

PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD FRUTICOLA ANDINA

Producto 8. Informe técnico sobre prácticas agronómicas sostenibles que aumentan la productividad y la calidad de frutas

William Viera

Yeimy Rodríguez

Karen Zemanate

Natalia Salgado

Carlos Eduardo Orrego

L. Joana Rodriguez

2021





Códigos JEL: Q16

FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria) es un programa de cooperación administrado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), pero con su propia membresía, estructura de gobernabilidad y activos. Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, FONTAGRO, de sus Directorios Ejecutivos ni de los países que representan.

El presente documento ha sido preparado por [agregar los nombres de los participantes directos de la publicación]

Copyright © 2020 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional. Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Esta publicación puede solicitarse a:

FONTAGRO

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org

www.fontagro.org



Tabla de Contenidos

Abstract / Resumen	5
Introducción	7
Objetivos	9
Metodología	10
1. LÍNEA BASE DE LOS CULTIVOS DEL PROYECTO PARA LAS PRÁCTICAS AGRONÓMICAS TRADICIONALES	10
1.1. Línea base para los cultivos de cítricos y aguacate en Colombia	10
1.2 Línea base para el cultivo de pasifloras en Colombia	11
2. APLICACIÓN DE PRÁCTICAS AGRONÓMICAS TRADICIONALES CON FERTIRRIGACIÓN Y CON CONTROL DE AGROQUÍMICOS	11
2.1. Evaluación del efecto de dos niveles de nitrógeno y potasio aplicado bajo fertirriego en granadilla (<i>Passiflora ligularis</i>) variedad amarilla	11
2.2. Evaluación del efecto de dos niveles de nitrógeno y potasio aplicado bajo fertirriego al cultivo de aguacate	15
3. Degradación de moléculas en agroquímicos aplicados al cultivo de aguacate ...	20
Resultados	22
Evaluación del efecto de dos niveles de nitrógeno y potasio aplicado bajo fertirriego en granadilla (<i>Passiflora ligularis</i>) variedad amarilla	51
Evaluación del efecto de dos niveles de nitrógeno y potasio aplicado bajo fertirriego al cultivo de aguacate	57
Discusión	62
Evaluación del efecto de dos niveles de nitrógeno y potasio aplicado bajo fertirriego en granadilla (<i>Passiflora ligularis</i>) variedad amarilla	62
Evaluación del efecto de dos niveles de nitrógeno y potasio aplicado bajo fertirriego al cultivo de aguacate	63
Degradación de moléculas en agroquímicos aplicados al cultivo de aguacate	65
Comparación de las prácticas agronómicas tradicionales vs las practicas agronómicas implementadas con fertirriego y con bio-insumos	66
Conclusiones	67
Referencias Bibliográficas	69



Instituciones participantes 75



Abstract / Resumen

In this report, the traditional agronomic practices for avocado, citrus and passion fruit (passion fruit, granadilla and gulupa) were investigated. Briefly, and based on the recommendations of the Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) and the Colombian society of horticultural sciences, traditional practices include: carrying out a previous analysis of the soil to determine physical and chemical characteristics, and, consequently, preparing it (generally Nitrogen, Phosphorous Oxide and Potassium Oxide should be applied). The availability of water is a critical factor for crops (if the recommended rainfall is not met, a localized irrigation system must be implemented). Pruning should be carried out at different periods (training, maintenance and renewal) and different agrochemicals applied depending on the type of pest.

The information about fertigation was extracted from two undergraduate thesis developed at the central university of Ecuador. The thesis was carried out under the framework of the project "Andean fruit productivity and competitiveness". In the aforementioned works, the effect of two levels of nitrogen and two of potassium in the cultivation of passion fruit and avocado was evaluated, in order to determine the effect on the leaf area, the greenness index, height and diameter of the plant. A randomized design with a 2 x 2 factorial arrangement was implemented. The variables evaluated were plant height, stem diameter, greenness index, leaf area, and foliar nitrogen and potassium concentration.

The time necessary for the molecules present in the agrochemicals applied to the avocado crop to degrade completely was also evaluated. At the end of the document, a table is presented in which the traditional agronomic practices for the crops of interest are summarized against the new applied agronomic management practices.

Keywords: Fertirrigation, Nitrogen, Potassium, Agrochemicals

En el presente informe se investigaron las prácticas agronómicas tradicionales para el aguacate, cítricos y las pasifloras (maracuyá, granadilla y gulupa). Brevemente, y con base en las recomendaciones del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y de la sociedad colombiana de ciencias hortícolas, las prácticas tradicionales incluyen: realizar un análisis previo del suelo para determinar características físicas y químicas, y, consecuentemente, prepararlo (generalmente se debe aplicar nitrógeno, óxido de fósforo y óxido de potasio en la cosecha). La disponibilidad de agua es un factor crítico para los cultivos (si no se cumple la precipitación recomendada se debe implementar un sistema de riego localizado). Se deben realizar podas en diferentes periodos (de formación, de mantenimiento y de renovación) y aplicar diferentes de agroquímicos dependiendo del tipo de plaga.



El fertirriego es una técnica que permite maximizar el aprovechamiento de los fertilizantes. La información fue extraída de dos tesis de pregrado desarrolladas en la universidad central de Ecuador, las tesis fueron llevadas a cabo bajo el marco del proyecto “Productividad y competitividad frutícola andina”. En los trabajos mencionados se evaluó el efecto de dos niveles de nitrógeno y dos de potasio en el cultivo de la granadilla y del aguacate, con el fin de determinar el efecto sobre el área foliar, el índice de verdor, altura y diámetro de la planta. Se implementó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 x 2. Las variables evaluadas fueron: altura de planta, diámetro del tallo, índice de verdor, área foliar y concentración de nitrógeno y potasio foliar.

Además, se evaluó el tiempo necesario para que las moléculas presentes en los agroquímicos aplicados al cultivo de aguacate se degraden por completo. Al final del documento, se presenta un cuadro en el cual se resumen las practicas agronómicas tradicionales para los cultivos de interés contra las nuevas prácticas de manejo agronómico aplicadas.

Palabras clave: Fertirrigación, Nitrógeno, Potasio, Agroquímicos



Introducción

El desarrollo tecnológico en la agricultura ha demostrado con abundante evidencia que el uso de los nutrientes y en las cantidades adecuadas por medio de la fertilización, es la forma más eficiente para aumentar el rendimiento de los cultivos. Sin embargo, el uso intensivo de los fertilizantes deja el suelo en condiciones pobres debido a la alta volatilización de nitrógeno y la fijación del fósforo y el potasio (Cassel Sharmasarkar, Sharmasarkar, Miller, Vance, & Zhang, 2001). Debido a esto, se han buscado alternativas que permitan compensar el desbalance que generan los fertilizantes sobre la salud del suelo y su capacidad para tener una producción óptima respecto al tiempo y espacio usados (M. R. Goyal & Rajendran, 2018). Una forma de optimizar la nutrición es mediante la fertirrigación con la cual se logra el uso eficiente de agua y nutrientes, al depositarlos cerca a la raíz de la planta en dosis adecuadas a las diferentes fases fenológicas de los cultivos.

La fertirrigación es aplicada por medio de distintos tipos de sistema de goteo según la planta y la capacidad del sistema de irrigación, permitiendo la aplicación de nutrientes y agua en un tiempo preciso y una distribución uniforme (M. R. Goyal & Aladakatti, n.d.). Entre las muchas ventajas que tiene esta técnica sobre la fertilización tradicional, aparte de las anteriormente mencionadas, se encuentra la capacidad de aplicar los fertilizantes sobre la zona activa de la raíz además de compensar la pérdida de nutrientes debido a la escorrentía por lluvias. A nivel fitosanitario, la aplicación del fertirriego directamente sobre la raíz, mantiene las ramas y hojas de la planta en un estado que reduce probabilidades de que éstas contraigan plagas y enfermedades (Kafkafi, 2005).

El uso de fertilizantes solubles en agua es fundamental para poder aplicar fertirriego en un cultivo, y en el mercado están disponibles en presentaciones que pueden abarcar desde multinutrientes hasta concentraciones dobles de nutrientes específicos en comparación con sus contrapartes para fertilización tradicional (M. Goyal, 2012). Aparte de la solubilidad de los nutrientes, la compatibilidad entre los fertilizantes y su corrosividad son los otros factores principales para tener en cuenta.

Diversos autores, como Pascual et al., 2016 han encontrado que el manejo del agua y nutrientes por medio de la fertirrigación mejora la eficiencia en su uso, tanto a nivel agronómico como económico en los cultivos de frutales, específicamente de durazno. Estudios más recientes como el de Menezes et al., 2020, ha evaluado el efecto de láminas de fertirrigación pulsada o continua sobre la producción de materia seca y acumulación de nutrientes en el cilantro (*Coriandrum sativum* L.). Los resultados mostraron un efecto positivo sobre estos en comparación con los



cultivos tradicionales, a partir de la modificación de la evotranspiración del cultivo con estas láminas. En el caso de la aplicación de fertirriego sobre cítricos, autores como Qin et al., 2016, han explorado distintas estrategias para mejorar la productividad de estos cultivos, encontrando puntos óptimos para aumentar la producción y calidad de la fruta; además, de límites en las concentraciones de fertilizantes y frecuencias de riego con el fin de evitar pérdidas de nutrientes y un mejor ejercicio económico.

Así mismo, el conocimiento de las prácticas agronómicas tradicionales para el cultivo de aguacate y pasifloras permite a los agricultores ser competitivos y acceder a mercados especializados exigentes, con la calidad de sus productos implementando el uso de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) para la programación, organización y coordinación de actividades (ICA, 2012). Generalmente las prácticas agronómicas tradicionales se componen de cuatro etapas: preparación del suelo y siembra, el riego, la fertilización y las podas. También se puede agregar el uso de agroquímicos para el control de plagas por medio del uso de plaguicidas o pesticidas y el uso de fertilizantes. A pesar de que la siembra y cosecha de estos cultivos es diferente dependiendo de cada uno, siempre se debe conocer el tipo de suelo en el que se va a cultivar con el objetivo de conocer los requerimientos necesarios, épocas de susceptibilidad al ataque de plagas y labores de cultivo (ICA, 2012).

En general, se espera que un cultivo al cual se le aplica fertirriego tenga entre un 25 y 100 % más de productividad con una mejor calidad de producto, un ahorro de aproximadamente el 25 % de los fertilizantes y una reducción de la contaminación del agua. El objetivo de este trabajo fue establecer una línea base para los cultivos del proyecto, evaluar el efecto del fertirriego aplicando dos niveles de nitrógeno y potasio sobre diferentes variables del cultivo de aguacate y granadilla. Por último, se evaluó el tiempo de carencia para la degradación de las moléculas bioactivas en agroquímicos aplicados al cultivo de aguacate.



Objetivos

Identificar prácticas de manejo agronómico para aumentar la productividad, la calidad de frutas y el menor consumo de agroquímicos.



Metodología

Se recopiló información del proyecto y de información de línea base mediante encuestas a productores de la región en Colombia de cítricos y aguacate y de datos disponibles de fuentes reconocidas para pasifloras en el área agrícola sobre las líneas base de cultivo para los sobre las prácticas de riego y fertilización. Posterior a la instalación de sistema de fertirrigación en Colombia y Ecuador, se evaluaron varias respuestas de los cultivos de aguacate y granadilla a ensayos que utilizaron ésa técnica.

1. LÍNEA BASE DE LOS CULTIVOS DEL PROYECTO PARA LAS PRÁCTICAS AGRONÓMICAS TRADICIONALES

1.1. Línea base para los cultivos de cítricos y aguacate en Colombia

Para seleccionar la muestra de productores, en conjunto con la empresa FLP (co-ejecutor del proyecto), con la condición de que fueran sus proveedores de materia prima, se definió una población de 15 productores de cítricos del departamento de Caldas. La unidad muestral fue el productor de cítricos. Para el aguacate se definió la población de productores de aguacate cv Hass del departamento de Risaralda y Caldas, Colombia, cuya unidad muestral fue el productor de aguacate. Para determinar el tamaño de la muestra a utilizar se siguió el método conocido como “Muestreo Aleatorio de Proporciones” (Cochran, 1996), para obtener la información se elaboró una encuesta enfocada en aspectos del riego.

$$n_o = \left(\frac{Z^2 \alpha}{2} \right) \left(\frac{PQ}{E^2} \right)$$

n_o = tamaño inicial de la muestra

α = nivel de significancia

E = Error permisible máximo. Se tomó el 10 % debido al presupuesto disponible.

P = proporción de agricultores de la población que pertenecen a medianos productores, P = 0,95. Esta proporción sigue la distribución probabilística binomial.

Q = proporción de agricultores de la población que pertenecen a pequeños productores, Q = 0,05.

Z = $\alpha/2$ del valor de la tabla normal para un nivel de significancia α .

Fc, Si $n_o/N > 5\%$ se aplica el factor de corrección por finitud.

$$F_c = \frac{n_o}{N}$$

N = Población



En el caso de los cítricos, la encuesta se diligenció con la persona que toma las decisiones administrativas de la finca (propietario o administrador), se llevó a cabo en el departamento de Caldas en cuatro municipios (Palestina, Risaralda, Anserma y Manizales), seis veredas y ocho predios según resultados arrojados por la fórmula de Cochran (6 encuestas). Las fincas seleccionadas se consideran representativas para las demás zonas productoras de esta región. Se realizaron análisis de correspondencia y tabulaciones cruzadas de las correlaciones escogidas.

En el caso del aguacate, la encuesta se llevó a cabo en el departamento de Risaralda en cuatro municipios (Santa Rosa, Apía, Dosquebradas, Marsella), 19 veredas y 24 predios y en el departamento de Caldas un municipio y una vereda según resultados arrojados por la fórmula de Cochran (25 encuestas). Las fincas seleccionadas se consideran representativas para las demás zonas productoras de esta región. Se realizaron análisis de correspondencia y tabulaciones cruzadas de las correlaciones escogidas.

1.2 Línea base para el cultivo de pasifloras en Colombia

Se realizó con base en la literatura.

2. APLICACIÓN DE PRÁCTICAS AGRONÓMICAS TRADICIONALES CON FERTIRRIGACIÓN Y CON CONTROL DE AGROQUÍMICOS

2.1. Evaluación del efecto de dos niveles de nitrógeno y potasio aplicado bajo fertirriego en granadilla (*Passiflora ligularis*) variedad amarilla

El presente trabajo se realizó alrededor de una tesis de pregrado en donde se evaluó el efecto de la fertirrigación en el cultivo de granadilla. Se evaluó la aplicación de dos niveles de nitrógeno y dos de potasio bajo fertirrigación; se evaluó también el efecto de la concentración de nutrientes en la fase de crecimiento vegetativo y la relación entre el índice de verdor y el área foliar.

Ubicación de la zona de estudio

La investigación se desarrolló en la Granja Experimental Tumbaco, ubicada en la Parroquia Tumbaco, cantón Quito, perteneciente a la provincia de Pichincha, cuyas coordenadas geográficas son: latitud 0° 12' 57" Sur, longitud 78° 24' 43" Oeste y altitud de 2 348 m.s.n.m.



Características agroclimáticas

Las características agroclimáticas de la Granja Experimental Tumbaco registran una precipitación anual de 800 mm, temperatura media del 17°C y humedad relativa promedio de 75 % (INAMHI, 2019).

Materiales

El material biológico fueron plántulas de granadilla variedad amarilla obtenidas en la Granja Experimental Tumbaco

El sistema de riego por goteo estuvo conformado por:

- Dos líneas de riego con goteros auto compensados de 1,6 l h⁻¹.
- Cuatro tanques de 500 litros de capacidad (un tanque por tratamiento).
- Un filtro de anillo principal y cuatro filtros secundarios.
- Cuatro bombas de 0.5 HP.
- Controlador de riego.
- Se utilizó materiales de campo como: azadones, palas, carretillas, rótulos, tijera de podar y piola.

En el presente trabajo se utilizaron los fertilizantes presentados en la Tabla 1.

Tabla 1. Concentración de fertilizante

Fertilizante	N	P	K	Ca	Mg	S
Nitrato de amonio	33					
Nitrato de calcio	15			18		
Nitrato de potasio	13		38			
Sulfato de potasio			41			18
Sulfato de magnesio						
Ácido fosfórico		31			9	13

Dosis de fertilizantes

La preparación de las soluciones nutritivas que se aplicaron en la investigación en granadilla se detalla en la Tabla 2.



Tabla 2. Dosificación de fertilizantes para el fertirriego en el cultivo de granadilla

Dosis de fertilizantes por día de riego en Granadilla				
Fuente	T1	T2	T3	T4
g día-1				
Nitrato de calcio	44.10	44.10	44.10	44.10
Nitrato de potasio	31.40	70.20	31.40	70.20
Nitrato de amonio	15.30	0.00	58.00	42.60
Sulfato de potasio	6.30	6.30	6.30	6.30
Sulfato de magnesio	23.00	23.00	23.00	23.00
Tradecorp	2.40	2.40	2.40	2.40
ml día-1				
Ácido fosfórico	16.40	16.40	16.40	16.40

La investigación constó de 4 tratamientos (T1, T2, T3, T4) cada uno con 4 observaciones (6 plantas) obteniendo un total de 26 plantas por cada tratamiento. Se tomaron los datos de 3 plantas al azar por observación, teniendo un promedio de 16 unidades experimentales con un total de 96 plantas en el experimento de campo.

Altura de planta

La altura de planta se registró cada 30 días después del trasplante durante el tiempo que duró la investigación, con una cinta métrica se midió desde el cuello del tallo hasta el ápice de la hoja nueva de la planta de granadilla y el resultado se expresó en centímetros.

Diámetro del tallo

El diámetro del tallo se midió cada 30 días después del trasplante durante la investigación, a 0.3 m del nivel de suelo para tener uniformidad en todas las plantas y con un calibrador digital (Mitutoyo, modelo Vernier 500 – 159 - 30).

Índice de verdor

Para la variable índice de verdor se registró datos cada 30 días después del trasplante durante el tiempo de investigación, se procedió a señalar con piola de color 3 hojas al azar recientemente maduras por planta y utilizando el medidor de Clorofila (SPAD-502).

Área foliar



La variable área foliar se obtuvo en intervalos de 30 días después del trasplante hasta la finalización de la investigación, se identificó 3 hojas al azar por un lapso de 2 meses donde nuevamente se inició este procedimiento y con el equipo denominado medidor de Área Foliar Portátil (LI-COR LI3000A) se registró la lectura de la variable en cm^2 .

Concentración foliar de nutrientes

La concentración de nutrientes a nivel foliar se realizó a los 0, 90, 180 y 270 días después del trasplante durante la investigación para lo cual se recolectó 150 gramos de material vegetal fresco por observación con tijeras de podar se colocó en fundas de papel membretadas, para determinar la concentración de nutrientes a nivel foliar, con la finalidad de ser usados como referencia de diagnóstico foliar.

Manejo del experimento y métodos de evaluación

Preparación de las soluciones nutritivas

En el laboratorio ubicado en la Granja Experimental Tumbaco se pesaron las dosis de fertilizantes de N y K en gramos de acuerdo a los tratamientos en estudio (T1, T2, T3 y T4), para la disolución de los distintos fertilizantes en un balde se recogieron aproximadamente 10 litros de agua obtenidos de cada uno de los tanques de 500 litros pertenecientes a los tratamientos, pues el orden para disolver los fertilizantes fue el nitrato de calcio, nitrato de potasio, nitrato de magnesio, nitrato de amonio, sulfato de amonio, sulfato de potasio, sulfato de magnesio, tradecorp y el ácido fosfórico.

Distancias de plantación

Las distancias entre plantas fueron de 3 metros tanto entre plantas como entre filas, obteniéndose una densidad de 1 111 plantas por hectárea.

Fertilización química

La fertilización se realizó a través del fertirriego, se utilizaron soluciones nutritivas según los tratamientos en estudio, las cuales fueron aplicadas a través del sistema de riego por goteo, con una lámina de 1,92 mm día⁻¹ y un tiempo de riego de 18 minutos. Para evitar la acumulación de sales en el suelo se regaron 2 veces al día, 9 minutos en la mañana (9:00 am) y 9 minutos en la tarde (12:00 pm) cada solución se preparó los lunes, miércoles y viernes; durante los martes y jueves se realizó riego con agua sin fertilizantes.



Análisis estadístico

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), en arreglo factorial 2 x 2, con 4 tratamientos y 4 observaciones obteniendo como total 16 unidades experimentales establecidas en campo con un total de 96 plantas de granadilla dentro de la investigación. Se analizó el siguiente análisis de varianza presentado en la Tabla 3.

Tabla 3. Análisis de varianza

Fuentes de Variación	Grados de Libertad
Total	15
Nitrógeno	1
Potasio	1
Nitrógeno x Potasio	1
Error experimental	12

Análisis funcional

Al encontrarse diferencias significativas, se utilizó la prueba de significación de DMS al 5% para los tratamientos. El análisis de datos se realizó con el programa estadístico InfoStat versión 2017 estudiantil (Di Rienzo *et al.*, 2011).

2.2. Evaluación del efecto de dos niveles de nitrógeno y potasio aplicado bajo fertirriego al cultivo de aguacate

En el presente trabajo se realizó alrededor de una tesis de pregrado en donde se evaluó el efecto de la fertirrigación en el cultivo de aguacate.

Ubicación del cultivo

La investigación se realizó en la Granja Experimental Tumbaco perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ubicada en la parroquia Tumbaco del cantón Quito, provincia de Pichincha, cuyas coordenadas son: 00°13'57'' latitud sur, 78°24'43'' longitud oeste y a una altitud de 2 483 m.s.n.m.

Características agroclimáticas

Las características agroclimáticas del lugar donde se llevó a cabo la investigación han registrado parámetros de precipitación anual promedio de 637,1 mm, temperatura media anual de 16.3 °C y humedad relativa promedio de 69 % (INAMHI, 2019).



Materiales

El material vegetal de aguacate utilizado para la presente investigación fueron plántulas injertadas de la variedad Hass en la variedad criollo, con una edad de 9 meses y con un tamaño promedio de 0,40 m.

Fertilizantes químicos

Para esta investigación se utilizaron los siguientes fertilizantes químicos presentados en la Tabla 4.

Tabla 4. Concentración de los fertilizantes químicos.

Fertilizante %	N	P	K	Ca	Mg	S
Nitrato de amonio	33	-	-	-	-	-
Nitrato de calcio	15	-	-	18	-	-
Nitrato de magnesio	11	-	-	-	16	-
Nitrato de potasio	13	-	38	-	-	-
Sulfato de potasio	-	-	41	-	-	18
Sulfato de magnesio	-	-	-	-	9	13
Ácido fosfórico	-	31	-	-	-	-

Factores en estudio

Se estudiaron dos factores en estudio: nitrógeno y potasio, los cuales fueron propuestos en el proyecto de investigación de IICA y FONTAGRO, tanto para Colombia y Ecuador, en la Tabla 5, se detalla los niveles de los factores en estudio.

Diferentes niveles de nitrógeno y potasio

Tabla 5. Niveles de nitrógeno y de potasio

Niveles	N	K
	Kg ha ⁻¹	
1	200	250
2	300	350

Tratamientos

Los tratamientos investigados, fueron obtenidos del resultado de la interacción de ambos factores en estudio, nitrógeno y potasio presentados en la Tabla 6.

**Tabla 6. Tratamientos en estudio**

Tratamiento	Codificación	Dosis	
		N	K
1	n1 k1	200	250
2	n1 k2	200	350
3	n2 k1	300	250
4	n2 k1	300	350

Las dosis de los demás macro elementos (P, 80 kg ha⁻¹; Ca, 70 kg ha⁻¹; Mg, 40 kg ha⁻¹ y S, 30 kg ha⁻¹) y para los diferentes micro elementos (Fe, 803 g ha⁻¹; B, 204 g ha⁻¹; Mn, 438 kg ha⁻¹; Zn, 102 g ha⁻¹ y Cu, 68 g ha⁻¹) se mantuvieron fijas en los diferentes tratamientos.

Dosis de fertilizantes

La dosis de fertilizantes para las soluciones nutritivas aplicadas en la investigación se detalla en la Tabla 7.

Tabla 7. Dosificación de fertilizantes en la fertirrigación del cultivo de aguacate

Dosis de fertilizante				
Fertilizante	T1	T2	T3	T4
	g día ⁻¹			
Nitrato de calcio	191,0	191,0	191,0	191,0
Nitrato de potasio	271,1	390,3	271,6	390,8
Nitrato de magnesio	153,3	153,3	153,3	153,3
Nitrato de amonio	43,3	0,0	174,4	127,5
Sulfato de potasio	23,0	23,0	23,0	23,0
Sulfato de magnesio	41,4	41,4	41,4	41,4
Tradecorp	6,7	6,7	6,7	6,7
ml día ⁻¹				
Ácido fosfórico	80,6	80,6	80,6	80,6

Unidad experimental



La parcela de investigación constó de 4 tratamientos con 36 plantas por tratamiento, cada tratamiento estuvo conformado por 4 observaciones, cada observación con 9 plantas (se tomaron 3 plantas al azar), con un total de 16 unidades experimentales, de esta manera se tuvieron en total 144 plantas.

Definición de variables

Altura de planta

Se realizó la toma de datos a los 71, 101, 131, 161, 191 y 221 días después del trasplante, se midió a partir de una marca realizada en el tallo a nivel del suelo con un marcador permanente, el resultado se lo expresó en centímetros; se utilizó un flexómetro, el cual se colocó en la base marcada y se extendió hasta el ápice del tallo principal (Arrieta *et al.*, 2010).

Diámetro de tallo

La variable fue medida con un calibrador digital (Mitutoyo, modelo Vernier 500-159-30), en las señales realizadas en el tallo con un marcador permanente, a 5 cm para arriba y bajo la unión del patrón y el injerto, midiendo el diámetro del patrón y el injerto variedad Hass, se evaluó a partir de los 71 días después del trasplante, con intervalos de 30 días, expresando el valor tomando en milímetros (Arrieta *et al.*, 2010).

Índice de verdor

El índice de verdor se evaluó utilizando el equipo SPAD-502 (Análisis del desarrollo de suelo – planta) (SPAD por sus siglas en inglés), se seleccionaron tres hojas recientemente maduras, las cuales fueron etiquetadas previamente y renovadas cada dos meses, se evaluó a partir de los 71 días después del trasplante, con intervalos de 30 y el resultado se reportó en unidades SPAD.

Área foliar

Se evaluó utilizando las hojas previamente identificadas para la variable índice de verdor, a las cuales se les midió el área foliar, con el uso del equipo portátil LI-COR LI3000A, el cual determinó el área foliar en centímetros cuadrados (cm²), una vez alcanzada su madurez se seleccionaron tres hojas nuevas para continuar evaluando la variable, la cual se reportó a partir de los 71 días después del trasplante, con intervalos de 30 días.

Concentración de nutrientes

La concentración de nutrientes a nivel foliar se realizó a los 71, 200 y 280 días después del trasplante, para lo cual se seleccionaron e identificaron 4 plantas de cada observación por



tratamiento en las cuales se analizaron los macros y micro nutrientes presentes en las hojas, en el laboratorio del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas de la EESC, los resultados se expresaron en porcentaje (%) para macro nutrientes y en partes por millón (ppm) para micro nutrientes.

Manejo específico de la investigación

Preparación de la solución nutritiva

Previo a la preparación de las soluciones nutritivas, los diferentes fertilizantes usados fueron previamente identificados y pesados de acuerdo a los tratamientos en estudio (T1, T2, T3 y T4), para la disolución de los distintos fertilizantes se tomaron 10 litros aproximadamente de cada uno de los tanques pertenecientes a cada uno de los tratamientos, en primer lugar se colocaron los nitratos en el siguiente orden: nitrato de calcio, nitrato de potasio, nitrato de magnesio y nitrato de amonio, seguido de sulfato de amonio, sulfato de potasio y sulfato de magnesio, tradecorp y ácido fosfórico para corregir el pH del agua usada para el riego.

Trasplante

El trasplante se realizó de forma manual, utilizando una hoyadora, con la cual se hicieron hoyos de 0.40 m de profundidad en donde se colocó una planta por hoyo, la distancia de siembra fue de manera rectangular con una distancia de 5 m entre hileras y 4 m entre plantas, obteniéndose una densidad de 500 plantas por hectárea.

Fertilización inorgánica

La aplicación de la fertilización, en cada tratamiento se realizó por medio de fertirrigación, utilizando diferentes soluciones nutritivas aplicadas a través del sistema de riego por goteo automatizado, con un tiempo de riego de 18 minutos, 9 minutos en la mañana (10:30 am) y 9 minutos en la tarde (15:30 pm). Cada solución se preparó los lunes, miércoles y viernes, según correspondió a cada uno de los tratamientos en estudio, para los martes y jueves se realizó riego con agua. Según la humedad registrada en el suelo los cuales sirvieron para el cálculo de la lámina de riego inicial entregando por planta un volumen de agua.

Unidad experimental

La parcela de investigación constó de 4 tratamientos con 36 plantas por tratamiento, cada tratamiento estuvo conformado por 4 observaciones, cada observación con 9 plantas (se tomaron 3 plantas al azar), con un total de 16 unidades experimentales, de esta manera se tuvieron en total 144 plantas.



Diseño de la investigación

Análisis estadístico

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), en arreglo factorial 2 x 2, con 4 tratamientos y 4 observaciones, obteniéndose como total 16 unidades experimentales establecidas en campo con un total de 144 plantas de aguacate, de acuerdo con lo obtenido se realizó el siguiente análisis de la varianza presentado en la Tabla 8.

Tabla 8. Esquema del análisis de la varianza

Fuentes de Variación	Grados de Libertad
Total	15
Nitrógeno	1
Potasio	1
Nitrógeno x Potasio	1
Error	12

Análisis funcional

Al encontrarse diferencias significativas en el análisis estadístico para los tratamientos y variables estudiadas, se aplicó una prueba de comparación de medias DMS, con un valor de $\alpha = 0,05$. El análisis de datos se realizó utilizando el programa estadístico InfoStat versión estudiantil 2017 (Di Rienzo *et al.*, 2011).

3. Degradación de moléculas en agroquímicos aplicados al cultivo de aguacate

Uno de los grandes problemas para la comercialización internacional de frutas y verduras son las trazas de pesticidas remanentes en estos productos y que pueden llegar al consumidor. En el caso de la exportación de frutas a la Unión Europea los productos enviados deben cumplir con lo establecido en la normativa para pesticidas Reglamento (CE) N° 396/2005, en donde se especifican los niveles máximos permitidos por cada molécula.

Dentro de los productores agrícolas que participan en el proyecto bajo el modelo Agricultor-Transformador, se ha evidenciado varias reclamaciones y devoluciones en aguacate por el alto contenido encontrado de diferentes moléculas (ver Tabla 11). Por esta razón se planteó un estudio para evaluar los tiempos de carencia requeridos para que estas moléculas no se encontraran en el fruto.



Se seleccionaron 4 fincas ubicadas en diferentes municipios del departamento de Caldas y Risaralda a diferentes altitudes (1820, 2199, 1920, 1590) m.s.n.m. Se seleccionaron seis productos comerciales entre insecticidas y fungicidas que se utilizan comúnmente en el cultivo de aguacate para las plagas y enfermedades más comunes como trips, antracnosis entre otras. En cada una de las fincas se demarco una hectárea y por medio de aspersión con bomba de espalda y las dosificaciones registradas en la etiqueta se realizó la aplicación en cada parcela de dos productos. Cada producto tiene registrado en su etiqueta el tiempo de carencia requerido para la degradación de las moléculas bioactivas, por esto se tomaron estos tiempos como referentes para los muestreos así: un primer muestreo antes de la aplicación, el segundo en el tiempo referenciado en la etiqueta del producto con menor tiempo de carencia, el tercero en el tiempo referenciado en la etiqueta del producto con mayor tiempo de carencia y un cuarto muestreo entre 15 a 20 días después del último muestreo. En la Tabla 9 se presenta el diseño experimental aplicado.

Tabla 9. Diseño experimental

Finca	Altitud (m.s.n.m)	Ubicación	Moléculas evaluadas	Nivel máximo permitido N° 396/2005 ppm	Tiempo de muestreo (días)			
					1	2	3	4
A	1590	Balboa-Risaralda	Lambdacihalotrina	0,01	0	21	35	60
			Tebuconazole	0,02				
			Trifloxystrobin	0,01				
			Thiamethoxam	0,5				
B	1820	Guática - Risaralda	Cypermethrin	0,05	0	15	35	60
			Dimethoate	0,01				
C	1920	Villamaría - Caldas	Thiacloprid	0,01	0	24	36	62
			Deltamethrin	0,01				
			Tebuconazole	0,02				
			Trifloxystrobin	0,01				
D	2199	Apia-Risaralda	Cypermethrin	0,05	0	15	37	50
			Bifenthrin	0,01				
			Imidacloprid	1				

Todas las muestras fueron extraídas realizando un muestreo de la hectárea de estudio en un recorrido en X según la NTC 947-1, almacenadas y enviada a un laboratorio externo certificado para su análisis



Resultados

1. Resultado de la línea base para los cítricos

Caracterización Socioeconómica

En este tipo de cultivo los propietarios de los predios tienen un grado de escolaridad con estudios secundarios y profesionales, cada uno con una representatividad del 50 %. Esta condición facilita los procesos de capacitación y con ello la posibilidad de adoptar tecnologías que mejoren los niveles productivos; además, los productores pueden desarrollar más destrezas en la administración y en la comercialización de sus productos.

La distancia desde las fincas hasta el centro poblado más cercano en un 100 % tiene una distancia superior a 11 km, todas las vías presentan una parte pavimentada y otra sin pavimentar y 63 % de los productores las consideran en regular estado y el resto en buen estado. El estado de las vías es importante porque influye en el mantenimiento de la calidad de las frutas durante el transporte, pues se disminuyen los daños por vibración y rozamiento del producto; además, el tiempo de entrega del producto es menor.

La región en estudio, al estar ubicada en la cordillera de los Andes, se caracteriza por su topografía montañosa. Las fincas, donde se tomó la información se distribuyen en un 50 % con pendiente media, 38 % suave y el resto con pendiente alta (figura 1). La elevación sobre el nivel del mar divide la ubicación de las fincas en dos pisos térmicos donde el 50 % de se ubica en el en el denominado clima cálido con alturas que oscilan entre 900 y 1.000 m. s n m y las demás en un rango de alturas entre 1.060 a 1.350 m. s n m (figura 2). Estas altitudes están entre las recomendadas por Orduz y Mateus (2012), para la naranja la cual se cultiva comercialmente en Colombia hasta los 1.500 m s n m.



Figura 1. Topografía y pendiente predominante en la zona de estudio
Foto Luz A. Vásquez

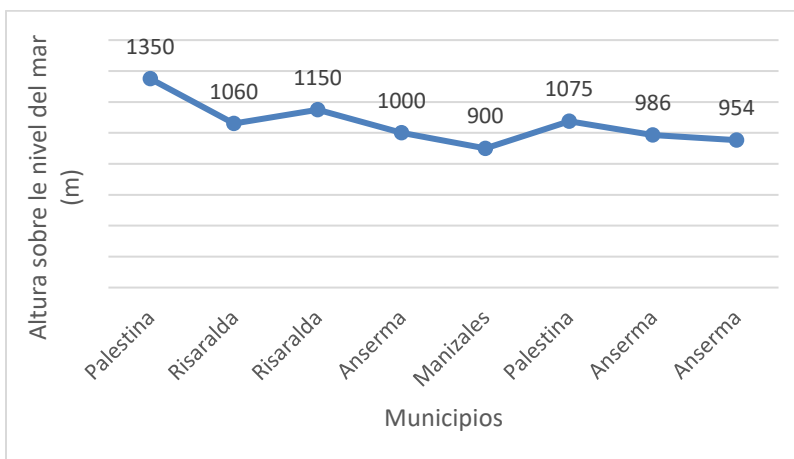


Figura 2. Altitud de las fincas según el municipio de ubicación
Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

La experiencia en la producción del cultivo facilita la toma de decisiones como la implementación de nuevas tecnologías (riego), que mejoran la producción y facilitan el manejo de este, lo cual brinda la oportunidad de obtener una mayor rentabilidad. Un 75 % de los productores tienen más de 10 años de experiencia en el manejo del cultivo de cítricos y con el mismo porcentaje (12,5 %), están los productores entre 1 a 5 años y entre 5 a 10 años, esto asegura una población de cultivadores con buen conocimiento de la tecnología del cultivo.

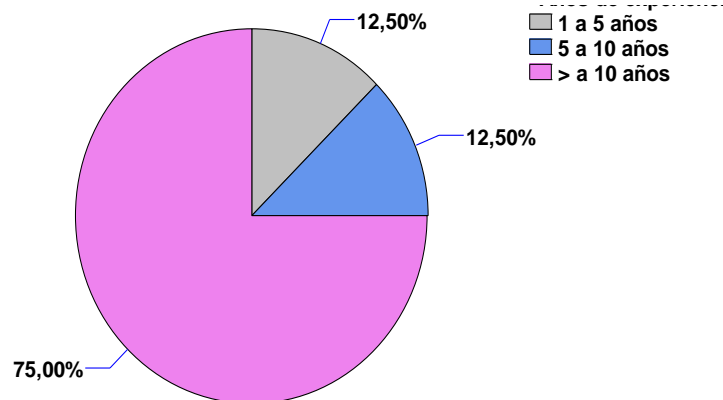


Figura 3. Años de experiencia en el cultivo de naranja.

Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

En el aspecto de capacitación sobre riego y fertirriego, 25 % de los productores han recibido algún tipo de instrucción en esta temática, la cual ha sido impartida por empresarios particulares, un 88 % de los encuestados consideran que las capacitaciones en riego son importantes, porque obtienen conocimiento sobre el tema, las necesidades de agua para el cultivo y pueden tener información sobre cómo las diferentes condiciones climáticas afectan la producción y calidad de sus plantaciones. En el tema del riego se debe hacer una buena difusión de la aplicabilidad de esta tecnología bajo las condiciones de la zona productora, pues existe entre los productores la mitificación de los costos asociados a la instalación de este tipo de sistemas. Un aspecto favorable en la zona es la buena oferta comercial de insumos y equipos para el establecimiento de fertirriego.

Caracterización técnica

Para las características de los suelos donde se desarrolla la citricultura, el 75 % de los productores indicaron que tienen buen drenaje, esta misma cantidad de productores relaciona algunos de los problemas agronómicos en sus cultivos por falta de riego y un reducido grupo de ellos (25 %), identifican los síntomas en los árboles y los frutos bajo esta condición. En el caso de los cultivadores que manifestaron tener problemas de drenaje en sus fincas (25 %), desconocen las afecciones que pueden llegar a tener sus cultivos por la falta de un suministro adecuado de agua al cultivo.

En estudios previos sobre las dinámicas del agua en suelos volcánicos de la zona andina de Colombia y las necesidades de agua y nutrientes por parte algunos cultivos, se verificó que, aunque en la región se tenga una precipitación superior a los 2.000 mm anuales, que en algunos casos puede ser superior a las necesidades del cultivo, en la disponibilidad de agua para las plantas cultivadas interviene no sólo la precipitación acumulada, sino también su distribución anual, la capacidad de retención de agua por parte del suelo y la profundidad a la que puedan



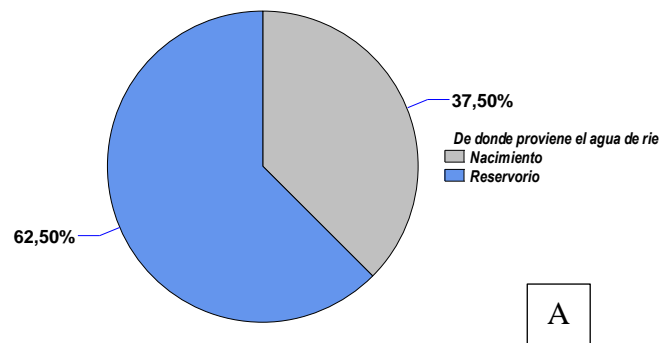
llegar las raíces para extraer agua; pero debido a la irregularidad de los eventos pluviométricos, la disponibilidad de agua se ve afectada por varios períodos del año; por lo que aun tratándose de una zona con lluvias acumuladas superiores a las necesidades totales de los cultivos se justifica la necesidad de implementar sistemas de fertirriego para mejorar la adaptación de las plantaciones a las precipitaciones, que presentan ciclos cada vez más irregulares a causa del cambio climático (Universidad Nacional de Colombia, 2017).

La situación del suministro de agua en las fincas se considera como crítica debido a que 63 % de los predios visitados no tienen sistema de riego y un 50 % de los encuestados indicaron que no consideran necesario establecerlo, situación contradictoria, pues reconocen que en las condiciones de sequía es importante el agua para mantener la calidad de la fruta. El suministro de agua a los cultivos en los predios con disponibilidad de riego según los productores es útil en un verano prolongado, por requerimientos del cultivo y la fenología de este.

Los sistemas de riego más comunes encontrados en la zona son el de goteo o localizado (figura 4) y el riego por surco, los productores indicaron que las ventajas de estos sistemas son: “facilitar la absorción continua del agua, la aplicación de fertilizantes y mejorar la estructura del suelo.” El agua usada para el riego proviene principalmente de reservorios (figura 5A y B).



Figura 4. Sistema de riego por goteo instalado en finca citrícola
Foto Luz A. Vásquez



Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta



Figura 5. Agua para riego. a. Origen del agua de riego. b. Reservorio en finca productora de cítricos

Foto Luz A. Vásquez

Aunque un 75 % de los productores encuestados manifestaron tener acceso a información sobre las necesidades de riego para sus cultivos, al parecer no la utilizan o consultan, pues el 50 % de ellos desconocen la cantidad de agua que deben aplicar según la fase fenológica de los cítricos y por lo tanto, los requerimientos totales de agua durante un ciclo de producción; igualmente, la hora de aplicación del riego no es tomada en cuenta, en un 51 % de los predios es indiferente la hora de aplicación y 13 % aplican en la mañana. Estas situaciones ameritan la necesidad de procesos de acompañamiento con asistencia y técnica capacitación para los productores. La calidad del agua de riego es un factor que es tenido en cuenta por los productores 75 % de ellos realizan algún tipo de análisis (figura 6). Del grupo de productores encuestados tres cuentan con sistema de riego, dos de los cuales afirman que sus ingresos han mejorado con esta tecnología y el restante aún no lleva registros de esta actividad.

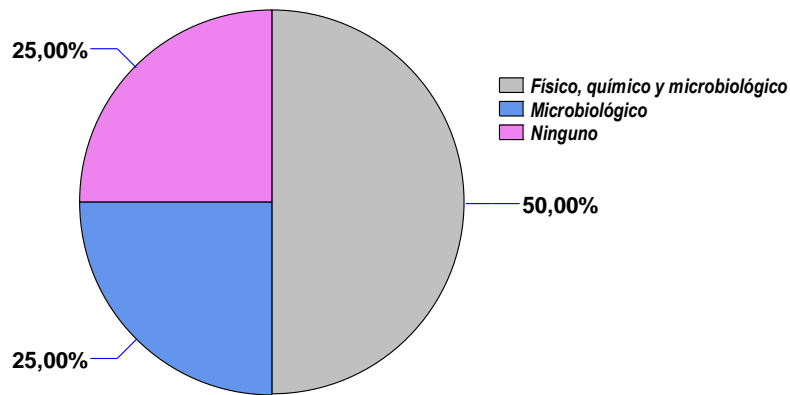


Figura 6. Análisis al agua de riego

Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta

En cuanto al abastecimiento de agua, un 63 % de las fincas tienen nacimientos y en un 88 % de estas los productores implementan medidas para su protección tales como: cobertura vegetal (figura 7), cercamiento de las fuentes de agua, siembra de árboles de regeneración y en algunos casos hacen surcos o zanjas para la retención del agua.



Figura 7. Zona de nacimiento de agua con protección vegetal en una finca productora de cítricos
Foto Luz A. Vásquez

Análisis de correlaciones



La tabla 10 muestra las correlaciones seleccionadas entre las preguntas realizadas a los productores, que corroboran la información obtenida de manera cualitativa.

Tabla 10. Correlaciones escogidas para explicar características de los productores citrícolas de la zona central cafetera colombiana.

	Preguntas	Correlación
Es fácil conseguir implementos para establecer un sistema de riego	vs Municipio (figura 8.1)	0,7667
	Qué tipo de sistema de riego tiene instalado en su cultivo (figura 8.2)	0,7097
Años de experiencia	vs Tiene implementadas medidas culturales para la conservación de esta agua (figura 8.3)	0,8266
	Por qué es necesario establecer un sistema de riego (figura 8.4)	0,7456
	Qué tipo de sistema de riego tiene instalado en su cultivo (figura 8.5)	0,8088
	Ventajas del sistema de riego instalado en su cultivo (figura 8.6)	0,9526
	Aplica los fertilizantes en el riego (figura 8.7)	0,8266
	A qué horas hace los riegos normalmente en su cultivo (figura 8.8)	0,7366
	Origen del material de venta (figura 8.13)	0,8266
Cree que son necesarias las capacitaciones del riego	vs Qué criterio utiliza para aplicar riego al cultivo (figura 8.10)	0,8874
	Por qué es necesario establecer un sistema de riego (figura 8.11)	0,7533
	Qué tipo de sistema de riego tiene instalado en su cultivo (figura 8.12)	0,7097
	Ventajas del sistema de riego instalado en su cultivo (figura 8.13)	0,8766
Por qué son necesarias las capacitaciones en riego	vs Conoce la calidad del agua de riego (figura 8.14)	0,8007
	Qué tipo de análisis ha realizado al agua de riego (figura 8.15)	0,8557



Conoce los requerimientos de agua en los diferentes estados fenológicos del cultivo	vs	Si tuvo episodios de sequía puede cuantificar las pérdidas (figura 8.16)	0,7358
		Porcentaje de la cosecha que se perdió (figura 8.17)	1
Con qué frecuencia se presentan problemas por falta de agua en los cultivos	vs	Tiene nacimientos de agua en su finca (figura 8.18)	0,7659
Tiene acceso a información para determinar las necesidades de riego de los cultivos	vs	Cree que es necesario establecer un sistema de riego para este cultivo (figura 8.19)	1
		Por qué es necesario establecer un sistema de riego (figura 8.20)	0,7765
		Conoce la cantidad de agua que aplica en el riego (figura 8.21)	1
		A qué horas hace los riegos normalmente en su cultivo (figura 8.9)	0,8281
Pendiente del terreno	vs	Ha tenido problema en los cultivos por falta de riego (figura 8.22)	0,7212

Las tabulaciones cruzadas permiten explicar características de los productores cítricos en la zona de estudio, que se pueden convertir en insumo para la posible instalación de sistemas de fertirriego en predios productores de cítricos.

En la figura 8.1 se observa que, para todos los municipios los agricultores conocen los elementos necesarios para establecer un sistema de riego, siendo levemente superior en los agricultores de Risaralda. No obstante, algunos consideran que no es fácil conseguir dichos elementos. Tanto los agricultores que consideran fácil la consecución de implementos para el establecimiento de sistemas de riego como los que no, no cuentan con sistema de riego instalado en su cultivo. Existe un grupo de agricultores que cuentan con sistemas de riego instalado, en su mayoría por goteo los cuales consideran fácil la consecución de materiales (figura 8.2).

La figura 8.3 muestra como los agricultores con 10 años de experiencia en el cultivo o menos cuentan en su totalidad con medidas culturales establecidas para la conservación del agua, a diferencia de los agricultores con más de 10 años de experiencia donde algunos no tienen implementadas dichas medidas. Se evidencia que los agricultores con 5 años de experiencia o menos en el cultivo, consideran que es importante el establecimiento del sistema de riego para mitigar las condiciones climáticas y la sequía. Por su parte quienes tienen experiencia de 5 a 10 años consideran que el riego es importante para mitigar las condiciones climáticas extremas (pluviosidad) (figura 8.4). Agricultores con menos de 10 años de experiencia en el cultivo no



cuentan con ningún sistema de riego instalado, mientras que la mitad de los agricultores con más de 10 años de experiencia cuentan con sistema de riego, en su mayoría por goteo (figura 8.5). Los productores con experiencia inferior a 10 años en el cultivo, no han tenido experiencias con sistemas de riego y no tienen un criterio respecto a ellas. Mientras que los agricultores con experiencia superior a los 10 años, la mitad de su población reconoce ventajas en temas de: suelo y estructura, aplicación de fertilizantes y absorción de agua en el suelo (figura 8.6). La figura 8.7 muestra que en términos generales los agricultores no aplican sus fertilizantes mediante el sistema de riego a excepción de un pequeño grupo con más de 10 años de experiencia que operan el sistema como riego y fertirriego. En cuanto a la hora de aplicación del riego los agricultores con experiencia entre 5 y 10 años en el cultivo, prefieren realizar sus riegos en la mañana y tarde, mientras los agricultores de 10 más de años de experiencia lo realizan a diversas horas diversas del día (figura 8.8). Situación corroborada en la figura 8.9 que, según los productores independientemente de si tengan la información o no para determinar las necesidades de riego, su aplicación no tiene consistencia en cuanto a la hora del día.

De manera generalizada, los agricultores consideran que son necesarias las capacitaciones en riego, sobre todo aquellos que no tienen conocimiento sobre el del manejo del agua en el cultivo (figura 8.10). Dentro de los agricultores que sí consideran pertinentes las capacitaciones se distribuyen de manera variada las percepciones de necesidades de establecimiento de un sistema de riego, siendo más frecuentes las razones climáticas relacionadas con sequía o pluviosidad (figura 8.11). La mitad de los agricultores que considera que son pertinentes las capacitaciones de riego no lo utilizan, la otra mitad utiliza mayormente riego por goteo y en menor medida riego por surco (figura 8.12).

La figura 8.13 indica que la totalidad de los agricultores que consideran que no son necesarias las capacitaciones, tampoco opinan respecto a las ventajas del sistema de riego. Por su parte los agricultores que sí consideran pertinentes las capacitaciones en riego, se dividen en dos grupos: el primer grupo observa ventajas como el suministro del agua, influencia sobre la estructura del suelo y la aplicación de fertilizantes y el otro grupo que no tiene un sistema de riego instalado, no opina respecto a las ventajas. Los agricultores que consideran que las capacitaciones de riego son necesarias para mitigar los efectos de las condiciones climáticas en su mayoría conocen la calidad de agua aplicada en sus cultivos. Por su parte, los que manifiestan en que simplemente dichas capacitaciones son necesarias para tener conocimientos generales de riego, la mitad conocen la calidad del agua que usan para el riego y la mitad no. Y los que coinciden en que ambas razones (mitigación y calidad del agua) son importantes, en su totalidad conocen la calidad del agua que usan para el riego (figura 8.14). En la figura 8.15 se puede visualizar que los agricultores que consideran necesarias las capacitaciones de riego para enterarse de factores del clima y por conocimientos generales, estos en su mayoría tienen algún tipo de análisis del agua. Y los agricultores que consideran importantes ambos aspectos tienen análisis físico, químico y microbiológico.



Tanto los productores que conocen los requerimientos de agua según el estado fenológico del cultivo como los que no, manifiestan que pueden cuantificar las pérdidas de sus cultivos cuando ocurre una temporada de sequía (figura 8.16). Esta valoración se observa en la figura 8.17 donde se muestra que los agricultores que no conocen los requerimientos de agua en los diferentes estados del cultivo manifestaron tener pérdidas entre el 20 y el 30 % de la producción, mientras que los que si conocen dichos requerimientos reportaron menores pérdidas. Quienes tienen nacimientos de agua en su finca consideran en mayor porcentaje que la frecuencia de problemas con el riego depende de las condiciones climáticas que ocurran en la zona. Por su parte, los que no tienen nacimientos consideran que las sequias ocurren naturalmente varias veces al año y en menor medida consideran que dependen de las condiciones climáticas (figura 8.18). Tanto los agricultores que tienen acceso a información para determinar necesidades de riego, como los que no, creen en igual proporción que es necesario el establecimiento de los sistemas de riego en los cultivos de cítricos que tienen sembrados (figura 8.19). Los agricultores que tienen acceso a la información para determinar necesidades de riego (figura 8.20), creen que es necesario establecer un sistema en sus cultivos, principalmente por necesidades de mitigación climática asociada a una menor pluviosidad. En igual proporción, estos productores también conocen la cantidad de agua que aplican en sus cultivos (figura 8.21). En las fincas con pendiente alta y suave, la totalidad de agricultores reportaron haber tenido problemas de falta de agua para el riego; en los predios de pendiente media la mitad de productores reportaron problemas por falta de agua (figura 8.22).

En la figura 8.23 se visualiza como casi de manera generalizada los agricultores prefieren obtener su material de siembra en viveros especializados, a excepción de una pequeña fracción con más de 10 años de experiencia que tienen otros métodos de adquirir las plantas.

Relaciones de dependencia según correlaciones seleccionadas		
<p>8.1. Es fácil conseguir implementos para establecer un sistema de riego vs Municipio de ubicación de los predios.</p>	<p>8.2. Es fácil conseguir implementos para establecer un sistema de riego vs tipo de sistema de riego.</p>	<p>8.3. Años de experiencia vs tiene implementadas medidas culturales para la conservación de esta agua.</p>
<p>8.4. Años de experiencia vs por qué es necesario establecer un sistema de riego.</p>	<p>8.5. Años de experiencia vs qué tipo de sistema de riego tiene instalado en su cultivo.</p>	<p>8.6. Años de experiencia vs qué ventajas cree que tiene el sistema de riego instalado en su cultivo.</p>



Relaciones de dependencia según correlaciones seleccionadas		
<p>1 a 5 años 5 a 10 años > a 10 años</p> <p>Aplica con fertilizantes en el riego</p>	<p>1 a 5 años 5 a 10 años > a 10 años</p> <p>¿Qué horas hace los riegos normalmente en su cultivo?</p>	<p>No Sí</p> <p>¿Qué horas hace los riegos normalmente en su cultivo?</p>
<p>8.7. Años de experiencia vs aplica los fertilizantes en el riego.</p>	<p>8.8. Años de experiencia vs a qué horas realiza los riegos el agricultor.</p>	<p>8.9. Tiene acceso a información para determinar las necesidades de riego de los cultivos vs a qué horas hace los riegos normalmente en su cultivo.</p>
<p>No Sí</p> <p>¿Qué criterios utiliza para aplicar riego en su cultivo?</p>	<p>No Sí</p> <p>¿Por qué es necesario establecer un sistema de riego?</p>	<p>No Sí</p> <p>¿Qué tipo de sistema de riego tiene instalado en su cultivo?</p>
<p>8.10. Cree que son necesarias las capacitaciones en riego vs criterios que utilizan para aplicar riego en el cultivo.</p>	<p>8.11. Cree que son necesarias las capacitaciones en riego vs por qué es necesario establecer un sistema de riego.</p>	<p>8.12. Cree que son necesarias las capacitaciones en riego vs tipo de riego instalado en el cultivo.</p>
<p>No Sí</p> <p>¿Qué ventajas del sistema de riego establece en su cultivo?</p>	<p>AMBAS Condiciones climáticas</p> <p>Para tener conocimiento sobre el riego</p> <p>¿Qué tipo de sistema de riego tiene instalado en su cultivo?</p>	<p>AMBAS Condiciones climáticas</p> <p>Para tener conocimiento sobre el riego</p> <p>¿Qué tipo de análisis ha realizado sobre su agua de riego?</p>
<p>8.13. Cree que son necesarias las capacitaciones en riego vs ventajas del sistema de riego.</p>	<p>8.14. Por qué son necesarias las capacitaciones de riego vs conocen la calidad de agua de riego.</p>	<p>8.15. Por qué son necesarias las capacitaciones de riego vs qué tipo de análisis ha realizado a su agua de riego.</p>
<p>No Sí</p> <p>¿Qué tipo de pérdidas de agua puede cuantificar los episodios de sequía?</p>	<p>No Sí</p> <p>¿Por qué es necesario establecer un sistema de riego?</p>	<p>Depende de las condiciones climáticas MA Varían veces al año</p> <p>¿Con qué frecuencia se presentan problemas por falta de agua en los cultivos?</p>
<p>8.16. Conoce los requerimientos de agua en los diferentes estados de cultivo vs si tuvo episodios de sequía, puede cuantificar las pérdidas.</p>	<p>8.17. Conoce los requerimientos de agua en los diferentes estados de cultivo vs porcentaje de cosecha que se perdió.</p>	<p>8.18. Con qué frecuencia se presentan problemas por falta de agua en los cultivos vs tiene nacimientos de agua en su finca.</p>
<p>No Sí</p> <p>¿Por qué es necesario establecer un sistema de riego para este cultivo?</p>	<p>No Sí</p> <p>¿Por qué es necesario establecer un sistema de riego?</p>	<p>No Sí</p> <p>¿Conoce la cantidad de agua que aplica en el riego?</p>
<p>8.19. Tiene acceso a información para determinar las necesidades de riego de los cultivos vs cree que es necesario establecer un sistema de riego para este cultivo.</p>	<p>8.20. Tiene acceso a información para determinar las necesidades de riego de los cultivos vs por qué es necesario establecer un sistema de riego.</p>	<p>8.21. Tiene acceso a información para determinar las necesidades de riego de los cultivos vs conoce la cantidad de agua que aplica en el riego.</p>

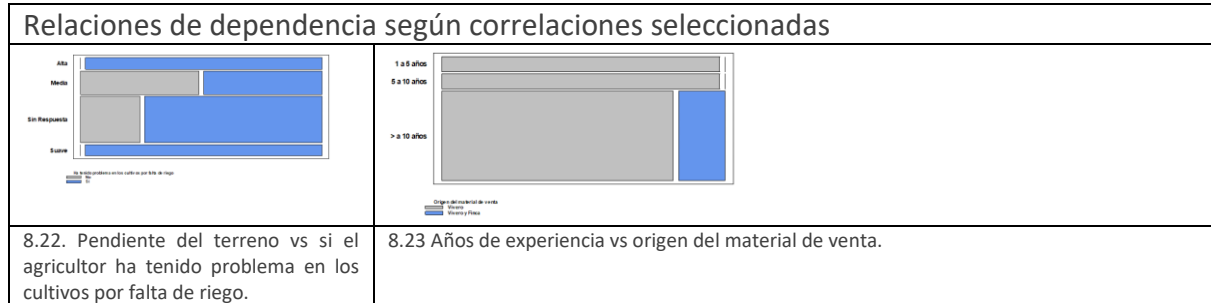


Figura 8. Representación de las correlaciones seleccionadas de la encuesta aplicada a citricultores
Fuente: construcción propia.

En términos generales, los años de experiencia que tienen los productores en el manejo de cultivos de cítricos, fundamentados en capacitaciones recibidas, intercambio de saberes con colegas, por información a través del asistente técnico y casas comerciales, están relacionados con las decisiones que toman sobre prácticas para la conservación del agua en las fincas y el criterio para su manejo, aplicación de fertilizantes, manejo del riego y fertirrigación, prácticas agronómicas y algunas actividades relacionadas con el origen del material de siembra.

Las capacitaciones en el manejo del riego las consideran importantes y están relacionadas directamente con factores como el conocimiento de la calidad por los análisis realizados, necesidad de establecer el riego, manejo, ventajas. En cuanto al sistema a seleccionar se relaciona con el acceso a la información para determinar sus necesidades en los cultivos.

La facilidad de consecución de materiales para establecer un sistema de riego y su tipo depende de la oferta que presenta el municipio donde se abastecen los productores. Municipios donde son comunes los cultivos cítricos presentan mayor oferta que aquellos que no lo son.

El conocimiento de los requerimientos de agua del cultivo según los estados fenológicos permite a los productores la cuantificación de las pérdidas de fruta según esta condición, ellos pueden estimar las mermas en la producción según los diferentes episodios.



Tabla 11. Área sembrada, cosechada y niveles de producción de cítricos para Colombia entre el 2016 y el 2019 (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019).

Variable	2017	2018	2019
Productividad (Ton/Ha)	15,504	15,812	14,944

Fuente: Evaluaciones Agropecuarias Municipales. ASOHOFrucol

* Estimación DCAF

Ecuador

Clima. En Ecuador, los cítricos son especies subtropicales, no tolera heladas, ya que estas afectan tanto a las flores, frutos y follaje, que puede desaparecer totalmente, se cultivan desde el nivel del mar hasta los 1800 m de altura, la mayor importancia económica se sitúa hasta los 1600 nsnm. El clima es un factor determinante para la producción de cítricos, los frutos desarrollados en regiones tropicales nunca alcanzan la coloración plena, mientras que los que lo hacen en áreas subtropicales llegan a tomar la coloración propia de cada variedad.

La temperatura es el componente del clima más importante para el desarrollo vegetativo de la floración, del cuajado y la calidad de los frutos. Entre 18° C a 30° C se consideran óptimas para la actividad fotosintética de las plantas, mayores a 39° C o inferiores a 13° C, el crecimiento vegetativo empieza a detenerse. Cada especie cítrica tiene sus propias exigencias; así la naranja y mandarina tienen un rango óptimo de 21° C a 24° C, la toronja se sitúa entre los 22° C y 25° C.

Las necesidades hídricas de los cítricos no solo dependen de la cantidad total de lluvias, sino también de su adecuada y regular distribución. En el Litoral ecuatoriano esta situación no se cumple, las precipitaciones anuales son irregulares que el productor tiene la necesidad de suplir con riego por lo menos durante ocho o nueve meses del año. El requerimiento pluviométrico de los cítricos se sitúa entre los 900 a 1200 mm de lluvia anual. La luminosidad es muy importante para la actividad fotosintética de la planta, que permite disminuir la acidez, afectando su relación con azúcares y temperaturas medias que promueven mayor síntesis de carbohidratos.

Los métodos de riego utilizados son por inundación y por surcos. En el primer caso el agua se aplica alrededor de las plantas, sin embargo, favorece la entrada de hongos. En el segundo caso por surcos es conveniente en terrenos planos o de pendiente uniforme (no mayor de 2%), los surcos deben trazarse a lo largo de las hileras de las plantas. En las plantaciones en laderas es conveniente trazar surcos en curvas.



En términos generales se estima que la cantidad necesaria de riego para cítricos oscila entre 9000 a 12000 m³/ha/año, lo que equivale a una lluvia anual bien distribuida. En Ecuador las condiciones del valle del río Portoviejo, los mejores rendimientos en naranjas se han obtenido aplicando, en época seca, riego cada 21 días.

En cuanto a la fertilización se realiza de acuerdo a las condiciones del suelo. Este debe ser distribuido en el suelo alrededor de la planta, desde el interior y aplicarse cuando exista suficiente humedad en el suelo. En general en huertos en producción y mayores de 6 años, con un adecuado manejo de riego, control de insectos-plaga y enfermedades, se recomienda aplicar mínimo 100kg/N/ha cada año, 50 kg/P₂O₅/ha cada 3 o 4 años y potasio (K) cuando se indique déficit. (Valerazo Concha, Valerazo Cely, Mendoza García, & Álvarez Plúa, 2014)

Tabla 12. Niveles de producción de cítricos para Ecuador entre el 2016 y el 2019 (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019).

Variable	2017	2018	2019
Productividad (Ton/Ha)	8,097	6,23	6,62

Fuente: (INEC, 2019).

2. Resultado de la línea base para las pasifloras

Colombia

En Colombia se cultivan principalmente cuatro tipos de pasifloras: maracuyá, gulupa, granadilla y curuba. A continuación, se presentan las prácticas agronómicas tradicionales para el cultivo de las frutas del proyecto: maracuyá, gulupa y granadilla.

Las pasifloras prosperan bien en suelos sueltos, profundos y ricos en materia orgánica, deben estar bien drenados y con pH entre 5,5 y 7,5. El suministro de agua es fundamental para el desarrollo de los frutales después de la plantación y en la época de floración, un suministro equilibrado de agua permite un contenido adecuado de carbohidratos y ácidos en el fruto en la maduración y una menor velocidad de degradación durante la postcosecha mientras que durante el período de floración la lluvia debe ser mínima. En general las pasifloras requieren una precipitación cercana a los 1500 mm por año (Miranda et al., 2015).

Maracuyá



El maracuyá se adapta a diferentes tipos de suelos profundos, bien drenados y con salinidad moderada. Los mejores suelos para el cultivo son los francos, con buena capacidad de retención de humedad y pH entre 4,5 y 6,5. El maracuyá se adapta en pisos térmicos desde 0 a 1300 msnm con un óptimo de 800 a 1200 msnm y un rango de temperaturas entre 24°C y 28 °C. Se recomienda sembrar en zonas que tengan como mínimo cinco horas de luz por día. La humedad relativa promedio adecuada es del 70% (Cleves, Jarma, & Fonseca, 2009). El maracuyá requiere un suministro de agua en cantidades de 800 a 1500 mm por año bien distribuidos, en caso de no cumplirse este requerimiento se debe implementar un sistema de riego localizado necesario en épocas secas (Cleves et al., 2009).

La siembra se realiza diferente para producciones destinadas al mercado o para la industria, para el mercado se siembra por monocultivo mientras que para la industria se siembra por monocultivo con emparrado total. La siembra se realiza de forma directa en bolsas de 1 kg, en las cuales se deposita una semilla a 1 cm de profundidad sobre un sustrato que contenga mezcla de materia orgánica mineralizada, tierra y arena en proporciones iguales adicionando 30 gramos de micorriza. No se recomienda utilizar semillas almacenadas por más de dos meses. La semilla germina a los 15 días, durante el primer mes se implementa la construcción de una polisombra para que limite la incidencia directa de los rayos solares, la malla de polisombra se debe retirar de forma paulatina (Cleves et al., 2009).

Se realizan diferentes sistemas de podas, la poda de formación consiste en la eliminación de los brotes laterales dejando un solo eje central y aplicando fungicidas protectantes y fertilizantes foliares, esta práctica se efectúa cada 10 días. El despunte se realiza para estimular la brotación, una vez aparecen las ramas secundarias y terciarias (productivas), se orientan a la derecha e izquierda procurando un equilibrio. La poda de saneo o mantenimiento elimina hojas, ramas secas y frutos dejados de cosechar para eliminar focos de infección y la poda de renovación se realiza una vez el cultivo ha llegado a su madurez fisiológica y comienza su decadencia realizando una poda total dejando sólo brotes superiores (Cleves et al., 2009).

El manejo de fertilización en el cultivo de maracuyá es una de las prácticas más importantes debido a que define la productividad, calidad de los frutos, aspectos sanitarios y rentabilidad. La fertilización debe realizarse basada en los resultados del análisis de suelos, foliar y de los requerimientos del cultivo. La fertilización edáfica se realiza cada 60 días y en dosis moderadas. La exigencia de la planta en nutrientes es: N>P>K>Ca>S>Mg>Fe>B>Mn>Zn>Cu>Mo, cada nutriente es esencial para la integridad de la planta y el fruto (Cleves et al., 2009). Se recomienda efectuar aplicaciones foliares basadas en nitrógeno y elementos menores así: urea 46% 10 g/L de agua, nitrato de potasio 10 g/L de agua y elementos menores 10 mL/L de agua (Cleves et al., 2009).

En suelos que presentan características de pH en condiciones cercanas a la neutralidad se recomienda aplicar 250 g/planta cada dos meses y hasta el sexto mes la siguiente fertilización



radicular en corona: urea 35%, sulfato de potasio 35%, fosfato diamónico (DAP) 20% y elementos menores 10% (Cleves et al., 2009).

Los insecticidas utilizados dependen de los insectos plagas asociados al cultivo, por ejemplo se puede realizar control químico con insecticidas sistémicos o de contacto de baja residualidad para el gusano cachón, triona en mezcla con Malathion para la escama aplanada, aplicación de insecticidas como Endosulfan (Thiodan® 35 E en dosis de 500 mL/200 L de agua) para gusanos de follaje, Dipterex® 50 LE (300 mL/100 L de agua) o Ethion® 50 CE (120 mL/100 L de agua) + 5 kg de azúcar morena o melaza para mosca de la fruta, entre otros (Cleves et al., 2009).

Gulupa

La gulupa es una enredadera por su hábito de crecimiento se debe utilizar un sistema de soporte o tutorado, ya sea en forma de espaldera o en emparrado. Las altitudes adecuadas para este cultivo se encuentran entre 1400 y 2200 msnm, los suelos aptos son de textura franco-arenosa, con buen drenaje, pH entre 6,5 y 7,5, con altos contenidos de materia orgánica y baja presencia de sales, las temperaturas óptimas se encuentran entre 15°C y 20°C, se debe cultivar en sitios libres de heladas (Jiménez, Carranza, & Rodríguez, 2009).

Durante el período de floración la lluvia debe ser mínima, para la gulupa se recomiendan zonas con un mínimo de 900 mm de precipitación uniformemente distribuida, en caso de una distribución no uniforme de la precipitación se deben irrigar las plantaciones temporalmente, se recomienda la implementación del riego por goteo (Jiménez et al., 2009).

Para la siembra, debido a que las plantas desarrollan un sistema relativamente superficial, el enraizamiento se puede realizar a 80 cm, la preparación del terreno se debe realizar como mínimo con un mes de anticipación. Se adicionan 2 kg de materia orgánica preferiblemente gallinaza por cada sitio de siembra. Las distancias de siembra oscilan entre 4 y 8 metros entre plantas y 2,5 y 3 metros entre surcos. Se recomienda realizar un trazado en triángulo para permitir la entrada de luz y ventilación del cultivo (Jiménez et al., 2009).

Para el cultivo se utilizan dos sistemas de soporte: espaldera o emparrado, entre ellos el sistema de emparrado puede resultar más ventajoso en términos de rendimiento que la espaldera, facilita todas las labores técnicas y proporciona mayor calidad, a su vez es más costosa su implementación por la cantidad de alambre (Jiménez et al., 2009).

La poda se realizan diferentes tipos de podas: la poda de formación elimina todos los brotes laterales que emite el tallo principal para acelerar el crecimiento del mismo, la poda de mantenimiento y de producción busca regular la distribución hacia las estructuras, se realiza en reamas terciarias y cuaternarias eliminando ramas enfermas o muy delgadas, se espuntan ramas muy largas para estimular la floración, en general la poda de producción se realiza después de cada pico de cosecha, la poda de renovación se realiza cuando el crecimiento es muy denso, se



recomienda en plantaciones a edades de 4 años dejando solo el tallo principal y ramas principales (Jiménez et al., 2009).

Para obtener un rendimiento de 1000 kg de fruta se requieren aproximadamente 33 kg por hectárea de fertilizante basado en 10-5-20 (N, P, K). De los problemas fitosanitarios, los que más afectan la producción de gulupa son: la roña la cual se trata con fungicidas protectantes y manejo de la humedad, antracnosis tratado con fungicidas protectantes y curativos en rotación complementado con podas sanitarias, la mosca de las frutas la cual se trata con el uso de trampas y los trips que se tratan control químico con piretroides aplicando cada 8 días cuando inicia la formación del fruto (Jiménez et al., 2009).

Granadilla

La zona óptima para el cultivo de granadilla es la que cuenta con temperaturas entre los 18-20°C en promedio anual. Los niveles de acidez deben encontrarse entre 5,5 y 6,5 y la altitud entre 2000-2500 m. La humedad relativa óptima está entre 70% y 75% (Miranda, 2009). El agua es el principal constituyente del fruto (80%-95%), durante el período de la floración la lluvia debe ser mínima y la precipitación debe encontrarse entre 2000 y 2500 mm por año, si el cultivo está en la precipitación requerida no se requiere suministro de riego. Los suelos para cultivo de granadilla son óptimos en profundidades de hasta 60 cm, las texturas deben ser livianas y los drenajes adecuados (Miranda, 2009).

Para la siembra se debe preparar el lote con un mes de anticipación, se utiliza un soporte debido a que la granadilla es una planta herbácea y trepadora, hay dos sistemas de soporte: espaldera y emparrado, el emparrado es el más utilizado debido a que tiene mejores rendimientos, se utilizan distancias de 5 m x 5 m en cuadro (Miranda, 2009).

La poda se realiza para modificar los ejes de crecimiento de la planta, existen diferentes tipos de poda: la poda de formación se realiza eliminando los primeros brotes basales y axilares para dejar un tallo por planta, las ramas se deben conducir sobre el emparrado, se realiza un despunte de rama para estimular la aparición de ramas primarias, el despunte se realiza a los 50-100 cm garantizando entre cuatro a ocho temas potenciales que forman las ramificaciones de la planta, la poda de producción y mantenimiento elimina las ramas improductivas, enfermas o muy delgadas y despunta las ramas largas para permitir su engrosamiento y estimular nuevas brotaciones, la poda de renovación consiste en eliminar la parte aérea de la planta y dejar solo una porción de tallo para que de allí rebrote una planta joven, si la plantación presenta buen comportamiento y ha tenido producciones altas se recomienda realizar la poda de renovación cada dos o tres cosechas (Miranda, 2009).

Los requerimientos de macronutrientes para la planta de granadilla son: K, N, Ca, S, Mg y P y de micronutrientes: Fe, B, Mn, Zn y Cu. Existe una amplia gama de fertilizantes cuya aplicación depende del estado del cultivo y edad. Los más utilizados son compuestos como 10-30-10; 17-6-



18-2; 13-26-6, Agrimins® como fuente de elementos menores y como abono orgánico, gallinaza (Miranda, 2009).

Los insecticidas utilizados dependen de las plagas asociadas al cultivo, por ejemplo, para ataques de *Agrotis ipsilon* se utiliza Lorsban® (Clorpirifos) en dosis de 2 cc por litro, cebos tóxicos, melaza y salvado, para trips y mosca de las frutas se acostumbra a colocar trampas por hectárea de cultivo, en trips las trampas son realizadas con plástico e impregnadas con una sustancia adhesiva y para mosca de las frutas se llenan con 235 mL de agua, 15 mL de proteína hidrolizada de maíz o soya y 5 g de borato de sodio (Bórax natural) (Miranda, 2009). Como preparativo para la cosecha el día anterior se aplican fungicidas como Tiabendazol (0,5 cc por litro de agua) más hipoclorito de sodio (5 cc por litro) como medida preventiva para el ataque de hongos (Miranda, 2009).

Tabla 13. Niveles de producción de pasifloras en Colombia entre el 2017 y el 2019

Variable	2017	2018	2019
Rendimiento (Ton/Ha)	14,5	13,8	14,2

Ecuador

Granadilla

Fertilización. Los nutrientes no están disponibles en el suelo en la cantidad y proporción que requiere la especie, por lo que debe suplirse a través de la aplicación de fertilizantes, para ello se realiza la interpretación del análisis del suelo, para a partir de la disponibilidad de nutrientes determinar la necesidad de fertilización que va a requerir el cultivo (Magnitskiy, S. 2011). Se considera que la nutrición del cultivo de pasifloras debe realizarse en función del análisis de suelo y foliar. En el Ecuador los productores conscientes de la importancia que tiene una buena nutrición de la planta, mantienen una fertilización continua generalmente edáfica, un 10 % de los productores lo realizan mediante fertirrigación (Figura 9).



Figura 8. Preparación de soluciones nutritivas para fertirriego

Riego. Existen diferentes sistemas de riego disponibles en el mercado, aspersión, microaspersión o goteo, ya que se realiza la aplicación de agua en la región de mayor concentración de raíces, suministrando economía de agua (Rodríguez, 2014). Muchos productores utilizan riego por goteo generalmente con doble línea (Figura 9) de riego, o riego circular mediante micro aspersor (Figura 10), esto les permite optimizar el agua. Liotta, M. 2015, en su manual establece las ventajas que se tiene mediante sistemas de riego por goteo. Del mismo modo, se expresa la importancia de mantener un riego controlado en el cultivo de granadilla debido al requerimiento que posee este cultivo a la humedad (Chávez A., 2019).



Figura 9. Riego con doble línea de goteo



Figura 10. Riego por goteo circular

Maracuyá

Riego.

Se debe mantener un suministro frecuente de agua procurando evitar encharcamientos para no favorecer el desarrollo de hongos. Los riegos se realizan cada 15 días.

Fertilización.

Se aplica un foliar completo siguiendo las indicaciones del fabricante del producto, si al apareamiento del segundo par de hojas se nota clorosis se puede aplicar sulfato de amonio diluido en agua en concentración de 0,2-0,3%. Al suelo se colocan gránulos de fórmula 15-15-15 o 12-12-17.2



Tabla 14. Niveles de producción de pasifloras en Ecuador entre el 2016 y el 2019.

Variable	2017	2018	2019
Rendimiento (Ton/Ha)	5,85	5,58	6,62

3. Aguacate: resultados de línea base

La mayoría de los productores tienen niveles educativos de bachillerato y educación media con un 40 % y profesional con un 32 %. Esta condición facilita los procesos de capacitación y con ello, la adopción de tecnología, lo cual mejora los niveles técnicos y productivos de los cultivos de aguacate, además de poder desarrollar habilidades en los productores para el manejo administrativo del cultivo y la comercialización de la fruta. Esto es una ventaja comparativa, pues en algunas zonas de Colombia (Cundinamarca), se observan productores con niveles bajos de educación por lo que el manejo adecuado de los cultivos es deficiente (Silva & Hernández, 2017). El nivel educativo y los años de experiencia tienen dependencia con las decisiones agronómicas que se toman en el predio, según lo indicaron las relaciones de correspondencia encontradas (Tabla).

Las fincas están ubicadas a distancias superiores a 11 km de la cabecera municipal (48 %), las vías de acceso son regulares (72 %) y solo tienen un trayecto pavimentado 80 %, Vásquez, Ríos, Londoño & Torres (2011), encontraron en un estudio realizado en Antioquia, Caldas, Risaralda y Quindío, que 69 % de los productores consideraban que las vías estaban en buen estado, situación contrastante con lo encontrado en este trabajo. Esta condición es desfavorable, ya que puede influir en la calidad y tiempo de entrega de la fruta; en ocasiones, los productores deben acondicionar los empaques y los medios de transporte para proteger el producto, especialmente cuando su destino es la exportación, donde los mercados son más exigentes. En las relaciones de dependencia se encontró que los productores consideran que el municipio tiene influencia en el estado de las vías (Tabla).

Según la FAO (2015), con base en los estudios del IGAC (2008), Los cultivos de aguacate en este estudio, se encuentran ubicados en dos pisos térmicos, el templado entre 800 a 1.800 m s. n. m., cuya temperatura varía entre 24° C y 18° C y el piso térmico frío, entre 1.800 a 2.800 m s. n. m. con temperaturas entre 18 y 12° C. La pendiente del suelo se cataloga como media, con un 60 %,



seguida con un 36 % por alta; este tipo de topografía hace que las vías en algunos casos puedan limitar el ingreso a los predios.

El aguacate no ha sido tradicional en la agricultura colombiana como cultivo “comercial” esto se confirma con las respuestas de los productores, donde solo un 4 % de ellos tienen más de 10 años de experiencia en cultivar aguacate (figura 11), situación contrastante con lo informado por Vásquez et al. (2011), quienes indican que 8 % de cultivadores tienen más de 12 años de experiencia; esta disparidad en la información se da posiblemente por el ingreso constante de nuevos productores al sistema de producción. Estos nuevos agricultores tienen experiencia en otros cultivos, lo que favorece la implementación de algunas prácticas de manejo y la toma de decisiones en el uso de nuevas tecnologías (riego, variedades etc.), lo que implica un acercamiento a un buen manejo técnico.

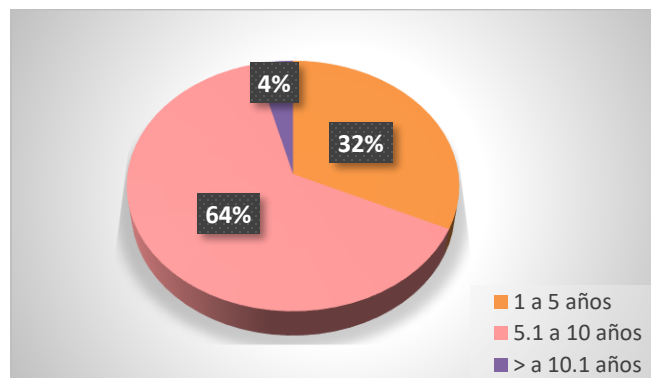


Figura 11. Relación de los años de experiencia.

Fuente: Elaboración propia

En las fincas visitadas los productores identifican cuatro patrones en sus cultivos de aguacate (nativo, criollo, Hass y papelillo); los de mayor representación en la zona son, el nativo con un 52 % y el criollo con un 32 %, el restante 16 % utiliza como patrón, semillas de Hass y de papelillo (Lorena), esta es una situación similar respecto a lo encontrado por Vásquez et al. (2011), donde el 55 % de los productores estaban utilizando patrones criollos, cuando lo ideal sería conocer la genética del patrón y su influencia sobre la copa. Esta situación tardará algún tiempo en cambiar debido a que en el país los viveristas no cuentan con patrones debidamente identificados.

En la tabla 15, se presentan las ventajas definidas por los productores para escoger los patrones para sus huertos. Cabe anotar que los agricultores manejan el concepto de nativo y criollo en forma diferenciada, lo cual no es preciso. En Colombia no existen aguacates nativos, ya que el



país no es centro de origen de la especie. El concepto acertado es criollo, que se refiere a plantas adaptadas que han sido producto de una mezcla de ancestros comunes. Por tradición cultural, el agricultor usa el término “criollo” como sinónimo de “común”, para referirse a la variedad que es cultivada bajo condiciones edafoclimáticas del lugar o centro poblado, mientras que nativo se refiere a un material originado en la zona. Por lo tanto, podríamos decir que, en este caso, ambos términos se refieren a lo mismo.

Consideran importante la procedencia del material de siembra y pueden seleccionarlo en la propia para obtener los patrones y las copas de los cuales manifiestan conocer algunas ventajas.

Tabla 15. Ventajas manifestadas por los productores sobre los patrones usados en los huertos de aguacate

Ventajas	“Nativo”	Criollo	Hass	Papelillo
Adaptabilidad al suelo	X	X	X	X
Resistencia a plagas y enfermedades	X	X		
Enraizamiento	X	X		
Adaptabilidad al suelo y resistencia a plagas y enfermedades	X	X		
Productividad y exportación	X	X		

Fuente: Elaboración propia

Con relación al patrón y la copa, se encontró que el portainjerto más utilizado en esta zona es el nativo y como copa el cv. Hass (96 %), distribuidos en el rango entre 1.606 y 2.199 m s. n. m. este resultado está indicando una especialización de las zonas productoras hacia el cv. Hass a diferencia de lo encontrado por Vásquez et al. (2011) donde el 67 % de los huertos estaban conformados por una mezcla de variedades de aguacates cv. Hass, Reed, Fuerte, Choquette y Colin Reed. En cuanto a la altura de siembra Bernal et al., (2011), definieron que por encima de los 1.800 m s. n. m. pero sin superar los 2.400 m s. n. m. el aguacate cv. Hass presenta mejor comportamiento en cuanto a calidad y rendimiento, en este caso los productores encuestados tienen algunos de sus cultivos por debajo del rango inferior recomendado.

El 80 % de los productores compra el material de siembra en viveros registrados por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), un 16 % lo obtienen de un vecino-agricultor y el resto lo producen en la misma finca. Es importante que la identificación del lugar de compra del material



de origen, para asegurar que sea el indicado. Además, es necesario asegurar que las plantas tengan un adecuado desarrollo, así como que estén libres de plagas y enfermedades; a los productores siempre se les recomienda comprar en viveros registrados, ya que, si las semillas se obtienen en la misma finca, deben contar con el procedimiento, de llevar el registro documental de todas las actividades, lo anterior, para asegurar la trazabilidad y calidad del material a trasplantar en los lotes (ICA, 2017).

Las ventajas que manifiestan los agricultores para usar el cv. Hass son, en orden de importancia, mayor productividad (32 %), demanda para exportar (24 %), el anclaje del árbol y las características físicas y condiciones nutricionales del fruto.

De los productores, el 88 % indicaron que los suelos donde están sembrados los cultivos de aguacate tienen buen drenaje, el resto de los suelos se pueden saturar de agua. Para los terrenos que se encharcan, se deben hacer zanjas o incluso evitar la siembra, porque el árbol, en especial la raíz, es muy susceptible a problemas de hongos bajo esta condición. Los productores mencionaron la utilización de seis distancias de siembra, predominando la distancia de 7 x 7 m (52 %) y 22 % de 7 x 6 m, este parámetro de cultivo se ha estado estabilizando pues Vásquez et al. (2011), encontraron 18 distancias de siembra.

El 76 % de las fincas tienen nacimientos de agua y en un 48 % los productores implementan medidas para protegerlos (figura 12) como: cobertura vegetal (40 %), siembra de árboles (28%), conservación y siembra de guadua, principalmente. Un 96 % de los productores manifestaron que no han tenido problemas en los cultivos por falta de riego y que por lo tanto no sabrían cuantificar pérdidas debidas a ese factor. Aunque los productores tratan de conservar sus aguas también consideran que el municipio tiene influencia en la regulación de medidas ambientales para la conservación de los recursos naturales como el agua, según se observó en las relaciones de dependencia de la Tabla 15.

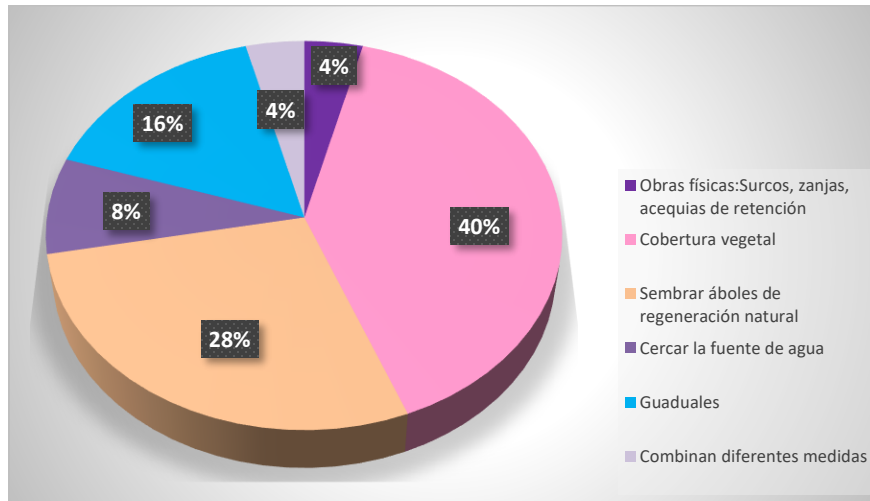


Figura 12. Medidas para proteger los nacimientos de agua.
Fuente: elaboración propia

El 92 % de los productores indicaron que no han recibido capacitación sobre el manejo de un sistema de riego para el cultivo del aguacate y este mismo porcentaje consideran que son necesarias e importantes; además, consideran necesario recibir información sobre el manejo adecuado del cultivo, incluyendo la nutrición y los requerimientos de agua. Los dos que manifestaron haber recibido capacitación, indicaron que fue a través de la empresa FLP. Para un 80 % de los productores en la zona del Eje cafetero es fácil conseguir elementos e insumos para la instalación de sistemas de riego. La tabla 16, muestra las relaciones de dependencia entre las variables evaluadas, se reafirma la importancia la capacitación y que sea impartida por entidades idóneas. Conociendo la importancia del agua en el cultivo, los agricultores podrían tomar la decisión del establecimiento de un sistema de riego en particular y de su manejo como, por ejemplo: las horas a las cuáles debe regar y criterios que relacionen la fenología del árbol y las necesidades de agua.

Estudios previos sobre las dinámicas del agua en suelos volcánicos de la zona andina de Colombia y las necesidades de agua y nutrientes por parte algunos cultivos, se observó que, aunque en la región se tenga una precipitación superior a los 2.000 mm anuales, que en algunos casos puede ser superior a las necesidades del cultivo, en la disponibilidad de agua para las plantas cultivadas interviene no sólo la precipitación acumulada, sino también su distribución anual, la capacidad de retención de agua por parte del suelo y la profundidad a la que puedan llegar las raíces para extraer agua; pero debido a la irregularidad de los eventos pluviométricos, la disponibilidad de agua se ve afectada por varios períodos del año; por lo que aun tratándose de una zona con lluvias acumuladas superiores a las necesidades totales de los cultivos, se justifica la necesidad de



implementar sistemas de fertirriego para mejorar la adaptación de las plantaciones a las precipitaciones, que presentan ciclos cada vez más irregulares a causa del cambio climático (Universidad Nacional de Colombia, 2017). Estas aseveraciones se relacionan con las relaciones de dependencia encontradas que definen la importancia que le dan los productores al manejo del agua y a las consecuencias por la falta de esta.

En la zona de estudio no es común encontrar sistemas de riego para el cultivo del aguacate, así lo corroboraron con sus respuestas el 92 % de los productores que no lo tienen, quienes cuentan con riego indican como criterio para su uso, veranos prolongados y los requerimientos del cultivo; un 72 % de los encuestados indicaron que sería necesario establecer en sus fincas un sistema de riego y la razón principal para adquirir esta tecnología es darle al cultivo una nutrición eficiente y una humedad adecuada. Todos los productores hacen riego con manguera y el agua la obtienen principalmente de los nacimientos (48 %) y acueducto (32 %).

El 68 % de los productores indicaron que no conocen la cantidad de agua que aplican en el riego y frente a la pregunta ¿conocen los requerimientos de agua en los diferentes estados fenológicos del cultivo? un 92 % indicó que no; esto es un escenario que amerita procesos de capacitación y asistencia técnica para los productores, especialmente en este tipo de cultivos empresariales que son relativamente nuevos en el Eje cafetero. Al comparar las respuestas de los agricultores a la encuesta aplicada con lo encontrado en las relaciones de correspondencia (tabla 16), se evidencia que algunos de los conocimientos que manifiestan tener son generales y de carácter empírico, lo que conduce a determinar que las brechas tecnológicas existentes son considerables.

Al no ser común la existencia de sistemas de riego en la zona, los productores no consideran la aplicación de los fertilizantes por esta vía, aunado a la condición de la falta de capacitación que les podría demostrar los beneficios productivos y económicos de esta práctica. Relacionado con este aspecto las relaciones de dependencia mostraron significancia con las horas a las que se riega, el manejo del fertirriego y condiciones del drenaje del suelo para su aplicación, sobre el origen y cantidad del agua para regar; además, del conocimiento de la fenología del árbol para el suministro del agua (tabla 16).

De los productores, el 84 % ha realizado análisis microbiológico al agua que usa para regar; desde el punto de vista de la inocuidad este tipo de análisis es importante para determinar la calidad del agua de riego. En este aspecto se encontró dependencia entre la calidad del agua con el análisis microbiológico como un criterio para su uso, a pesar de lo anterior, un 60 % asegura que



desconocer la calidad del agua que posee en la finca, situación que estaría indicando la falta de conocimiento en la interpretación de dichos análisis.

En cuanto a la información a literatura relacionada con el riego, un 84 % de los productores indicaron que no tienen acceso, ninguno de los productores conoce si con el uso del riego se mejoran los ingresos en el cultivo; sin embargo, muchos aplican agua al cultivo mediante sistemas no convencionales, principalmente manguera, con el fin de evitar la muerte de los árboles y pérdidas en producción, por la falta de este recurso en épocas críticas.

Tabla 16. Relaciones de dependencia para variables de producción de aguacate cv. Hass.

Preguntas		Correlación
Ha recibido capacitación sobre el manejo de un sistema de riego	vs De quién o de qué entidad	0,0005
	vs Dispone de un sistema de riego	0,0225
	vs Conoce los requerimientos de agua en los diferentes estados fenológicos del cultivo	0,0225
	vs A qué horas hace los riegos normalmente en su cultivo	0,0073
	vs Qué criterio utiliza para aplicar riego al cultivo	0,0219
De quién o de qué entidad	vs Dispone de un sistema de riego	0,0005
Por qué son necesarias las capacitaciones en riego	vs Qué tipo de sistema de riego tiene instalado en su cultivo	0,0075
Nivel educativo	vs Cree que son necesarias las capacitaciones del riego	0,0107
	vs Tiene implementadas medidas culturales para la conservación de esta agua	0,0005
Años de experiencia	vs Que patrón siembra	0,0003
Origen del material de siembra	vs Si es de la finca de dónde saca los patrones	0
	vs De dónde saca las copas	0,0004
	vs Tipo de suelo	0
Ventajas de la copa	vs Conoce los requerimientos de agua en los diferentes estados fenológicos del cultivo	0,0178
	vs Que patrón siembra	0,0002
Cuál es la copa que usa (Material principal de siembra)	vs De dónde saca las copas	0



Cuáles son esas medidas culturales que tiene implementadas en su finca para conservar el agua	vs Tiene nacimientos de agua en su finca	0,0036
	vs Con qué frecuencia se presentan problemas por falta de agua en los cultivos	0,0013
	vs Ha tenido problema en los cultivos por falta de riego	0,0001
De donde proviene el agua de riego	vs Tiene nacimientos de agua en su finca	0,014
	vs Con qué frecuencia se presentan problemas por falta de agua en los cultivos	0,003
A qué horas hace los riegos normalmente en su cultivo	vs Con qué frecuencia se presentan problemas por falta de agua en los cultivos	0
Conoce la calidad del agua de riego	vs Qué tipo de análisis ha realizado al agua de riego	0,0145
Conoce los requerimientos de agua en los diferentes estados fenológicos del cultivo	vs A qué horas hace los riegos normalmente en su cultivo	0,0073
Dispone de un sistema de riego	vs De donde proviene el agua de riego	0,0057
	vs Conoce los requerimientos de agua en los diferentes estados fenológicos del cultivo	0,0225
	vs Aplica los fertilizantes en el riego	0,0005
	vs A qué horas hace los riegos normalmente en su cultivo	0,0073
Conoce la cantidad de agua que aplica en el riego	vs Tipo de suelo	0,0057
Porque es necesario establecer un sistema de riego	vs Aplica los fertilizantes en el riego	0,0001
Qué tipo de sistema de riego tiene instalado en su cultivo	vs A qué horas hace los riegos normalmente en su cultivo	0
Cree que el suelo donde tiene su cultivo posee buen drenaje	vs A qué horas hace los riegos normalmente en su cultivo	0,008
	vs Aplica los fertilizantes en el riego	0,0057
Qué criterio utiliza para aplicar riego al cultivo	vs A qué horas hace los riegos normalmente en su cultivo	0,008
	vs Conoce la calidad del agua de riego	0

De acuerdo con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA, 2012) la siembra y cultivo de aguacate se debe regir por el uso de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA). Las prácticas agronómicas tradicionales en la producción de aguacate se presentan a continuación.



Preparación del suelo y siembra

Antes de iniciar la preparación del suelo se deben conocer las condiciones del predio donde se realizará la siembra como el tipo de suelo, la topografía y el clima. Es necesario realizar un análisis de suelo para determinar características físicas como la estructura, textura y porosidad y características químicas como pH, conductividad eléctrica, disponibilidad de nutrientes y capacidad de intercambio. Estos análisis se realizan 2 a 3 meses antes de la preparación del terreno y ayudan a generar una recomendación adecuada para la etapa de fertilización. A continuación, se ubican y se cavan los hoyos de forma cónica con dimensiones de 70 cm de ancho y 60 cm de profundidad (ICA, 2012).

Para la siembra se sugiere aplicar 300 gramos de nitrógeno, de 600 a 2000 gramos de óxido de fósforo (P_2O_5) y 200-600 gramos de óxido de potasio (K_2O) por planta (ICA, 2012). Normalmente para un crecimiento rápido se retiran las yemas laterales de los árboles de aguacate en los primeros 40 cm de crecimiento. La distancia de siembra entre árboles es de 6 metros y 8 metros entre surcos. En zonas de ladera y planas se recomiendan las siembras en triángulos (ICA, 2012).

Riego

La disponibilidad de agua es un factor crítico en el crecimiento del árbol de aguacate y su producción. Para el riego de los cultivos es necesario establecer el valor de la evapotranspiración del cultivo, su estado fenológico, humedad relativa, régimen de precipitación y características del suelo. Se debe realizar un estudio de la ubicación de los equipos de riego, calibración y mantenimiento oportuno, análisis físico, químico y microbiológico del agua utilizada en el cultivo. Se recomienda implementar sistemas de riego localizado para evitar errores en el manejo y frecuencia del riego (ICA, 2012).

Fertilización

La fertilización se debe realizar con base en el análisis del suelo y foliar del cultivo, para ello se toman muestras de lotes uniformes. Para calcular la cantidad de nutrimentos a emplear es esencial conocer la cantidad de nutrimentos removidos por el fruto cuando el rendimiento por árbol es el deseado (ICA, 2012).

De acuerdo con Salazar (2002) se reporta que una cosecha de 20 toneladas de aguacate remueve 52, 21 y 94 kg de N, P_2O_5 y K_2O respectivamente. También se ha comprobado la remoción de magnesio, azufre, zinc, boro y molibdeno por fruto (Jiménez et al., 2009). Los elementos con mayor influencia en las hojas son N, P, Mg, Ca, Fe, B y S, los brotes vegetativos demandan N, P y B, las flores principalmente P, B, Fe y S, en el fruto los elementos requeridos son K, N, P y B (ICA, 2012).



Lo recomendable es aplicar por medio de fertilizantes foliares microelementos como cobre, zinc, magnesio y boro una o dos veces al año. Los fertilizantes que suministran fórmulas completas se deben colocar en surcos u hoyos paralelos a la línea de plantación con profundidad 30 cm. Para los fertilizantes que utilizan riego localizado se deben ubicar a 20 cm del gotero del árbol (ICA, 2012).

Los agroquímicos en el cultivo de aguacate están presentes en forma de fertilizantes, plaguicidas o pesticidas. Existen variedad de productos para aguacates en el mercado como los fertilizantes foliares Plant Start® compuesta por nitrógeno (N) 8%, fósforo (P₂O₅) 31% y potasio (K₂O) 4%, el Manni-plex N-Boron® con nitrógeno (N) 4,5% y boro (B) 3.3% y el zinc gold label® el cual está compuesto de nitrógeno (N) 1.95% y zinc (Zn) 7%. Los plaguicidas pueden ser Saft-t-side® utilizado como aceite de aspersión pre-emulsificado y altamente refinado y Phyton-27® un fungicida bactericida elaborado con base de cobre (BRANDT, 2012).

Tabla 17. Niveles de producción de aguacate para Colombia entre el 2016-2019 (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019).

Variable	2017	2018	2019*
Rendimiento (Ton/Ha)	9,43	9,77	10,00

Fuente: Evaluaciones Agropecuarias Municipales. ASOHOFrucol

* Estimación DCAF

Ecuador

Fertilización. Los nutrientes no están disponibles en el suelo en la cantidad y proporción que requiere la especie, por tal motivo se debe suplir a través de la aplicación de fertilizantes. Por lo cual, los productores realizan la interpretación del análisis de suelo, conociendo la disponibilidad de nutrientes pueden determinar la necesidad de fertilización que va a requerir el cultivo (CORPOCAUCA, 2007). Es importante que el productor pueda determinar las cantidades de fertilizantes que debe utilizar y las fuentes apropiadas para lograr producciones más altas, menores costos de producción y mayor competitividad en el mercado tanto nacional como internacional (Albert, 1993). En el Ecuador los productores conscientes de la importancia que tiene una buena nutrición, mantienen una fertilización continua generalmente edáfica (Figura 13) y el 10 % de los productores están realizando mediante fertirrigación (Figura 14).



Figura 13. Fertilización edáfica.



Figura 14. Fertirrigación

Riego. Existen diferentes sistemas de riego disponibles en el mercado, como la aspersión, micro aspersión o goteo ya que se realiza la aplicación de agua en la región de mayor concentración de raíces, suministrando economía de agua (Rodríguez, 2014). Muchos productores utilizan riego por goteo generalmente con doble línea de riego o riego circular mediante micro aspersor, esto les permite optimizar el agua. Liotta, M. 2015, en su manual establece las ventajas que se tiene mediante sistemas de riego por goteo al cultivo. (Figura 15).



Figura 15 Sistemas de riego en aguacate

Tabla 18. Niveles de producción de aguacate en Ecuador entre el 2016 y el 2019

Variable	2017	2018	2019
Rendimiento (Ton/Ha)	4,51	4,23	5,98

Evaluación del efecto de dos niveles de nitrógeno y potasio aplicado bajo fertirriego en granadilla (*Passiflora ligularis*) variedad amarilla



Los resultados obtenidos de la presente investigación, reportan efecto positivo al evaluar dos dosis de N y K bajo fertirriego en el cultivo de granadilla que podrían obtener los pequeños agricultores del Ecuador. Este proyecto contempla una duración de dos años, donde la fase de evaluación, se consideró desde el establecimiento y la etapa de crecimiento vegetativo del cultivo. Los datos de esta tesis reflejan el efecto que tuvo la granadilla a la aplicación de dos niveles de N y K bajo fertirrigación en un período de 8 meses.

Altura de planta

El análisis de la varianza para altura de planta (Tabla 19), determinó una alta significancia estadística para la interacción de N x K y en los efectos principales de N, mientras que en K desde los 170 ddt hasta los 230 ddt. Al realizar la prueba DMS al 5 % tanto para el N y K e interacción de las dosis de N x dosis de K, se detectaron dos rangos de significación donde los efectos de dosis altas nitrógeno (200 kg ha⁻¹) y potasio 200 kg ha⁻¹) alcanzaron los mayores valores en altura de planta (Tabla 20); de igual manera, en la interacción con la dosificación N x K (200 kg ha⁻¹ 200 kg ha⁻¹), tanto dosis altas y bajas de N como altas de K se manifestaron en el primer rango de significancia (Tabla 14).

Tabla 19. Análisis de la varianza para altura de planta desde los 80 hasta los 230 ddt

F. de V.	G. L.	Cuadrados medios											
		80 ddt		110 ddt		140 ddt		170 ddt		200 ddt		230 ddt	
Total	15												
N	1	30,47	**	99,2	**	201,2	**	136,3	**	205,4	**	384,9	**
K	1	4,28	ns	4,49	ns	0,92	ns	109,0	**	155,3	**	127,6	**
N x K	1	64,24	**	17,7	**	5,26	*	150,3	**	216,9	**	68,0	**
Error	12	17,67		25,70		66,40		80,58		219,4		660,5	
CV (%)		16,24		15,92		18,87		13,64		14,79		15,26	
Promedio (cm)		25,89		31,85		43,18		65,84		100,14		168,39	

ddt: días después del trasplante.

ns: no significativo.

** : altamente significativo.

* : significativo.



Tabla 20. Prueba de DMS al 5 % para la variable altura de planta en dosis de nitrógeno y dosis de potasio desde los 80 hasta los 230 ddt

Tratamiento	80 ddt	110 ddt	140 ddt	170 ddt	200 ddt	230 ddt
n1	24,51 b	29,36 b	39,63 b	62,92 b	96,56 b	163,49 b
n2	27,27 a	34,34 a	46,73 a	68,76 a	103,73 a	173,30 a
k1	26,41	32,38	42,94	63,23 b	97,03 b	165,57 b
k2	25,41	31,32	43,42	68,45 a	103,26 a	171,22 a

ddt: días después del trasplante.

Tabla 21. Prueba de DMS al 5 % para la altura planta en la interacción dosis de nitrógeno por potasio desde los 80 hasta los 230 ddt

Tratamientos	80 ddt	110 ddt	140 ddt	170 ddt	200 ddt	230 ddt
n1 x k1	27,03 a	30,94 b	39,97 b	57,24 b	89,76 b	158,60 b
n1 x k2	21,99 c	27,78 c	39,30 b	68,59 a	103,36 a	168,38 ab
n2 x k1	25,79 b	33,82 a	45,92 a	69,21 a	104,29 a	172,54 a
n2 x k2	28,76 a	34,86 a	47,54 a	68,30 a	103,16 a	174,06 a

ddt: días después del trasplante

Diámetro de tallo de la planta

El análisis de la varianza (Tabla 22) para diámetro del tallo, mostró que tanto para la interacción de N x K y en los efectos simples de N y K, no se detectaron significancias estadísticas ($\alpha = 0.05$) desde los 80 ddt hasta los 230 ddt.



Tabla 22. Análisis de la varianza para el diámetro de tallo desde los 80 hasta los 230 ddt

F. de V.	G. L.	Cuadrados medios											
		80 ddt		110 ddt		140 ddt		170 ddt		200 ddt		230 ddt	
Total	15												
N	1	0,36	ns	0,35	ns	0,19	ns	0,22	ns	0,09	ns	0,12	ns
K	1	0,02	ns	0,06	ns	0,05	ns	0,34	ns	1,10	ns	1,14	ns
N x K	1	0,08	ns	0,09	ns	0,01	ns	0,01	ns	0,54	ns	0,80	ns
Error	12	0,19		0,23		0,33		0,27		0,46		0,38	
CV (%)		8,38		8,01		8,41		6,92		7,76		6,26	
Promedio (mm)		5,15		5,97		6,80		7,57		8,73		9,88	

ddt: días después del trasplante

ns: no significativa

Índice de verdor

En la Tabla 23 se presenta el análisis de la varianza para el índice de verdor, logrando una alta significancia estadística en la interacción de N x K y en los efectos principales de N y K durante los 230 ddt. Al realizar la prueba DMS al 5 % para diferentes dosis de N y K (Tabla 17) y para la interacción de dosis de N x dosis de K (Tabla 18), obtuvieron dos rangos de significancia, en donde los efectos simples de N a dosis bajas n1 (100 kg ha⁻¹) y el K a dosis altas k2 (200 kg ha⁻¹), presentaron el primer rango de significancia, mientras que en la interacción N x K en las dosis altas de n2 x k2 (200 kg ha⁻¹ y 200 kg ha⁻¹), logrando un alto contenido de clorofila a los 230 ddt.



Tabla 23. El análisis de varianza para el índice de verdor desde los 80 hasta los 230 ddt

F. de V.	G. L.	80 ddt	Cuadrados medios										
			110 ddt	140 ddt	170 ddt	200 ddt	230 ddt						
Total	15												
N	1	217,7	**	13,8	**	18,4	**	13.0	**	0.03	ns	7.1	**
K	1	53,8	**	0,66	ns	36,6	**	6.0	*	93.7	**	114.3	**
N x K	1	23,7	**	89,5	**	33,5	**	18.4	**	15.8	**	16.4	**
Error	12	11,3		12,2		43,5		39,4		5,5		8.0	
CV (%)		7,3		6,30		12,8		10,4		5.1		5.6	
Promedio (SPAD)		45.8		55,4		51,2		60,2		45,7		56,0	

ddt: días después del trasplante.

ns: no significativo.

****:** altamente significativo.

***:** significativo.

Tabla 24. Pruebas de DMS al 5 % en el índice de verdor, para las dosis de nitrógeno y dosis de potasio desde los 80 hasta los 230 ddt

Tratamiento	80 ddt	110 ddt	140 ddt	170 ddt	200 ddt	230 ddt
n1	42,09 b	54,48 b	52,31 a	61,19 a	45,77	56,72 a
n2	49,47 a	56,34 a	50,16 b	59,38 b	45,69	55,38 b
k1	43,95 b	55,62	52,75 a	60,90 a	43,31 b	53,38 b
k2	47,62 a	55,21	49,72 b	59,67 b	48,15 a	58,72 a

ddt: días después del trasplante.

Tabla 25. Prueba de DMS al 5 % para el índice de verdor en la interacción de dosis de nitrógeno por potasio desde los 80 hasta los 230 ddt

Tratamientos	80 ddt	110 ddt	140 ddt	170 ddt	200 ddt	230 ddt
n1 x k1	41,48 b	57,05 ab	52,37 ab	60,72 ab	44,27 ab	55,06 ab
n1 x k2	42,71 b	51,92 b	52,24 ab	61,66 a	47,12 ab	58,38 a
n2 x k1	46,42 b	54,28 ab	53,12 a	61,08 ab	42,36 b	51,70 b
n2 x k2	52,53 a	58,51 a	47,20 b	57,68 b	49,19 a	59,07 a

ddt: días después del trasplante



Área foliar

En el análisis de la varianza para el área foliar (Tabla 26), se encontró una alta significancia estadística, en la interacción N x K y en los factores principales de N y K desde 80 ddt hasta 230 ddt. La prueba DMS al 5 %, para diferentes dosis de N y diferentes dosis de K (Tabla 20), al igual que para la interacción de N x K (Tabla 27), se obtuvo dos rangos de significancia estadística, ubicando el primer rango en el efecto simple de N en dosis altas n2 (200 kg ha-1) y en K en dosis bajas k1 (100 kg ha-1) desde los 80 ddt hasta los 170 ddt y al pasar el tiempo en dosis altas k2 (200 kg ha-1) y finalmente en la interacción N x K, se obtuvo en la dosificación n2 x k2 (200 - 200 kg ha-1) durante los 230 ddt.

Tabla 27. Análisis de la varianza para el área foliar desde los 80 hasta los 230 ddt

F. de V.	G. L.	Cuadrados medios					
		80 ddt	110 ddt	140 ddt	170 ddt	200 ddt	230 ddt
Total	15						
N	1	141,9 **	319,6 **	198,2 **	2,6 **	488,6 **	75,6 **
K	1	362,8 **	478,3 **	3,65 *	34,05 **	663,3 **	874 **
N x K	1	255,4 **	143,4 **	19,05 **	0,20 ns	3,19 **	456 **
Error	12	299,8	315,5	311,40	447,1	757,4	908,1
CV (%)		33,1	30,59	34,55	28,57	30,26	22,14
Promedio (cm)		52,1	58,08	51,08	74,01	90,96	136,13

ddt: días después del trasplante

ns: no significativo

****:** altamente significativo

***:** significativo

Tabla 28. Pruebas de DMS al 5 % en el área foliar, para las dosis de nitrógeno y dosis de potasio desde los 80 hasta los 230 ddt

Tratamientos	80 ddt	110 ddt	140 ddt	170 ddt	200 ddt	230 ddt
n1	49,21	b 56,61	b 47,56	b 73,60	b 85,43	b 133,96
n2	55,17	a 62,55	a 54,60	a 74,41	a 96,49	a 138,31
k1	56,95	a 53,55	a 51,56	a 75,47	a 84,52	b 128,74
k2	47,43	b 52,61	b 50,60	b 72,55	b 97,40	a 143,53

ddt: días después del trasplante.



Tabla 29. Prueba de DMS al 5 % para el área foliar en la interacción de dosis de nitrógeno por potasio desde los 80 hasta los 230 ddt

Tratamientos	80 ddt	110 ddt	140 ddt	170 ddt	200 ddt	230 ddt
n1 x k1	57,97 a	62,07 A	46,95 b	75,17	78,55 b	131,90 b
n1 x k2	40,46 b	45,15 B	48,17 ab	72,03	92,32 a	136,02 b
n2 x k1	55,94 a	65,02 A	56,17 a	75,16	90,49 ab	125,58 b
n2 x k2	54,40 a	60,08 A	53,03 ab	73,06	102,48 a	151,03 a

ddt: días después del trasplante.

Evaluación del efecto de dos niveles de nitrógeno y potasio aplicado bajo fertirriego al cultivo de aguacate

Los resultados alcanzados en el presente trabajo de investigación corresponden al primer ciclo de evaluación en el cultivo de aguacate variedad 'Hass' con fertirriego. Este proyecto contempla una duración de tres años, donde se consideró la fase de evaluación desde el establecimiento y etapa de crecimiento vegetativo del cultivo.

Altura de planta

El análisis de la varianza para altura de planta (Tabla 30), mostró que tanto para la interacción de ambos factores y efectos principales, no se detectaron diferencias significativas ($\alpha = 0.05$).

Tabla 30. Análisis de la varianza para la altura de planta

F. de V.	G. L.	Cuadrados medios											
		71 ddt	101 ddt	131 ddt	161 ddt	191 ddt	221 ddt						
Total	15												
N	1	10,60	ns	2,18	ns	6,70	ns	13,88	ns	41,63	ns	90,7	ns
K	1	26,27	ns	13,01	ns	2,18	ns	3,72	ns	39,53	ns	13,8	ns
N x K	1	10,63	ns	7,88	ns	9,66	ns	12,82	ns	166,4	ns	90,4	ns
Error	12	34,68		34,20		78,61		100,64		65,24		100,22	
CV (%)		13,95		12,11		15,74		16,86		12,98		14,00	
Promedio (cm)		42.21		48,29		56,32		59,49		62,22		71,50	

ddt: Días después del trasplante.

ns: No significativo.



Diámetro de tallo

Como se observa en la Tabla 31 y Tabla 32, el análisis de la varianza para la variable diámetro de tallo (porta injerto e injerto), tanto para efectos principales y la interacción de ambos factores en estudio, no se detectó diferencias significativas ($\alpha = 0.05$).

Tabla 31. Análisis de la varianza para el diámetro de tallo del porta injerto

F. de V.	G. L.	Cuadrados medios											
		71 ddt	101 ddt	131 ddt	161 ddt	191 ddt	221 ddt						
Total	15												
N	1	0,10	ns	0,13	ns	2,25	ns	0,27	ns	0,03	ns	3.67	ns
K	1	0,52	ns	1,36	ns	0,88	ns	0,98	ns	2,78	ns	1.12	ns
N x K	1	3,29	ns	4,47	ns	2,45	ns	3,83	ns	7,12	ns	14.5	ns
Error	12	1,29		1,53		1,80		2,26		4,07		3.52	
CV (%)		11,48		11,86		12,5		12,88		15,3		13,44	
Promedio (mm)		9,89		10,42		10,1		11,68		13,1		13,95	

ddt: Días después del trasplante.

ns: No significativo.

Tabla 32. Análisis de la varianza para el diámetro de tallo del injerto

F. de V.	G. L.	Cuadrados medios											
		71 ddt	101 ddt	131 ddt	161 ddt	191 ddt	221 ddt						
Total	15												
N	1	1,72	ns	6,29	ns	1,92	ns	2,5	ns	2,2	ns	3,67	ns
K	1	1,37	ns	1,12	ns	0,00	ns	1,4	ns	2,7	ns	0,00	ns
N x K	1	0,95	ns	1,29	ns	1,96	ns	1,9	ns	1,0	ns	2,5	ns
Error	12	1,38		1,63		1,42		2,2		1,4		3,74	
Promedio (mm)		8,98		9,90		10,65		11,5		12		13,30	
CV (%)		13,08		12,88		11,20		9,1		9,4		14,55	

ddt: Días después del trasplante.

ns: No significativo



Índice de verdor

Una vez realizado el análisis de la varianza con respecto al índice de verdor (Tabla 33), se observó que tanto para los factores principales (N y K), no se detectó diferencias significativas, mientras que a los 71 y 161 días después del trasplante para la interacción (N por K), mostró significancia estadística ($\alpha = 0.05$). La prueba DMS al 5 % (Tabla 34), encontró que tanto a los 71 y a los 161 días se obtuvo dos rangos de significancia, ubicando en el primer rango al tratamiento n2 x k2 (300 x 350 kg h⁻¹), mientras que para los 161 días quien se encontró en el primer rango los tratamientos n1 x k2 (200 x 350 kg h⁻¹) y n2 x k1 (300 x 250 kg h⁻¹).

Tabla 33. Análisis de la varianza para el índice de verdor

F. de V.	G. L.	Cuadrados medios											
		71 ddt	101 ddt	131 ddt	161 ddt	191 ddt	221 ddt						
Total	15												
N	1	9,45	ns	15,82	ns	25,2	ns	49,	ns	3,42	ns	3,20	ns
K	1	58,14	ns	13,05	ns	0,01	ns	22,7	ns	18,8	ns	85,7	ns
N x K	1	275,8	*	0,63	ns	0,75	ns	83,5	*	2,15	ns	31,0	ns
Error	12	41,22		33,16		11,8		17,		14,5		27,69	
CV (%)		18,23		10,81		8,78		7,55		6,95		11,56	
Promedio (IV)		35,22		53,29		39,2		55,4		54,6		45,52	

ddt: Días después del trasplante.

ns: No significativo.

***,** significativo.

Tabla 34. Prueba de DMS al 5 % y promedios para la variable índice de verdor

Tratamientos	71 ddt		101 ddt	131 ddt	161 ddt		191 ddt	221 ddt
n1 x k1	35,03	a	51,19	38,22	50,17	b	56,58	49,68
		b						
n1 x k2	30,53	b	53,39	37,77	57,13	a	53,67	42,26
n2 x k1	31,61	b	53,58	40,30	58,26	a	54,29	46,00
n2 x k2	43,72	a	54,99	40,72	56,07	ab	53,48	44,15

ddt: Días después del trasplante.

Área foliar

El análisis de la varianza (Tabla 35 y 36) encontró que tanto para los efectos principales y la interacción entre los factores en estudio (N y K) no se detectaron diferencias significativas a excepción de a los 161 días en la interacción de los factores, donde se logró detectar significancia estadística ($\alpha = 0.05$). Realizada la prueba de DMS al 5 % para área foliar (Tabla 29), reportó que a los 161 días se encontraron dos rangos de significancia, ubicando en el primer rango al



tratamiento n2 x k2 (300 x 350 kg h⁻¹); obtenidos los resultados, la interacción de los altos niveles tanto de N y K expusieron la mayor cantidad de cm² por tratamiento.

Tabla 35. Análisis de la varianza para el área foliar

F. de V.	G. L.	Cuadrados medios					
		71 ddt		101 ddt		131 ddt	
Total	15						
N	1	4,20	ns	0,06	ns	268,22	ns
K	1	122,99	ns	233,55	ns	50,73	ns
N x K	1	25,00	ns	64,68	ns	11,78	ns
Error	12	119,39		134,58		59,98	
CV (%)		24,21		24,11		16,61	
Promedio (cm²)		45,13		48,12		46,63	

ddt: Días después del trasplante.

ns: No significativo.

Tabla 36. Análisis de la varianza para el área foliar continuación

F. de V.	G. L.	Cuadrados medios					
		161 ddt		191		221 ddt	
Total	15						
N	1	453,05	ns	471,65	ns	854,54	ns
K	1	2,19	ns	72,72	ns	0,02	ns
N x K	1	15,05	*	0,32	ns	74,26	ns
Error	12	91,19		135,79		113,1	
CV (%)		14,83		16,9		15,52	
Promedio (cm²)		64,40		68,93		68,53	

ddt: Días después del trasplante.

ns: No significativo.

***,** significativo.

Tabla 37. Prueba de DMS al 5 % y promedios para el área foliar

Tratamientos	71 ddt	101 ddt	131 ddt	161 ddt	191 ddt	221 ddt
n1 x k1	43,09	46,25	43,46	60,43	ab	61,24
n1 x k2	46,14	49,87	41,62	57,75	b	65,78
n2 x k1	41,62	42,35	53,37	69,13	ab	72,38
n2 x k2	49,66	54,01	48,09	70,33	a	76,36

ddt: Días después del trasplante.



Degradación de moléculas en agroquímicos aplicados al cultivo de aguacate

En la Tabla 38 se presentan los resultados obtenidos para la evaluación del estudio de trazas de pesticidas en el cultivo de aguacate.

Tabla 38. Tabla de resultados de trazas de pesticidas

Finca	Moléculas evaluadas	Nivel máximo permitido N° 396/2005 ppm	Muestreos			
			1	2	3	4
B	Cypermethrin	0,05	0,0748			
	Dimethoate	0,01				
C	Thiacloprid	0,01	0,016			
	Deltamethrin	0,01				
	Tebuconazole	0,02	0,026	0,014		
	Trifloxystrobin	0,01	0,025	0,017		
D	Cypermethrin	0,05	0,032	0,030	0,0126	
	Bifenthrin	0,01	0,012	0,25	0,017	
	Imidacloprid	1	0,049	0,043	0,037	0,023



Discusión

Evaluación del efecto de dos niveles de nitrógeno y potasio aplicado bajo fertirriego en granadilla (*Passiflora ligularis*) variedad amarilla

Resultados similares con respecto a la altura de la planta fueron obtenidos en el cultivo de *Passiflora edulis* (debido a que no existe estudios en *Passiflora ligularis*), según Rao et al., 2013 observaron un incremento de longitud de brotes asociado a la fertirrigación con N, de igual manera el K tiene incidencia en el crecimiento del tallo de la planta; Rodríguez, 2014, encontraron efectos similares en granadilla durante su fase vegetativa, la escala BBCH (Sistema para codificación uniforme de identificación fenológica de estadios de crecimiento para todas las especies de plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas) a los 81 ddt alcanzó el 10 %, a los 133 ddt el 30 %, a los 164 ddt, el 50 %, a los 213 ddt el 80 %, presentando finalmente la mayor altura a los 262 ddt con el 100%. Aiyelaage et al., 2005, determinaron que el N interviene en el crecimiento de las plantas, así como en su producción, estimulando el desarrollo de yemas foliares, floríferas y fructíferas. Casi similar ocurre con niveles elevados de K al suelo incrementa la longitud y vigor de la planta, estos resultados se produjeron porque el N incita al desarrollo y crecimiento vegetativo más rápido (Cruz, 2003; Jones, 2008; M. Santos & Segura, 2010; Soriano, 2011) y al entrar a fase de floración las plantas tienden a elongarse a comparación de los 80 ddt, 110 ddt y 240 ddt que recién se encuentran adaptándose a diferentes factores climáticos, tanto para las dosis de fertilizantes como para el fertirriego estableciendo la relación de las dosis altas de N y K asociados a esta variable.

Con relación al diámetro de la planta, estudios similares como Suárez & Tomalá, 2012, señalaron que en *P. edulis* bajo la aplicación de N P K, se obtuvo un efecto no significativo en los tratamientos (Tratamiento 14+zinc, Tratamiento 15+boro y Tratamiento 16+zinc+boro) con niveles de dosificación N100, N150, N200, N250, P40, P50, P60, P80, P100, K50, K100, K150, desde los 30 a los 120 ddt. Por el contrario, Santos et al., 2017 en *Passiflora cincinnata* bajo fertirrigación, evidenciaron un efecto significativo a las dosis de N (0, 75, 150 y 300 mg/dm³) y K (0, 150, 300 y 600 mg/dm³) sobre el diámetro del tallo a los 60 ddt, así como también, Silva et al., 2016, obtuvieron significancia estadística en el diámetro para *Passiflora edulis* con diferentes dosis de N (170, 200, 260, 330 y 350 kg ha⁻¹). Estas respuestas están influenciadas por diferentes factores como la genética, ambiente y la fertilización (Moura et al., 2017; Rajput & Baijnath, 2016), de igual manera, el N y K actúan complementariamente en la fase de crecimiento vegetativo, permitiendo una mayor elongación que en el tallo (Moura et al., 2017).

En relación con el índice de verdor, estudios similares a la actual investigación fueron obtenidos por Calvacante et al., 2009; Castro et al., 2011; Mendonca et al., 2010, quienes encontraron



valores bajos de índice de verdor en *Passiflora edulis* por la degradación de pigmentos, como productos de deficiencias nutricionales, estrés hídrico (déficit o exceso), salinidad del suelo y senescencia de hojas; también Freire et al., 2013 y Pezonaga, 2013, indicaron que suelos enriquecidos con fertilizantes con un alto porcentaje de N promueven la concentración de clorofila en las hojas. De la misma manera Lizarazo et al., 2013 encontraron que el K influye en la conductancia estomática, por lo que estos dos nutrientes intervienen en el proceso de fotosíntesis (Potash and Phosphate Institute, 1997; Salisbury & Ross, 1992; Schelmmmer et al., 2013). Al aplicar elementos sinérgicos como el N y K (Latsague, Sáez, & Mora, 2014; Soriano, 2011), estos actúan como complemento para una eficiencia positiva en el proceso de respiración, fotosíntesis, formación de clorofila y el movimiento del agua, por otro lado la variación de verdor en las hojas puede deberse a asimilación de N, K, estrés hídrico, distintas condiciones agroclimáticas con factores que repercuten en la expresión genética de las plantas y características del suelo (Gaudio, 2011; Moura et al., 2017).

Por otra parte, en relación al área foliar, Lizarazo et al., 2013 encontraron resultados similares en *P. tripartita* var. *mollissima* con tres niveles de fertilización (ausencia total del elemento, menos N, K 30 % y Mg 50 % y mayor N, K 30 % y Mg 50 %), donde obtuvo un efecto positivo sobre el área foliar durante un año de investigación. Barker & Pilbeam, 2015, al aplicar grandes cantidades de N, especialmente en la etapa vegetativa, desarrolló un efecto amplio en todos los órganos de la planta como es el tamaño de ramillas y hojas, que son esenciales para el proceso metabólico. Así mismo Fairhurst, 1999, aporta que, debido a la mayor cantidad de N y K en los brotes, existe rapidez sobre el desarrollo del área foliar. El tamaño de las hojas puede variar por factores como la intercepción de luz, la eficiencia fotosintética, temperatura o nutrición, la evapotranspiración y el riego que se le dio a la planta incrementando su tamaño en los valores del área foliar durante el tiempo de la investigación (Blanco & Folegatti, 2005).

Evaluación del efecto de dos niveles de nitrógeno y potasio aplicado bajo fertirriego al cultivo de aguacate

Con respecto a la altura de la planta del cultivo de aguacate, en la investigación realizada por Lovatt, 2001, en plantas de aguacate var 'Hass' de 20 años, no evidenció resultado del fertirriego con aplicaciones de N (196 kg ha^{-1}) en brotes en crecimiento, analizados anualmente. Sin embargo, la respuesta se demostró al acumular la dosificación en relación con los años. En contraste, Anaya & Burgos, 2015 indican que, el crecimiento vegetativo está asociado a la fertilización, donde los efectos pueden verse relacionados con factores intrínsecos como la edad de las plantas, suelo y condiciones ambientales. Halvim et al., 1998 y Uchida, 2000, concuerdan que el efecto significativo del potasio (K) sobre las plantas es a largo plazo debido a que el aguacate es una planta perenne.



En contraste a los resultados obtenidos por Fassio et al., 2009, reportaron datos superiores en diámetro usando porta injertos diferentes como: Toro Canyon con 14.3 mm y Duke 7 de 13.9 mm, este incremento de diámetro se produjo por la fertilización aplicada (18 – 46- 0 y KNO₃ 104 kg ha⁻¹). Según Vásquez & Ruíz, 1993, el incremento en el diámetro del tallo dependerá de la variedad, condiciones ambientales, nutrientes presentes en el suelo, riego y fertilización aplicada a la planta, siendo no significativo.

INTA, 2001, afirma que el nitrógeno (N) influye sobre el diámetro del tallo, el cual va de la mano con las cantidades aplicadas, mientras que Martínez et al., 2014, consideran que los efectos del K sobre las primeras etapas de la planta son baja en relación al, el efecto de. N, como se observó en la investigación, considerando los nutrientes presentes en el suelo donde se encontró el cultivo y al ser un frutal perenne no se observaron efectos de N y K en la etapa de crecimiento.

Por otra parte, con relación al índice de verdor, Okanencko & Berstein, 1969, sugieren que el bajo contenido de clorofila se debe a la débil estructura del cloroplasto causada por la baja cantidad de K en la planta. Rozas & Echeverria, 1998, encontraron que existe una relación entre el índice de verdor de las hojas, disponibilidad y concentración de N en la planta con diferentes dosis de este nutriente (0, 35, 70, 140 y 210 N kg ha⁻¹), demostrando que las dosis aplicadas y etapa vegetativa de la planta influirán sobre el índice de verdor, efecto que en nuestra investigación no se presenció porque se focalizó en plantas jóvenes con distintas dosis.

En la investigación realizada por Martínez, 2018 en maíz, encontró que la aplicación de diferentes dosis de fertilización nitrogenada (0, 75, 100 y 125 kg N ha⁻¹) evidenciaron que a partir de los 48 días después del trasplante, fueron altamente significativos para las mediciones realizadas a los 63 y 79 días, observándose un aumento sobre el índice de verdor a la par con el incremento de la dosis. Los bajos valores reportados a los 71 y 161 días pudo verse influenciado por las limitaciones nutricionales y estado alto de madurez, por lo que el contenido de clorofila se ve afectado, existiendo un bajo índice de verdor en la hoja (Giri, Shrivastava, Deshmukh, & Dubedy, 2013). Heike et al., 2002 y Salas et al., 1998, consideran que el índice de verdor es un método utilizado en varias investigaciones realizadas, para evaluar el estado nutrimental de la planta en relación con la disponibilidad de N en la planta durante las diferentes etapas de crecimiento.

Es importante recalcar que el N al ser importante en otras funciones en la planta, también aporta favorablemente al desarrollo tanto de hojas y tallos (Bernal & Díaz, 2008). Como lo asegura Fairhurst, 1999, el K es el nutriente con mayor efecto sobre la velocidad de crecimiento incidiendo principalmente sobre el área foliar.

Laisk et al., 2005 indicaron que, al momento de producción de nuevas hojas, la fotosíntesis se reduce en hojas maduras en relación con la radiación, de tal manera que el efecto de nitrógeno y potasio se debe a la menor necesidad o demanda de estos elementos durante la etapa de crecimiento vegetativo.



Pillimue et al., 1998 hace mención sobre la importancia del K, ya que este nutriente cumple con mantener el equilibrio en la absorción del N, prolongando la turgencia en las hojas y facilitando el transporte en la planta. Según Maldonado, 2002 señala que la aplicación de fertilizantes a los árboles de aguacate, existe un incremento en el desarrollo foliar; por lo que este llega a mejorar la capacidad fotosintética.

Degradación de moléculas en agroquímicos aplicados al cultivo de aguacate

Los resultados obtenidos muestran que los tiempos de carencia especificados en los productos que contienen Cypermethrin (21 días) y Dimethoate (14 días) si permiten que estas moléculas se degraden completamente.

Las moléculas Thiacloprid y Deltamethrin a los 35 días degradaron completamente, las cuales cumplen con las especificaciones del producto de 50 días de carencia mientras que para el Tebuconazole y la Trifloxystrobin se degradaron completamente a los 62 y no a los 35 días como es declarado en la etiqueta del producto. En la molécula de Tebuconazole a los 35 días ya se encontraba dentro del límite permitido para exportación, pero no la Trifloxystrobin, es importante resaltar que estas dos moléculas vienen en el mismo producto aplicado.

En la parcela de mayor altitud (finca D) a 2.199 msnm también fue evaluada la Cypermethrin, la cual a esta altitud se degrada de manera más rápida que en la finca de 1820 msnm, lo que concuerda con lo que dicen varios autores que las condiciones agroclimáticas pueden variar los tiempos de carencia. En esta parcela en particular el aguacate muestreado ya tenía trazas de Imidacloprid, el cual a los 50 días aun no presenta degradación total y aunque esta dentro de los límites permitidos no cumple con lo que dice la etiqueta de una degradación a los 15 días. En el caso de la Bifenthrin se presentó un comportamiento anormal, lo cual se atribuye a una mala dosificación.

Tanto la repetición de la prueba de la Bifenthrin, como los ensayos de la finca A, debido a la situación sanitaria generada por el Covid -19 tuvieron que ser pospuestas para el 2021.

Por último, es importante mencionar que en los cultivos de aguacate evaluados se encontraron trazas de otras moléculas de pesticidas, las cuales pueden estar asociadas al control integrado de plagas y enfermedades (tales como trips, antracnosis entre otras) que se venía realizando en las fincas evaluadas. Aunque estas moléculas no estaban en el estudio, se tuvieron en cuenta considerando que pueden ser causantes de la devolución del producto. Este estudio se realizó inicialmente en el cultivo de aguacate, sin embargo, se está planteando la evaluación en otros cultivos del proyecto.



Comparación de las prácticas agronómicas tradicionales vs las practicas agronómicas implementadas con fertirriego y con bio-insumos

En la Tabla 39 se presenta un resumen con las diferentes metodologías de fertirriego y uso de agroquímicos con menor toxicidad aplicados a los cultivos del proyecto.

Tabla 39. Prácticas agronómicas implementadas

Línea base para el cultivo	Practica agronómica implementada	Principal resultado
Aplicación de fertilizantes según las dosis recomendadas por el vendedor	Modificación de la aplicación de los fertilizantes nitrógeno y potasio, mediante fertirriego para el cultivo de granadilla	Mayor altura y mayor diámetro de la planta Mayor área foliar Alta significancia estadística en la interacción de los parámetros de dosificación de nitrógeno y potasio sobre el índice de verdor de la planta
Aplicación de fertilizantes según las dosis recomendadas por el vendedor	Modificación de la aplicación de los fertilizantes nitrógeno y potasio, mediante fertirriego para el cultivo de aguacate	Efecto positivo sobre la altura de planta, el diámetro de la planta, índice de verdor y área foliar
	Evaluación del tiempo de carencia para moléculas de agroquímicos presentes en el cultivo de aguacate	Algunas de las moléculas evaluadas tardaron más tiempo en degradarse en comparación con el tiempo de degradación indicado por el vendedor



Conclusiones

La metodología desarrollada logró identificar características de los productores de cítricos en la zona central cafetera colombiana, que son útiles para el establecimiento de programas de fertirriego. La existencia de sistemas de riego en la zona de estudio no garantiza su adecuado manejo por falta de conocimientos sobre las dinámicas del agua y su relación con el cultivo. La instalación de un sistema de riego y fertilización no garantiza el éxito del manejo de una plantación desde que no se cuente con herramientas de acompañamiento y capacitación a los productores. Ante las variaciones del clima expresadas por los productores, se hace necesario incluir en los proyectos de siembra de cítricos métodos de suministro de agua y fertilizantes a través de sistemas de riego, que mitiguen las variaciones extremas del clima en la zona y garanticen la producción y su calidad.

La evaluación del efecto de dos dosis de nitrógeno y potasio bajo fertirriego en granadilla (*Passiflora ligularis*) variedad amarilla permitió obtener las siguientes conclusiones:

El efecto de la dosis alta y baja de nitrógeno y potasio en la fase de crecimiento vegetativo presentó significancia estadística en la altura de la planta, índice de verdor y área foliar. La dosis alta de N y K presentaron una mayor altura, índice de verdor y área foliar, debido a la mayor disponibilidad de nitrógeno y potasio en la solución del suelo para el cultivo, lo cual favoreció la estimulación del desarrollo de yemas florales, conductancia estomática para el proceso de fotosíntesis, rapidez de brotes, elongación, desarrollo y vigor de la planta.

Por el contrario, la concentración de nitrógeno y de potasio en el tejido no fue significativa estadísticamente, debido a que la planta se encontraba en la fase inicial y a que la fertilización se programó hacerla semanalmente durante el año.

Por otra parte, en relación con la evaluación de la respuesta del cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) a la aplicación de dos niveles de nitrógeno y potasio por fertirrigación, permitió obtener las siguientes conclusiones:

La concentración de los nutrientes en estudio no tuvo efecto con relación al nitrógeno, contrario con potasio que mostró efecto sobre el contenido de estos en la hoja, el poco efecto del nitrógeno fue influenciado a la dosificación utilizada porque al aplicar dos niveles no se pudieron evidenciar diferencias.

Se evidenció que varias de las moléculas presentes en los agroquímicos aplicados al cultivo de aguacate, no se degradan por completo en el tiempo indicado por el vendedor. Por lo que es



necesario que el aguacate permanezca por más tiempo en la planta, esto con el fin de que se cumplan con los requisitos establecidos para su exportación.



Referencias Bibliográficas

- Aiyelaage, I., Fagbayide, J., & Makinde, A. (2005). Effects of N fertilization on the vegetative growth of passion fruit (*Passion edulis* f. *flavicarpa*) seedlings. *Journal of Food, Agriculture & Environment.*, 3(3 & 4), 62–64.
- Anaya, C., & Burgos, A. (2015). Energy consumption in the management of avocado orchards in Michoacán, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura.*, 21(1), 5–20.
- Barker, A., & Pilbeam, D. (2015). *Handbook of plant nutrition*. (CRC Press; Taylor and Francis Group, Ed.). Boca Raton, FL.
- Bernal, J., & Díaz, D. (2008). Tecnología para el cultivo de aguacate. In *Corporación Colombiana de investigación Agropecuaria, CORPOICA.*
- Blanco, F., & Folegatti, M. (2005). Estimation of leaf area for greenhouse cucumber by linear measurements under salinity and grafting. *Revista Science Agricultural*, 62(4), 305–309.
- BRANDT. (2012). Fertilizantes y plaguicidas, precios de mercado. *Revista AAC*.
- Calvacante, L., Da Silva, G., Gheyi, H., Alves, J., & Da Costa, A. (2009). Crecimiento de mudas de maracujazeiro amarelo em solo salino com esterco bovino líquido fermentado. *Revista Brasileira de Ciências Agrarias*, 4(4), 414–420.
- Cassel Sharmasarkar, F., Sharmasarkar, S., Miller, S. D., Vance, G. F., & Zhang, R. (2001). Assessment of drip and flood irrigation on water and fertilizer use efficiencies for sugarbeets. *Agricultural Water Management*, 46(3), 241–251. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(00\)00090-1](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(00)00090-1)
- Castro, F., Campostrini, E., Torres, A., & Hespanhol, L. (2011). Relationship between photochemical efficiency (JIP-Test parameters) and portable chlorophyll meter Reading in papaya plants. *Revista Plants Physiology*, 23(4), 295–304.
- Cleves, A., Jarma, A. de J., & Fonseca, J. (2009). Manejo integrado del cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*).
- Cruz, J. (2003). *Fertilización en plántulas de Abies religiosa (H. B. K.) Schl. et Cham. y Pinus ayacahuite Ehre en vivero.*
- Fairhurst. (1999). Uso eficiente de nutrientes en la plama aceitera: medición y manejo. *The*



- Planter*, 75, 173–177.
- Fassio, C., Heath, R., Arpaia, M., & Castro, M. (2009). Flujo de savia en árboles de aguacate “Hass” en dos porta injertos clonales en relación con la anatomía del xilema. *Ciencia Horticultura*, 120, 8–13.
- Freire, J., Cavalcante, L., Nascimento, R., & Rebequi, A. (2013). Teores de clorofila e composicao mineral foliar do maracujazeiro irrigado com aguas salinas e biofertilizante. *Revista de Ciencias Agraria*, 36, 57–70.
- Gaudio, M. (2011). Respostas ecofisiológicas e bioquímicas do maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims) ao déficit hídrico. *Brasil:Universidade Federal Do Espiritu Santo*.
- Giri, S., Shrivastava, D., Deshmukh, K., & Dubedy, P. (2013). Efecto de la contaminación del aire sobre el contenido de clorofila de las hojas. *Revista de Investigación Agrícola Actual* 1, 2, 93–98.
- Goyal, M. (2012). Principles of Drip/Trickle or Micro Irrigation. In *Management of Drip/Trickle or Micro Irrigation* (pp. 103–132). <https://doi.org/10.1201/b13110-6>
- Goyal, M. R., & Aladakatti, B. K. (n.d.). *Engineering Interventions in Sustainable Trickle Irrigation : Irrigation Requirements and Uniformity, Fertigation, and Crop Performance*.
- Goyal, M. R., & Rajendran, M. (2018). Efficient Nutrient Management Through Fertigation. In *Engineering Interventions in Sustainable Trickle Irrigation* (pp. 101–117). <https://doi.org/10.1201/9781315184241-7>
- Halvim, J., Beaton, J., Tisdale, S., & W., N. (1998). *Fertilidad del suelo y fertilizantes*. (6°; Upper Saddle River, Ed.).
- Heike, S., Menzel, C., & Lüdders, P. (2002). Efectos del desarrollo foliar, corto y frutal en la fotosíntesis de lichis (*Litchi chinensis*). *Fisiología de Árboles.*, 22, 955 – 961.
- ICA. (2012). Manejo fitosanitario del cultivo de aguacate. *Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural*.
- INEC. (2019). Tabulados de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC 2019. Retrieved from <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>
- INTA. (2001). Programa Nacional de Maíz (*Zea mays* L.). *Nicaragua: Proyecto de Investigación y Desarrollo*.
- Jiménez, Y., Carranza, C., & Rodríguez, M. (2009). *Manejo integrado del cultivo de gulupa*



(*Passiflora edulis Sims.*)

Jones, W. (2008). Efecto de las deficiencias nutricionales en la distribución de la materia seca en plantas de vivero de curuba (*Passiflora mollissima* Bailey). *Agronomía Colombiana*, 26(2), 197–204.

Kafkafi, U. (2005). Global Aspects of Fertigation Usage. *Fertigation Proceedings: Selected Papers of the IPI-NATESC-CAU-CAAS International Symposium on Fertigation*, 182.

Laisk, A., Eichelmann, H., Oja, V., Rasulov, B., Padu, E., Bichele, I., ... Kull, O. (2005). Ajuste de la fotosíntesis de la hoja a la sombra en un dosel natural: parámetros de velocidad. *Plant Cell Environ*, 28, 375–388.

Latsague, M., Sáez, P., & Mora, M. (2014). *Efecto de la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio, sobre el contenido foliar de carbohidratos, proteínas y pigmentos fotosintéticos en plantas de Berberidopsis corallina Hook.f.* Universidad Católica de Temuco, Casilla 15-D, Temuco, Chile.

Lizarazo, M., Hernández, C., Fischer, G., & Gómez, M. (2013). Response of the banana passion fruit (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*) to different levels of nitrogen, potassium and magnesium. *Crop physiology. Agronomía Colombiana*, 31(2), 184–194.

Lovatt, C. (2001). Fertilización nitrogenada aplicada en el suelo, debidamente cronometrado, incremento del rendimiento y tamaño del fruto en aguacate “Hass”. *Revista de La Sociedad Americana de Ciencia Hortícola*, 126, 555–559.

Maldonado, T. (2002). Diagnóstico nutrimental para la producción de aguacate Hass. *Universidad Autónoma Chapingo*.

Martínez, C. (2018). *Evaluación de las deficiencias tempranas de nitrógeno en maíz (Zea mays L.), y su relación con los contenidos de clorofila por influencia de dosis de fertilización nitrogenada, Yalagüina, Nicaragua, 2017.* 45.

Martínez, J., Mueña, V., & Ruiz, R. (2014). Nutrición y fertilidad en Palto. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Boletín N°*.

Mendonca, A., Araújo, J., Soares, T., & Guerra, D. (2010). Características fisiológicas de mudas de *Eucalyptus* spp sumetidas a estresse salino. *Ciencia Forestal, Santa María.*, 20(2), 255–267.

Menezes, S. M. de, Silva, G. F. da, Silva, M. M. da, Morais, J. E. F. de, Santos Júnior, J. A., Menezes, D., & Rolim, M. M. (2020). Continuous and pulse fertigation on dry matter production and nutrient accumulation in coriander. *Dyna*, 87(212), 18–25. <https://doi.org/10.15446/dyna.v87n212.78569>



- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019). *CADENA DE AGUACATE, Indicadores e instrumentos*.
- Miranda, D. (2009). Manejo integral del cultivo de la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.).
- Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahita, W., & Florez, L. (2015). Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: Maracuyá, Granadilla, Gulupa y Curuba. In *Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas* (Vol. 1).
- Moura, R., Marques, A., Silva, E., Junior, G., De Sousa, T., & Da Silva, E. (2017). Nutritional status or yellow passion fruit submitted to nitrogen sources by fertigation. *Comunicata Scientiae*, 8(4), 562–569.
- Okanenko, A., & Berstein, B. (1969). Potasio, fotosíntesis y metabolismo de fosfato en remolacha azucarera. *Naukova Dumka*.
- Pascual, M., Villar, J. M., & Rufat, J. (2016). Water use efficiency in peach trees over a four-years experiment on the effects of irrigation and nitrogen application. *Agricultural Water Management*, 164, 253–266. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.10.021>
- Pezonaga, S. (2013). En los programas de fertilización nitrogenada de trigo (*Triticum aestivum* L.). *Universidad Pública de Navarra*.
- Pillimue, G. A., Barrera, N., & Cantillo, S. H. De. (1998). Determinación de deficiencias de elementos mayores en plántulas de tomate de árbol *Solanum betacea* sinónimo, *Cyphomandra betacea* (cav) sendt. *Acta Agronómica*, 48(3–4), 62–67.
- Potash and Phosphate Institute. (1997). Manual Internacional de fertilidad de suelos. *Norcross, US.*, 146.
- Qin, W., Heinen, M., Assinck, F. B. T., & Oenema, O. (2016). Exploring optimal fertigation strategies for orange production, using soil-crop modelling. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 223, 31–40. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.02.025>
- Rajput, K., & Baijnath, H. (2016). Stem anatomy of some species of *Passiflora* (Passifloraceae). *IAWA Journal*, 37(3), 431–443.
- Rao, B., Jha, K., Deo, C., Kumar, S., Roy, S., & S., N. (2013). Effect of irrigation and mulching on growth, yield and quality of passion fruit (*Passiflora edulis* Sims.). *Environment and Ecology*, 23(1), 141–143.
- Rodríguez, F. (2014). Cultivo do maracuya amarelo irrigado. *Centro Universitario de Goiás*.



- Rozas, S., & Echeverria, H. (1998). Relación entre las lecturas del medidor de clorofila (Minolta SPAD-502) en distintos estadios del ciclo del cultivo del maíz y el rendimiento en grano. *Balcarse*.
- Salas, H., Martellotto, E., Lovera, E., & Salinas, A. (1998). Riego y agricultura de precisión. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*.
- Salisbury, F., & Ross, C. (1992). *Fisiología vegetal*. México DF.: Editorial Iberoamerica.
- Santos, J., Matsumoto, S., De Oliveira, P., D'Arede, L., Brito, C., & Viana, A. (2017). Development of *Passiflora cincinnata* Mast. submitted to different levels of nitrogen and potassium. *Revista de Ciencias Agrarias*, 40(4), 777–787.
- Santos, M., & Segura, M. (2010). Analisis de crecimiento y relacion fuente-demanda de cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Revista Nacional de Agronomía*, 67(1), 5253–6266.
- Schelmmer, M., Gitelson, A., Schepers, J., Ferguson, R., Peng, Y., Shanahan, J., ... D. (2013). Remote estimation of nitrogen and chlorophyll contents in aize at leaf and canopy levels. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 25, 47–54.
- Silva, R., Cavalcante, I., Nascimento, A., Barbosa, L., De Souza, C., Sousa, E., ... Cavalcante, L. (2016). Effect of humic substances and nitrogen fertilization on yellow passion fruit cultivation in the Brazilian semiarid region. *African Journal of Agricultural Research*, 11(35), 3307–3313.
- Soriano, A. (2011). *Efecto de la Fertilización con N, P y K en la Calidad de la Planta de P. patula y P. devoniana en Vivero*. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas: 44.
- Suárez, R., & Tomalá, G. (2012). *Respuesta de maracuyá iniap-2009 (Passiflora edulis f. flavicarpa Deg) a la aplicación de NPK más microelementos en el primer año de producción en San Vicente de Colonche*. Universidad Estatal Península de Santa Elena, Facultad de Ciencias Agrarias.
- Uchida, R. (2000). Nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas: funciones de los nutrientes y síntomas de deficiencia. Manejo de nutrientes de plantas en los suelos de Hawai. Enfoque para la agricultura tropical y subtropical. *Universidad de Hawai En Manoa*.
- Valerazo Concha, A., Valerazo Cely, O., Mendoza García, A., & Álvarez Plúa, H. (2014). *Guía técnica sobre el manejo de los cítricos en el litoral ecuatoriano - Instituto nacional de investigación agropecuarias estación experimental Portoviejo programa de fruticultura*.
- Vásquez, G., & Ruíz, G. (1993). Influencia de cultivos antecesores y métodos de control de malezas sobre la cenosis de las malezas, crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos de maíz



(Zea mays L.), Sorgo (Sorghum bicolor L.), Moench y Pepino (Cucumis sativus L.). Universidad Nacional Agraria.

Instituciones participantes



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA





Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



www.fontagro.org

FONTAGRO
Banco interamericano de Desarrollo
1300 New York Avenue, NW, Stop
W0502, Washington DC 20577
Correo electrónico: fontagro@iadb.org