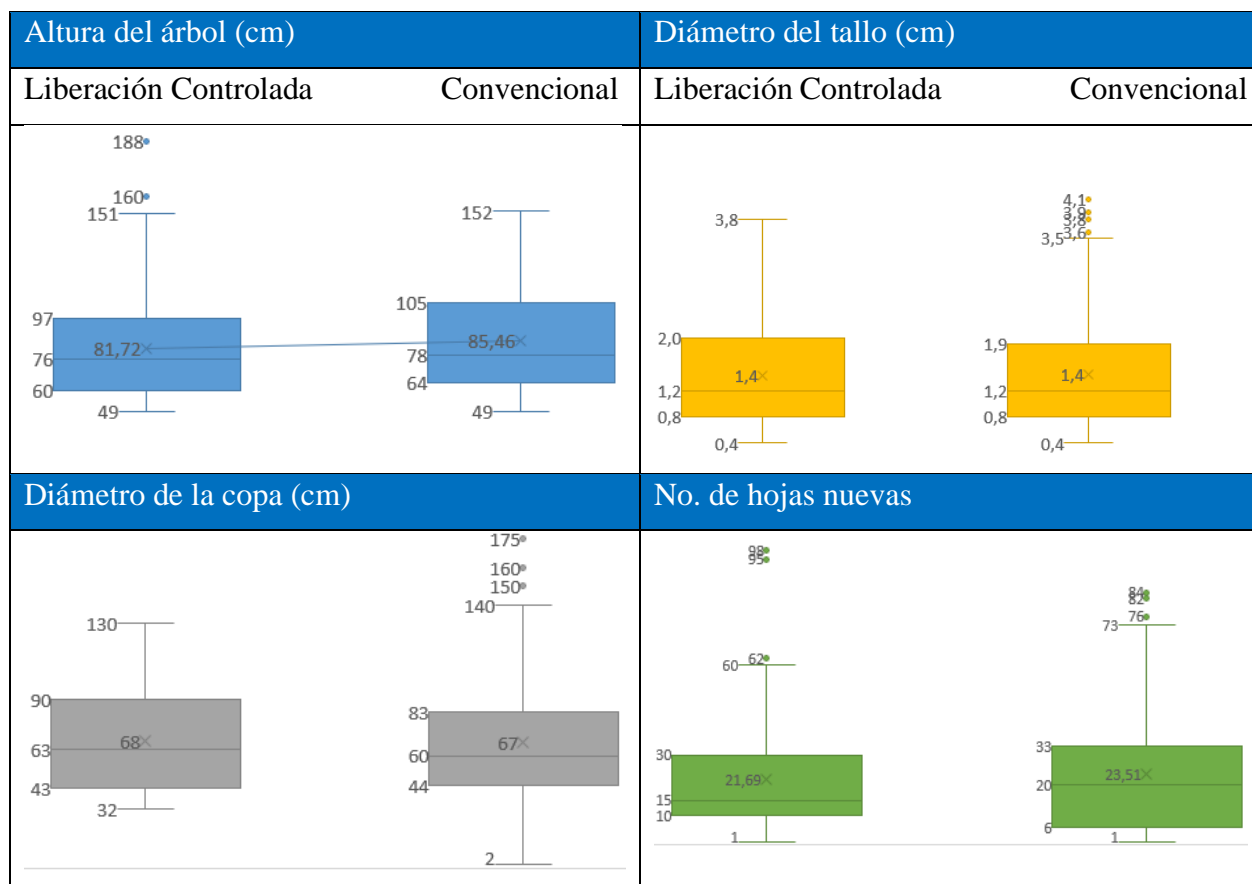


Figura 2. Gráficos *boxplot* de variables en estudio. Fuente: el autor.



Foto 1. Árbol de aguacate con desarrollo de 12 meses (FLC)



Foto 2. Árbol de aguacate con desarrollo de 12 meses (FC)













Las anteriores fotos (1 y 2) ilustra arboles en desarrollo con 12 meses de siembra, plantados con FLC y FC, lo cual se puede apreciar que el comportamiento de los macros y micro elementos fueron similares al notar que su fisiología es muy equivalente entre estos árboles, este juicio se

emite con base a la medición de variables y a los análisis foliares resultados que fueron realizados por la Universidad Nacional de Colombia.

Pasando al análisis de los contenidos nutricionales del tejido foliar, el aprovechamiento de macro y micro nutrientes en la FLC y FC fueron similares y estuvieron dentro del rango sugerido por Osorio (2018), los cuales se aprecian en las tablas y 3.

Con el FLC los elementos estuvieron disponibles desde el momento de la aplicación, siendo absorbidos por la planta de forma simultánea a la demanda, evitando acumulación y desperdicio de nutrientes, ocasionando un mínimo impacto en el medio ambiente. El FC por su parte, contiene macroelementos pero no contiene nutrientes secundarios ni microelementos; por lo tanto, la planta debe ser más eficiente, al verse obligada a desarrollar mecanismos para extraerlos del suelo, siempre y cuando estén disponibles en el sustrato.

Tabla 2: Niveles de macronutrientes y nutrientes secundarios, medidos en porcentaje

Muestreo	N		P		K		Ca		Mg		S	
	FLC	FC	FLC	FC	FLC	FC	FLC	FC	FLC	FC	FLC	FC
M1 (25/03/21)	2,34	2,32	0,11	0,11	0,79	0,67	1,92	1,11	0,2	0,12	0,16	0,15
M2 (22/07/21)	2,79	3,24	0,27	0,17	1,19	0,69	1,16	1,18	0,17	0,11	0,19	0,16
M3 (04/10/21)	2,58	2,84	0,19	0,12	1,00	0,99	1,29	1,08	0,14	0,12	0,17	0,15
M4 (19/01/22)	2,37	2,27	0,15	0,2	0,79	0,91	1,46	1,01	0,13	0,12	0,16	0,14
Promedios	 2,36	 2,30	 0,13	 0,16	 0,79	 0,79	 1,69	 1,06	 0,17	 0,12	 0,16	 0,15
Concentraciones foliares adecuadas para aguacate	1,6 - 2,0		0,08 - 0,25		0,75 - 2,0		1,0 - 3,0		0,25 - 0,8		0,2 - 0,6	

Fuente: elaboración propia según información de análisis foliares de la Universidad Nacional (2021) y (2022) y Osorio (2018).

Tabla 3. Niveles de micronutrientes, medidos en mg/Kg

Muestreo	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
	FLC	FC	FLC	FC	FLC	FC	FLC	FC	FLC	FC
M1 (25/03/21)	37,41	37,82	5,61	3,22	313,16	177,3	189,29	126,12	23,49	23,54
M2 (22/07/21)	50,57	37,6	3,1	1,82	76,46	94,28	137,88	247,94	36,11	52,1
M3 (04/10/21)	44,31	34,2	4,3	2,79	75,49	88,18	105,92	166,33	32,6	40,42
M4 (19/01/22)	42,53	46,35	4,65	4,55	69,5	61,17	110,66	172,71	20,87	30,8
Promedios	↑ 43,71	↓ 38,99	↑ 4,42	↓ 3,10	↑ 133,65	↓ 105,23	↓ 135,94	↑ 178,28	↓ 28,27	↑ 36,72
Concentraciones foliares adecuadas para aguacate	50 - 100		5 - 50		50 - 200		30 - 200		30 - 150	

Fuente: elaboración propia según información de análisis foliares de Universidad Nacional (2021) y (2022) y Osorio (2018).

Acorde a lo expuesto anteriormente, las malezas fueron menos invasivas en los platos sembrados con el FLC, debido a que los nutrientes no están disponibles a merced de estos, la no acumulación de residuos por desperdicio de los elementos, no admite la proliferación de los rastrojos.

Finalmente, con respecto a los costos de establecimiento, se tuvo en cuenta las siguientes actividades:

- Insumos (Semilla, transporte, micorriza, fertilizantes)
- Costo mano de obra (Costo de jornales con las prestaciones sociales)
- Otros (Costos de los análisis foliares)

Como se aprecia en la tabla 4, existe un sobrecosto del 12% en la FLC respecto a la FC. No obstante, en la FLC se observa una disminución del 50% en la mano de obra requerida para el ploteo y la fertilización, pasando de 48 horas al año en la FC a 24 horas en la FLC, para cada lote de 20 árboles.

Tabla 4. Costo anual por árbol por tratamiento en 2021

Tratamiento	Costo árbol año	Costo Total
Liberación controlada	\$68.608	\$1.372.156
Convencional	\$61.158	\$1.223.164
Diferencia	\$7.450	\$148.992
Porcentaje	112%	112%

Fuente: elaboración propia, 2022

Conclusiones

La FLC sí puede ser una alternativa a implementar para el crecimiento y desarrollo del cultivo de aguacate Hass; aún más al considerar la dificultad en la disponibilidad de operarios en el sector agrícola; toda vez que este tipo de fertilización ahorra hasta un 50% de horas requeridas de mano de obra, según lo demostrado por el presente estudio.

El 12% de sobre costo en la FLC respecto a la FC, no es significativo a la hora de considerar el factor ambiental, acorde con su capacidad de reducir procesos de lixiviación y volatilización de los macro y micro elementos que pueden alterar los ecosistemas.

La hipótesis de trabajo es aceptada, al encontrar que las medias de las variables de estudio: altura de tallo, diámetro de tallo, diámetro de copa y número de hojas, no presentan cifras con diferencias significativas. Al mirarlo de esta forma, cualquiera de los dos tratamientos es viable a la hora de pensar en el crecimiento y desarrollo del cultivo de aguacate, siempre y cuando se conozca con certeza la disponibilidad de los elementos en el suelo por medio de un análisis físico-químico.

Referencias

Causapé-Valenzuela, J. (marzo de 2016). Seguimiento del uso de abono de liberación controlada como alternativa de fertilización nitrogenada. *Agrícola vergel: Fruticultura, horticultura, floricultura*, 35(390), 40-45.

- Contento-Rubio, M. R. (2019). *Estadística con aplicaciones en R*. Bogotá D.C.: Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- Corpoica. (2013). Actualización Tecnológica y Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en el Cultivo de Aguacate. Medellín, Colombia. Obtenido de https://www.bioedafologia.com/sites/default/files/documentos/pdf/Manual%20Actualizacion%20Tecnologica%20y%20BPA%20Cultivo%20de%20Aguacate2_0.pdf
- Crespo-Garay, C. (enero de 2022). *¿Cuál fue el origen de la agricultura?* Recuperado el 10 de septiembre de 2022, de National Geographic: <https://www.nationalgeographic.es/historia/2022/01/cual-fue-el-origen-de-la-agricultura>
- FAO. (2002). *Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Perspectivas para el medio ambiente. Agricultura y medio ambiente*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/y3557s/y3557s11.htm#shttps://www.fao.org/3/y3557s/y3557s11.htm#s>
- González-Ulibarry, P. (2019). *Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes*. Asesoría Técnica Parlamentari. Santiago de Chile: Biblioteca del Congreso Nacional de Chile / BCN. Recuperado el 10 de septiembre de 2022, de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias_ambientales_de_la_aplicacion_de_fertilizantes.pdf
- ICA. (31 de agosto de 2019). *Noticias*. Recuperado el 19 de julio de 2020, de El ICA, principal jalonador de las exportaciones de aguacate Hass colombiano al mundo: <https://www.ica.gov.co/noticias/ica-principal-jalonador-exportacion-aguacate-hass>
- Isaza, J. (22 de febrero de 2017). Programa sobre fertilizantes de alta tecnología con liberación gradual en el cultivo de cacao y aguacate por TV Agro. Autor: Juanita Isaza. *Frente el Acontecer del Campo*. InfoCafés. Obtenido de <http://infocafes.com/portal/infocafes/quienes-somos/>
- Isla-Climente, R., Medina, E. T., Escartín, J., & Alonso-Segura, J. M. (2016). Uso de fertilizantes de liberación controlada en nectarina temprana (*Prunus persica* L.). *Revista de fruticultura*(47), 6-17.
- Llinás-Solano, H., & Rojas-Álvarez, C. (2017). *Estadística descriptiva y distribución de probabilidad*. Barranquilla: Universidad del Norte.
- Mar-Orozco, C. E., Barbosa-Moreno, A., & Molar-Orozco, J. F. (2020). *Metodología de la investigación. Métodos y técnicas*. México D.F.: Patria Educación.
- Osorio, N. W. (2018). *Manejo de Nutrientes en Suelos del Trópico* (3 ed.).

- Palma-Mena, L. R. (2015). Evaluación de fertilizantes de liberación controlada y convencionales en el cultivo de macadamia (*Macadamia integrifolia*) en la etapa de almácigo, diagnóstico y servicios realizados en la finca Panamá, Santa Bárbara, Suchitepequez, Guatemala, C.A. (*Tesis de licenciatura*). Universidad de San Carlos. Obtenido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/2357/>
- Trenkel, M. E. (2010). *Controlled-Release and Stabilized Fertilizer in Agriculture. Improving Fertilizer Use Efficiency*. FAO. Paris: IFA. Obtenido de <http://www.wnkgroup.com/Controlled-Release%20fertilizer%20in%20Agriculture.pdf>
- Universidad Nacional de Colombia. (2021). *Informe de Resultados 0312, 0588 y 0859*. Medellín.
- Universidad Nacional de Colombia. (2022). *Informe de Resultados 1138*. Medellín.
- Vargas-Sabadías, A. (1995). *Estadística descriptiva e inferencial*. Universidad de Castilla-La Mancha.