



# Efecto del fertirriego y microorganismos en el rendimiento, calidad de la fruta y concentración foliar de nutrientes en aguacate *Hass* (*Persea americana* Mill.) en el valle de Tumbaco-Ecuador.

## Effect of fertigation and microorganisms on yield, fruit quality and foliar nutrient concentration in Hass avocado (*Persea Americana* Mill.) in the Tumbaco Valley-Ecuador.

Juan Pablo Gaona Gonzaga <sup>1</sup>, Carlos David Herrera Ramírez <sup>1</sup>, Jorge Luis Merino Toro <sup>2</sup>

<https://doi.org/10.59410/RACYT-v10n01ep04-0163>



### Resumen

El cultivo de aguacate *Hass* ha incrementado en el Ecuador debido a la creciente demanda internacional. Se debe generar información que promueva el uso de tecnologías ambientalmente amigables a través de la tecnificación del cultivo (riego por goteo, fertirriego, uso de microorganismos) para incrementar la productividad de este frutal. En este estudio, se determinó el efecto del fertirriego y aplicación de *Trichoderma asperellum* y *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum* en el rendimiento, calidad de la fruta y absorción foliar de nutrientes en plantas de aguacate *Hass* de 36 semanas de edad. Los tratamientos fueron: fertirriego, fertirriego y microorganismos, microorganismos y control. Se midieron variables de producción, calidad de fruta y concentración foliar de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) y micronutrientes (B, Fe, Zn, Cu y Mn), en dos ciclos de producción. Los tratamientos con fertirriego y aplicación de microorganismos obtuvieron mayores promedios en las variables evaluadas en comparación con el control. Se observó una tendencia en el incremento del rendimiento con el uso combinado de estas tecnologías (11,33 t ha<sup>-1</sup>) en relación con el control (8,47 t ha<sup>-1</sup>). Los resultados de este estudio muestran el efecto positivo que generan el uso de fertirriego y microorganismos en el cultivo de aguacate.

### Palabras claves

macroelementos; microelementos; micorriza; nutrición; *Trichoderma*.

### Abstract

The cultivation of Hass avocado has increased in Ecuador due to growing international demand. To increase the productivity of this crop, we must generate information that promotes the use of environmentally friendly technologies, such as drip irrigation, fertigation, and microorganisms. In this study, the effect of fertigation and application of *Trichoderma asperellum* and *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum* on yield, fruit quality, and foliar nutrient uptake was assessed in 36-week-old Hass avocado plants. The treatments were: fertigation, fertigation and microorganisms, microorganisms, and control. Production variables, fruit quality, and foliar concentrations of macronutrients (N, P, K, Ca, Mg, and S) and micronutrients (B, Fe, Zn, Cu, and Mn) were measured in two production cycles. Treatments with fertigation and application of microorganisms obtained higher averages in the evaluated variables than in the control. A trend in increasing yield was observed with the combined use of these technologies (11.33 t ha<sup>-1</sup>) about the power (8.47 t ha<sup>-1</sup>). The results of this study showed the positive effect generated by the use of fertigation and microorganisms in avocado cultivation.

### Keywords

macroelements; microelements; mychorriza; nutrition; *Trichoderma*.

### Direcciones

<sup>1</sup>Universidad Politécnica Estatal del Carchi. Carchi, Ecuador. Email: [juan.gaona@upec.edu.ec](mailto:juan.gaona@upec.edu.ec), [carlos.herrera@upec.edu.ec](mailto:carlos.herrera@upec.edu.ec)

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP. Quito, Ecuador. Email: [jorge.merino@iniap.edu.ec](mailto:jorge.merino@iniap.edu.ec)

### Autor para la correspondencia

Juan Pablo Gaona Gonzaga. Universidad Politécnica Estatal del Carchi. Carchi, Ecuador. Email: [juan.gaona@upec.edu.ec](mailto:juan.gaona@upec.edu.ec)

### Como citar

GAONA GONZAGA, Juan Pablo, HERRERA RAMÍREZ, Carlos David and MERINO TORO, Jorge Luis, 2025. Efecto del fertirriego y microorganismos en el rendimiento, calidad de la fruta y concentración foliar de nutrientes en aguacate *Hass* (*Persea americana* Mill.) en el valle de Tumbaco-Ecuador. Revista Amazónica. Ciencia y Tecnología. 2025. Vol. 10, no. 1, p. 36–46. DOI 10.59410/RACYT-v10n01ep04-0163.


### Editores Académicos

Segundo Valle-Ramírez  
Javier Dominguez Brito  
Alfonso Suarez Tapia  
Wilson Vásquez Castillo

### Editorial

Editorial de la Universidad Estatal  
Amazónica 2024

### Copyright:

Derechos de autor 2012 UEA | Revista Amazónica Ciencia y Tecnología 

Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.

Los autores del artículo autorizan a la RACYT, a que este artículo se destruya y sea compartido bajo las condiciones de la Licencia Creative Commons 4.0 (CC-BY 4.0)

## 1. Introducción

El cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) se encuentra en continua expansión en América, principalmente en países como México, Colombia,

Ecuador, Perú, Chile, Venezuela, Bolivia, y los Estados Unidos de Norte América (Ayala y Ledesma, 2014). Durante los últimos años este frutal ha mostrado crecimiento en los mercados internacionales tanto en

precio como en demanda (Arias, Montoya y Velásquez, 2018). El consumo de aguacate durante la última década se ha incrementado especialmente en mercados potenciales como Estados Unidos, Europa y Asia, lo cual demanda grandes volúmenes de fruta (Madero y Castro, 2019). Consecuentemente, la importancia de este cultivo a nivel mundial está demostrando que posee una tendencia de consumo en los mercados más exigentes y grandes del mundo (Chávez, 2019).

Actualmente, Ecuador cuenta con 7000 ha cultivadas de aguacate, predominando la variedad Fuerte según el Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA, 2018); sin embargo, existen productores que han incrementado la superficie de la variedad *Hass*, enfocados en la producción de fruta para la exportación (Briones et al., 2018; Florin y Caguana, 2022), cuyos mercados la demandan principalmente por sus características nutritivas debido a que contiene vitaminas, compuestos bioactivos (antioxidantes) y minerales (Rubi-Arriaga et al., 2013; Viera et al., 2023). Además, el potencial de altos rendimientos, precios estables y la durabilidad en poscosecha de la fruta han motivado a los productores a incrementar nuevas tecnologías de manejo a fin de mejorar sus ingresos y calidad de vida (Viera, Sotomayor y Viera, 2016).

El cultivo de aguacate en la fase de desarrollo es exigente de macronutrientes (N, P, K y Ca), predominando el requerimiento de N y micronutrientes como B, Zn y Mn, variando la concentración de cada nutriente de acuerdo con la fase fenológica del cultivo (Gaona et al., 2020; Salvo, 2017). En la fase productiva el cultivo incrementa la necesidad de K, P y Ca (Castillo, 2023). Además, es importante el uso de prácticas sostenibles en el cultivo como la aplicación de fertilización y riego eficientes, con la finalidad de mejorar la productividad y calidad de la fruta (Comino et al., 2022). La aplicación de nutrientes químicos y orgánicos bien balanceados a la planta mediante un sistema de riego por goteo favorece la asimilación de nutrientes, mejora la eficiencia del uso del agua en el cultivo e incrementa la sostenibilidad de los huertos de aguacate (Kiggundu et al., 2012; Antúnez, Mora y Felmer, 2010), esta tecnología conocida como fertirriego es la nueva tendencia en los sistemas productivos (Nicolas et al., 2019).

Estudios realizados por Aristizabal y Ramírez (2023) demostraron el efecto de microorganismos (*Trichoderma* y Micorrizas) como agentes biocontroladores benéficos, que promueven el crecimiento de las plantas y previenen enfermedades causadas por patógenos. Aunque su modo de acción es distinto, *Trichoderma* actúa principalmente

compitiendo con organismos patógenos, produciendo enzimas que degradan las paredes celulares de los patógenos (*Phytophthora cinnamomi*) y estimulando el sistema de defensa de la planta (Ramírez y Morales, 2020; Sotomayor et al., 2022). Por otro lado, las Micorrizas forman simbiosis con las raíces de las plantas, mejorando la absorción de nutrientes y agua, así como protegiendo las plantas contra patógenos del suelo. Estas interacciones beneficiosas pueden mejorar significativamente la salud y productividad de los frutales en sus diferentes etapas fenológicas (Garzón, 2016; Sotomayor et al., 2018). En Ecuador, existen estudios, usando tecnologías amigables con el medioambiente, que muestran resultados positivos con el uso de microorganismos (*Trichoderma* y Micorrizas) en la producción de plantas injertadas de aguacate en vivero (Sotomayor et al., 2019); así como, el efecto del fertirriego (Viera et al., 2021; Gaona et al., 2020) y uso de microorganismos en las etapas iniciales de desarrollo y producción del cultivo (Viera et al., 2023).

El comportamiento de los calibres (tamaño del fruto) en la producción de aguacate es de suma importancia, ya que ayuda a determinar el mercado al que se destinará la producción (Jaramillo, 2022). El peso del fruto está directamente relacionado con el calibre, lo que es determinante para la industria (Gardiazábal, Mena y Magdahl, 2007); asimismo, el calibre está relacionado con la cantidad y el peso de frutos que caben en una caja para la venta de la fruta (Undurraga, Olaeta y Bontá, 2007). El número de células se relaciona directamente con el tamaño final del fruto, entonces el calibre depende del proceso de división celular que es mayor en la primera etapa de desarrollo del fruto, por lo tanto, algún estrés provocado en esta fase fenológica podría producir un menor calibre (Cowan, 1997). Además, la nutrición de la planta influye en este parámetro.

Actualmente, existe una demanda constante de información sobre el aspecto nutricional del cultivo de aguacate debido a la poca investigación desarrollada en este tema en el país; por lo que esta investigación tuvo como objetivo: evaluar el efecto del fertirriego y uso de microorganismos en la producción, calidad de fruta y la asimilación foliar de nutrientes de aguacate var. *Hass*, en dos ciclos de producción. Los resultados generarán información sobre el uso de prácticas sustentables de manejo y su influencia en la productividad y calidad de la fruta.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Descripción del área de estudio

La investigación se desarrolló en la Granja Experimental Tumbaco del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), con

coordenadas: latitud 0° 12' 57" sur, longitud 78° 24' 43" oeste, altitud de 2348 m, precipitación anual de aproximadamente 800 mm, temperatura media de 17 °C, humedad relativa promedio de 75 %, profundidad efectiva del suelo de 40 cm, suelo franco – arenoso y pendiente del 12 – 25 %. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, (INAMHI, 2022).

**2.2. Procedimiento y diseño experimental**

El estudio se implementó en 36 plantas de aguacate injertas con variedad *Hass* de 36 meses de edad, plantadas a una distancia de 5 x 4 m, con una densidad de 500 plantas ha<sup>-1</sup>. El lote donde se realizó el ensayo cuenta con un sistema de riego por goteo. Cada árbol recibió 16 L día<sup>-1</sup> de agua repartidos en dos ciclos de riego (8 L por la mañana y 8 L por la tarde), durante cinco días por semana. Se monitoreó de forma contante para determinar la presencia de plagas y enfermedades; se realizó controles fitosanitarios con abamectina, lambda cyalotrina, aceite mineral ligero, azufre elemental y Neem – X. El control de malezas se hizo de forma mecánica con la utilización de moto guadañas y las coronas de los árboles se limpiaron de forma manual con azadón. Además, se realizaron podas de mantenimiento.

Para el diseño experimental se consideraron 3 plantas por tratamiento, con tres repeticiones cada uno de ellos, en el que cada planta formó una unidad experimental, seleccionadas mediante un Diseño Completos al Azar, con arreglo factorial 2x2, con cuatro tratamientos y 4 observaciones por tratamiento.

**Tabla 2** | Dosis de fertilización para cada tratamiento en estudio.

| Tipo de nutrientes | Elemento químico | Experimentos: T1 y T2<br>Método de aplicación | Número de aplicaciones por año | Cantidad | Experimentos: T3 y Control<br>Método de aplicación | Número de aplicaciones por año | Cantidad | Unidad       |
|--------------------|------------------|---|--------------------------------|----------|--|--------------------------------|----------|--------------|
| Macronutrientes    | N                | Fertirriego                                   | 144                            | 1,67     | Edáfico  | 4                              | 60,00    | g por planta |
|                    | P                |   |                                | 0,26     |  |                                | 9,50     |              |
|                    | K                |   |                                | 2,32     |  |                                | 83,50    |              |
|                    | Ca               |   |                                | 1,38     |  |                                | 49,50    |              |
|                    | Mg               |   |                                | 0,38     |  |                                | 13,50    |              |
|                    | S                |   |                                | 0,56     |  |                                | 20,00    |              |
| Micronutrientes    | B                | 0,04  | 1,45                           |          |  |                                |          |              |
|                    | Fe               | 0,02  | 0,60                           |          |  |                                |          |              |
|                    | Cu               | 0,02  | 0,70                           |          |  |                                |          |              |
|                    | Zn               | 0,05  | 1,95                           |          |  |                                |          |              |
|                    | Mn               | 0,01  | 0,35                           |          |  |                                |          |              |

Además, con la finalidad de complementar la nutrición del cultivo, se realizaron aplicaciones foliares mensuales a todos los tratamientos (incluido el control) con N (11,47 %), K (6 %), B (0,036 %), Cu (0,04 %), Fe (0,050 %), Mo (0,005 %), Zn (0,080 %), clorhidrato de tiamina (0,004 %), P (8 %), S (0,23 %), Ca (0,025 %), Co (0,002 %), Mn (0,036 %), Mg (0,025 %) y ácido indoacético (0,003 %), a una dosis comercial de 3 cm<sup>3</sup> L<sup>-1</sup>. En la etapa de floración y cuajado de la fruta

La nutrición del cultivo se realizó en base a la concentración de macro y micronutrientes en el suelo (**Tabla 1**), realizado en el laboratorio del Departamento de Suelos de INIAP, a través del método de absorción atómica para determinar (K, Ca, Mg). Se calculó la concentración de N mediante el método Semimicro – Kjeldahl, mientras que K, Ca, Mg, Na, Zn, Cu, Fe y Mn fueron determinados con un espectrofotómetro de absorción atómica (AA7000, Shimadzu, Japan). El P fue estimado mediante un espectrofotómetro UV–visible (UV2600, Shimadzu, Japan). Finalmente, el S y B fueron determinados utilizando un espectrofotómetro de plasma acoplado inducido inductivamente (5300 Óptima DV, Perkin Elmer, Italy) (AOAC, 2019), esto permitió establecer la recomendación de fertilización en cada tratamiento.

**Tabla 1** | Concentración de macro y micronutrientes en el suelo al inicio del estudio.

| Tipo de nutrientes | Elemento químico | Cantidad | Unidad |
|--------------------|------------------|----------|--------|
| Macronutrientes    | N                | 34,00    | ppm    |
|                    | P                | 146,00   | ppm    |
|                    | K                | 0,049    | %      |
|                    | Ca               | 0,24     | %      |
|                    | Mg               | 0,046    | %      |
|                    | S                | 6,80     | ppm    |
| Micronutrientes    | B                | 1,08     | ppm    |
|                    | Fe               | 157,00   | ppm    |
|                    | Cu               | 10,50    | ppm    |
|                    | Zn               | 9,00     | ppm    |
|                    | Mn               | 16,25    | ppm    |

De acuerdo con los resultados del análisis de suelos y la edad del cultivo, se administraron las cantidades de nutrientes a través de fertirrigación con una frecuencia de tres días por semana, aportando las siguientes cantidades de nutrientes (**Tabla 2**):

se hicieron 3 aplicaciones foliares con Ca (10,5 %), B (2 %) y aminoácidos (8 %), con dosis de 3 cm<sup>3</sup> L<sup>-1</sup> cada 15 días.

Para la inoculación de los microorganismos, se preparó una solución de un litro de agua y 1 gramo de *Trichoderma asperellum* (1,53x10<sup>9</sup> conidios g<sup>-1</sup>), la cual se aplicó mensualmente en 4 hoyos alrededor de la planta a 20 cm de profundidad y se aplicaron 250 mL

por cada hoyo. La inoculación de la micorriza (*Glomus iranicum* var. *tenuihypharum*) se realizó cada tres meses de manera similar al proceso de inoculación de *Trichoderma*, la dosis que se utilizó fue de 7 g planta<sup>-1</sup>, aplicando en orificios diferentes a aquellos donde se aplicó *Trichoderma*.

### 2.3. Tratamientos evaluados

Se evaluaron 4 tratamientos, T1: Fertirriego, T2: Fertirriego y Microorganismos (*T. asperellum* y *G. iranicum*), T3: Microorganismos (*T. asperellum* y *G. iranicum*) T4: Control (Fertilización edáfica).

### 2.4. Análisis estadístico y variables de evaluación.

El tiempo desde floración a cosecha fue de 32 semanas aproximadamente y las cosechas se extendieron por 12 semanas aproximadamente. Los datos se sometieron a un análisis de varianza después de verificar los supuestos de distribución normal y homogeneidad de varianzas. Cuando estos supuestos no se cumplieron, se realizaron transformaciones logarítmicas (Log10), raíz cuadrada ( $\sqrt{X}$ ) e inversa (1/X) (Vásquez, et al., 2017) y se analizaron mediante la prueba de *Kruskal-Wallis*. Sin embargo, en la tabla se reporta los valores originales (*backtransform*), para un mejor entendimiento. Finalmente, las medias se compararon mediante la prueba *Tukey* con un nivel de confianza del 95 %. El análisis estadístico se realizó con el programa estadístico INFOSTAT (2020).

Para evaluar las variables peso y diámetro de fruto y porcentaje de materia seca, se cosechó frutos en estado de madurez fisiológica, se seleccionaron 10 frutos para evaluar cada variable, conservando la uniformidad entre frutos (Márquez, et al. 2017). Se evaluó el peso de fruto (g) utilizando una balanza digital (BBL53, Boeco, Alemania). El diámetro polar y ecuatorial del fruto (mm) se midió con un calibrador digital (Varnier 500–159–30, Mitutoyo, Japón). Para medir el porcentaje de materia seca, se procedió según la metodología descrita por Montealegre et al. (2019),

utilizando una balanza digital (BBL53, Boeco, Alemania). La firmeza (N), acidez titulable (%), sólidos solubles (°Brix) y pH, se evaluaron en estado de madurez de consumo (Márquez et al., 2017). Se realizó un corte en el eje ecuatorial de la fruta para la posterior inserción del penetrómetro (FR-5120, Lutron, Taiwán) y determinar la firmeza. La acidez titulable se midió utilizando un medidor digital (PAL-BXIACID, Atago - Japón), se preparó una solución de pulpa y agua en relación 1:50, se colocó una gota de la solución en el lector del equipo, el valor se registró en porcentaje. Para el contenido de sólidos solubles, se tomó una porción de pulpa y se colocó en un lienzo, el cual se presionó hasta extraer una gota del extracto de la fruta, que fue colocada en el mismo equipo digital que se utilizó para la acidez. El pH se evaluó siguiendo el protocolo de Márquez et al. (2014), se extrajo 20 mL de pulpa de la fruta y se colocó el electrodo en el núcleo de la muestra, donde se registró la lectura directamente en el potenciómetro (Milwaukee, Romania).

En cada ciclo se realizó el análisis foliar (por tratamiento) de las plantas en estudio, donde se determinó la concentración de macro y micronutrientes. Las muestras foliares fueron hojas previamente maduras (sin color violáceo) y con el limbo bien extendido, tomadas del tercio medio de la planta. La metodología de análisis en el laboratorio fue la misma que se utilizó para el análisis de suelos indicado anteriormente.

## 3. Resultados y discusión

### 3.1. Calidad de fruta.

En la **Tabla 3**, se puede observar diferencias estadísticas en el ciclo 2 del peso y el diámetro del fruto, en el cual los tratamientos evaluados (T1 a T3) alcanzaron valores mayores que el control. En lo referente al porcentaje de materia seca, se observó que T3 obtuvo el mayor porcentaje (29,04 %) en el ciclo 2 donde hubo diferencias estadísticas.

**Tabla 3** | Variables físicas de los frutos de aguacate de variedad *Hass*, evaluados en dos ciclos del cultivo. T1 = fertirrigación, T2 = fertirrigación y microorganismos, T3 = microorganismos, T4 = control; Trat = Tratamientos; 1 = Ciclo 1; 2 = Ciclo 2; <sup>w</sup>Variable analizada con la prueba *Kruskal-Wallis*; <sup>x</sup>Variable con transformación logarítmica; <sup>y</sup>Variable que no fue transformada; letras distintas en el mismo ciclo señalan diferencias significativas (LSD  $\alpha= 0,05$ ), <sup>b</sup>variable con diferencia estadística.

| Experimentos | Peso fruto (g)      |                      | Diámetro Polar (mm) |                     | Diámetro Ecuatorial (mm) |                     | Materia seca (%)   |                     |
|--------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
|              | 1 <sup>w</sup>      | 2 <sup>x</sup>       | 1 <sup>w</sup>      | 2 <sup>w</sup>      | 1 <sup>w</sup>           | 2 <sup>w</sup>      | 1 <sup>y</sup>     | 2 <sup>w</sup>      |
| T1           | 261,99 <sup>a</sup> | 209,64 <sup>ab</sup> | 84,87 <sup>a</sup>  | 97,12 <sup>ab</sup> | 80,02 <sup>b</sup>       | 92,41 <sup>a</sup>  | 28,58 <sup>a</sup> | 27,53 <sup>b</sup>  |
| T2           | 269,77 <sup>a</sup> | 213,59 <sup>ab</sup> | 92,27 <sup>a</sup>  | 95,91 <sup>ab</sup> | 87,47 <sup>ab</sup>      | 85,38 <sup>a</sup>  | 28,70 <sup>a</sup> | 27,95 <sup>ab</sup> |
| T3           | 271,90 <sup>a</sup> | 222,37 <sup>a</sup>  | 85,80 <sup>a</sup>  | 108,37 <sup>a</sup> | 89,68 <sup>ab</sup>      | 102,16 <sup>a</sup> | 27,80 <sup>a</sup> | 29,04 <sup>a</sup>  |
| T4           | 269,47 <sup>a</sup> | 196,25 <sup>b</sup>  | 104,83 <sup>a</sup> | 76,60 <sup>b</sup>  | 99,07 <sup>a</sup>       | 66,05 <sup>b</sup>  | 28,48 <sup>a</sup> | 27,24 <sup>b</sup>  |

Según las regulaciones del Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2015), para la variedad de aguacate *Hass*, los frutos que pesan entre 180 y 250 g se consideran de tamaño medio (categoría B); mientras que los frutos con peso mayor a 250 g, se

consideran de tamaño grande (categoría A). En el Ciclo 1 de este estudio, todos los frutos obtenidos (>250,00 g) clasifican en la categoría A, pero los frutos del Ciclo 2, de los tratamientos incluido el control su peso fue menor a 250 g, por lo que se los clasificó en la



categoría B. La diferencia de peso del fruto entre los dos ciclos es ocasionada por cantidad de fruta producida (16,37 y 22,65 kg planta<sup>-1</sup>) para cada ciclo respectivamente. La competencia por fotoasimilados junto a la disponibilidad de carbohidratos incide directamente sobre el tamaño del fruto, aumentando la reserva de materia seca y produciendo mayores rendimientos y a la vez un mayor tamaño del fruto (Wolstenholme y Whiley, 1990).

Los resultados del diámetro polar y ecuatorial del fruto observados en el Ciclo 1 y 2 superan a los reportados por García et al. (2021), quienes evaluaron tipos de fertilización y reportaron resultados de 60,10 y 80,50 mm para los diámetros polar y ecuatorial, respectivamente. Estos resultados estarían influenciados positivamente por la aplicación de las tecnologías (fertirriego y/o microorganismos), ya que influyen en la mejor nutrición de la planta y desarrollo de la fruta (Viera et al., 2023).

El porcentaje de materia seca obtenido en los tratamientos evaluados fue ligeramente superior en los dos ciclos a los valores entre 24,1 % y 26,8 % reportados por García et al. (2021). Estos valores permiten confirmar que los frutos estuvieron en su

**Tabla 4** | Variables químicas de los frutos de aguacate de variedad *Hass* evaluados en dos ciclos del cultivo. T1 = fertirrigación, T2 = fertirrigación y microorganismos, T3 = microorganismos, T4 = control; Trat = Tratamientos; 1 = Ciclo 1; 2 = Ciclo 2; <sup>w</sup> Variable analizada con la prueba *Kruskall-Wallis*. y Variable con transformación de raíz cuadrada; <sup>z</sup> Variable con transformación inversa.; letras distintas en el mismo ciclo señalan diferencias significativas (LSD  $\alpha = 0,05$ ), <sup>b</sup>variable con diferencia estadística.

| Experimentos | Firmeza (N)        |                    | Sólidos solubles (°Brix) |                    | Acidez titulable (%) |                    | pH                 |                    |
|--------------|--------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|              | 1 <sup>z</sup>     | 2 <sup>y</sup>     | 1                        | 2 <sup>w</sup>     | 1 <sup>y</sup>       | 2 <sup>w</sup>     | 1 <sup>w</sup>     | 2 <sup>w</sup>     |
| T1           | 2,06 <sup>ab</sup> | 1,79 <sup>ab</sup> | 9,27 <sup>a</sup>        | 14,20 <sup>a</sup> | 0,10 <sup>a</sup>    | 2,44 <sup>a</sup>  | 6,51 <sup>a</sup>  | 6,70 <sup>ab</sup> |
| T2           | 2,33 <sup>a</sup>  | 1,88 <sup>a</sup>  | 9,43 <sup>a</sup>        | 14,10 <sup>a</sup> | 0,09 <sup>a</sup>    | 2,15 <sup>b</sup>  | 6,49 <sup>ab</sup> | 6,61 <sup>b</sup>  |
| T3           | 1,92 <sup>b</sup>  | 1,63 <sup>b</sup>  | 9,31 <sup>a</sup>        | 14,03 <sup>a</sup> | 0,09 <sup>a</sup>    | 2,30 <sup>ab</sup> | 6,42 <sup>b</sup>  | 6,73 <sup>a</sup>  |
| T4           | 2,01 <sup>b</sup>  | 1,68 <sup>b</sup>  | 9,14 <sup>a</sup>        | 13,10 <sup>a</sup> | 0,09 <sup>a</sup>    | 2,08 <sup>b</sup>  | 6,48 <sup>ab</sup> | 6,71 <sup>ab</sup> |

El contenido de sólidos solubles estuvo alrededor de 9,00 °Brix en el ciclo 1 y 14,00 °Brix en el ciclo 2, sin diferenciarse con los resultados del control. El aguacate no es una fruta de alto contenido de sólidos solubles (azúcares) y este parámetro podría considerarse de menor relevancia para la calidad de la fruta en comparación con el contenido de materia seca y el contenido de grasa. En cuanto a la acidez el T1 presentó un valor de 2,44 % superior al control en el ciclo 2. Con relación al pH, el T3 mostró 6,42 en el ciclo 1 y T2 6,61 en el ciclo 2, presentaron los valores más bajos para este parámetro. La acidez y el pH son características importantes para la conservación de la fruta durante su almacenamiento (Dell’Orto et al., 2010). En este estudio se pudo ver un efecto positivo en estas características, las cuales van cambiando durante la maduración y desarrollo del fruto.

La firmeza se define como la capacidad de resistir la penetración, esta característica tiende a disminuir ligeramente a medida que la fruta madura (Magwaza y Tesfay, 2015). Esta variación está vinculada al grado

de madurez fisiológica, la cual se alcanza cuando el contenido de materia seca en la variedad *Hass* es de 21,1 % (Herrera, et al. 2017). Además, este indicador se emplea como criterio de cosecha en esta variedad (Cerdas, Montero y Somarribas, 2014). El contenido de materia seca estaría relacionado directamente al peso del fruto; como las tecnologías aplicadas incidieron positivamente en el incremento del peso, el contenido de materia seca también aumentó.

En la **Tabla 4** se muestran los resultados de la comparación de medias de las variables que fueron evaluadas en madurez de consumo. Se puede observar diferencias estadísticas para todas las variables, excepto el contenido de sólidos solubles. El T2 obtuvo los valores mayores de firmeza (2,33 y 1,88 N) en los dos ciclos en comparación con el control. La firmeza del fruto está relacionada con la consistencia del mismo (Barreiro y Ruíz, 1996), es decir, que la dureza de la pared de las células incidiría en este factor; debido a que las tecnologías aplicadas incidieron en la mejor absorción de nutrientes como el Ca que es parte fundamental de la estructura celular (Rincón y Martínez, 2015), esto influiría positivamente para mejorar la firmeza de la fruta.

de madurez y al proceso de maduración heterogéneo. (Sandoval et al., 2017; García, R. et al., 2021.) estudiaron la influencia de nutrientes, obteniendo mayor rendimiento y calidad de fruto en la parcela con la concentración más alta de nutrientes como el Ca, a su vez, incrementando la firmeza del fruto. Como se puede observar en los resultados, los tratamientos con fertirriego y uso de microorganismos (T1 y T2 respectivamente) obtuvieron mayores valores de firmeza, lo cual estaría relacionado a la mejora de la absorción de nutrientes influenciada por estos tratamientos. (Viera et al., 2023) obtuvieron resultados de firmeza en fruta de aguacate *Hass* con 2,23 N similares a los obtenidos en el primer ciclo de este estudio.

La acidez titulable en frutos de aguacate indica la cantidad de ácidos presentes en la pulpa del fruto; (Astudillo-Ordóñez y Rodríguez 2018) reportaron un porcentaje de acidez de 9,24 % para aguacate *Hass* en madurez de consumo, valor que es superior a los obtenidos en este estudio. Sin embargo, Márquez et al.

(2014) registraron un valor de 0,18 %, el cual es superior a los resultados obtenidos en el ciclo 1 pero inferior a los valores del ciclo 2.

El pH de la fruta tiende a incrementar su valor desde la madurez fisiológica hasta la madurez de consumo, su cambio está relacionado con la cantidad de ácidos orgánicos que contiene (Márquez, et al. 2014). Se consideró que el pH, no varía con el tiempo durante el proceso de maduración, estos ácidos tienden a disminuir debido a que se utilizan en los diversos ciclos metabólicos (Vásquez et al., 2022). Los valores de pH reportados en este estudio en los dos ciclos de producción son similares a los obtenidos por Astudillo-Ordoñez y Rodríguez (2018) y Márquez et al. (2014), quienes reportan valores de 6,63 y 7,14 respectivamente.

### 3.2. Contenido de grasa y rendimiento

En la **Tabla 5**, se muestran los resultados de la comparación de medias de los tratamientos para el contenido de grasa del fruto y el rendimiento. Se puede evidenciar que los porcentajes de grasa en el ciclo 1 variaron entre tratamientos, destacándose el T2 con 71,85 %, mientras que en el ciclo 2 no se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos. Con relación al rendimiento, no se observó diferencias estadísticas en los dos ciclos de evaluación, sin embargo, matemáticamente T2, que combina fertirriego y los microorganismos, alcanzó los valores más altos en kilogramos por planta en los dos ciclos de evaluación 16,37 y 22,65 kg planta<sup>-1</sup> respectivamente, lo cual se refleja también en la proyección a toneladas por hectárea con 8,20 y 11,33 t ha<sup>-1</sup>; en cambio, el control T4, registró los valores más bajos en los dos ciclos de evaluación 5,8 y 8,47 t ha<sup>-1</sup>.

**Tabla 5** | Rendimiento y contenido de grasa en el cultivo de aguacate variedad *Hass* evaluados en dos ciclos productivos. T1 = fertirrigación, T2 = fertirrigación y microorganismos, T3 = microorganismos, T4 = control; 1= Ciclo 1; 2= Ciclo 2; \* Variables de rendimiento. <sup>z</sup>Variable con transformación inversa. Letras distintas, en el mismo ciclo, señalan diferencias significativas (LSD  $\alpha$  = 0,05). <sup>b</sup>variable con diferencia estadística.

| Exp. | Grasa (%)           |                    | Rendimiento (kg planta <sup>-1</sup> *) |                    | Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> *) |                    |
|------|---------------------|--------------------|---|--------------------|--|--------------------|
|      | 1 <sup>a</sup>      | 2 <sup>y</sup>     | 1                                       | 2 <sup>w</sup>     | 1 <sup>y</sup>                                       | 2 <sup>w</sup>     |
| T1   | 69,20 <sup>b</sup>  | 69,00 <sup>a</sup> | 14,13 <sup>a</sup>                      | 20,10 <sup>a</sup> | 7,10 <sup>a</sup>                                    | 10,05 <sup>a</sup> |
| T2   | 71,85 <sup>a</sup>  | 65,22 <sup>a</sup> | 16,37 <sup>a</sup>                      | 22,65 <sup>a</sup> | 8,20 <sup>a</sup>                                    | 11,33 <sup>a</sup> |
| T3   | 69,61 <sup>ab</sup> | 69,04 <sup>a</sup> | 13,92 <sup>a</sup>                      | 20,41 <sup>a</sup> | 6,90 <sup>a</sup>                                    | 10,21 <sup>a</sup> |
| T4   | 70,20 <sup>ab</sup> | 66,11 <sup>a</sup> | 11,66 <sup>a</sup>                      | 16,93 <sup>a</sup> | 5,80 <sup>a</sup>                                    | 8,47 <sup>a</sup>  |

Los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con los obtenidos por Viera et al. (2023), que obtuvieron el mayor porcentaje de grasa 72,76 % en el tratamiento en el cual combinaron el fertirriego y los microorganismos (*Trichoderma* y Micorrizas). Además, se ha reportado que conforme la fruta se va desarrollando, el contenido de ácidos grasos y triglicéridos se incrementa (Gaydou, Lozano y

Ratovohery, 1987); consecuentemente el uso de tecnologías como el fertirriego y la aplicación de microorganismos contribuyen a mejorar la nutrición del cultivo (Viera et al., 2023), influyendo en el desarrollo del fruto y su composición.

La dotación continua de todos los macros y micronutrientes mediante fertirriego, durante el ciclo del cultivo de aguacate, permite mejorar los rendimientos (Silver et al., 2018); tendencia que se observó en este estudio. Además, el uso de microorganismos favorece la asimilación de nutrientes por parte de la planta (Rengifo et al., 2020), también influye positivamente en el rendimiento del cultivo como se puede observar en los resultados de esta investigación, que se alcanzó 11,33 t ha<sup>-1</sup>, en el tratamiento que se combina fertirriego y microorganismos.

### 3.3. Asimilación foliar de nutrientes.

No se observaron diferencias estadísticas en la mayoría de los nutrientes evaluados en los dos ciclos del cultivo; sin embargo, al ser el aguacate un cultivo perenne, es necesario un constante monitoreo de la variación de nutrientes para poder identificar deficiencias y hacer las correcciones de fertilización requeridas para mantener un nivel estable de nutrientes para el adecuado desarrollo del cultivo. En la **Tabla 6**, se muestra las concentraciones de NPK, los cuales no mostraron diferencias significativas.

**Tabla 6** | Concentración foliar de macronutrientes en aguacate de la variedad *Hass*, evaluados en dos ciclos del cultivo. T1 = fertirrigación, T2 = fertirrigación y microorganismos, T3 = microorganismos, T4 = control; 0 = Inicio; 1 = Ciclo 1; 2 = Ciclo 2; <sup>w</sup>Variable analizada con la prueba *Kruskal-Wallis*, <sup>y</sup>Variables con transformación raíz cuadrada; Letras distintas en el mismo ciclo señalan diferencias significativas (LSD  $\alpha$  = ,0.05). Letras distintas en el mismo ciclo señalan diferencias significativas (LSD  $\alpha$  = 0.05). <sup>b</sup>variable con diferencia estadística.

| Elemento químico | Ciclos         | Experimentos      |                    |                    |                   |
|------------------|----------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
|                  |                | T1                | T2                 | T3                 | T4                |
| N (%)            | 0              | 2,96 <sup>a</sup> | 2,98 <sup>a</sup>  | 3,06 <sup>a</sup>  | 3,04 <sup>a</sup> |
|                  | 1              | 2,59 <sup>a</sup> | 2,53 <sup>a</sup>  | 2,42 <sup>a</sup>  | 2,45 <sup>a</sup> |
|                  | 2              | 2,90 <sup>a</sup> | 2,83 <sup>a</sup>  | 2,68 <sup>a</sup>  | 2,75 <sup>a</sup> |
| P (%)            | 0              | 0,17 <sup>a</sup> | 0,19 <sup>a</sup>  | 0,18 <sup>a</sup>  | 0,16 <sup>a</sup> |
|                  | 1 <sup>w</sup> | 0,14 <sup>a</sup> | 0,14 <sup>a</sup>  | 0,14 <sup>a</sup>  | 0,13 <sup>a</sup> |
|                  | 2 <sup>y</sup> | 0,14 <sup>a</sup> | 0,12 <sup>a</sup>  | 0,11 <sup>a</sup>  | 0,10 <sup>a</sup> |
| K (%)            | 0              | 1,00 <sup>a</sup> | 1,02 <sup>a</sup>  | 0,95 <sup>a</sup>  | 0,93 <sup>a</sup> |
|                  | 1              | 0,83 <sup>a</sup> | 0,94 <sup>a</sup>  | 0,82 <sup>a</sup>  | 0,89 <sup>a</sup> |
|                  | 2 <sup>y</sup> | 1,15 <sup>a</sup> | 0,85 <sup>a</sup>  | 0,79 <sup>a</sup>  | 0,78 <sup>a</sup> |
| Ca (%)           | 0              | 2,06 <sup>a</sup> | 2,08 <sup>a</sup>  | 2,24 <sup>a</sup>  | 2,22 <sup>a</sup> |
|                  | 1              | 2,28 <sup>a</sup> | 2,06 <sup>ab</sup> | 1,92 <sup>ab</sup> | 1,71 <sup>b</sup> |
|                  | 2              | 2,50 <sup>a</sup> | 2,47 <sup>a</sup>  | 2,54 <sup>a</sup>  | 2,24 <sup>a</sup> |
| Mg (%)           | 0              | 0,87 <sup>a</sup> | 0,89 <sup>a</sup>  | 0,79 <sup>a</sup>  | 0,77 <sup>a</sup> |
|                  | 1              | 0,71 <sup>a</sup> | 0,70 <sup>a</sup>  | 0,70 <sup>a</sup>  | 0,58 <sup>b</sup> |
|                  | 2              | 0,70 <sup>a</sup> | 0,85 <sup>a</sup>  | 0,76 <sup>a</sup>  | 0,79 <sup>a</sup> |
| S (%)            | 0              | 0,55 <sup>a</sup> | 0,57 <sup>a</sup>  | 0,55 <sup>a</sup>  | 0,53 <sup>a</sup> |
|                  | 1              | 0,40 <sup>a</sup> | 0,41 <sup>a</sup>  | 0,41 <sup>a</sup>  | 0,38 <sup>a</sup> |
|                  | 2              | 0,25 <sup>a</sup> | 0,26 <sup>a</sup>  | 0,27 <sup>a</sup>  | 0,23 <sup>a</sup> |

En la **Tabla 6**, se puede observar los macronutrientes que mostraron diferencias estadísticas en el ciclo 1, Ca y Mg, donde el tratamiento con fertirriego (T1) alcanzó

los mayores valores de Ca (2,28 %) y Mg (0,71 %), mientras que el control alcanzó los valores más bajos 1,71 y 0,58 % respectivamente.

El contenido de micronutrientes se reporta en la **Tabla 7**, solamente el Mn presentó diferencias estadísticas en el ciclo 1, observándose que el menor porcentaje fue obtenido por T2 (32,00 ppm).

**Tabla 7** | Concentración foliar de micronutrientes en aguacate de la variedad Hass, evaluados en dos ciclos del cultivo. T1 = fertirrigación, T2 = fertirrigación y microorganismos, T3 = microorganismos, T4 = control; 0 = Inicio; 1 = Ciclo 1; 2 = Ciclo 2; <sup>w</sup>Variable analizada con la prueba Kruskal-Wallis, <sup>v</sup>Variables con transformación raíz cuadrada, <sup>z</sup>Variables con transformación inversa; Letras distintas en el mismo ciclo señalan diferencias significativas (LSD  $\alpha = 0.05$ ). Letras distintas en el mismo ciclo señalan diferencias significativas (LSD  $\alpha = 0.05$ ). <sup>b</sup>variable con diferencia estadística.

| Elemento químico | Ciclos         | Experimentos        |                    |                     |                    |
|------------------|----------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
|                  |                | T1                  | T2                 | T3                  | T4                 |
| B (ppm)          | 0              | 48,00 <sup>a</sup>  | 48,02 <sup>a</sup> | 31,70 <sup>a</sup>  | 31,68 <sup>a</sup> |
|                  | 1              | 44,68 <sup>a</sup>  | 42,17 <sup>a</sup> | 36,01 <sup>a</sup>  | 29,92 <sup>a</sup> |
|                  | 2 <sup>w</sup> | 41,36 <sup>a</sup>  | 36,31 <sup>a</sup> | 40,32 <sup>a</sup>  | 28,16 <sup>a</sup> |
| Zn (ppm)         | 0              | 40,20 <sup>a</sup>  | 40,22 <sup>a</sup> | 39,90 <sup>a</sup>  | 39,88 <sup>a</sup> |
|                  | 1              | 19,50 <sup>a</sup>  | 19,37 <sup>a</sup> | 19,12 <sup>a</sup>  | 23,50 <sup>a</sup> |
|                  | 2              | 12,33 <sup>a</sup>  | 12,27 <sup>a</sup> | 13,26 <sup>a</sup>  | 11,27 <sup>a</sup> |
| Cu (ppm)         | 0              | 2,10 <sup>a</sup>   | 2,12 <sup>a</sup>  | 3,10 <sup>a</sup>   | 3,08 <sup>a</sup>  |
|                  | 1 <sup>w</sup> | 5,75 <sup>a</sup>   | 4,88 <sup>a</sup>  | 5,50 <sup>a</sup>   | 5,88 <sup>a</sup>  |
|                  | 2              | 4,22 <sup>a</sup>   | 3,05 <sup>a</sup>  | 4,39 <sup>a</sup>   | 3,30 <sup>a</sup>  |
| Fe (ppm)         | 0              | 75,50 <sup>a</sup>  | 75,52 <sup>a</sup> | 70,00 <sup>a</sup>  | 69,98 <sup>a</sup> |
|                  | 1              | 71,48 <sup>a</sup>  | 53,99 <sup>a</sup> | 70,23 <sup>a</sup>  | 71,11 <sup>a</sup> |
|                  | 2              | 25,83 <sup>a</sup>  | 34,37 <sup>a</sup> | 50,68 <sup>a</sup>  | 42,49 <sup>a</sup> |
| Mn (ppm)         | 0              | 25,83 <sup>a</sup>  | 34,37 <sup>a</sup> | 50,68 <sup>a</sup>  | 42,49 <sup>a</sup> |
|                  | 1 <sup>v</sup> | 33,87 <sup>ab</sup> | 32,00 <sup>b</sup> | 35,74 <sup>ab</sup> | 50,24 <sup>a</sup> |
|                  | 2 <sup>z</sup> | 27,19 <sup>a</sup>  | 39,21 <sup>a</sup> | 44,70 <sup>a</sup>  | 44,60 <sup>a</sup> |

Al comparar la absorción, tanto en macronutrientes y micronutrientes, en los dos ciclos de producción con respecto al año cero, se puede observar que la mayoría de elementos disminuyen su concentración foliar en la planta, tanto es así que únicamente el % Ca y la concentración de Cu y Mn incrementaron su concentración (**Tabla 6 y 7**). Esto concuerda con lo expresado por Díaz, Bernal y Tamayo (2020), que en su investigación mencionan que, de acuerdo con la cantidad de fruta del árbol, la remoción de nutrientes incrementa, lo cual guarda relación con los datos de la extracción foliar de nutrientes, es así que en el año uno la extracción es mayor debido a que la planta aún no contenía frutos, comparado con el ciclo 1 y 2 en el cual ya la planta se encontró en plena producción.

La absorción de nutrientes en la planta de aguacate depende de varios factores como la precipitación, riego y tipo de portainjerto, independientemente del suministro de nutrientes (Lahav et al., 2013). Existe una demanda alta de macronutrientes como N y K en las diferentes fases del cultivo, sea en desarrollo o fase productiva; por esta razón es importante mantener niveles estables de estos elementos durante los distintos ciclos de producción del cultivo; por lo tanto, mantener un equilibrio entre la dosificación de nutrientes y la demanda del cultivo, puede mejorar

considerablemente el rendimiento por planta (Gaona et al., 2020; Selladurai y Awachare, 2019), tendencia observada en los resultados de esta investigación. Rengifo et al. (2020) mencionan que los rangos óptimos para la absorción de Ca varían entre 1,04 a 2,94 % y de Mg de 0,3 a 0,75 % para aguacate *Hass*; los resultados obtenidos en este estudio estarían dentro del rango encontrado por estos autores. Por otro lado, estos mismos autores Rengifo et al. (2020) reportaron un rango óptimo para el contenido de Mn de 28,33 a 355,16 ppm; los valores obtenidos en este estudio se encuentran dentro de ese rango. La fertirrigación es un sistema que permite que la fertilización sea dirigida al área de la raíz, haciendo que la nutrición de la planta sea más eficiente (Viera et al., 2023), lo cual se reflejaría en un mejor contenido de minerales en la planta como se pudo observar en este estudio y en varios nutrientes; sin embargo, esta tendencia positiva también fue con la aplicación de microorganismos, efecto que ya ha sido reportado previamente en otros estudios (Sotomayor et al., 2019; Viera et al., 2023).

En estudios realizados por Ledezma (2023) y Sotomayor et al. (2019), demostraron que *Trichoderma* tuvo influencia en la asimilación de nutrientes por parte de la planta; los tratamientos con microorganismos (T2 y T3) obtuvieron buenos resultados en la absorción de nutrientes como Ca y Mg. Los resultados obtenidos en este estudio se relacionan con lo mencionado por Velázquez y Ramos (2015), quienes evaluaron la inoculación de microorganismos, obteniendo como resultado mayor desarrollo vegetativo y mejora en la asimilación de K en el cultivo.

#### 4. Conclusiones

El uso de fertirriego y microorganismos en el cultivo de aguacate var. *Hass* permite mejorar características de calidad de la fruta, como peso, firmeza y materia seca. Además, influyen positivamente en el incremento de la productividad del cultivo, alcanzando rendimientos más altos comparados con el manejo tradicional del productor. El uso de microorganismos como *T. asperellum* y *G. iranicum* var. *tenuihypharum*, favorecen la absorción foliar de macronutrientes como Ca y Mg, influenciando positivamente en el rendimiento del cultivo. Sin embargo, se observó un efecto contrario en la asimilación del Mn (micronutriente). Los resultados de este estudio muestran el efecto positivo que generan el uso de fertirriego y microorganismos en el cultivo de aguacate.

**Agradecimientos** Al Centro KOPIA en especial a su Director el Dr. Chang Huang Park, por el financiamiento de esta investigación, al personal del Programa de Fruticultura del INIAP quienes apoyaron el desarrollo de esta investigación y al proyecto “Difusión de tecnologías amigables con el medio ambiente para incrementar la productividad del aguacate en el Ecuador.

**Contribuciones de los autores** **Juan Pablo Gaona Gonzaga:** Elaboración del protocolo de investigación; diseño del trabajo; evaluación de variables y análisis estadístico; redacción del trabajo y corrección de las observaciones emitidas por los revisores y por el personal de la revista.

**Carlos David Herrera Ramírez:** Aprobación de protocolo de investigación; revisión de la base de datos de las variables; ha aprobado la versión enviada y la versión sustancialmente editada por el personal de la revista

**Jorge Luis Merino Toro:** Colaboración en el análisis estadístico; gestión administrativa para el desarrollo de la investigación; haber revisado el trabajo sustancialmente; ha aprobado la versión enviada y la versión sustancialmente editada por el personal de la revista.

**Conflicto de intereses de los autores** Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## 5. Referencias

ANTÚNEZ, A., MORA, D. y FELMER, S., 2010. Eficiencia en sistemas de riego por goteo en el secano. INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias-CL)[Online]. [Accessed: 5 enero 2024]. Available from: [https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2014/06/EFICIENCIA\\_EN\\_SISTEMAS\\_DE\\_RIEGO.pdf](https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2014/06/EFICIENCIA_EN_SISTEMAS_DE_RIEGO.pdf).

AOAC International. Official Methods of Analysis, 21st ed.; AOAC: Gaithersburg, MD, USA, 2019; [Online], p. 700, [Accessed 23 febrero 2022]. Available from: <https://www.aoac.org/resources/official-methods-of-analysis-revisions-to-21st-edition/>.

ARIAS, F., MONTOYA, C. y VELÁSQUEZ, O., 2018. Dinámica del mercado mundial de aguacate. Revista Virtual Universidad Católica del Norte [Online]. No 55, p. 22- 35 [Accessed: 5 enero 2024]. ISSN: 0124-5821. Available from: <https://www.redalyc.org/journal/1942/194258529017/194258529017.pdf>.

ARISTIZABAL, M. y RAMÍREZ, M., 2023. Estado actual del uso de bioinsumos microbianos en Colombia. Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences [Online]. Vol. 39, no 3, p. 444-456. [Accessed: 22 enero 2024]. ISSN: 0719-3882. Available from: <http://revistas.udec.cl/index.php/chjaas/article/view/10986>

ASTUDILLO-ORDÓÑEZ, C. y RODRÍGUEZ, P., 2018. Parámetros fisicoquímicos del aguacate *Persea americana* Mill. cv. Hass (Lauraceae) producido en Antioquia (Colombia) para exportación. Ciencia y Tecnología Agropecuaria [Online]. Vol. 19, no 2, p. 383-392 [Accessed: 10 enero 2024]. DOI 10.21930/rcta.vol19\_num2\_art:694. Available from: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-87062018000200383&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-87062018000200383&script=sci_arttext)

AYALA, T. y LEDESMA, N., 2014. Avocado History, Biodiversity and Production. In: Nandwani, D. (eds) Sustainable Horticultural Systems. Sustainable Development and Biodiversity [Online]. Vol. 2, [Accessed: 23 enero 2024]. DOI: 10.1007/978-3-319-06904-3\_8. Available from: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-06904-3\\_8](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-06904-3_8)

BARREIRO, P. y RUIZ, M., 1996. Propiedades mecánicas y calidad de frutos. Definiciones y medidas instrumentales. Fruticultura profesional [Online]. No 77, p. 48-51 [Accessed: 23 febrero 2024]. ISSN: 1131-7965. Available from: [https://oa.upm.es/5379/1/Barreiro\\_17.pdf](https://oa.upm.es/5379/1/Barreiro_17.pdf).

BRIONES, K. et al., 2018. Análisis de las exportaciones del aguacate de la zona 5 y 8 del Ecuador hacia los mercados sustentables. Polo del conocimiento. Vol. 3, no 1, p. 273-299 [Accessed: 2 marzo 2024]. DOI: 10.23857/pc.v3i1 Esp.672. Available from: <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/artic le/view/672/html>.

CASTILLO, S., 2023. Manejo agronómico de un sistema productivo de aguacate (*Persea americana*, Miller) VAR. Hass como modelo a futuro en buenas prácticas agrícolas en el municipio de Cabrera [Online]. Trabajo fin de grado, Universidad de la Salle [Online]. [Accessed: 23 febrero 2024]. Available from: [https://bibliotecadigital.oducal.com/Record/ir-ingenieria\\_agronomica-1330/Details](https://bibliotecadigital.oducal.com/Record/ir-ingenieria_agronomica-1330/Details).

CHÁVEZ, M., 2019. Perú rompe récord de exportación de palta. Revista la Cámara [Online]. Vol. 10, no 11, p. 18 – 20 [Accessed: 15 febrero 2024]. Available from: [https://apps.camaralima.org.pe/repositorioaps/0/0/par/r868\\_3/comercio%20exterior.pdf](https://apps.camaralima.org.pe/repositorioaps/0/0/par/r868_3/comercio%20exterior.pdf)

COMINO, J., et al., 2022. Sostenibilidad de los cultivos subtropicales: Claves para el manejo del suelo, el uso



- agrícola y la Ordenación del Territorio. Cuadernos Geográficos [en línea]. Vol. 61, no 1, p. 150 - 167 [Accessed: 4 febrero 2024]. DOI: 10.30827/cuadgeo.v61i1.22284. Available from: <https://revistaseug.ugr.es/index.php/cuadgeo/article/view/22284>.
- CERDAS M., MONTERO, M. y SOMARRIBAS O., 2014. Verificación del contenido de materia seca como indicador de cosecha para aguacate (Persea americana Mill) cultivar Hass en zona intermedia de producción de de los Santos Costa Rica. Agronomía Costarricense [en línea]. Vol. 38, no 1, p 207-214. [Accessed: 3 marzo 2024]. ISSN: 0377-9424 Available from: [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0377-94242014000100014](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242014000100014).
- COWAN, A., 1997. Why are small Hass fruit small. South African Avocado Growers Association Yearbook [Online]. Vol. 20, p. 52-54. [Accessed: 2 marzo 2024]. ISSN: 20:52-54. Available from: [http://avocadosource.com/Journals/SAAGA/SAAGA\\_1997/SAAGA\\_1997\\_PG\\_052-054.pdf](http://avocadosource.com/Journals/SAAGA/SAAGA_1997/SAAGA_1997_PG_052-054.pdf).
- DÍAZ C., et al., 2020. Ecofisiología del aguacate cv. Hass en el trópico andino colombiano. Corporacion colombiana de investigacion agropecuaria – AGROSAVIA [Online]. [Accessed: 18 mayo 2024]. Available from: <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/36875>.
- DELL'ORTO, M., et al., 2010. Correlações fenotípicas em características físicoquímicas do maracujazeiro-azedo. Acta Agronómica [Online]. Vol. 59, nº. 4, p. 457-461 [Accessed: 15 marzo 2024]. ISSN: 0120-2812. Available from: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-28122010000400010&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-28122010000400010&script=sci_arttext).
- FLORIN, Y. y CAGUANA, T., 2022. Análisis del Comercio Internacional del aguacate Hass ecuatoriano, producción agrícola y la exportación del 2018-2021. Carácter revista científica de la universidad del pacífico [Online]. Vol. 10, no 1 [Accessed: 13 marzo 2024]. DOI: 10.35936/up.v10i1.112. Available from: <https://upacifico.revistasjournals.com/index.php/up/article/view/112>.
- GAYDOU, E., LOZANO, Y. y RATOVOHERY, J., 1987. Triglyceride and fatty acid compositions in the mesocarp of Persea americana during fruit development. Phytochemistry [Online]. Vol. 26, no 6, p. 1595 - 1597 [Accessed: 24 febrero 2024]. DOI: 10.1016/S0031-9422(00)82251-7. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031942200822517>.
- GAONA, P., et al., 2020. Efecto de dos niveles de nitrógeno y potasio aplicados por fertirriego en las variables de crecimiento y concentración de macro y micronutrientes en plantas de aguacate (Persea americana Mill.) Var. Hass. Revista Científica Ecuador es Calidad [Online]. Vol 7, no 2, p. 41-48 [Accessed: 20 febrero 2024]. DOI: 10.36331/revista.v7i2.114 ISSN: 1390-9223. Available from: <https://revistaecuadorescalidad.agrocalidad.gob.ec/revistaecuadorescalidad/index.php/revista/article/view/114>.
- GARCÍA, R. et al., 2021. Rendimiento, calidad y comportamiento poscosecha de frutos de aguacate 'Hass' de huertos con diferente fertilización. Revista Mexicana. Ciencias Agrícolas [Online]. Vol.12, no.2, p 205-218. [Accessed: 22 marzo 2024], DOI: 10.29312/remexca.v12i2.2232. Available from: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342021000200205&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342021000200205&script=sci_arttext).
- GARDIAZÁBAL, F., MENA, F., MAGDAHL, C. 2007. Efecto de la fertilización en base a npk-ca-mg-b-zn en palto (Persea americana Mill.) cv. hass sobre su desarrollo, productividad y postcosecha de la fruta. En Proceedings VI World Avocado Congress (Actas VI Congreso Mundial del Aguacate) [Online]. Viña Del Mar, Chile. 12 – 16 Nov. 2007 [Accessed: 22 marzo 2024]. ISBN No 978-956-17-0413-8. Available from: <https://www.avocadosource.com/wac6/es/extenso/3a-98.pdf>.
- GARZÓN, L., 2016. Importance of arbuscular mycorrhizae for sustainable land use in the Colombian Amazon rainforest. Luna Azul [en línea]. no 42, p. 217 - 234 [Accessed: 10 marzo 2024] DOI: 10.17151/luaz.2016.42.14. Available from: <https://revistasoj.s.ualdas.edu.co/index.php/lunazul/article/view/1616>
- HERRERA, J., et al., 2017. Indicadores preliminares de madurez fisiológica y comportamiento postcosecha del fruto de aguacate Méndez. Revista Fitotecnia Mexicana [Online]. Vol. 40, no 1, p. 55 - 63 [Accessed: 8 marzo 2024]. DOI: 610/61051194007/61051194007.pdf. Available from: <https://www.redalyc.org/journal/610/61051194007/61051194007.pdf>.
- Instituto Nacional de Meteorología en Hidrología (INAMHI), 2022. Visor de estaciones metereológicas y hidrológicas [en línea]. [Accessed: 23 noviembre 2023]. Available from: <https://inamhi.gob.ec/info/visor>.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), 2015. Buscador de normas INEN, Frutas frescas Aguacate requisitos [Online]. [Accessed: 23 noviembre 2023] Available from: <https://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/index.php/buscar>.
- JARAMILLO, K., 2022. Producción de cuatro variedades de aguacate (Persea americana Mill.) en el noroeste de Puerto Rico [Online]. Trabajo de Grado, Universidad Católica de el Salvador, [Accessed: 2 febrero 2024]. Available from: <https://repositoriounicaes.catolica.edu.sv/jspui/handle/unicaes/467>.

- KIGGUNDU, N., et al. 2012. Water savings, nutrient leaching, and fruit yield in a young avocado orchard as affected by irrigation and nutrient management. *Irrigation Science* [Online]. Vol 30, p. 275–286 [Accessed: 10 julio 2024], DOI: 10.1007/s00271-011-0280-6. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00271-011-0280-6#citeas>.
- LEDEZMA, A., CORONADO, M. y GUTIERREZ A., 2023. Efecto de microorganismos promotores de crecimiento vegetal y yeso agrícola en el cultivo de higo. *CIBA Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias* [Online]. Vol. 12, no 23, p. 1-21 [Accessed 23 febrero 2024], DOI: 10.23913/ciba.v12i23.116. Available from: <https://www.ciba.org.mx/index.php/CIBA/article/view/116>.
- LEMUS, B., VENEGAS, E. y PÉREZ, M., 2021. Efecto de bioestimulantes radiculares sobre el crecimiento en plantas de aguacate. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* [Online]. Vol. 12, no 6, p. 1139 - 1134 [Accessed: 4 marzo 2024]. DOI: 10.29312/remexca.v12i6.2725. Available from: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342021000601139&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342021000601139&script=sci_arttext).
- MADERO, B. y CASTRO, C., 2019. Comportamiento del mercado internacional sobre el consumo de aguacate. *Observatorio de la Economía Latinoamericana* [Online]. Vol. 1, no. 04, p. 1 -5. [Accessed: 4 marzo 2024]. ISSN: 1696-8352. Available from: <https://www.eumed.net/rev/oel/2019/04/mercado-internacional-aguacate.html>.
- MAGWAZA, L. y TESFAY, S., 2015. review of destructive and non-destructive methods for determining avocado fruit maturity. *Food and bioprocess technology* [Online]. Vol. 8, no 10, 1995 – 2011, [Accessed: 5 marzo 2024]. DOI: 10.1007/s11947-015-1568-y. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-015-1568-y>
- MÁRQUEZ, C., et al., 2014. Cambios físico-químicos del aguacate (*Persea americana* Mill. cv. “Hass”) en poscosecha para dos municipios de Antioquia. *Temas agrarios* [Online]. Vol. 19, no 1, p. 32 - 47 [Accessed: 7 marzo 2024]. DOI: 10.21897/rta.v19i1.723. Available from: <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/723>.
- MÁRQUEZ, C., et al., 2017. Actividad antioxidante y concentración de compuestos fenólicos del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* s.) en poscosecha [en línea]. Vol. 19, nº 2, p. 173 - 184 [Accessed: 3 febrero 2024]. Available from: <https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/7f1ae952-befe-4c53-95bd-7e7d7f1a0ef1/content>.
- MONTEALEGRE, M., et al., 2019. Efecto de las condiciones de almacenamiento en las propiedades físicas de aguacate hass (*Persea americana* Mill). *Impulsando la investigación y la innovación: X Congreso Nacional CyTA/CESIA*, León, 15-17 de mayo de 2019. Universidad de León. [Accessed: 6 enero 2024]. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8776437>.
- NICOLÁS, E., et al., 2019. Gestión sostenible del agua regenerada en el manejo del fertirriego de cultivos frutales de una comunidad de regantes. *Revista de fruticultura*, [Online]. no. 69, p. 38-49. [Accessed 13 diciembre 2024]. ISSN 2013-5742. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6957739>
- RAMÍREZ, J. y MORALES, J. 2020. Integrated proposal for management of root rot caused by *Phytophthora cinnamomi* in avocado cv. Hass crops. *Crop Protection* [Online], Vol. 137, p. 105271 [Accessed: 10 julio 2024]. DOI: 10.1016/j.cropro.2020.105271. Disponivble en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219420302040>.
- RENGIFO, P., et al., 2020. Conceptos de fertilización para el cultivo de aguacate [Online]. *Rionegro: Colombia* [Accessed: 4 febrero 2024]. ISBN: 978-958-15-0612-5. Available from: <https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/7171>.
- RUBÍ, M., et al., 2013. Situación actual del cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill.) en el Estado de México, México. *Tropical and subtropical agroecosystems* [Online]. Vol. 16, no 1, p. 93 - 101 [Accessed: 3 marzo 2024]. ISSN: 1870-0462. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/939/93927469014.pdf>.
- SALVO, J., 2017. De paltos. Introducción al manejo de la fertilización de paltos. *Manual del cultivo del Palto* [Online]. No 378 [Accessed: 3 marzo 2024]. ISSN: 0717 – 4829. Available from: <https://biblioteca.inia.cl/colecciones/boletines-inia/>.
- SANDOVAL, J., et al., 2017. Evaluación de variables físico químicas de importancia en la calidad del fruto de aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. hass, producido en cuatro municipios de colombia. En: *V Congreso Latinoamericano del Aguacate*. Ciudad Guzmán, Jalisco, México. [Accessed: 5 marzo 2024]. Available from: [https://www.avocadosource.com/Journals/Memorias\\_VCLA/2017/Memorias\\_VCLA\\_2017\\_PG\\_353.pdf](https://www.avocadosource.com/Journals/Memorias_VCLA/2017/Memorias_VCLA_2017_PG_353.pdf).
- SCHAFFER, B., WOLSTENHOLME, B., WHILEY, A., 2013. *The avocado: botany, production and uses*. CABI, Wallingford, [Online]. Boston, EEUU [Accessed: 8 julio 2024]. ISBN: 978-1-84593-701-0. Available from: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/abs/10.1079/9781845937010.0000>.

- SELLADURAI, R., y AWACHARE, C. M. (2019). Nutrient management for avocado (*Persea americana* miller). *Journal of Plant Nutrition*, [Online]. Vol. 43 n° 1, p. 138–147. [Accessed: 9 julio 2024]. DOI: 10.1080/01904167.2019.1659322. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01904167.2019.1659322>.
- Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA). 2018. Información productiva territorial [Accessed 22 diciembre 2023]. Available from: <https://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>.
- SOTOMAYOR, A., et al., 2018. Uso de microorganismos para la propagación en vivero de patrones de aguacate (*Persea americana* Mill.) cultivar “criollo” 1er Congreso del Aguacate, Uruapan, Michoacán, México. Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez” UMSNH. [Accessed: 16 enero 2024]. Available from: <https://www.sidalc.net/search/Record/dig-iniap-41000-5212/Description>.
- SOTOMAYOR, A., et al., 2022. Consorcios microbianos aplicados en un sistema de producción de plántulas de aguacate cultivar “Criollo”. *Manglar* [Online]. Vol. 19, no 1, p. 15 - 23 [Accessed: 12 Diciembre 2023]. DOI: 10.17268/manglar.2022.002. Available from:
- SOTOMAYOR, A., et al., 2019. Effect of the application of microorganisms on the nutrient absorption in avocado (*Persea americana* Mill.) seedlings. *J Korean Soc Int Agric* [Online]. Vol. 31, n° 1, p. 17 - 24 [Accessed: 3 enero 2024]. DOI: 10.12719/KSIA.2019.31.1.17. Available from: <http://www.intagrijournal.org/journal/article.php?code=66317>.
- UNDURRAGA, P., OLAETA, J. y BONTÁ, A. 2007. Evolución de la madurez de frutos del cultivar Isabel (*Persea americana* Mill.), injertados sobre patrón Mexícola. En *Proceedings VI World Avocado Congress* [Online]. Viña Del Mar, Chile. p. 45-58. ISBN: 978-956-17-0413-8. Available from: <https://www.avocadosource.com/wac6/es/Extenso/4a-160.pdf>.
- VÁSQUEZ, R., et al., 2017. Transformación de variables binomiales para su análisis según un diseño de bloques al azar. *Cultivos Tropicales*, [en línea] Vol. 38, no 1, p. 108-114. [Accessed: 25 mayo 2024]. ISSN 1819-4087. Available from: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362017000100014&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362017000100014&script=sci_arttext).
- VELÁZQUEZ, A., RAMOS, M., 2015. Beneficios de microorganismos solubilizadores de P y K en la recuperación y mantenimiento de suelos agrícolas. Lima, Perú, Perú ProHass [Online]. p. 495-499 [Accessed: 1 marzo 2024]. Available from: [https://www.avocadosource.com/wac8/section\\_07/velazquezgurrolaa2015.pdf](https://www.avocadosource.com/wac8/section_07/velazquezgurrolaa2015.pdf).
- VIERA, W., et al. Response of Hass' avocado under different nitrogen and potassium fertilizer regimes in subtropical Ecuador. En *IV International Symposium on Horticulture in Europe-SHE2021* [Online]. 2021. p. 175-180 [Accessed: 23 febrero 2024]. DOI: 10.17660/ActaHortic.2021.1327.23. Available from: [https://www.actahort.org/books/1327/1327\\_23.htm](https://www.actahort.org/books/1327/1327_23.htm)
- VIERA, William, et al., (2023). Mineral content and phytochemical composition of avocado var. Hass grown using sustainable agriculture practices in Ecuador. *Plants* [Online]. Vol. 12, no 9, p 175-180. [Accessed: 3 marzo 2024]. DOI: 10.3390/plants12091791. Available from: [https://www.actahort.org/books/1327/1327\\_23.htm](https://www.actahort.org/books/1327/1327_23.htm).
- VIERA, Alex; SOTOMAYOR, Andrea; VIERA, William. 2016. Potencial del cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill) en Ecuador como alternativa de comercialización en el mercado local e internacional. *Revista Científica y Tecnológica UPSE* [en línea]. Vol. 3, no 3, 1 - 9 [Accessed: 12 marzo 2024]. DOI: 10.26423/rctu.v3i3.192. Available from: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8303>.
- WOLSTENHOLME, A. y WHILEY, A. Prospects for vegetative reproductive growth manipulation in avocado trees. *South African Avocado Growers' Association Yearbook* [en línea]. 1990, Vol. 13 [23 marzo 2024]. DOI: 10.5555/19920316003. Available from: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19920316003>.