



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

FACULTAD CIENCIAS AGRÍCOLAS

CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA

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

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma

AUTOR: Aguayo Pacas Sandy Patricia

TUTOR: Ing. Agr. Randon Stalin Ortíz Calle, M.Sc.

COTUTORA: Ing. Agr. Laura Viviana Vásquez Rojas, M.Sc.

Quito, 2020

DERECHO DE AUTOR

Yo, **SANDY PATRICIA AGUAYO PACAS**, en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación: **EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DOS NIVELES DE NITRÓGENO Y POTASIO APLICADO BAJO FERTIRRIEGO EN GRANADILLA (*Passiflora ligularis*) VARIEDAD AMARILLA**, modalidad presencial, de conformidad en el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, concedo a favor de la Universidad Central del Ecuador una licencia gratuita, intransferible y exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecida en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Central del Ecuador para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de titulación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Sandy Patricia Aguayo Pacas

CC: 1723678536

Dirección electrónica: spaguayo@uce.edu.ec / sandip_love@hotmail.com

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, presentado por **SANDY PATRICIA AGUAYO PACAS**, para optar por el Grado de Ingeniera Agrónoma; cuyo título es: **EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DOS NIVELES DE NITRÓGENO Y POTASIO APLICADO BAJO FERTIRRIEGO EN GRANADILLA (*Passiflora ligularis*) VARIEDAD AMARILLA**, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

En la ciudad de Quito, a los 26 días del mes noviembre 2019.

Ing. Agr. Randon Stalin Ortiz Calle, M.Sc.

TUTOR DE TESIS

C.C: 1102697396

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DOS NIVELES DE NITRÓGENO Y POTASIO
APLICADO BAJO FERTIRRIEGO EN GRANADILLA (*PASSIFLORA LIGULARIS*)
VARIEDAD AMARILLA**

APROBADO POR:

Ing. Agr. Randon Stalin Ortiz Calle, M.Sc. _____

TUTOR

Ing. Agr. Laura Viviana Vásquez Rojas, M.Sc. _____

COTUTORA

Ing. Agr. José Antonio Espinosa Marroquín, Ph.D. _____

PRIMER LECTOR

Ing. Agr. Jorge David Caicedo Chávez, M.Sc. _____

SEGUNDO LECTOR

2020

DEDICATORIA

A Dios por guiar mi camino, darme fuerza y sabiduría para consumir mi ciclo de estudios.

A mis padres Teresa del Carmen Pacas Armas y Nilo Román Aguayo Benítez, quienes me han demostrado cada día su amor incondicional, confianza y preocupación ayudándome a terminar mi profesión, a mis hermanos Yadira y Giovanny, que son parte de mi fuente de inspiración y admiración para ser una buena profesional, a mis sobrinos Emilia y Camilo Morales que no dejaron de mostrarme su afecto y cariño, a mi compañero leal Javy (†) que con sus ocurrencias, locuras y cariño, sacaba lo mejor que tengo, a mi novio Eduardo López, que con todo su amor, paciencia, dedicación y apoyo me enseñó que no debo rendirme jamás y llegar a cumplir mis propósitos.

Sobre todo, al ser más especial y único que fue mi ángel en la tierra y que ahora lo es en el cielo, mi abuelita María Esther Armas Días (†) quién nunca dejó de creer en las metas que lograría alcanzar y ahora nunca deja de enviarme sus bendiciones protectoras para cumplirlas.

SANDY

AGRADECIMIENTO

Mi eterna gratitud a la Universidad Central del Ecuador, a las autoridades, personal administrativo, trabajadores y grupo docente de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad Ciencias Agrícolas, por la ayuda y colaboración durante mi periodo universitario, donde adquirí mis conocimientos, enseñanzas y experiencias.

A los Ingenieros Randon Ortiz Calle y Laura Vásquez Rojas, que con sus conocimientos compartidos me han motivado y exigido para que sea una buena investigación, al Ing. William Viera responsable del Programa de Fruticultura de la Granja Experimental Tumbaco, junto a los Ingenieros Pablo Viteri, Milton Hinojosa y Juan Pablo Gaona, quienes en conjunto me brindaron asesoría para la implementación y manejo necesario antes y durante el transcurso del experimento en campo, al Dr. José Espinosa e Ing. Jorge Caicedo parte del tribunal lector por la apertura brindada durante el desarrollo del trabajo de titulación.

Al Dr. Yamil Cartagena por brindarme sus conocimientos, paciencia y tiempo durante la investigación.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Departamento de Manejo de Suelos y Agua, en especial al Programa de Fruticultura en la Granja Experimental Tumbaco, al Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (FONTAGRO) y al Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), por el financiamiento y la confianza de permitirme participar en el proyecto de investigación.

A mis queridos amigos/as por ofrecerme su amistad sincera y estar presentes en momentos increíbles en el transcurso de la carrera.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULOS	PÁGINAS
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1. Cultivo de granadilla	2
2.1.1. Producción del cultivo	2
2.1.2. Descripción botánica	2
2.1.2.1 Taxonomía	3
2.1.3 Condiciones de clima y suelo	4
2.1.3.1. Clima	4
2.1.4. Suelo	4
2.1.5. Fertilización	5
2.2. Nutrientes.....	5
2.2.1. Nitrógeno	5
2.2.2. Potasio	6
2.3. Sistema de riego por goteo	7
2.3.1. Ventajas de riego por goteo	7
2.4. Fertirrigación.....	8
2.4.1. Ventajas de fertirrigación	8
2.5. Efecto de la fertirrigación en el cultivo de granadilla	8
2.5.1. Altura de planta.....	8
2.5.2. Índice verdor	8
2.5.3. Área foliar	9
3. MATERIALES Y MÉTODOS	10
3.1. Ubicación de la zona de estudio.....	10
3.1.1. Características agroclimáticas.....	10
3.2. Materiales	10
3.2.1. Material biológico	10

CAPÍTULOS	PÁGINAS
3.2.2. Material de campo.....	10
3.2.3. Insumos.....	10
3.2.4. de oficina	11
3.2.5. Equipos	11
3.3. Métodos	11
3.3.1. Factores de estudio	11
3.3.2. Tratamientos	12
3.3.3. Dosis de fertilizantes	12
3.3.4. Unidad experimental	12
3.4. experimental.....	13
3.4.1. Análisis estadístico	13
3.4.2. Análisis funcional.....	13
3.5. Definición de las variables.....	13
3.5.1. Altura de planta.....	13
3.5.2. Diámetro del tallo.....	13
3.5.3. Índice de verdor	13
3.5.4. Área foliar	13
3.5.5. Concentración foliar de nutrientes	14
3.6. Manejo del experimento y métodos de evaluación	14
3.6.1. Manejo del experimento	14
3.6.1.1. Preparación de las soluciones nutritivas	14
3.6.1.2. Análisis físico - químico del suelo	14
3.6.1.4. Distancias de plantación	14
3.6.1.5. Fertilización química	14
3.6.1.6. Tutorio	15
3.6.1.7. Control de plagas y enfermedades	15
3.6.1.8. Control de malezas	15
3.6.1.9. Poda de mantenimiento o sanitaria	15

CAPÍTULOS	PÁGINAS
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
4.1. Pruebas de normalidad y varianzas constantes	16
4.2. Altura de planta	16
4.3. Diámetro de tallo de la planta	17
4.4. Índice de verdor	18
4.5. Área foliar	20
4.6. Relación entre el índice de verdor y área foliar	21
4.6.1. Nitrógeno y Potasio	21
4.7. Concentración de nutrientes	21
5. CONCLUSIONES	23
6. RECOMENDACIONES	24
7. RESUMEN	25
8. BIBLIOGRAFÍA	26
9. ANEXOS	33

LISTA DE TABLAS

TABLAS	PÁGINAS
1.	Producción nacional de frutas tropicales y granadilla ecuatoriana.2
2.	Taxonomía de la Granadilla.....3
3.	Los niveles de extracción del cultivo de granadilla durante su primer ciclo de producción.5
4.	Niveles de nitrógeno en el suelo.6
5.	Niveles de potasio en el suelo.....7
6.	Concentración de los fertilizantes.10
7.	Niveles de nitrógeno y potasio.....11
8.	Tratamientos evaluados para la interacción de dos niveles de nitrógeno y de potasio.12
9.	Dosificación de fertilizantes para el fertirriego en el cultivo de granadilla. 12
10.	Análisis de varianza.....13
11.	Análisis de la varianza para altura de planta.....16
12.	Prueba de DMS al 5 % para la variable altura de planta en dosis de nitrógeno y dosis de potasio.17
13.	Prueba de DMS al 5 % para la altura planta en la interacción dosis de nitrógeno por potasio.....17
14.	Análisis de la varianza para el diámetro de tallo.18
15.	El análisis de varianza para el índice de verdor.....19
16.	Pruebas de DMS al 5 % en el índice de verdor, para las dosis de nitrógeno y dosis de potasio.19
17.	Prueba de DMS al 5 % para el índice de verdor en la interacción de dosis de nitrógeno por potasio.....19
18.	Análisis de la varianza, para el área foliar.....20
19.	Pruebas de DMS al 5 % en el área foliar, para las dosis de nitrógeno y dosis de potasio.....20
20.	Prueba de DMS al 5 % para el área foliar en la interacción de dosis de nitrógeno por potasio.....21
21.	Análisis de la varianza para la concentración de nutrientes foliar.22

LISTA DE ANEXOS

ANEXOS	PÁGINAS
1.	Disposición del experimento en campo.....33
2.	Fotografías de la investigación en campo.....34
3.	Fotografías de la toma de datos de las variables en estudio.35
4.	Fotografías del pesado de los fertilizantes empleados y empaquetados por dosis para cada tratamiento de la investigación.36
5.	Fotografías de prueba de riego en campo.37
6.	Resultado del análisis de suelo y raíz para descartar la presencia de nemátodos.38
7.	Reporte de análisis de suelo.39
8.	Reporte de Análisis en el Suelo.39
9.	Balance hídrico del cultivo de granadilla.40
10.	Humedad gravimétrica del suelo a tres profundidades.41
11.	Láminas de riego a tres profundidades.41
12.	Cálculo de la lámina y tiempo de riego.41
13.	Relación de índice de verdor con área foliar, para dosis de nitrógeno.....42
14.	Relación de índice de verdor con área foliar, para dosis de potasio.43
15.	Pruebas de normalidad y variables constantes.....43
16.	Datos de variables estudiadas desde los 80 ddt hasta los 230 ddt.....44

ABREVIATURAS

AF	Área foliar (cm ²).
BBCH	Sistema para codificación uniforme de identificación fenológica de estadios de crecimiento para todas las plantas mono y dicotiledóneas.
BH	Balance hídrico (mm día ⁻¹).
CC	Capacidad de campo (mm día ⁻¹).
CORPOCAUCA	Corporación para el desarrollo del cauca.
DCA	Diseño completamente al azar.
ddt	Días después del trasplante.
Et	Evapotranspiración (mm día ⁻¹).
Etc	Evapotranspiración real del cultivo (mm día ⁻¹).
Eto	Evapotranspiración de referencia (mm día ⁻¹).
Ev	Evaporación (mm día ⁻¹).
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación.
FONTAGRO	Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria.
Hs	Humedad en el suelo.
ICA	Instituto Colombia Agropecuario.
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.
INIAP	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
IV	Índice de verdor (SPAD).
K	Potasio
Kc	Coeficiente del cultivo.
Kp	Constante de tanque.
MAGAP	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca.
N	Nitrógeno
P	Precipitación (mm día ⁻¹).
Pe	Precipitación efectiva (mm día ⁻¹).

ABREVIATURAS

PMP	Punto de marchitez (mm día^{-1}).
ppm	Partes por millón.
Pw	Constante de agua (Pw son siglas en inglés, mm día^{-1}).
SPAD	Análisis del desarrollo de suelo – planta (SPAD son siglas en inglés).

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

Autora: Sandy Patricia Aguayo Pacas.

Tutor: Randon Stalin Ortiz Calle, M.Sc.

Cotutora: Laura Viviana Vásquez Rojas, M.Sc.

RESUMEN

El fertirriego es una técnica que permite maximizar el aprovechamiento de los fertilizantes. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de dos niveles de nitrógeno y dos de potasio en el crecimiento de la granadilla y determinar la relación entre el área foliar (AF) y el índice de verdor (IV), para lo cual 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. Los resultados principales fueron: alta significancia estadística para altura de planta, AF e IV, y no hubo una diferencia significativa en el diámetro del tallo y la concentración foliar de nutrientes. Conclusión principal, los tratamientos con dosis altas de N y K lograron un efecto positivo en la respuesta de la altura de la planta, AF e IV sobre la fase del crecimiento vegetativo del cultivo de granadilla.

PALABRAS CLAVES: ECUADOR / TUMBACO / GRANADILLA / FERTIRRIEGO / RIEGO POR GOTEÓ.

TITLE: Evaluation of the effect of two levels of nitrogen and potassium applied under fertigation in sweet passion fruit (*Passiflora ligularis*) yellow variety.

Author: Sandy Patricia Aguayo Pacas.

Menthor: Randon Stalin Ortiz Calle, M.Sc.

Cotutora: Laura Viviana Vásquez Rojas, M.Sc.

ABSTRACT

Fertigation is a technique used to maximize the use of fertilizers. The aim of this research was to evaluate the effect of two levels of nitrogen and potassium on the growth of the sweet passion fruit crop, determining the relationship between the leaf area (AF) and the greenery index (IV), using a completely randomized design with 2 x 2 factorial arrangement. The variables evaluated were: plant height, stem diameter, greenery index, leaf area and nitrogen and foliar potassium concentration. The main results indicated that: high significance differences for plant height, AF and IV, and there was no significant difference in stem diameter and foliar nutrient concentration. In conclusion: the treatments with high doses of N and K achieved a positive effect on the response of plant height, AF and IV on the vegetative growth phase of the sweet passion fruit crop.

KEYWORDS: ECUADOR/ TUMBACO / SWEET PASSION FRUIT / FERTIGATION / DRIP IRRIGATION

1. INTRODUCCIÓN

La granadilla es un fruto muy importante en América del Sur, se cultiva en la cordillera de los Andes tropicales y en varios países desarrollados, por sus características organolépticas, se consume en fresco y se comercializa en mercados nacionales e internacionales (Ocampo *et al.*, 2007; Miranda, 2012). En Ecuador, la granadilla se distribuye en la sierra ecuatoriana en los valles secos y subhúmedos como: Pimampiro, Ambuquí, Guayllabamba, Nanegalito, Yaruquí, Patate, Baños, Pelileo, Guano Gualaceo, Girón, Santa Isabel, Vilcabamba y Loja. Las principales variedades de producción en el Ecuador son la Morada, Amarilla y Real (Solagro, 2006).

Según Girón (1991), en Ecuador, la producción de granadilla se concentra en la provincia de Imbabura con una producción de 4.5 a 6.0 t ha⁻¹, empleando variedades mejoradas, de buena productividad y excelente calidad para que pueda competir con las variedades colombianas y que junto con la producción de Tungurahua se constituyen en los principales distribuidores de la fruta a los mercados locales (Contreras, 2001). Según Cabrera (2006), la duración del cultivo en el campo varía de 6 a 8 años con una producción que oscila entre 2.5 a 4.4 toneladas por hectárea.

En Ecuador, el fertirriego en granadilla es una tecnología poco aplicada en el cultivo, debido a la falta de investigación para determinar sus beneficios y el costo de la inversión inicial, lo que repercute en la falta de un manejo racional del agua y de los fertilizantes, es por esta razón que la presente investigación es parte de un proyecto regional en la que intervienen instituciones como: el Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (FONTAGRO), Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y en Ecuador el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) a través del Departamento Manejo de Suelos y Aguas y el Programa de Fruticultura que permitirá aplicar diferentes dosis de N y K bajo fertirriego, para que puedan los agricultores optimizar el uso del agua y de los fertilizantes en el desarrollo y crecimiento vegetativo del cultivo de granadilla.

Ante esta problemática, se realizó la presente investigación para evaluar el efecto de la fertirrigación en el cultivo de granadilla. El objetivo general fue: evaluar la aplicación de dos niveles de nitrógeno y dos de potasio bajo fertirrigación en el cultivo de granadilla, considerando dos objetivos específicos que fueron; evaluar el efecto de la concentración de nutrientes en la fase de crecimiento vegetativo en el cultivo de granadilla; determinar la relación entre el índice de verdor y el área foliar durante la fase de crecimiento vegetativo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Cultivo de granadilla

2.1.1. Producción del cultivo

La granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.) pertenece a la familia pasiflorácea que agrupa a un amplio número de especies, es originaria de América del Sur de la cordillera de los Andes, desde Venezuela hasta el norte de Chile, desde el nivel del mar hasta altitudes superiores a los 2000 m de altura (Castro, 2003). Es cultivada principalmente en Colombia, México, Bolivia, Perú, Estados Unidos e India (FAO, 2006). Se conoce como granadilla en Ecuador, Colombia, México y Costa Rica, como parcha en Venezuela, apincoya en Perú, maracuyá dulce en España, maracuyá doce en Portugal y sweet passion fruit en países de habla inglesa (Rivera *et al.*, 2002).

La granadilla a nivel mundial ha conseguido un crecimiento productivo, siendo Colombia uno de los países con altos índices de exportación, país que ha incrementado en los últimos años la superficie de siembra desde 1 920 a 3 010 ha, que corresponde aproximadamente al 2 % de la producción total de los frutales (Miranda, 2012).

Según MAGAP (2015), en las provincias de Imbabura y Carchi, existe el comercio de granadilla, comercializándose una cantidad de 12 toneladas cada 15 días, a un precio de 18 dólares por cada 0.015 toneladas. El rendimiento promedio es de 4 toneladas por hectárea.

La producción total de granadilla en Ecuador representa el 12% de las frutas tropicales, registrando 6 322 t ha⁻¹ en los años 2011 y 2012, alcanzando la máxima superficie en el año 2010 con 8 851 t ha⁻¹ (Tabla 1).

Tabla 1. Producción nacional de frutas tropicales y granadilla ecuatoriana.

Años	Área de cosecha (ha)	Rendimiento de granadilla (t ha ⁻¹)
2006	1 600	5.81
2007	1 535	5.99
2008	1 650	5.87
2009	1 700	5.88
2010	13 632	5.41
2011	9 540	5.52
2012	9 540	5.52

Fuente: (FAO, 2003).

2.1.2. Descripción botánica

La descripción botánica de la granadilla es la siguiente:

Raíz: está constituida de una raíz principal de escaso crecimiento, de donde se derivan un gran número de raíces secundarias poco profundas, fasciculadas y fibrosas, alcanzando hasta 0.60 m de profundidad del suelo (Núñez, 2010).

Tallo: la granadilla presenta un tallo herbáceo hacia la base, voluble, estriado y cilíndrico, cuya función es almacenar agua y dar soporte a la planta (Núñez, 2010).

Hojas: las hojas son de gran tamaño de 8 a 20 cm de largo y 6 a 15 cm de ancho, son de forma acorazonada y de color verde intenso, con bordes lisos y con las nervaduras bien profundas, por el envés se insertan al tallo mediante un péndulo largo y grueso (Cerdas & Castro, 2003; Núñez, 2010).

Flores: las flores son hermafroditas, con 4 o 5 sépalos, 4 pétalos, 5 estambres que se encuentran unidos por los filamentos formando un androginóforo (Escobar, 1988). Cuando la planta tiene de 8 a 12 meses de edad, se abren para polinizar y al terminar la polinización se cierran, son de color violeta, miden entre 7 a 10 cm de diámetro, usualmente viene dos en un nudo y están sostenidas por un pedúnculo axilar de 4 cm al cual se adhiere brácteas que parecen hojas (Cerdas & Castro, 2003; Núñez, 2010).

Fruto: el fruto es una baya de cubierta lisa dura de forma ovoide casi esférica de 6 a 8 cm de diámetro de color verdoso (Cerdas & Castro, 2003). Cambia de color a un amarillo intenso y en algunos casos presenta puntos blanquecinos cuando la fruta está completamente madura, posee un promedio de 200 a 250 semillas que están envueltas en un arilo grisáceo traslúcido, mucilaginoso y acidulado de color blanco (Escobar, 1988).

Semilla: la semilla es de testa lisa o reticulada, plana en forma de escudo con tres anillos y cuatro placentas parietales (Escobar, 1988).

2.1.2.1 Taxonomía

La clasificación taxonómica por especie aporta información sobre el origen y las condiciones generales de la granadilla (Tabla 2).

Tabla 2. Taxonomía de la Granadilla.

Reino	Plantae
División	Angiosperma
Clase	Dicotiledóneas
Orden	Parietales
Familia	Pasifloráceas
Genero	<i>Pasiflora ligularis J.</i>

Fuente: (Jorge, 2006)

2.1.3 Condiciones de clima y suelo

2.1.3.1. Clima

Las condiciones de clima óptimas para el cultivo de granadilla son las siguientes:

Luminosidad: la luminosidad que requiere la granadilla es de 5 a 7 horas luz, con el fin de intervenir en procesos como la diferenciación de primordios florales y la coloración del fruto, para la formación de azúcares y pigmentos que sean indispensables en la síntesis de antocianinas (Rivera *et al.*, 2002).

Altitud: las alturas menores de 1 500 m.s.n.m. causan poca viabilidad del polen. A alturas inferiores a 1 700 m.s.n.m. es mayor la incidencia de los insectos plaga y el tamaño de los frutos disminuye, obteniéndose un porcentaje superior al 50 % de frutas de segunda calidad, lo que reduce significativamente la rentabilidad del cultivo. A esta altitud también se disminuye la población de insectos polinizadores naturales (Díaz & Múnera, 2002).

Temperatura: las temperaturas ideales oscilan entre 14 y 24°C con un óptimo entre 16 y 18°C; las temperaturas superiores aumentan en forma significativa el consumo de agua y fertilizantes, por otro lado, las temperaturas inferiores llevan a una mayor duración de la planta, pero con crecimiento lento y baja producción (Fischer *et al.*, 2009).

Precipitación: se requiere precipitaciones entre 2 200 y 3 200 mm distribuidas durante todo el año, con un consumo promedio de 4 mm por planta por día y la humedad relativa entre 80 % y 90 % (Miranda, 2012).

La precipitación se debe distribuir correctamente durante todo el año en las fases de floración y fructificación. En fases críticas por falta de agua, como la brotación de yemas florales, la fecundación, el cuajado y el llenado, se produce frutos pequeños o se caen de acuerdo a la precipitación que se encuentre (Corpocauca, 2007).

2.1.4. Suelo

Los suelos de textura franco arenoso o franco arcillo arenoso, bien drenados, con buena aireación y alto contenido de materia orgánica son adecuados para el crecimiento óptimo de la planta, el pH varía de 5.5 a 6.5, ligeramente ácido (Corpoica, 2011).

Pendiente: se puede cultivar en suelos planos como en pendientes de 3 % al 7 % y no en sitios mayores del 30 %, debido a las labores propias del cultivo y la instalación de infraestructura de soporte (Miranda, 2012).

Profundidad: la profundidad efectiva del suelo debe ser de 0.80 m o más, para facilitar un gran desarrollo radicular (MAGAP, 2000).

2.1.5. 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, maniatándose de análisis de suelos a partir de la disponibilidad de nutrientes determinar la necesidad de fertilización que va a requerir el cultivo en el suelo (Corpocauca, 2007).

Tabla 3. Los niveles de extracción del cultivo de granadilla durante su primer ciclo de producción.

Elemento	Niveles (Kg ha ⁻¹)
Nitrógeno	160
Fósforo	18
Potasio	170
Calcio	115
Magnesio	10
Boro	10

Fuente: (Guerrero, 2001)

No se encontró información de granadilla por lo que se consideró como referencia a la planta de maracuyá, que requiere una fertilización a sus 90 días de edad, de nitrógeno (50 kg ha⁻¹, cada 60 días) y fósforo (30 kg ha⁻¹ una sola vez). En investigaciones realizadas por el INIAP en Manabí se determinó que el maracuyá necesita entre 120 - 160 kg ha⁻¹ año⁻¹, de potasio la mitad en floración y la otra en desarrollo del fruto (Valarezo *et al.*, 2014).

El rendimiento depende de la fertilización y de las labores culturales realizadas eficientemente a tiempo (Bernal & Cabrera, 2006). La absorción de los nutrientes aumenta a partir de los 120 días de edad de la planta que corresponde al estado de fructificación (Corpocauca, 2007).

2.2. Nutrientes

2.2.1. Nitrógeno

Según Chávez & Rivadeneira (2003), el nitrógeno (N) es un macronutriente clave y fundamental para el desarrollo de proteínas, clorofila, ácidos nucleicos, purinas, pirimidinas, coenzimas (vitaminas), metabolitos secundarios y hormonas en la etapa vegetativa, que son esenciales en el proceso de fotosíntesis de toda la planta (Barker & Pilbeam, 2015).

La disponibilidad de N es baja en el suelo, tanto en espacio como en tiempo, debido a factores como la precipitación, la temperatura, el viento, el tipo y pH de suelo, por lo tanto, el N depende de la adaptación de la planta a las condiciones del suelo.

Los niveles de N en el suelo se han dosificado desde muy bajo a muy alto (Tabla 4).

Tabla 4. Niveles de nitrógeno en el suelo.

Descripción	Rango (ppm)
Muy bajo	< 20
Bajo	20 - 40
Medio	40 - 60
Alto	60 – 80
Muy alto	>80

Fuente: (Iñiguez, 2007).

Según Cerdas & Castro (2003), presentan que las deficiencias de N producen plantas de granadilla de porte pequeño y raquíticas, con menos bejucos y más delgados, obteniendo en las hojas un color amarillo, causando envejecimiento y una caída prematura.

Según Rodríguez (2010), el contenido en exceso de N es peligroso, porque puede provocar un alto desarrollo de tejidos parenquimáticos débiles, debido a que las partes vegetativas permanecen verdes y tiernas, haciendo que las plantas sean susceptibles al ataque de enfermedades y los frutos sean de baja calidad.

El N en la granadilla se encuentra, en hojas verdes y en las semillas, presentando en toda el área de las hojas un color verde claro (Cerdas & Castro, 2003).

La luz afecta a la fotosíntesis, aunque controla el contenido de nitratos y nitritos, reductasa y la sacarosa a fosfato sintetasa, enzima responsable de la síntesis de la sacarosa. Existe un rápido ajuste del ritmo de reducción del nitrato a fluctuaciones en la disponibilidad de carbohidratos regulando los flujos del carbono y nitrógeno en las células vegetales (Huber *et al.*, 1992).

2.2.2. Potasio

El potasio (K) es un elemento esencial en la nutrición de la planta, se encuentra en pequeñas cantidades en los suelos, limitando el rendimiento del cultivo.

En el suelo la concentración de K, es respectivamente baja, y en los procesos fisiológicos durante el crecimiento y desarrollo de las plantas, estos organismos han desarrollado la capacidad de detectar cambios externos en el K⁺, produciendo señales químicas y físicas a través de la membrana plasmática y en el citosol a las células vegetales, regulando así la homeostasis de K⁺ y permitiendo a las plantas adaptarse a condiciones en las cuales el potasio se encuentra en cantidades deficientes (Wang & Wu, 2017).

La clasificación de los niveles de K en el suelo se presenta en la Tabla 5 y los rangos varían de muy bajo a muy alto.

Tabla 5. Niveles de potasio en el suelo.

Descripción	Rango (ppm)
Muy bajo	< 50
Bajo	50 - 100
Medio	100 - 150
Alto	150 – 200
Muy alto	>200

Fuente: (Iñiguez, 2007)

El K cumple con funciones como son la regulación osmótica, síntesis de azúcares, almidones y proteínas, formación de azúcares y aceites, apertura de estomas, mantiene el hierro (Fe) más móvil en la planta, refuerza la epidermis de la célula para que de esta manera los tallos resistan el ataque de patógenos, actúa en procesos de fotosíntesis, respiración, síntesis de clorofila y regula la cantidad de agua en las hojas (Jones, 2008).

La deficiencia de K en las plantas de granadilla se manifiesta en hojas y frutos. Los síntomas en las hojas inician en los márgenes y avanza a la parte central causando una caída de forma prematura, la floración se retrasa y en los frutos ocurre mal formación profunda, con una cicatriz de forma irregular con necrosis en el tejido impidiendo su crecimiento en el área afectada y produciendo frutos pequeños con bajo contenido de sólidos solubles en la planta (López & Santana, 2016; Lasprilla *et al.*, 2015).

Según Rodríguez (2004), el exceso de K beneficia el crecimiento y vigor en la planta, buen desarrollo de flores, frutos y semillas, resistencia al frío y a enfermedades criptogámicas.

2.3. Sistema de riego por goteo

El sistema de riego recomendable para granadilla puede ser microaspersión o goteo, por lo que se enfoca en la aplicación del agua en la región del suelo con mayor concentración de raíces (Rodríguez, 2014).

Castro (2001), indica que una adecuada precipitación para granadilla debe estar entre 1 500 y 2 500 mm distribuidas durante el año, con un requerimiento promedio de 4 mm de agua planta por día. Si el cultivo no cuenta con un sistema de riego, se debe coincidir la prefloración con el máximo de lluvias para obtener mayor rendimiento.

2.3.1. Ventajas de riego por goteo

El riego por goteo permite aplicar el agua frecuentemente, disminuyendo el estrés hídrico en la planta, porque mantiene la humedad del suelo durante todo el ciclo de cultivo, optimizando las condiciones para el desarrollo y crecimiento de las plantas (Liotta *et al.*, 2015).

Permite una mejor aireación y ahorro de agua al aplicar pequeñas cantidades de agua a la zona radical de las plantas en intervalos frecuentes de riego y al emplear fertilizantes a través del mismo, permite obtener productos de mayor calidad y mayores índices de producción, garantizando una mínima pérdida de agua por evaporación o filtración, ahorrando agua hasta en un 60 % (Predes, 2005).

2.4. Fertirrigación

El fertirriego es considerado una buena técnica agrícola, que permite maximizar los rendimientos y a su vez reducir la contaminación ambiental, al reducir fertilizantes (Hagin *et al.*, 2002).

El fertirriego permite distribuir diariamente o semanalmente la aplicación de los fertilizantes de acuerdo con el ciclo vegetativo del cultivo (Vásquez *et al.*, 2014), obteniendo una menor pérdida de nutrientes con una alta eficiencia en la distribución del fertilizante en el suelo (Bello & Pino, 2000).

2.4.1. Ventajas de fertirrigación

La fertirrigación aprovecha al máximo el movimiento del agua del sistema de riego para transportar cada uno de los elementos nutricionales que requieren las plantas hasta el lugar en donde se desarrollan las raíces, permitiendo maximizar los rendimientos y reducir la contaminación ambiental, al incrementar la eficiencia de aplicación, reducir la cantidad y aumentar los beneficios económicos de la inversión en fertilizantes (Kafkafi & Tarchitzky, 2012).

La fertirrigación no interfiere con las operaciones de campo y el terreno se puede trabajar al momento de estar regando, teniendo un mejor control de malezas y reduciendo los riesgos de compactación del suelo por el paso de maquinaria en condiciones de alta humedad. Los costos de operación del riego y la incidencia de enfermedades radiculares debido al mejor control del riego se reducen (Calvache, 2016).

2.5. Efecto de la fertirrigación en el cultivo de granadilla

2.5.1. Altura de planta

Es una medida para identificar y describir las fases más importantes que se presentan durante el crecimiento y desarrollo del tallo de una planta, marcando la aparición, transformación o desaparición de órganos vegetativos y reproductivos, que pueden ser como la aparición de nudos, brotes, flores y frutos (Salazar, 2006).

2.5.2. Índice verdor

Está relacionado con la cantidad de clorofila que presenta en el área foliar de la planta. Al presentar deficiencia de clorofila existe un aumento en la acumulación de almidón en los

cloroplastos, afectando la estructura y la función (González *et al.*, 2009). El SPAD es una herramienta que permite evaluar indirectamente y en forma no destructiva el contenido de clorofila en la hoja por medio de la luz, este equipo usa diodos emisores a 650 y 940 nm de luz para emitir a través de las hojas y así reflejar la condición nitrogenada del cultivo (Sánchez *et al.*, 2015).

Indica el grado de verdor de las hojas en la planta. Cuando el valor medido es alto, las hojas contienen una tonalidad verde oscura (Castro *et al.*, 2011).

2.5.3. Área foliar

Es un parámetro que permite medir el crecimiento y desarrollo del cultivo. Proporciona información para determinar la relación fisiológica con el crecimiento de la planta, la intercepción de luz, temperatura, la evapotranspiración y el riego (Blanco & Folegatti, 2005). Además, la magnitud del área foliar es la capacidad de la cubierta vegetal para poder interceptar la radiación fotosintética activa, que es una fuente de energía que utiliza la planta para la formación de tejidos y compuestos alimenticios que tienen las plantas (Warnock *et al.*, 2006).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. 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.

3.1.1. 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).

3.2. Materiales

3.2.1. Material biológico

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

3.2.2. Material de campo

El sistema de riego por goteo estuvo conformado por (Anexo 2).

- 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 (Anexo 5).

Se utilizó materiales de campo como: azadones, palas, carretillas, rótulos, tijera de podar y piola (Anexo 2).

3.2.3. Insumos

En el presente trabajo se utilizó los siguientes fertilizantes (Tabla 6).

Tabla 6. Concentración de los fertilizantes.

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					9	13
Ácido fosfórico		31				

3.2.4. Material de oficina

- Computadora (Infostat versión Estudiantil 2008).
- Cámara fotográfica.
- Cinta métrica (2 metros).
- Libros de campo.
- Marcadores, lápiz y borrador.

3.2.5. Equipos

- Equipo de medición de índice de verdor (Spad - 502).
- Equipo de medición de área foliar (Área Foliar Portátil Li – COR Li3000A, 2016).
- Calibrador digital (Mitutoyo, modelo Vernier 500 – 159 – 30)
- Estufa (Memmert, Beschickung – Loading Modell 100 – 800, 2008).
- Estufa (Shell lab).
- Balanza de precisión (Shimadzu, modelo LIBROR AEG – 220).
- Agitador automático (Line Multi – Magnestir 1278).
- Potenciómetro (Thermo Scientific, modelo ORION STAR A2011).
- Digestores micro Kjeldahl (Foss).
- Espectrofotómetro de absorción atómica (Savant AA, GBC Scientific equipment).
- Analizador elemental de carbono y nitrógeno (Shimadzu).

3.3. Métodos

3.3.1. Factores de estudio

Se evaluaron los niveles de N y K propuestos en el proyecto de investigación de IICA y FONTAGRO para los países de Colombia y Ecuador.

Los factores en estudio fueron las dosis de N y de K (Tabla 7).

Tabla 7. Niveles de nitrógeno y potasio.

Dosis	N	K
	kg ha ⁻¹	
d1	100	100
d2	200	200

3.3.2. Tratamientos

Los tratamientos se tienen como resultado de la combinación de los factores en estudio (Tabla 8).

Tabla 8. Tratamientos evaluados para la interacción de dos niveles de nitrógeno y de potasio.

Tratamiento	Codificación	Dosis (Kg ha ⁻¹)	
		N	K
1	n1 x k1	100	100
2	n1 x k2	100	200
3	n2 x k1	200	100
4	n2 x k2	200	200

Las dosis de los demás macro elementos (P, 50 kg ha⁻¹; Ca, 50 kg ha⁻¹; Mg, 15 kg ha⁻¹; y S, 35 Kg ha⁻¹) y de los micro elementos (Fe, 892 g ha⁻¹; B, 227 g ha⁻¹; Mn, 487 kg ha⁻¹; Zn, 114 g ha⁻¹ y Cu, 76 g ha⁻¹) se fijaron para los diferentes tratamientos.

3.3.3. Dosis de fertilizantes

La preparación de las soluciones nutritivas que se aplicaron en la investigación en granadilla se detalla en la Tabla 9.

Tabla 9. 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

3.3.4. Unidad experimental

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 (Anexo 1)

3.4. Diseño experimental

3.4.1. 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 (Tabla 10).

Tabla 10. Análisis de varianza.

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

3.4.2. 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).

3.5. Definición de las variables

3.5.1. 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.

3.5.2. 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).

3.5.3. 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).

3.5.4. 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 .

3.5.5. 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.

3.6. Manejo del experimento y métodos de evaluación

3.6.1. Manejo del experimento

3.6.1.1. 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 (Anexo 4).

3.6.1.2. Análisis físico - químico del suelo

El análisis de suelo se llevó a cabo recolectando con un barreno 1 muestra compuesta de 1 kg de suelo a tres profundidades de 0.10, 0.20 y 0.30 m (Anexo 11). La muestra fue llevada al laboratorio de la Estación Experimental Santa Catalina, donde se obtuvo los análisis de propiedades físicas como la densidad aparente y humedad gravimétrica (Anexo 12) y las propiedades químicas como el contenido de materia orgánica, macro y microelementos que se encuentran en el suelo (Anexo 7). El trasplante se realizó cuando las plántulas de granadilla tenían edad de un mes, con 21 cm de altura, con cinco hojas verdaderas, en hoyos de 0.30 m de profundidad (Anexo 2).

3.6.1.4. 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.

3.6.1.5. 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 (Anexo 12),

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) (Anexo 4), cada solución se preparó los días lunes, miércoles y viernes; durante los días martes y jueves se realizó riego con agua sin fertilizantes (Anexo 5).

A los 20 cm de profundidad se registró la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente (Anexo 10, Anexo 11, Anexo 12)

3.6.1.6. Tutorio

El tutorio de las plantas de granadilla se realizó en un sistema de emparrado con una piola plástica en soportes de madera.

3.6.1.7. Control de plagas y enfermedades

Se realizaron monitoreos frecuentes cada 8 días para determinar la presencia de plagas y enfermedades, los controles fitosanitarios fueron para lepidópteros con aplicaciones de (*Permetrthrin*) 1.0 cc por litro, en dos aplicaciones con intervalos de 8 días y para el control de masticador con (*Chlorpyrifos 50 + Cypermethrin 5%*) en 20 litros de agua, de acuerdo con las recomendaciones de los técnicos de campo en la Granja Experimental Tumbaco (Anexo 2).

3.6.1.8. Control de malezas

El control de malezas se realizó en forma manual cada mes.

3.6.1.9. Poda de mantenimiento o sanitaria

La poda de mantenimiento consistió en eliminar en forma manual brotes axilares, junto con hojas secas y enfermas que se encontraban en la planta empleando una tijera de podar para evitar cicatrices en la granadilla.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de la presente investigación de tesis, 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.

4.1. Pruebas de normalidad y varianzas constantes

Las pruebas de normalidad y varianzas constantes para la etapa vegetativa de la granadilla en esta investigación se presentan en el Anexo 15. A los datos obtenidos en la fase campo se evaluaron a través de la prueba estadística de Shapiro Wilks y Levene para verificar la normalidad y la homogeneidad en las variables evaluadas.

4.2. Altura de planta

El análisis de la varianza para altura de planta (Tabla 11), 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 n2 (200 kg ha⁻¹) y k2 (200 kg ha⁻¹) alcanzaron los mayores valores en altura de planta (Tabla 12); de igual manera, en la interacción con la dosificación n2 x k2 (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 (Table 13).

Tabla 11. 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	**	99.20	**	201.29	**	136.36	**	205.49	**	384.94	**
K	1	4.28	ns	4.49	ns	0.92	ns	109.05	**	155.38	**	127.69	**
N x K	1	64.24	**	17.72	**	5.26	*	150.37	**	216.97	**	68.06	**
Error	12	17.67		25.70		66.40		80.58		219.44		660.51	
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 12. 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.

Table 13. 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	ab	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

Resultados similares 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 *et al.* (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%; Aiyelaagbe *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 e igual 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; Santos, 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.

4.3. Diámetro de tallo de la planta

El análisis de la varianza (Tabla14) 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.

Tabla14. 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

Estudios similares como Suárez & Tomalá (2012), quienes señalan 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; Utsunomiya, 1992), 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).

4.4. Índice de verdor

En la Tabla 15, 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 16) y para la interacción de dosis de N x dosis de K (Tabla 17), 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 15. El análisis de varianza para el índice de verdor 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	217.78	**	13.80	**	18.47	**	13.05	**	0.03	ns	7.16	**
K	1	53.84	**	0.66	ns	36.69	**	6.09	*	93.75	**	114.33	**
N x K	1	23.79	**	89.59	**	33.50	**	18.94	**	15.82	**	16.46	**
Error	12	11.39		12.19		43.51		39.40		5.56		8.06	
CV (%)		7.37		6.30		12.87		10.41		5.15		5.06	
Promedio (SPAD)		45.78		55.41		51.23		60.28		45.73		56.05	

ddt: días después del trasplante.

ns: no significativo.

****:** altamente significativo.

***:** significativo.

Tabla 16. 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 17. 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

Estudios similares a la actual investigación fueron obtenidos por Cavalcante *et al.* (2009), Mendonca *et al.* (2010) y Castro *et al.* (2011), 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 (Salisbury & Ross 1992; Potash and Phosphate Insitute, 1997; Schlemmer *et al.*, 2013). Al aplicar elementos sinérgicos como el N y K (Soriano, 2011; Latsague, Sáez &

Mora, 2014), 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).

4.5 Área foliar

En el análisis de la varianza para el área foliar (Tabla 18), 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 19), al igual que para la interacción de N x K (Tabla 20), 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 18. 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	141.91	**	319.69	**	198.25	**	2.61	**	488.63	**	75.60	**
K	1	362.81	**	478.30	**	3.65	*	34.05	**	663.32	**	874.38	**
N x K	1	255.44	**	143.40	**	19.05	**	0.20	ns	3.19	**	454.76	**
Error	12	299.87		315.59		311.41		447.12		757.44		908.16	
CV (%)		33.18		30.59		34.55		28.57		30.26		22.14	
Promedio (cm)		52.19		58.08		51.08		74.01		90.96		136.13	

ddt: días después del trasplante

ns: no significativo

****:** altamente significativo

***:** significativo

Tabla 19. 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	b
n2	55.17	a	62.55	a	54.60	a	74.41	a	96.49	a	138.31	a
k1	56.95	a	53.55	a	51.56	a	75.47	a	84.52	b	128.74	b
k2	47.43	b	52.61	b	50.60	b	72.55	b	97.40	a	143.53	a

ddt: días después del trasplante.

Tabla 20. 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.

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 (2007), 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).

4.6. Relación entre el índice de verdor y área foliar

4.6.1. Nitrógeno y Potasio

La relación entre el área foliar y el índice de verdor, durante la fase de crecimiento vegetativo en granadilla para los efectos principales de N y K, mostró que el índice de verdor y área foliar tienen una tendencia lineal positiva, existiendo una zona de intercepción entre las dos variables e indicando una relación directa (Anexo 13, Anexo 14), es decir que, mientras el área foliar sea inferior, el índice de verdor será superior para los 2 efectos principales, alcanzando un punto máximo. De acuerdo con Aiyelaagbe *et al.* (2005) y Soriano (2011), señalan que tanto N y K tiene un efecto sinérgico sobre el desarrollo vegetativo de las plantas, donde Pezonaga (2013) y Lizarazo *et al.* (2013) manifiestan que al enriquecer suelos con N y K promueve la síntesis de clorofila así como el incremento en área foliar.

Existe un declive en la variable índice de verdor, debido a que las hojas muestreadas llegaron su punto máximo de madurez fisiológica y posteriormente al estado de senescencia.

4.7. Concentración de nutrientes

El análisis de varianza (Tabla 21), para la concentración de nutrientes a los 270 ddt, registró que en los efectos principales de N y K no se detectaron diferencias estadísticas, de igual manera para la interacción de N x K, aunque a los 180 ddt se obtuvo una diferencia estadística.

Tabla 21. Análisis de la varianza para la concentración de nutrientes foliar desde los 90 hasta los 270 ddt.

F. de V.	G. L.	Cuadrados medios											
		N						K					
		90 ddt		180 ddt		270 ddt		90 ddt		180 ddt		270 ddt	
Total	15												
N	1	0.02	ns	0.11	ns	0.05	ns	0.23	ns	1.12	ns	1.94	ns
K	1	0.03	ns	0.21	ns	0.0001	ns	0.01	ns	0.86	ns	0.51	ns
N x K	1	0.07	ns	6.70	*	0.01	ns	0.64	ns	0.19	ns	0.00063	ns
Error	12	0.01		0.47		0.08		0.07		0.14		0.21	
CV (%)		2.57		14.50		6.76		8.75		10.60		12.93	
Promedio (%)		4.35		4.74		4.12		2.96		3.53		3.57	

ddt: días después del trasplante

ns: no significativo

***:** significativo

Recalde & López (2008), mencionan que en *P. edulis* bajo curvas de absorción de macronutrientes con tres dosis (alta, media y baja), la concentración foliar en N a los 90 ddt fue del 5.62%, a 120 ddt del 6.12 % y a los 240 ddt un 4.58 %, mientras que en K se obtuvo 3.98 % a los 90 ddt, a los 120 ddt 3.60 % y a los 240 ddt registró 3.63 %, donde no se registraron diferencias estadísticas; también Silva *et al.* (2016), indican que las concentraciones de N en hojas de *P. edulis* amarilla presentaron un crecimiento exponencial con aumento de N, con la dosis más alta (64 g kg⁻¹) registrada en el nivel máximo de N de la hoja (350 kg ha⁻¹), obteniendo significancia estadística. Al tener escasez de N en las hojas causan pérdidas por lixiviación o desnitrificación (Rodríguez, 2010) y surgen desbalances con calcio y magnesio, desfavoreciendo la disponibilidad de K en la planta (Rodríguez, 2004), al conseguir significancia se aumenta la concentración de N en la hoja por ser un efecto positivo proporcionado por la humedad en el suelo a la absorción de nitrato de amonio por la raíz (Keeling *et al.*, 2003), mientras que K al acumular sacarosa en hojas afecta a la fotosíntesis interrumpiendo la cadena de azúcar y el crecimiento de la planta, por lo que al encontrar otros elementos en el suelo, no se reportó diferenciación en la concentración foliar de nutrientes N y K hasta los 270 ddt.

5. CONCLUSIONES

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.
- La relación entre el área foliar y el índice de verdor en la fase vegetativa de la granadilla reportó un efecto positivo de manera directa para ambas variables, considerando que a los 200 ddt, las dos curvas se interceptan, alcanzando un punto máximo y determinando que a menor área foliar mayor será el índice de verdor.

6. RECOMENDACIONES

Según los resultados obtenidos en la investigación, se recomienda lo siguiente:

- Desarrollar futuras investigaciones para obtener curvas de absorción bajo fertirrigación, adaptando distintas fuentes de fertilizante y mas de 2 dosificaciones e implementando una mayor lámina de riego a la aplicada en passifloras.
- Instalar una estación meteorológica que se encuentre cerca de la localidad donde se desarrolle la investigación, ya que será de gran aporte para obtener información sobre el clima (precipitación y humedad).

7. RESUMEN

La granadilla (*Passiflora ligularis*) es un frutal sudamericano que se consume en fresco y se comercializa a nivel nacional en las zonas productoras (Ocampo *et al.*, 2017), donde la producción ecuatoriana se concentra en la provincia de Imbabura y Tungurahua (Contreras, 2001). Mientras que Colombia, al ser el principal país exportador de Sudamérica, ha incrementado áreas de producción a partir del 2012 (Miranda, 2012). En búsqueda de mejorar la producción, se ha establecido investigar el efecto de la fertirrigación con diferentes dosis de nitrógeno (N) y potasio (K). Los objetivos de este estudio fueron, la evaluación del efecto de la concentración foliar, la relación entre índice de verdor y área foliar en fase de crecimiento vegetativo. La investigación se desarrolló en la Granja Experimental Tumbaco-INIAP, bajo un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 2 x 2, con cuatro tratamientos, cuatro observaciones y en cada observación seis plantas con un total de 96 plantas. Los tratamientos resultaron de la combinación de las dosis de N (100, 200 kg ha⁻¹) y K (100, 200 kg ha⁻¹). Las variables analizadas fueron: altura de planta, diámetro de tallo, índice de verdor, área foliar y concentración foliar de nutrientes. Los resultados obtenidos presentaron que las dosis N y K tuvieron significancia estadística a diferencia del diámetro y concentración de nutrientes. En conclusión, los tratamientos con dosis altas de N y K lograron un efecto positivo a la respuesta en la altura de planta, AF e IV sobre la fase del crecimiento vegetativo del cultivo de granadilla bajo fertirriego en Ecuador.

8. BIBLIOGRAFÍA

- 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. Vol. 3 (3&4): 62 - 64.
- Barker, A., & Pilbeam, D. (2015). *Handbook of plant nutrition*. CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, FL.
- Bello, M., & Pino, M. (2000). *Metodologías de fertirrigación*. Chile: Boletín INIA 19: 18.
- Bernal, E., & Cabrera, C. (2006). *Manual técnico del cultivo de granadilla (Passiflora ligularis Juss) en el departamento del Huila*. Huila, Colombia: s.n.
- Blanco, F., & Folegatti, M. (2005). *Estimation of leaf area for greenhouse cucumber by linear measurements under salinity and grafting*. Revista Science Agrícola 62 (4): 305-309.
- Cabrera, C. (2006). *Caracterización de las propiedades físicas y químicas del fruto de granadilla, passiflora ligularis juss*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- 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 Ciencias Agrarias. Vol. 4. N.4: 414 - 420.
- Calvache, A. (2016). *Fertirriego en el Ecuador*. (May).
- Cartagena, Y. (2014). *Determinación de la demanda nutricional de nitrógeno en brócoli (Brassica oleracea italica)*. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de Doctor en Ciencias. Montecillo, México: Colegio de Posgraduados, Instituto de Enseñanza e investigación en Ciencias Agrícolas.
- Castro, C. (2001). *Guía básica para el establecimiento y mantenimiento del cultivo de la granadilla (Passiflora ligularis)*. Bogota, Colombia: Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola.
- Castro, C. (2003). *Manual de Producción, Cosecha y Postcosecha de la Granadilla*. San Jose, Costa Rica: Ministerio de Agricultura y Ganadería. disponible en URL: http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec-granadilla.pdf.
- 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
- Cerdas M, & Castro, J. (2003). *Manual práctico para la producción, cosecha y manejo postcosecha del cultivo de granadilla*. San Jose: Imprenta Nacional.

- Chávez, F., & Rivadeneira, J. (2003). *Manual del cultivo de maracuya (Passiflora edulis)*. Quito: Pasquel Producciones.
- Contreras, A. (2011). *Análisis Financiero del sector micoempresarial*. disponible en URL: http://www.academia.edu/9833128/TESIS_PROYECTO_FACTIBILIDAD_DE_EXPORTACION_DE_GRANADILLA.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) (2011). *Manejo fitosanitario del cultivo de la granadilla Passiflora ligularis. Medidas para la temporada invernal Sanidad agropecuaria e inocuidad en la producción primaria*. 29. disponible en URL: https://www.researchgate.net/profile/Gerhard_Fischer/publication/280310324_Granadilla_Passiflora_ligularis_Juss_Caracterizacion_ecofisiologica_del_cultivo/links/55b1453d08ae9289a084cce3/Granadilla-Passiflora-ligularis-Juss-Caracterizacion-ecofisiologica-del-cultivo.pdf.
- Corpocauca. (2007). *Alianza productiva en maracayá para campesinos vulnerables y en situación de desplazamiento*. Guadalajara, México: Municipio de Buga. disponible en la URL: <https://www.yumpu.com/es/document/view/14512919/corpocauca-observatorio-de-alianzas-productivas>.
- Cruz, J. (2003). *Fertilización en plántulas de Abies religiosa (H. B. K.) Schl. et Cham. y Pinus ayacahuite Ehre en vivero*. México. disponible en la URL: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6115/1/T-ESPE-IASA%20II-002463.pdf>
- Díaz, D., & Múnera, G. (2002). *Contribución al conocimiento de los sistemas productivos de tomate de árbol, lulo, granadilla y mora en Colombia*. Medellín, Colombia: IV Seminario Nacional de Frutales de Clima Frío Moderado.
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, Mg., & González, L. (2011). *Grupo Insfostat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba*.
- Escobar, L. (1988). *Passifloraceae. Flora de Colombia 10*. Bogotá, Colombia: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- Fairhurst, T. (1999). *Uso eficiente de nutrientes en la plama aceitera: medición y manejo*. The Planter 75, 173 - 177.
- Fischer, G., Casierra, P., & Piedrahita, W. (2009). *Ecofisiología de las especies pasifloráceas cultivadas en Colombia. Cultivo, postcosecha y comercialización de las pasifloráceas*. Colombia: Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas.

- 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 bioquimicas do maracujazeiro (Passiflora edulis Sims) ao déficit hídrico*. Vitória. Brasil: Universidade Federal do Espiritu Santo.
- Girón, V. (1991). *Biología floral de dos especies de pasifloras*. Bogotá, Colombia: Primer Simposio Internacional de Passifloras.
- González, A., Figueroa viramontes, U., & Delgado, J. (2009). *Calibración del spad-502 para evaluar requerimientos de nitrógeno en maíz forrajero*. Terra Latinoamericana 27(4) disponible en URL: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792009000400004.
- Guerrero, R. (2001). *Fertilidad de suelos, diagnóstico y control. Fundamentos técnicos para la fertilización de cultivos*. Bogotá, Colombia: Guadalupe.
- Hagin, J., Sneh, M., & Lowengart, A. (2002). Fertigation - fertilization through irrigation. Johnston. International Potash Institute. Basilea. IPI Research Topics 23
- Huber, S., Huber, J., Campell, W., & Redinbaugh, M. (1992). *Comparative stuates of the light modulation of nitrate reductase and sucrose- phosohate synthase activitis in spinach leaves*. Plnta Physiol 100: 706- 712
- Instituto Nacional de Meteorología en Hidrología (2019). *Precipitación, humedad relativa*. Quito, Ecuador: Autor.
- Iñiguez, M. (2007). *Fertilidad, fertilizantes y fertilización de suelo*. Loja: Universidad de Loja.
- Jones, W. (2008). *Efecto de las deficiencias nutricionales en la distribución de la materia seca en plantas de vivero de curuba (Passiflora mollissima Bailey)*. Agronomia Colombiana 26(2):197-204 disponible en URL: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/13495>.
- Jorge, A., & Bernal, E. (2006). *Manuel técnico del cultivo de granadilla (Passiflora ligularis Juss)*. Lima, Perú: disponible en URL: <https://studylib.es/doc/5443949/manual-tecnico-del-cultivo-de-granadilla>.
- Kafkafi, U., & Tarchitzky, J. (2012). *Fertirrigación. Una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua (Primera)*. París: Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes (IFA) - Instituto Internacional de la Potasas (IPO).

- Keeling, A., McCallum, K., & Beckwit, C. (2003). Mature green waste compost enhances growth and nitrogen uptake in wheat (*Triticum aestivum* L.) and oilseed rape (*Brassica napus* L.) through the action of water-extractable factors. Crop and Environment Research Centre, Harper Adams University College, Newport, Shropshire, TF10 8NB, UK 127 - 132
- Lasprilla, D., Buitrago N., & Gutiérrez, C. (2015). *Un modelo para el manejo de la nutrición en el cultivo de la granadilla (Passiflora ligularis Juss)*. Universidad Nacional de Colombia: 119-152.
- 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.* Escuela de Ciencias Ambientales, Facultad de Recursos Naturales, Universidad Católica de Temuco, Casilla 15-D, Temuco, Chile.
- Liotta, M., Carrión, R., Ciancaglini, N., & Olguín, A. (2015). Riego Por Goteo, 158. disponible en URL: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_riego_por_goteo.pdf
- 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.
- López, S., & Santana, J. (2016). *Producción y comercialización de la maracuyá para proponer a incrementar los productos exportables desde la 46 provincia de Manabí.* Ecuador: Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Facultad de comercio Exterior y negocios Internacionales.
- Mendonca, A., Araújo, J., Soares, T., & Guerra, D. (2010). *Cracterísticas fisiológicas de mudas de Eucalyptus spp sometidas a estresse salino.* Ciencia Forestal, Santa María. Vol. 20. N.2: 255-267.
- Ministerio de Agricultura, Ganaderia, Acuacultura y Pesca (MAGAP) (2000). *Guía tecnológica y de posibilidades de inversión de cultivos no tradicionales. Localización de Cultivos de Granadilla.* Quito, Ecuador: Autor.
- Ministerio de Agricultura, Ganaderia, Acuacultura y Pesca (MAGAP) (2015). *La política agropecuaria.* Quito, Ecuador: Autor.
- Miranda, D. (2012). *Manejo Integrado del cultivo de la granadilla, Passiflora ligularis Juss, Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas.* Colombia: Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas.

- Moura, R., Marques, A., Silva, E., Junior, G., De Sousa, T., & Da Silva, E. (2017). Nutritional status of yellow passion fruit submitted to nitrogen sources by fertigation. *Comunicata Scientiae* 8 (4): 562-569.
- Núñez, V. (2010). *Estado del arte de la investigación en uchuva Physalis peruviana* L.Colombia: Corpoica. disponible en URL: https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13137/74250_65667.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Ocampo, J., Eeckenbrugge, G., Restrepo, M., Jarvis, A., Salazar, M., & Caetano, C. (2007). *Diversity of Colombian Passifloraceae: Biogeography and an Updated List For Conservation*. Biota Colombiana, año/vol. 8, número 001. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. pp. 1-45
- Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO) (2006). *Granadilla (Passiflora ligularis Juss)*. disponible en URL: http://www.fao.org/in-action/inpho/publicaciones/es/?page=2&ipp=5&tx_dynalist_pi1%5Bpar%5D=YToxOntzOjE6IkwiO3M6MToiMiI7fQ%3D%3D.
- Pezonaga, S. (2013). *En los programas de fertilización nitrogenada de trigo (Triticum aestivum L.)*. Universidad Pública de Navarra. disponible en URL: <https://academica-e.unavarra.es/handle/2454/8785>.
- Potash and Phosphate Institute (1997). *Manual Internacional de fertilidad de suelos*. Norcross, US. 146.
- Predes. (2005). Manual de operación y mantenimiento de un sistema de riego por goteo, 26. disponible en URL: http://www.predes.org.pe/predes/cartilla_riegoteo.pdf.
- Rajput, K., & Baijnath, H. (2016). Stem anatomy of some species of *Passiflora* (Passifloraceae). *IAWA Journal* 37 (3): 431-443.
- Rao, B.N., Jha, A.K., Deo, C., Kumar, S., Roy, S., Ngachan, S.V. (2013). Effect of irrigation and mulching on growth, yield and quality of passion fruit (*Passiflora edulis* Sims.). *Journal of Crop and Weed*, 9 (1): 94-98.
- Recalde, M., & López, X. (2008). *Curvas de absorción de macroelementos, durante el primer año de desarrollo del cultivo de maracuyá (Passiflora edulis)*. Santo Domingo de los Colorados, Ecuador: Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Rivera, B., Miranda, D., & Ávila, L. (2002). *Manejo integral del cultivo de la granadilla (Passiflora ligularis Juss)*. Manizales, Colombia.
- Rodríguez, F. (2004). *Fertilizantes, nutrición vegetal. (2 edición)* México: Universidad Nacional de Colombia. disponible en URL:

<http://bdigital.unal.edu.co/56649/1/1053794741.2017.pdf?fbclid=IwAR2kW8Bj3xQOw77RTJZvjAP5ojL1S4BJgR3xiAFew4v8j3YD14D1aYIt8K4>.

Rodríguez, F. (2010). Manual de Nutrición Vegetal. U.T.A. F.I.A. Ambato. 162. Obtenido de:

<http://bdigital.unal.edu.co/56649/1/1053794741.2017.pdf?fbclid=IwAR2kW8Bj3xQOw77RTJZvjAP5ojL1S4BJgR3xiAFew4v8j3YD14D1aYIt8K4>.

Rodríguez, F. (2014). *Cultivo do maracuya amarelo irrigado*. Bogota, Colombia: Centro Universitario de Goiás.

Salisbury, F., & Ross, C. (1992). *Fisiología vegetal*. Editorial Iberoamerica. México DF. 319-338.

Sanchez, A., Delgado, R., Lorbes, J., Rodríguez, V., Figueredo, L., & Gómez, C. (2015). *Diagnóstico e índice para fertilización nitrogenada en etapa vegetativa del cultivo maiz (Zea mays L.)*. Revista Unellez de Ciencia y Tecnología. 33 (0): 75-82

Santos, Jerffson., Matsumoto, Sylvana.,De Oliveira, Perla., D'Arede, Lucialdo., Brito, Carmen., Viana, Anselmo. (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 variedadesde papa (Solanum tuberosum L.)*. Revista Nacional de Agronomía. 67(1):5253-6266 disponible en URL: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/24945/36978>.

Schelmmer, M., Gitelson, A., Schepers,, J., Ferguson, R., Peng, Y., Shanahan, J., Rundquist, D. (2013). Remote estimation of nitrogen and chlrophyll 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., Lessa, T., 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*. Vol. 11(35): 3307-3313.

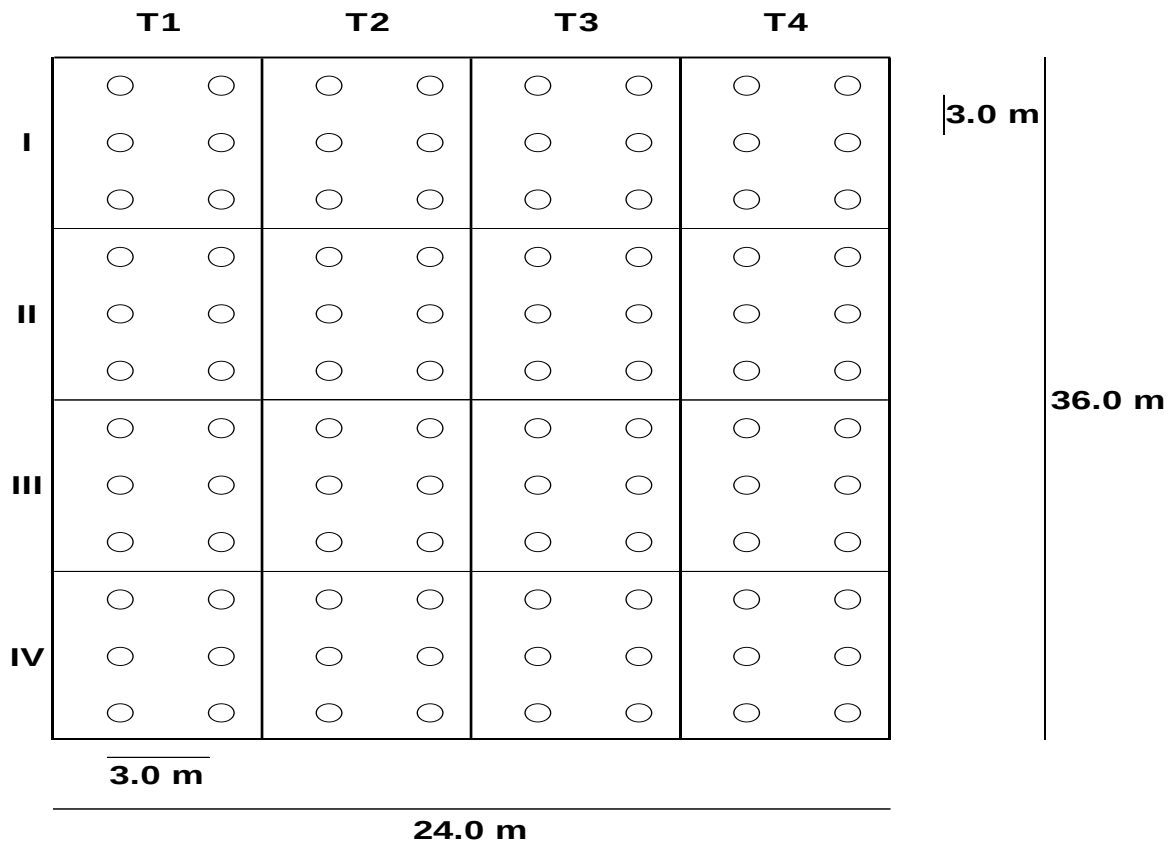
Solagro, (2006). Granadilla. disponible en URL:<http://www.solagro.com.ec/web/cultdet.php?vcultivo=GRANADILLA>.

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*. Montecillo. Tesis de Postgrado de maestría en Ciencias. 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*. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de Ingenieros en Agronomía. Libertad, México: Universidad Estatal Península de Santa Elena, Facultad de Ciencias Agrarias.
- Utsunomiya, N. (1992). *Effect of temperature on shoot growth, flowering and fruit growth of purple passionfruit (Passiflora edulis Sims var. edulis)*. *Scienca Horticulturae*, 52 (1-2), 63-68.
- Valarezo, A., Mendoza, H., Alvarez, J., & Vasquez, W. (2014). *El cultivo de maracuyá. Manual técnico para su manejo en el litoral ecuatoriano*. Quito, Ecuador. disponible en: <http://C:/Users/GIOVANY/Downloads/116%20EL%20CULTIVO%20DE%20MARACUYA%20EN%20ECUADOR.pdf>.
- Vásquez, A., Zetina, R., & Meneses, I. (2014). *Extracciones nutrimentales en tres cultivos básicos en Veracruz, México*. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 2(3), 347-353
- Wang, Y., & Wu, W.-H. (2017). *Regulation of potassium transport and signaling in plants. Current Opinion in Plant Biology*. China Agricultural University. Beijing, China. 39, 123–128.
- Warnock, R., Valenzuela, J., Trujillo, A., Madriz, P., & Gutierrez, M. (2006). *Área Foliar Componentes Del area foliar*. Venezuela: Universidad Central de Venezuela.

9. ANEXOS

Anexo 1. Disposición del experimento en campo.



Anexo 2. Fotografías de la investigación en campo



1.- Parcela antes de la implementación.

3.- Tutoreo de las plantas de granadilla.

5.- Siembra de plantas nuevas.

2.- Sistema de riego automatizado.

4.- Control de plagas y enfermedades.

6.- Fase vegetativa en granadilla.

Anexo 3. Fotografías de la toma de datos de las variables en estudio.



7.- Altura de planta.

9.- Área foliar.

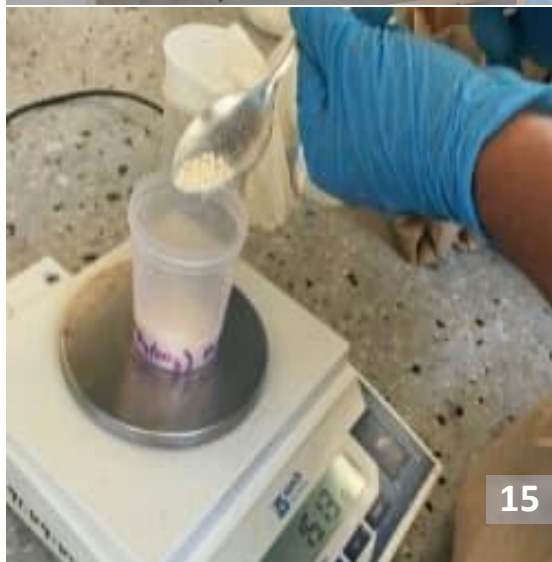
11.- Colecta de hojas para análisis foliar.

8.- Diámetro de tallo.

10.- Índice de verdor.

12.- Concentración de nutrientes foliar.

Anexo 4. Fotografías del pesado de los fertilizantes empleados y empaquetados por dosis para cada tratamiento de la investigación.



13.- Fertilizante empleado y empaquetado.

14.- Pesaje de fertilizante.

15.- Pesaje de nitratos.

16.- Disolución de fertilizantes para cada tratamiento en campo.

Anexo 5. Fotografías de prueba de riego en campo.



17.- Medición de pH de agua.

18.-Toma de presión al final del riego.

19.- Medición de la cantidad de agua por tiempo.

20.- Controlador de riego.

Anexo 6. Resultado del análisis de suelo y raíz para descartar la presencia de nemátodos.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE NEMATOLOGÍA Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Telef.: 02-22372-844/2372-845	PGT/N/09-FO01 Rev. 7
	INFORME DE ANÁLISIS	
	Hoja 1 de 1	

Informe N°: LN-N-118-001
 Fecha emisión informe: 30/11/2018

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante: INIAP

Dirección: Tumbaco

Provincia: Pichincha

Cantón: Quito

Teléfono: ---

Correo Electrónico: ---

N° Orden de Trabajo: ---

N° Factura/Documento: ---

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra: Suelo y raíz

Conservación de la muestra: Envase Apropriado

Cultivo: Granadilla

Variedad: No informa

País: Ecuador

Provincia: Pichincha

Cantón: Quito

Parroquia: Tumbaco

Coordenadas: X: NI

Y: NI

Altitud: NI

Responsable de toma de muestra: Milton Hinojosa

Fecha de toma de muestra: 22/11/2018

Fecha de inicio del análisis: 23/11/2018

Fecha de recepción de la muestra: 22/11/2018

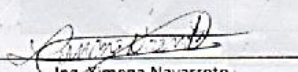
Fecha de finalización del análisis: 29/11/2018

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	TIPO DE ANÁLISIS	MÉTODO	FAMILIA	GÉNERO/ESTADIO	ESPECIE	CONTEO	UNIDAD
N-18-001	Granadilla	Nematológico suelo	PEE/N/09 PEE/N/14	Meloidogynidae Tylenchidae	Pratylenchus Trichodorus Scutellonema Telotylenchus	spp. Spp. Spp. Spp.	20 12 20 28	Nemátodos /100 g de suelo
		Nematológico raíz	PEE/N/02 PEE/N/14	- -	Fitoparásitos Saprophytos	- -	0 0	Nemátodos /10 g de raíz

Analizado por: Ing. Ximena Navarrete

Observaciones: En la muestra de suelo se encontró la presencia de nemátodos de los géneros: *Pratylenchus* spp, *Trichodorus* spp, *Scutellonema* spp. y *Telotylenchus* spp. en poca cantidad. En la muestra de raíz no se encontró nemátodos fitoparásitos ni saprophytos. No es daño nematológico.


 Ing. Ximena Navarrete
 Responsable Técnico
 Laboratorio de Nematología


AGROCALIDAD
 AGENCIA DE REGULACIÓN Y
 CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO
 LABORATORIO DE NEMATOLOGÍA
 TUMBACO - ECUADOR

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin autorización del Laboratorio.

Anexo 7. Reporte de Análisis de Suelo.

N° Muestra laboratorio	Lote	Ph	ppm		meq/ 100 ml					ppm			
			NH4	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
48966	Muestra 1	7.07 PN	42.00 M	194.00 A	12.00 M	0.71 A	7.60 M	3.40 A	13.00 A	9.00 A	39.00 A	5.40 M	0.80 B
48967	Muestra 2	6.89 PN	49.00 M	86.00 A	13.00 M	0.91 A	7.40 M	2.80 A	5.00 M	6.50 A	44.00 A	3.60 B	0.70 B

Continuación del Anexo 7...

N° Muestra laboratorio	Lote	%	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/ 100 ml
		M.O	Mg	K	K	Bases
48966	Muestra 1	2.60 B	2.24	4.79	15.49	11.71
48967	Muestra 2	3.30 M	2.64	3.08	11.21	11.11

Anexo 8. Reporte de Análisis Físico en el Suelo.

No. Laboratorio	Identificación de la muestra	(%)			Clase textura
		Arena	Lima	Arcilla	
4844	GPI-I	56	29	15	Franco Arenoso
4845	GPI-II	52	31	17	Franco
4846	GPI-III	56	33	15	Franco Arenoso
4847	GPI-I	56	29	15	Franco Arenoso
4848	GPI-II	56	29	15	Franco Arenoso
4849	GPI-III	56	29	15	Franco Arenoso
4850	GPI-I	56	29	15	Franco Arenoso
4851	GPI-II	52	31	17	Franco
4852	GPI-III	53	27	15	Franco Arenoso

Anexo 9. Balance hídrico del cultivo de granadilla.

DDT	P (mm)	Pe (mm)	Ev (mm)	Kc	Kp	Eto (mm)	Etc (mm)	CC (mm)	PMP (mm)	PW (mm)	RIEGO (mm)	BALANCE (mm)	Hs (mm)
1	3.10	3.09	43.20	0.40	0.72	31.10	12.44	59.52	19.82	39.67	0.44	59.52	
11	3.10	3.09	42.60	0.40	0.72	30.67	12.27	59.52	19.82	39.67	0.22	50.56	58.43
21	1.00	1.00	35.40	0.40	0.72	25.49	10.20	59.52	19.82	39.67	0.22	41.59	
31	7.50	7.46	43.90	0.40	0.72	31.61	12.64	59.52	19.82	39.67	6.22	42.62	50.72
41	0.00	0.00	65.70	0.40	0.72	47.30	18.92	59.52	19.82	39.67	10.00	33.70	
51	0.20	0.20	46.20	0.40	0.72	33.26	13.31	59.52	19.82	39.67	8.00	28.59	50.70
61	32.20	31.77	41.60	0.40	0.72	29.95	11.98	59.52	19.82	39.67	8.00	56.38	
81	0.00	0.00	71.70	0.40	0.72	51.62	20.65	59.52	19.82	39.67	8.00	43.73	48.10
91	0.60	0.60	62.80	0.40	0.72	45.22	18.09	59.52	19.82	39.67	8.00	34.25	
101	18.50	18.29	43.60	0.40	0.72	31.39	12.56	59.52	19.82	39.67	8.00	47.98	41.50
111	0.10	0.10	63.10	0.40	0.72	45.43	18.17	59.52	19.82	39.67	10.00	39.91	
121	17.80	17.41	53.20	0.40	0.72	38.30	15.32	59.52	19.82	39.67	8.00	49.99	73.18
131	5.00	4.97	41.60	0.40	0.72	29.95	11.98	59.52	19.82	39.67	8.00	50.98	
141	60.40	57.47	45.40	0.40	0.72	32.69	13.08	59.52	19.82	39.67	10.00	105.38	49.53
151	66.60	64.06	34.30	0.40	0.72	24.70	9.88	59.52	19.82	39.67	8.00	167.55	
161	11.80	11.74	35.40	0.40	0.72	25.49	10.20	59.52	19.82	39.67	8.00	177.10	63.37
171	79.30	76.12	34.60	0.70	0.72	24.91	17.44	59.52	19.82	39.67	8.00	59.52	
181	52.80	50.53	29.10	0.70	0.72	20.95	14.67	59.52	19.82	39.67	10.00	105.39	55.56
191	1.60	1.60	37.50	0.70	0.72	27.00	18.90	59.52	19.82	39.67	8.00	96.09	
201	0.50	0.50	41.40	0.70	0.72	29.81	20.87	59.52	19.82	39.67	8.00	83.72	57.86
211	0.00	0.00	69.40	0.70	0.72	49.97	34.98	59.52	19.82	39.67	2.00	50.74	
221	23.10	22.89	33.40	0.70	0.72	24.05	16.83	59.52	19.82	39.67	8.00	64.80	53.92
231	0.00	0.00	51.40	0.70	0.72	37.01	25.91	59.52	19.82	39.67	8.00	46.90	
241	33.80	32.95	46.10	0.70	0.72	33.19	23.23	59.52	19.82	39.67	8.00	64.61	72.18
251	4.00	3.98	39.10	0.70	0.72	28.15	19.71	59.52	19.82	39.67	10.00	58.89	
261	30.90	30.25	41.00	0.70	0.72	29.52	20.66	59.52	19.82	39.67	8.00	76.48	61.41
271	161.60	149.35	33.20	0.70	0.72	23.90	16.73	59.52	19.82	39.67	8.00	59.52	
281	27.80	26.88	40.80	0.70	0.72	29.38	20.56	59.52	19.82	39.67	8.00	73.84	60.31

Anexo 10. Humedad gravimétrica del suelo a tres profundidades.

Presión (Bares)		0.0	0.33	0.5	1	3	5	15
Profundidad (cm)	0 -10	51.50	26.20	24.40	19.70	12.70	10.60	7.80
	10 -20	50.00	24.80	23.10	20.70	13.30	10.70	8.30
	20 -30	49.70	25.80	23.30	21.40	13.70	11.80	9.90

Anexo 11. Láminas de riego a tres profundidades.

Profundidad. mm	C.C	Θc	Lámina (mm)
100	0.26	0.24	1.90
200	0.24	0.19	10.20
300	0,25	0,20	15,30

Anexo 12. Cálculo de la lámina y tiempo de riego.

La lámina de riego aplicada para la investigación, se la realizó aplicando una eficiencia del sistema de riego por goteo autocompensado con el 90 %.

Según Cartagena (2014), mediante las siguientes fórmulas se calculó el valor de la lámina bruta inicial y el tiempo de riego.

$$L_{bi} = \frac{Q \times CU \times Tr}{\left(\frac{D_p + D_l}{N^{\circ}l}\right) \times D_G \times F_h} \quad Tr = \frac{L_{bi} \times \left(\frac{D_p + D_l}{N^{\circ}l}\right) \times F_h}{Q \times CU}$$

Dónde:

L^{bi} = Lámina de riego bruta inicial (mm).

D_g = Distancia entre gotero (m).

D_l = Distancia entre líneas doble (m).

D_p = Distancia entre hileras (m).

F_h = Factor de fumedecimiento (%).

Q = Caudal del emisor ($l\ h^{-1}$).

CU = Coeficiente de uniformidad (%).

$N^{\circ}l$ = Número de línea.

Tr = Tiempo de riego (h).

El valor de la lámina de riego brutal inicial aplicada en la siguiente fórmula es (Cartagena, 2014):

$$L_{bi} = \frac{1.60 \times 0.90 \times 0.30}{\left(\frac{0.30 + 2.70}{2}\right) \times 0.30 \times 0.50}$$

$$L_{bi} = \frac{0.432}{0.225}$$

$$L_{bi} = 1.92 \approx 2 \text{ mm}$$

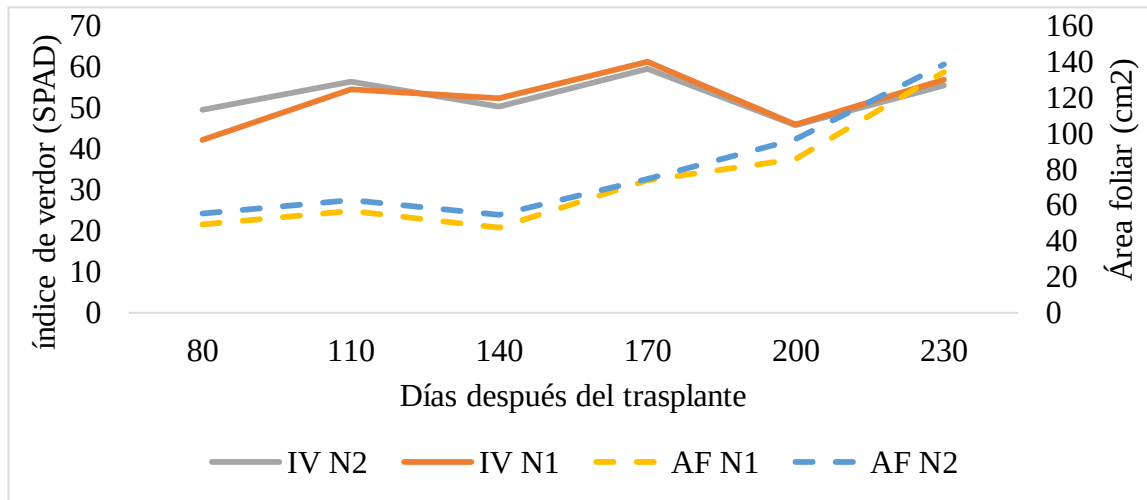
Según Cartagena (2014). el tiempo de riego se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$Tr = \frac{1.92 \times \left(\frac{0.30 + 2.70}{2} \right) \times 0.50}{1.60 \times 0.90}$$

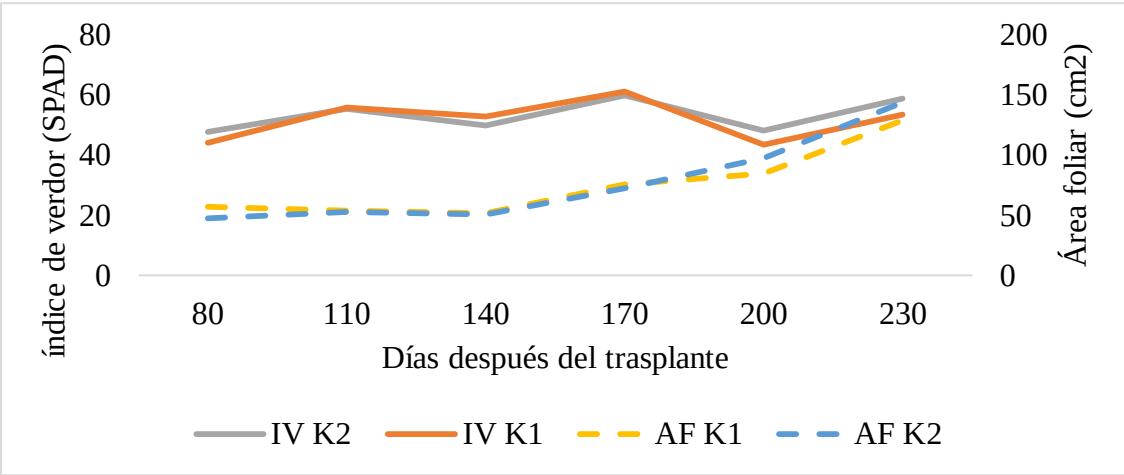
$$Tr = \frac{0.432}{1.44}$$

$$Tr = 0.30 \approx 18 \text{ min}$$

Anexo 13. Relación de índice de verdor con área foliar. para dosis de nitrógeno.



Anexo 14. Relación de índice de verdor con área foliar, para dosis de potasio.



Anexo 15. Pruebas de normalidad y variables constantes.

Prueba de Shapiro Wilks, para todas las variables en estudio.

Variables	p- Valor					
	80 ddt	110 ddt	140 ddt	170 ddt	200 ddt	230 ddt
Altura de planta	0.02	0.49	0.47	0.77	0.97	0.78
Diámetro de tallo	0.09	0.21	0.01	0.35	0.15	0.33
Índice de verdor	0.12	0.31	0.79	0.71	0.09	0.36
Área foliar	0.77	0.83	0.06	0.23	0.12	0.94

Concentración de nutrientes	N			K		
	90 ddt	180 ddt	270 ddt	90 ddt	180 ddt	270 ddt
	0.34	0.78	0.13	0.70	0.39	0.51

Prueba de Levene, para altura de planta.

F. de V.	p - Valor					
	80 ddt	110 ddt	140 ddt	170 ddt	200 ddt	230 ddt
N	0.45	0.17	0.01	0.17	0.17	0.29
K	0.64	0.75	0.79	0.19	0.32	0.34
N x K	0.95	0.81	1.00	0.54	0.91	0.20

Prueba de Levene, para diámetro de tallo.

F. de V.	p - Valor					
	80 ddt	110 ddt	140 ddt	170 ddt	200 ddt	230 ddt
N	0.86	0.56	0.06	0.13	0.26	1.00
K	0.98	0.64	0.06	0.87	0.16	0.60
N x K	0.41	0.82	0.91	0.70	0.42	0.97

Prueba de Levene, para índice de verdor.

F. de V.	p – Valor					
	80 ddt	110 ddt	140 ddt	170 ddt	200 ddt	230 ddt
N	0.53	0.76	0.25	0.62	0.58	0.82
K	0.79	0.65	0.28	0.10	0.88	0.74
N x K	0.59	0.79	0.96	0.47	0.93	0.52

Prueba de Levene, para área foliar.

F. de V.	p – Valor					
	80 ddt	110 ddt	140 ddt	170 ddt	200 ddt	230 ddt
N	0.50	0.48	0.15	0.39	0.76	0.71
K	0.77	0.93	0.35	0.45	0.58	0.08
N x K	0.09	0.04	0.91	0.08	0.06	0.20

Prueba de Levene, para concentración de nutrientes foliar.

F. de V.	p - Valor					
	80 ddt	110 ddt	140 ddt	170 ddt	200 ddt	230 ddt
N	0.43	0.93	0.77	0.07	0.02	0.09
K	0.43	0.38	0.13	0.78	0.57	0.28
N x K	0.26	0.01	0.58	0.96	0.80	0.80

Anexo 16. Datos de variables estudiadas desde los 80 ddt hasta los 230 ddt.

Altura de planta (cm).

Tratamiento	Repetición	80 ddt	110 ddt	140 ddt	170 ddt	200 ddt	230 ddt
1	1	26.20	30.67	41.27	64.93	103.50	184.10
1	2	31.63	35.33	40.67	53.07	88.37	124.87
1	3	26.37	28.93	41.40	55.93	74.10	160.90
1	4	23.93	28.83	36.53	55.03	93.07	164.53
2	1	21.00	25.60	39.73	67.77	108.85	174.13
2	2	27.80	32.60	38.60	64.40	103.70	192.17
2	3	18.53	24.03	35.50	62.60	94.33	154.57
2	4	20.63	28.87	43.37	79.60	108.53	152.63
3	1	21.17	26.13	35.63	64.53	76.07	154.97
3	2	31.27	41.33	57.43	74.87	129.57	187.93
3	3	23.90	32.47	39.73	62.47	101.83	159.27
3	4	26.80	35.33	50.87	74.97	109.70	187.97
4	1	26.53	33.37	37.63	54.17	88.77	132.17
4	2	25.10	30.87	48.03	70.47	96.87	158.07
4	3	36.17	44.10	64.60	86.53	121.70	217.40
4	4	27.23	31.10	39.90	62.03	105.30	188.60

ddt: días después del trasplante.

Diámetro de tallo (mm).

Tratamiento	Repetición	80 ddt	110 ddt	140 ddt	170 ddt	200 ddt	230 ddt
1	1	4.67	5.39	6.32	7.19	7.94	9.15
1	2	5.26	5.93	7.22	7.48	8.33	9.53
1	3	5.67	6.41	7.26	8.31	9.64	10.75
1	4	4.81	5.53	6.28	7.50	9.03	9.91
2	1	5.30	6.02	6.53	7.18	8.57	10.00
2	2	4.89	6.18	7.24	7.85	9.03	10.29
2	3	4.34	5.18	6.28	6.97	8.74	9.67
2	4	5.06	5.97	6.43	7.12	7.98	9.03
3	1	5.04	5.83	6.23	7.22	8.35	9.48
3	2	5.29	6.43	7.38	8.01	9.63	10.73
3	3	4.89	5.81	6.44	7.44	8.87	10.56
3	4	5.83	6.97	7.75	8.56	10.17	11.06
4	1	4.92	5.50	6.43	6.96	7.72	8.67
4	2	4.99	5.74	6.37	7.16	7.88	9.63
4	3	5.82	6.48	7.30	8.16	8.96	9.72
4	4	5.62	6.23	7.39	7.97	8.89	9.89

ddt: días después del trasplante.

Índice foliar (cm²).

Tratamiento	Repetición	80 ddt	110 ddt	140 ddt	170 ddt	200 ddt	230 ddt
1	1	45.26	57.72	54.05	63.97	47.48	58.52
1	2	42.04	60.02	53.27	54.41	42.05	50.09
1	3	41.90	58.29	43.66	54.94	43.20	56.54
1	4	36.71	52.18	58.51	69.54	44.33	55.09
2	1	41.04	48.38	57.00	63.81	48.69	58.40
2	2	44.53	53.11	51.80	61.29	45.83	55.39
2	3	44.00	55.22	48.03	57.55	48.89	61.69
2	4	41.26	50.95	52.12	63.98	45.06	58.03
3	1	41.46	48.80	48.89	49.75	41.39	48.39
3	2	49.90	58.26	66.51	68.97	46.15	52.79
3	3	47.00	53.54	46.45	61.40	42.02	54.10
3	4	47.31	56.11	50.62	64.22	39.87	51.50
4	1	46.99	54.64	38.15	52.13	47.72	62.09
4	2	52.89	58.34	49.50	54.93	51.45	56.17
4	3	57.02	63.08	52.37	64.16	46.60	57.93
4	4	53.20	57.96	48.76	59.48	50.98	60.09

ddt: días después del trasplante.

Área foliar (cm²).

Tratamiento	Repetición	80 ddt	110 ddt	140 ddt	170 ddt	200 ddt	230 ddt
1	1	48.34	51.29	34.02	51.85	76.71	110.40
1	2	87.81	93.66	45.52	86.22	107.92	181.69
1	3	64.86	68.68	57.55	95.22	59.29	106.04
1	4	30.87	34.65	50.69	67.40	70.27	129.46
2	1	28.28	33.47	65.15	86.64	122.75	162.36
2	2	38.62	44.71	30.24	53.84	61.83	104.92
2	3	34.16	37.53	44.04	77.23	109.66	152.20
2	4	60.76	64.88	53.26	70.42	75.03	124.60
3	1	64.27	72.21	47.67	64.24	39.93	73.22
3	2	52.16	60.28	83.16	93.97	120.79	156.67
3	3	42.34	54.89	45.48	66.34	82.47	114.66
3	4	64.97	72.71	48.36	78.48	118.78	157.78
4	1	72.55	79.99	41.32	57.53	96.77	144.19
4	2	38.76	42.41	37.76	54.79	97.91	162.87
4	3	40.85	45.79	89.74	121.24	128.63	157.71
4	4	65.45	72.11	43.30	58.69	86.60	139.35

ddt: días después del trasplante.

Concentración de nutrientes foliar a 0 días después del trasplante.

Identificación	Análisis Foliar										
	%							ppm			
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Fe	Mn
Inicial	4.03	0.23	3.61	2.08	0.41	0.29	61.3	43.9	6.5	89.5	67.5

ppm: partes por millón.

Concentración de nutrientes foliar a 90 días después del trasplante.

Tratamiento	Repetición	%						ppm				
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Fe	Mn
1	1	4.30	0.52	3.06	3.54	0.52	0.40	78.50	97.00	4.30	122.20	115.80
1	2	4.45	0.46	2.25	4.43	0.67	0.35	97.90	74.10	4.40	164.90	225.00
1	3	4.18	0.49	2.61	4.21	0.66	0.36	101.60	100.20	4.40	175.60	162.50
1	4	4.27	0.50	2.54	3.63	0.61	0.32	78.90	65.00	3.10	109.20	121.80
2	1	4.38	0.61	2.87	4.83	0.63	0.41	104.60	140.30	5.00	169.70	203.20
2	2	4.31	0.55	2.93	4.18	0.62	0.42	105.10	147.70	5.10	198.50	165.30
2	3	4.43	0.60	3.11	5.56	0.65	0.46	99.80	176.70	6.40	171.10	272.70
2	4	4.24	0.61	3.35	5.26	0.64	0.51	91.10	122.90	4.50	126.70	178.40
3	1	4.49	0.64	3.30	4.26	0.58	0.46	98.60	149.40	7.60	242.40	184.60
3	2	4.51	0.57	2.89	4.70	0.58	0.42	100.40	176.60	11.10	231.90	209.90
3	3	4.60	0.71	3.54	4.82	0.63	0.51	100.90	131.00	6.80	170.90	181.60
3	4	4.36	0.66	3.30	5.12	0.58	0.46	112.90	130.50	5.70	156.50	195.00
4	1	4.11	0.50	3.07	4.30	0.62	0.40	116.20	171.00	4.30	155.90	156.00
4	2	4.38	0.61	3.07	4.35	0.60	0.43	104.40	142.60	5.20	145.30	251.50
4	3	4.20	0.52	2.72	5.27	0.74	0.40	144.20	179.80	4.70	142.20	232.30
4	4	4.41	0.58	2.76	4.58	0.61	0.37	91.80	142.30	4.80	175.50	306.40

ppm: partes por millón.

Concentración de nutrientes foliar a 180 días después del trasplante.

Tratamiento	Repetición	%							ppm			
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Fe	Mn
1	1	5.35	0.42	2.89	3.04	0.55	0.40	91.90	34.40	3.90	107.30	63.30
1	2	5.77	0.43	3.33	2.40	0.51	0.38	72.90	30.60	3.90	95.10	44.70
1	3	5.53	0.45	3.12	2.74	0.54	0.47	90.50	35.60	2.60	81.60	59.60
1	4	5.71	0.46	3.22	3.17	0.61	0.50	100.50	55.00	5.20	109.80	64.60
2	1	3.46	0.48	3.74	3.05	0.60	0.56	83.10	69.10	5.70	97.80	43.90
2	2	5.13	0.47	3.37	3.24	0.60	0.48	93.80	52.80	4.60	89.70	42.40
2	3	4.67	0.44	3.26	2.75	0.53	0.39	71.60	36.60	3.50	89.30	30.50
2	4	3.00	0.43	3.17	3.11	0.53	0.48	85.10	50.20	4.50	104.30	56.50
3	1	4.82	0.50	3.30	2.58	0.48	0.37	91.40	53.90	5.40	107.30	64.90
3	2	3.55	0.55	3.75	2.71	0.56	0.47	79.70	57.50	5.20	95.70	48.60
3	3	3.22	0.44	2.98	3.65	0.59	0.39	109.30	58.90	3.00	74.80	60.60
3	4	4.92	0.60	3.77	2.68	0.53	0.54	83.80	68.80	6.10	111.50	48.30
4	1	5.08	0.42	3.55	3.01	0.58	0.43	70.80	47.90	5.20	85.50	30.00
4	2	5.62	0.61	4.67	2.21	0.53	0.50	62.50	81.60	7.30	109.80	34.00
4	3	4.85	0.56	3.75	2.83	0.58	0.53	71.50	79.10	7.70	151.10	37.70
4	4	5.21	0.61	4.56	2.47	0.48	0.42	65.00	49.20	7.50	96.60	27.00

ppm: partes por millón.

Concentración de nutrientes foliar a 270 días después del trasplante.

Tratamiento	Repetición	%						ppm				
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu	Fe	Mn
1	1	4.24	0.50	3.38	2.71	0.45	0.40	78.80	42.10	1.90	76.80	118.90
1	2	4.17	0.49	3.23	2.63	0.47	0.44	81.70	53.40	3.50	100.20	49.50
1	3	3.76	0.38	2.66	4.18	0.63	0.41	97.20	52.20	2.30	96.00	44.80
1	4	4.00	0.44	2.91	3.64	0.65	0.50	118.40	42.10	4.00	92.30	66.50
2	1	3.74	0.42	2.90	4.24	0.58	0.44	95.00	84.50	2.00	109.60	39.30
2	2	4.22	0.50	3.45	3.13	0.48	0.53	88.80	75.50	3.60	113.50	64.50
2	3	3.95	0.42	2.95	4.54	0.56	0.45	275.30	94.80	3.00	99.20	73.30
2	4	4.39	0.59	4.31	2.91	0.43	0.53	109.00	60.90	3.40	114.50	52.10
3	1	4.38	0.52	3.68	3.72	0.50	0.48	248.00	73.20	4.20	94.60	55.40
3	2	4.30	0.55	4.02	3.58	0.48	0.45	111.50	50.50	3.10	123.40	44.40
3	3	3.96	0.59	3.84	4.48	0.61	0.57	119.90	84.80	3.20	109.80	88.30
3	4	4.14	0.56	3.42	4.32	0.55	0.59	133.70	142.80	3.90	138.90	113.00
4	1	3.58	0.53	3.75	2.96	0.47	0.47	82.40	63.80	8.60	121.50	38.10
4	2	4.38	0.60	4.21	3.13	0.52	0.59	85.50	122.90	5.00	116.70	64.10
4	3	4.29	0.65	4.77	2.95	0.47	0.72	100.10	124.80	6.10	153.40	66.60
4	4	4.36	0.59	3.67	4.43	0.71	0.60	162.10	679.30	7.70	160.60	87.00

ppm: partes por millón.