

# PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD

## FRUTICOLA ANDINA

### Producto 1: Informe de implementación del sistema de fertirrigación en los sitios experimentales

Francisco Fonseca  
Antonio González  
Víctor Falguera  
Carlos Orrego

2020





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 Francisco Fonseca, Antonio Gonzáles, Víctor Falguera y Carlos Orrego.

Copyright © 2021 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**

Banco Interamericano de Desarrollo  
1300 New York Avenue, NW, Stop W0502  
Washington, D.C., 20577  
Correo electrónico: [fontagro@fontagro.org](mailto:fontagro@fontagro.org)



# Tabla de Contenidos



**Abstract..... 4**

**Introducción..... 6**

**Objetivos..... 8**

**Metodología..... 9**

**Resultados..... 11**

**Tabla de indicadores..... 17**

**Referencias Bibliográficas..... 18**

**Anexo ..... 19**

**Instituciones participantes ..... 32**



## Abstract

The Andean Fruit Productivity and Competitiveness project is a technical cooperation that seeks to increase the productivity and competitiveness of the avocado, passionflower and citrus fruit chains through the development and validation of innovations that allow the sustainable intensification of Andean fruit growing in the context of the climate change. This project was developed with a work plan in four components, which include: (1) the development of technologies for fruit production systems; (2) the development of agri-food technologies and products; (3) the technical, economic and environmental analysis of the impact of the use of biomass derived from the industrialization of the fruit, and (4) the management and transfer of knowledge and technologies.

One of the specific objectives of the first component was to estimate the irrigation water needs of the crops and to install three pilot farms with fertigation equipment. This report describes the installation and start-up of four fertigation farms, two located in Manizales, Caldas department, Colombia and another two in Tumbaco, Pichincha province, Ecuador.

In addition to the process of assembling the farms, the tests that were carried out to verify their operation are described and the methodology of one of the tests carried out on the farms is included in detail, by way of illustration.

Key Words: Farms, fertigation, installation, irrigation systems



## Resumen

El proyecto Productividad y competitividad frutícola Andina es una cooperación técnica que busca incrementar la productividad y competitividad de las cadenas frutícolas del aguacate, las pasifloráceas y los cítricos mediante el desarrollo y validación de innovaciones que permitan la intensificación sostenible de la fruticultura andina en el contexto del cambio climático. Se desarrolló con un plan de trabajo en cuatro componentes, que incluyen: (1) el desarrollo de tecnologías para los sistemas de producción frutícolas; (2) el desarrollo de tecnologías agroalimentarias y de productos; (3) el análisis técnico, económico y ambiental del impacto del aprovechamiento de la biomasa derivada de la industrialización de la fruta, y (4) la gestión y transferencia de conocimientos y tecnologías.

Uno de los objetivos específicos de la primera componente fue estimar las necesidades de agua de riego de los cultivos e instalar tres granjas piloto con equipos de fertirrigación. Este informe describe la instalación y puesta en marcha de cuatro granjas de fertirriego, dos ubicadas en Manizales, departamento de Caldas, Colombia y otras dos en Tumbaco, provincia de Pichincha, Ecuador.

Además del proceso de montaje de las granjas, se describen las pruebas que se hicieron para verificar su funcionamiento y se incluye en detalle, a manera de ilustración, la metodología de uno de los ensayos que ejecutaron en las granjas.

Palabras Clave: Granjas, fertirrigación, instalación, sistemas de riego



## Introducción

El desarrollo tecnológico en la agricultura ha demostrado con abundante evidencia que el uso de los nutrientes adecuados, 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 nitrógenos 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 (Goyal M. R. & 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 (Goyal M. R. & 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).

Diversos autores, como Pascual et al. (2015) (Pascual, Villar, & Rufat, 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) (Menezes et al., 2020), evaluando 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.), tuvo 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) (Qin, Heinen, Assinck, & Oenema, 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.



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 presentar la ubicación, características y la metodología implementada en las granjas de fertirriego del proyecto.



## Objetivos

### Objetivo general

- Informar sobre el número, ubicación, características y metodología de los ensayos realizados en las granjas de fertirriego instaladas en el proyecto.

### Objetivos específicos

- Describir el proceso de instalación de las granjas de fertirriego.
- Reseñar la puesta en marcha de los ensayos de fertirrigación ejecutados.



## Metodología

A continuación, se presenta un protocolo general de instalación de un sistema básico de fertirriego (Martínez 1998, 77-78).



Gráfico 1. Metodología para la instalación de una granja de fertirriego

En las granjas experimentales se desarrollaron varios ensayos, a saber:

- ✓ Respuesta de los cultivos de aguacate (*Persea americana* Mill.) y de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.) variedad Colombiana (Ver metodología en la sección 9), a la aplicación de dos niveles de nitrógeno y potasio con fertirrigación. Localización: Granja del Instituto Nacional De Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Tumbaco, provincia de Pichincha, Ecuador. Respuestas: altura de la planta, diámetro del tallo, índice de verdor, área foliar, extracción de nutrientes, rendimiento y clasificación de la fruta.



- ✓ Respuesta del cultivo de gulupa (*Passiflora edulis* f. *edulis*.) a la aplicación de fertirrigación. Localización: estación experimental del centro para la formación cafetera, del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) del municipio de Manizales en el departamento de Caldas, Colombia. Respuestas: el rendimiento del cultivo y características de calidad de la gulupa.
- ✓ Respuesta del cultivo de aguacate Hass (*Persea americana*) Cv. Hass a la aplicación de fertirrigación. Localización: finca Llanogrande, vereda Alta Campana, del término municipal de Apia en el departamento de Risaralda, Colombia. Respuestas: el rendimiento del cultivo y características de calidad del aguacate.

La descripción detallada de uno de los protocolos de dichos ensayos se muestra en el anexo de este reporte. Las actividades correspondientes a los ensayos se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1. Cronograma de actividades típico por experimento.**

Actividades	Meses											
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Revisión de literatura	X											
Redacción de propuesta	X											
Desarrollo del ensayo		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Evaluación		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Control de malezas			X			X			X			X
Controles fitosanitarios			X			X			X			X
Tutoreo		X										
Muestreos de plantas						X			X			X
Análisis Físicoquímico						X			X			X
Análisis de resultados						X			X			X
Elaboración del informe									X	X	X	X



## Resultados

Las actividades para la instalación de las granjas incluyeron el diseño, la compra de elementos e insumos, el ensamble y pruebas de operación. A continuación, se describe en detalle el proceso de instalación de una de las granjas (predio LLANO GRANDE ubicado en la vereda ALTO DE LA CAMPANA, Apía, Risaralda, Colombia). De las demás granjas (una en Colombia y dos en Ecuador), en las que se siguió un procedimiento similar, sólo se presentarán sus características y algunas fotografías.

Se realizó la instalación del sistema de fertirriego en un área aproximada de 1 hectárea, la cual se encuentra cultivada en aguacate variedad Hass. Dicha instalación se realizó con la supervisión de la empresa Akis International, co-ejecutora del proyecto, representada por el Ingeniero Agrónomo Francisco Fonseca.

Para la instalación se utilizaron los siguientes insumos:

- Manguera de pulgada, para el ingreso de agua desde la toma hasta el sistema, y de allí hasta campo.
- Manguera de 3/4, para la toma de agua en el tanque de abastecimiento hasta la línea de pulgada.
- Codos de pulgada de acople rápido 32mm para 160 psi.
- Goteros de 4 litros /hora ref. Netafim HCNL.
- Uniones rápidas de 32 mm.
- Collarines de 32 para las instalaciones de las líneas de riego.
- Manguera de media para la instalación de las líneas.
- Des aireador de pulgada.
- Programador Agronic 2500.
- Sistema anti retorno.
- Filtro de agua.
- Tanque de agua 500 lt.
- Amarras plásticas.
- Bomba Inyectora marca Damova con capacidad de 135 litros/hora.
- Amarras metálicas.
- Regulador de voltaje.
- Llaves paso de agua pvc de 1 pulgada.
- Sello húmedo.
- Electroválvulas de 32 mm y 12v

El ensamble de la red de líneas del sistema de sistema de fertirriego se hizo mediante la instalación de mangueras (Gráfico 2), collarines y tramos de riego con manguera de media, en las



cuales se ubicaron los goteros (Gráficos 4 y 5: 3 goteros por sitio en árboles pequeños- menos de 3 años-, y 4 goteros por sitio en árboles grandes- de más de 3 años-). Finalmente se hizo el acople de la manguera de alimentación de agua desde un tanque de abastecimiento hasta el sistema de fertirriego (Gráfico 3) y se instaló un elemento de desaireación (Gráfico 7).

El programador utilizado fue un equipo marca Agrónic 2500, que se protegió con un regulador de energía (Gráfico 8 y 9). El equipo fue configurado por el ingeniero de AKIS, quien además impartió instrucciones acerca del su funcionamiento básico al mayordomo de la finca y al técnico del proyecto encargado del acompañamiento de los ensayos.



Gráfico 2. Arreglo de mangueras en campo



Gráfico 3. Salida de la línea de alimentación de agua



Gráfico 4. Detalle de collarín



Gráfico 5. Detalle gotero



Gráficos 6 y 7. Sistema de desaireación al final de la línea



Gráfico 8. Programador



Gráfico 9. Programador y regulador de energía

El montaje completo del sistema de programación, preparación e inyección de fertirriego se puede observar en la Gráfico 10.



Gráfico 10. Conjunto de tanque, filtro, electroválvulas, bomba dosificadora y controlador.



Gráfico 11. Tanque abierto



Gráfico 12. Mezcla de nutrientes

Se probó el sistema activando las electroválvulas desde el programador Agrónic 2500. Para ello se usaron 50 litros de agua que fueron efectivamente inyectados en un tiempo aproximado de 17 minutos. Se procedió entonces a hacer el primer ensayo de la aplicación de los nutrientes con 40 litros de agua que se mezclaron con los fertilizantes en una caneca con capacidad para 500 litros de agua (Gráficos 10 y 12).

Se inició el sistema abriendo la electroválvula para hacer el llenado de la manguera principal y las cintas que van en cada surco con los goteros, lo que tomó alrededor de 5 minutos; posteriormente se inició el proceso de inyección de nutrientes, haciendo verificación en campo de la llegada de la solución nutritiva (que es de coloración azul). A continuación, se verificó el caudal de entrega de varios goteros, confirmándose que se lograron los 4 litros/hora- gotero previstos.

Superadas estas pruebas se bombeó la solución de nutrientes al campo mediante la bomba inyectora que la lleva a través de un sistema anti-retorno hasta la manguera principal, líneas y goteros. Luego de aproximadamente 35 a 40 minutos se agotó el fertilizante de la caneca y se apagó la inyectora terminando así el proceso de fertilización. En total el proceso completo tomó de 40 a 45 minutos, pues se hizo una inyección final con agua para dejar las mangueras sin fertilizante. Un procedimiento semejante se siguió para la puesta en marcha de las granjas de fertirriego en la Granja Tumbaco en Ecuador y en el SENA, Caldas, Colombia. Los gráficos 14 a 15 muestran apartes de dichas instalaciones.



Gráfico 14. Sistema de bombeo para fertirrigación automatizada, Granja Tumbaco, INIAP, Ecuador



Gráfico 15. Líneas de riego en el ensayo de aguacate, granja Tumbaco, INIAP, Ecuador



Gráfico 16. Líneas de riego en el ensayo de granadilla, granja Tumbaco, INIAP, Ecuador





## Tabla de indicadores

<b>Indicador detalle</b>	<b>Unidad del Indicador</b>	<b>Valor antes del proyecto</b>	<b>Valor después del Proyecto</b>
Fincas con lotes experimentales de fertirrigación	Número fincas	0	4
Manual de entrenamiento en fertirriego	Número manuales	0	1
Tecnologías validadas de fertirrigación	Número	0	4



## Referencias Bibliográficas

- 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)
- 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., & Rajendran, M. (2018). Efficient Nutrient Management Through Fertigation. In *Engineering Interventions in Sustainable Trickle Irrigation* (pp. 101–117). Apple Academic Press. <https://doi.org/10.1201/9781315184241-7>
- Goyal, M. R., & Aladakatti, B. K. (n.d.). *Engineering Interventions in Sustainable Trickle Irrigation : Irrigation Requirements and Uniformity, Fertigation, and Crop Performance*.
- Kafkafi, U. (2005). Global Aspects of Fertigation Usage. *Fertigation Proceedings: Selected Papers of the IPI-NATESC-CAU-CAAS International Symposium on Fertigation*, 182.
- 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.
- Martínez Barrera, Leoncio, (1998). *Manual De Fertirrigación*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena, Chile.
- 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>
- 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>

## Anexo

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS  
ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA  
PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

<b>TÍTULO DE LA ACTIVIDAD:</b>	Respuesta del cultivo de granadilla ( <i>Passiflora ligularis</i> Juss.) variedad Colombiana, a la aplicación de dos niveles de nitrógeno y potasio con fertirrigación.
<b>LOCALIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD:</b>	Estación Experimental Santa Catalina (EESC)/Programa de Fruticultura/Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (DMSA).
<b>RESPONSABLES DE LA ACTIVIDAD:</b>	William Viera. Ing. Agr. M.Sc. Yamil Cartagena. Dr.
<b>EQUIPO MULTIDISCIPLINARIO:</b>	Pablo Viteri. Ing. Agr. Pablo Gaona. Ing. Quim. Rafael Parra. Ing. Adm.
<b>COLABORADORES DE LA INVESTIGACIÓN (Externos):</b>	Carlos Orrego. PhD. Universidad Nacional de Colombia.
<b>FECHA DE INICIO DE LA ACTIVIDAD:</b>	Noviembre, 2018.
<b>FECHA DE TÉRMINO DE LA ACTIVIDAD:</b>	Noviembre, 2020.
<b>PRESUPUESTO (USD):</b>	INAP: 3450.0 USD FONTAGRO: 19800.6 USD
<b>TÍTULO DEL PROYECTO:</b>	Productividad y Competitividad Frutícola Andina. ATN/RF-16111-RG/FONTAGRO.
<b>ÁREA DE INVESTIGACIÓN:</b>	Incremento de la productividad
<b>LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:</b>	Manejo integrado del cultivo y pecuario

### TÍTULO DE LA ACTIVIDAD

Respuesta del cultivo de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.) variedad Colombiana a la aplicación de dos niveles de nitrógeno y potasio con fertirrigación.

### ANTECEDENTES

La granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.), pertenece a la familia pasiflorácea donde se encuentra un amplio número de especies que se distribuyen desde casi el nivel del mar hasta altitudes superiores a los 2000 m de altura (Cerdas y Castro, 2003). La granadilla es la segunda especie de



importancia económica del género *Passiflora*, después del maracuyá (*P. edulis* f. *flavicarpa* Degener), ya que los frutos son comercializados en mercados nacionales e internacionales por su agradable sabor y valor nutricional (Yockteng et al., 2011).

Los principales productores a nivel global son Colombia, Perú y Ecuador donde es cultivada por pequeños campesinos en zonas de ladera y cultivos no superiores a 1,5 ha en promedio (Parra, 2013).

En Ecuador, la granadilla prospera bien en zonas de clima frío moderado que presenten temperaturas medias anuales entre 15 y 20°C, precipitación de 800 a 1500 mm anuales. Requiere suelos de una profundidad de al menos 80 cm, bien drenados, textura franca, franco arenoso o franco arcilloso con buen contenido de materia orgánica y un pH entre 6 y 6.5. Se cultiva en zonas ubicadas entre los 800 y 2600 m, en las provincias de Imbabura, Pichincha, Tungurahua, Azuay y Loja, principalmente (Villavicencio y Vásquez, 2008).

De acuerdo a la investigación realizada por Navarrete (2017), la granadilla en la provincia de Imbabura tiene una producción anual de 300 a 400 cajas de 15 kg, lo que da lugar a una producción entre 4.5 a 6.0 t ha<sup>-1</sup>, considerada baja, si tomamos en cuenta que Colombia reporta rendimientos entre 11.5 y 15 t (Bernal, 2010)

Los requerimientos nutricionales para la granadilla reportados son de 205 kg ha<sup>-1</sup> de N, 17 kg ha<sup>-1</sup> de P, y 184 kg ha<sup>-1</sup> de K (Rugiero, 1987), siendo limitante para las condiciones de Ecuador el desconocer las dosis de estos macronutrientes para la producción de este frutal. De acuerdo a Palomino y Restrepo (1991), los requerimientos de la granadilla en orden decreciente fueron: K, N, Ca, S, Mg y P, y de los micronutrientes: Fe, B, Mn, Zn y Cu; información que se puede utilizar como base en el diseño de planes de fertilización.

Debido a las altas demandas de Nitrógeno y Potasio por el cultivo, es necesario investigar las dosis adecuadas de estos elementos para aplicarlos en las cantidades y momentos oportunos y evitar pérdidas o excesos innecesarios.

El nitrógeno, es un elemento muy importante en la producción de masa vegetal, ya que favorece la división celular y estimula el crecimiento. La deficiencia de este elemento provoca la reducción del crecimiento, el amarillamiento generalizado de hojas, bajo cuajado y reducción del tamaño de los frutos (Mengel, 2000; Axoyocatl, 2017).

El potasio interviene en el proceso de fotosíntesis, regulando la apertura y cierre de estomas, actuando de forma indirecta la absorción de dióxido de carbono. La deficiencia de potasio afecta la forma, tamaño, color y sabor de los frutos relacionados a la calidad del producto (Axoyocatl, 2018; Mengel, 2000).

La información disponible sobre el manejo de la nutrición y de la fertirrigación son escasos en el cultivo de granadilla, por lo que esta investigación permitirá definir una recomendación de



fertilización para este cultivo bajo el sistema de riego por goteo, contribuyendo a la innovación del agro ecuatoriano.

## **JUSTIFICACIÓN**

En la actualidad, no se dispone de información sobre los requerimientos nutrimentales del cultivo de la granadilla, para realizar recomendaciones de fertilización considerando la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Por lo tanto, es necesario generar una recomendación de fertilización ajustada a las condiciones de suelos y clima que contribuirá al mejoramiento e incremento de la producción de los frutos, obteniéndose un producto de mejor tamaño y sabor para su consumo. La recomendación de fertilización se aplicará en condiciones de fertirrigación, la cual es una técnica de aplicación de los fertilizantes en el agua de riego que se está utilizando en los cultivos, sin embargo, en el cultivo de granadilla no es muy común debido a la falta de conocimiento y costo de inversión, lo que convierte en una oportunidad de mejora tecnológica en la aplicación de nutrientes en forma localizada al cultivo.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Determinar la respuesta del cultivo de la granadilla (*Passiflora ligularis*) variedad colombiana a la aplicación de dos niveles de nitrógeno y potasio con fertirrigación.

### **Objetivos específicos**

- Evaluar el efecto de la aplicación de la fertirrigación en el desarrollo y rendimiento del cultivo de granadilla.
- Determinar la capacidad de extracción de nutrientes por el cultivo de granadilla.
- Elaborar una guía de recomendación de fertirrigación para el cultivo de granadilla.
- Realizar el análisis económico de los tratamientos en estudio.

## **HIPÓTESIS**

Ho: La aplicación de los fertilizantes químicos no influye en el rendimiento del cultivo de granadilla.



## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materiales

#### Material vegetal

Plántulas de granadilla variedad Colombiana.

#### Insumos

Se utilizarán los siguientes fertilizantes químicos de alta solubilidad (Tabla A1):

**Tabla A1. Fórmula y peso molecular de los fertilizantes químicos**

Fertilizante	Fórmula	Peso molecular
Nitrato de calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	236
Nitrato de potasio	$\text{KNO}_3$	101
Nitrato de amonio	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	80
Sulfato de potasio	$\text{SO}_4\text{K}_2$	174
Sulfato de magnesio	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	246
Ácido fosfórico	$\text{H}_3\text{PO}_4$	98

#### Materiales y Equipos

- Estufa.
- Equipos de laboratorio para análisis químico de suelo y plantas.
- Espectrofotómetro de absorción atómica (Savant AA, GBC Scientific equipment).
- Balanza de precisión (Shimadzu, modelo LIBROR AEG – 220).
- Potenciómetro (Thermo Scientific, modelo ORION STAR A2011).
- Espectrómetro de emisión óptica por acoplamiento de plasma inductivo: ICP-OES (Perkin Elmer, modelo Optima 5300 DV).
- Agitador automático.
- Digestores micro Kjeldahl.
- Analizador elemental de carbono y nitrógeno (Shimadzu).
- Equipo de medición de área foliar.
- Computadora.
- Sistema de riego por goteo.
- Programas estadísticos (Infostat versión 2016, Curve Expert 2.6, y SAS 9.1).
- Libros de campo.



## Metodología

### Características del sitio experimental

#### Ubicación

La investigación se implementará en la localidad de Tumbaco, provincia de Pichincha de acuerdo con la información que se detalla en la Tabla A2.

**Tabla A2. Ubicación geográfica y política de la Granja Experimental Tumbaco**

Ubicación	Descripción
Provincia	Pichincha
Cantón	Quito
Parroquia	Tumbaco
Localidad	Tumbaco
Sitio	Granja Tumbaco
Altitud (m)	2332
Latitud	0° 12' 59"S
Longitud	78° 24' 40"O

Fuente: IGM, 2018.

#### Características climáticas

Las características del sitio experimental se presentan en la Tabla A3.

**Tabla A3. Características Agroclimáticas de la Granja Experimental Tumbaco**

Parámetros	Datos
Precipitación anual (mm).	800
Temperatura media anual (°C).	17
Humedad relativa promedio (%).	75

Fuente: INAMHI, 2018.



## Factores en estudio

Los factores en estudio serán las dosis de nitrógeno y potasio (Tabla A4).

**Tabla A4. Dosis de nitrógeno y potasio**

Niveles	N	K
	kg ha <sup>-1</sup>	
d1	100	100
d2	200	200

## Unidad experimental

La unidad experimental estará constituida por una planta, con 24 plantas por tratamiento, para un total de 96 unidades experimentales.

## Tratamientos

Los tratamientos en estudio se presentan en la Tabla A5.

**Tabla A5. Tratamientos en estudio**

Tratamiento	N	K
	kg ha <sup>-1</sup>	
1	100	100
2	100	200
3	200	100
4	200	200

Las dosis de los demás macronutrientes (P, 50 kg ha<sup>-1</sup>; Ca, 50 kg ha<sup>-1</sup>; Mg, 15 kg ha<sup>-1</sup>; y S, 35 Kg ha<sup>-1</sup>) y de los micronutrientes (Fe, 892 g ha<sup>-1</sup>; B, 227 g ha<sup>-1</sup>; Mn, 487 kg ha<sup>-1</sup>; Zn, 114 g ha<sup>-1</sup> y Cu, 76 g ha<sup>-1</sup>) se mantendrán fijas en los diferentes tratamientos.

## Diseño experimental

Se utilizará un Diseño Completamente al Azar (DCA).

## Análisis estadístico

Se realizará el siguiente análisis de la varianza (Tabla A6).





**Tabla A6. Esquema del análisis de varianza**

<b>Fuentes de Variación</b>	<b>Grados de Libertad</b>
Total	95
Tratamientos	3
Error	92

### **Análisis funcional**

En el caso de encontrarse diferencias significativas en el análisis estadístico para los tratamientos, se aplicará la prueba de significación de Tukey al 5% y regresiones lineales.

El análisis de los datos se realizará utilizando el programa estadístico InfoStat versión 2016 (Di Rienzo et al., 2016).

### **Manejo específico del experimento y métodos de evaluación**

#### **Manejo específico del experimento**

#### **Análisis físicoquímico del suelo**

El suelo en donde se instalará el experimento se tomará una muestra representativa de 1 kg y se realizará el análisis químico en el laboratorio del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas de la E.E.S.C., las propiedades físicas (densidad aparente y humedad gravimétrica) y químicas (pH, conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica, macro y microelementos).

#### **Distancias de plantación**

Las distancias entre plantas tendrán una separación de 3 m tanto entre plantas como entre filas, obteniéndose una densidad de 1111 plantas ha<sup>-1</sup>. En cada línea de plantas, se colocarán dos líneas de goteo.

#### **Trasplante**

El trasplante se realizará cuando las plántulas granadilla tengan una edad de un mes de trasplantadas en fundas en vivero, con aproximadamente 15 cm de largo y tengan al menos cinco hojas verdaderas.



### **Preparación de las soluciones nutritivas**

Para la preparación de las soluciones nutritivas, se utilizarán 4 tanques de 500 litros, en los cuales, se colocarán los fertilizantes correspondientes a cada uno de los tratamientos en estudio (T1, T2, T3, T4), luego, se mezclarán y aplicarán en campo. Cada solución nutritiva se preparará y aplicará tres veces por semana.

### **Fertilización química y riego**

La fertilización se realizará por fertirrigación, se utilizarán cuatro soluciones nutritivas según los tratamientos en estudio. El volumen de agua inicial será de 2 litros por planta y por día, el cual se irá incrementando hasta la cosecha.

La aplicación de la solución nutritiva se la realizará con un sistema de riego por goteo con goteros de  $1.6 \text{ L h}^{-1}$ , dos veces al día y con una frecuencia de 3 veces por semana (pasando un día). En caso de requerirse mayor cantidad de agua en el experimento, se realizarán riegos solo con agua para suplirlo.

### **Tutoreo**

Las plantas de granadilla se tutorarán y guiarán de manera individual, empleando soportes de madera, para luego, distribuir las ramas productoras en un sistema de emparrado de alambre, soportado por postes internos y externos, y tensado con alambre.

### **Manejo integrado de plagas y enfermedades**

Se realizarán monitoreos frecuentes para determinar la presencia de plagas y enfermedades, en base a lo cual se realizarán los controles fitosanitarios de acuerdo a las recomendaciones del Departamento de Protección Vegetal de la E.E.S.C.

### **Control de malezas**

El control de malezas se realizará en forma manual cada vez que el cultivo lo requiera.

### **Formación, mantenimiento y sanitaria**

Las podas consistirán en la estructuración de la planta con cuatro ejes productores, que se extenderán sobre el emparrado de alambre, luego de la cosecha, se realizará una poda corta en cada eje para incentivar la generación de nuevas ramas productivas. Permanentemente, se podarán ramas enfermas y viejas empleando una tijera de podar.



## **Cosecha y clasificación**

La cosecha se realizará en forma manual al momento que los frutos hayan alcanzado su madurez comercial y serán recolectados en jabas plásticas bajas para pesarlos y clasificarlos.

## **Variables y métodos de evaluación**

Las variables establecidas para este experimento serán:

### **Altura de planta**

Se tomará la altura de la planta desde el cuello del tallo hasta el ápice; esto se realizará una vez al mes, con una cinta métrica; el resultado se expresará en centímetros.

### **Diámetro del tallo**

El diámetro del tallo se medirá a 0.10 m del nivel del suelo; una vez al mes, con una cinta métrica y el resultado se expresará en centímetros.

### **Índice de verdor**

El índice de verdor se evaluará utilizando el medidor de Clorofila SPAD-502, en hojas recientemente maduras, una vez al mes y el resultado se reportará en unidades SPAD.

### **Área foliar**

El área foliar se obtendrá con el medidor de Área Foliar Portátil LI-COR LI3000A, una vez al mes y el resultado se reportará en unidades centímetros cuadrados.

### **Extracción de nutrientes**

La extracción de nutrientes se realizará cada tres meses, en hojas recientemente maduras.

Para el N se utilizará el método Semimicro – Kjeldahl, que consiste en pesar 0.1 g de muestra a una digestión ácida, para luego realizar una destilación con NaOH 10N sobre H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> y una titulación con ácido sulfúrico. La extracción del N del tejido vegetal se expresará en miligramos por planta y se determinará con la siguiente fórmula:

$$EN = \frac{\%N \times Ps}{100} \times 1000$$

Dónde:



EN = Extracción de N ( $\text{mg planta}^{-1}$ ).

%N = N obtenido en la determinación utilizando el método Semimicro – Kjeldahl.

Ps = peso seco ( $\text{g planta}^{-1}$ ).

Para la extracción de los demás elementos (P, K, Ca, Mg, S, Zn, Cu, Fe, Mn, B, Mo y Co) se utilizará el método de digestión húmeda con ácido perclórico en relación 5:1, para lo cual se pesará 0.25 g de material vegetal seco y molido y se realizará una digestión nítrica perclórica y el digestado será leído en el equipo ICP. La extracción de estos elementos se expresará en miligramos por planta y se calculará con la siguiente fórmula:

$$EE = \frac{CE \times Ps}{1000000} \times 1000$$

Dónde:

EE = Extracción del elemento ( $\text{mg planta}^{-1}$ ).

CE = concentración total del elemento ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).

Ps = peso seco ( $\text{g planta}^{-1}$ ).

### Rendimiento y clasificación de la fruta

Los frutos se cosecharán en forma manual, cuando tengan el 100% de color amarillo, se pesarán en la balanza de precisión y se registrará en  $\text{kg planta}^{-1}$  y luego se transformará el peso a  $\text{kg ha}^{-1}$ . Además, se los clasificará en cuatro categorías de acuerdo al diámetro de la fruta, de acuerdo a la Tabla A7.

**Tabla A 7. Categorías para la clasificación de frutos de granadilla**

Categoría	Diámetro ecuatorial (mm)	Masa promedio (g)
Grande	>74	> 150
Mediana	65 < 74	100 < 150
Pequeña	< 65	< 100

Fuente: INEN, 1997.

### CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El cronograma de actividades se presenta en la Tabla A8.



**Tabla A8. Cronograma de actividades para el experimento.**

Actividades	Meses											
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Revisión de literatura	X											
Elaboración de la propuesta	X											
Instalación del experimento		X										
Fertirrigación		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Evaluación de las variables		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Control de las malezas			X			X			X			X
Controles fitosanitarios			X			X			X			X
Tutorío		X										
Muestreos de plantas						X			X			X
Análisis químico de plantas						X			X			X
Análisis de los resultados						X			X			X
Elaboración del informe									X	X	X	X



## REFERENCIAS

Axoyocatl, O. (2017). Nutrición vegetal; Importancia de nitrógeno (N) en las plantas. Disponible en: <https://blogagricultura.com/nutricion-vegetal-nitrogeno/>

Axoyocatl, O. (2018). Nutrición vegetal: Importancia del potasio (K) en las plantas. Disponible en: <https://blogagricultura.com/nutricion-vegetal-potasio/>

Bernal, J. (2010). El cultivo de la granadilla. Corpoica. Disponible en: <https://es.slideshare.net/cristianperezperez56/cultivo-de-la-granadilla>

Cerdas, M., y Castro, J. (2003). Manual práctico para la producción, cosecha y manejo poscosecha del cultivo de granadilla. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Universidad de Costa Rica. 62 p.

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). (1988). La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. México D.F, México: CIMMYT.

Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., y Robledo, C. 2016. InfoStat versión 2016, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Recuperado el 2016, de <http://www.infostat.com.ar>

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (INEN). 1997. Frutas frescas. Granadilla. Requisitos. Disponible en: [http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/08/nte\\_inen\\_1997.pdf](http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/08/nte_inen_1997.pdf)

Instituto Geográfico Militar. (IGM). 2018. Carta Topográfica 1:250000.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (INAMHI). (2018). Anuario Meteorológico. Quito: INAMHI

Navarrete, J. (2017). Estudio de la producción y comercialización de la granadilla (*Passiflora ligularis*) en la provincia de Imbabura. Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingenierías en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Ibarra, Ecuador. 12 p.

Mengel, K., Kirby, E. (2000). Principios de Nutrición Vegetal. International Potash Institute. 4ta ed. Basel - Switzerland.

Palomino, M., y F. Restrepo. (1991). Síntomas de deficiencias nutricionales en el cultivo de la Granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.). Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín.

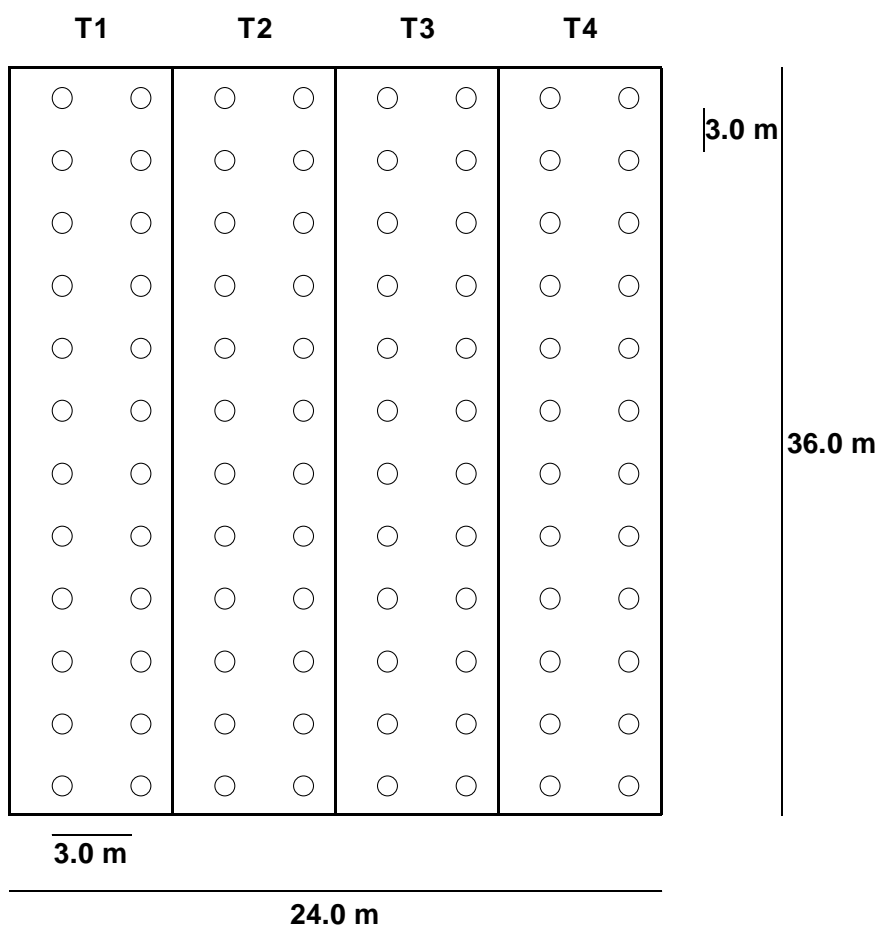


Parra, M. (2013). Acuerdo de competitividad para la cadena productiva de pasifloras en Colombia. Asohofrucol, Cepass, Consejo Nacional de Pasifloras, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Bogotá.

Rugiero, C. (1987). Cultura do maracujazeiro. Ribeirao Preto, Sao Paulo, Brasil: Legis Summa. 250 p.

Yockteng, R., Coppens, G., y Souza, T. 2011. *Passiflora* L. pp. 129-171. En: Chittaranjan, K. (ed.). Wild crop relatives: Genomic and breeding resources tropical and subtropical fruits. Springer Verlag, Berlin.

### CROQUIS DEL EXPERIMENTO EN CAMPO





## Instituciones participantes





Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



[www.fontagro.org](http://www.fontagro.org)

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