

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TEMA:

Efectividad de varias combinaciones de densidades poblacionales, fertilización y biorreguladores en *Passiflora edulis* en dos sistemas de conducción.

AUTORES

Sabando Zambrano Carlos Daniel

Ibarra Pinargote Víctor Hugo

TUTOR DE TESIS

Ing. George Cedeño García. Dr.Sc.

SANTA ANA – MANABI - ECUADOR

2020

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TEMA

Efectividad de varias combinaciones de densidades poblacionales, fertilización y biorreguladores en *Passiflora edulis* en dos sistemas de conducción.

TRABAJO DE TITULACIÓN

Sometida a consideración del Tribunal de Seguimiento y Evaluación, legalizada por el Honorable Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

Ing. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Dr. MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. MIEMBRO DEL TRIBUNAL

CERTIFICACIÓN

Ing. Soraya Bravo Peñarrieta Mg. CA.

CERTIFICO:

Que el trabajo de titulación: **Efectividad de varias combinaciones de densidades poblacionales, fertilización y biorreguladores en *Passiflora edulis* en dos sistemas de conducción.** Es trabajo original de las egresadas Daniel Sabando y Víctor Ibarra, el cual fue realizado bajo mi dirección.

Atentamente

Ing. George Alexander Cedeño García Dr. Sc

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICACIÓN

Ing. George Alexander Cedeño García Dr.Sc.

CERTIFICO:

Que he revisado estilo y ortografía del trabajo de titulación; **Efectividad de varias combinaciones de densidades poblacionales, fertilización y biorreguladores en *Passiflora edulis* en dos sistemas de conducción**, el presente trabajo de investigación ha sido escrito de acuerdo a las normas ortográficas y sintaxis vigente en el REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ.

Atentamente

Ing. Francisco Javier Arteaga Alcívar Ph.D.

REVISOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DECLARACIÓN

Sabando Zambrano Carlos Daniel y Ibarra Pinargote Víctor Hugo, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración de este trabajo investigativo es de sumo derecho de propiedad intelectual de los autores.

Sabando Zambrano Carlos Daniel

Ibarra Pinargote Víctor Hugo

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero darle gracias Dios por todas las bendiciones que me ha dado en la vida y por haberme permitido que mi sueño hoy se haya convertido en una realidad.

A mis padres Egberto Sabando Y Jacqueline Zambrano por el esfuerzo y el apoyo incondicional y por estar siempre conmigo alentándome en cada una de las etapas de mi vida.

A la Universidad Técnica de Manabí por su iniciativa e innovación pertinente en la formación de profesionales de calidad, a la Facultad de Ingeniería Agronómica y de manera muy especial a la Decana, Ing. Agr. Soraya Peñarrieta y todo el conjunto de maestros y cuerpo auxiliar que de manera muy eficiente contribuyeron en mi formación profesional.

Al Ing. Agr. George Alexander Cedeño García, PhD, director de tesis, por la ayuda significativa brindada durante todo el proceso de investigación.

Al tribunal de Seguimiento y Evaluación.

Carlos Daniel Sabando Zambrano

DEDICATORIA

Al culminar una etapa de mi vida dedico el presente trabajo de esfuerzo y constancia dedicado a Dios nuestro padre celestial que supo guiar mis pasos y darme fortaleza necesaria para culminar mi carrera.

A mis queridos Padres que en todo momento me supieron alentar al brindarme su apoyo incondicional para culminar mis estudios.

A mis hermanos Edwin, Julio, Jessenia y amigos. También de manera especial a todos mis profesores que en el lapso de estudios contribuyeron con sus conocimientos en mi vida profesional, quiero decirles de manera muy especial que este triunfo también es de ustedes.

Al personal administrativo sobre todo al de biblioteca, Alejandro y Ramón los cuales siempre estuvieron prestos a colaborar en la prestación de materiales de apoyo para la elaboración de esta investigación.

Carlos Daniel Sabando Zambrano

AGRADECIMIENTO

¡Gracias!, en primer lugar, a Dios por darme salud y sabiduría para seguir adelante.

A mis queridos padres Jacinto Ibarra Vera y Ramona Pinargote Álava y a mis tíos Lourdes, Diofre, Dilia y Digno y mi hermana Letty, quienes con empeño y mucho esfuerzo me brindaron su apoyo en todo momento; les quedo agradecido infinitamente por la confianza que depositaron en mí, por sus sabios consejos, formación humana, educación y comprensión.

A mi esposa Inés Plaza y a mis hijos Ismael y Victoria por su apoyo incondicional y ser el motor de impulso en mi carrera universitaria, de la misma forma a todas las personas que estuvieron vinculadas y fueron parte de este proceso de formación.

Expreso también mi eterna gratitud a la facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí; a su decana, Ing. Agr. Soraya Peñarrieta, Mg., y a su cuerpo docente, quienes fueron los mentores de mi formación profesional al transmitirme sus conocimientos.

Agradezco de manera especial al Ing. Agr. George Cedeño García, PhD, director de tesis por su esfuerzo, empeño y significativa ayuda desde el comienzo hasta el final de este trabajo investigativo.

Al personal de biblioteca de la facultad, Alejandro y Ramón quienes siempre estuvieron prestos a colaborar en la prestación de libros y material de apoyo para esta investigación.

Víctor Hugo Ibarra Pinargote

DEDICATORIA

En primer a Dios, por brindarme sabiduría y las fuerzas necesarias para culminar mi carrera satisfactoriamente y desempeñarme de manera profesional. También dedico este logro a mis padres que desde el cielo fueron mi guía en todo momento y motivo de inspiración.

A las personas que siempre estuvieron a mi lado y contribuyeron en mi formación desde la época de primaria hasta la universitaria, decirles que en la obtención de mi título además de mi esfuerzo y dedicación también esta acumulada la gran dedicación de todos ustedes.

Víctor Hugo Ibarra Pinargote

INDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN.....	iii
CERTIFICACIÓN.....	iv
DECLARACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
DEDICATORIA.....	ix
INDICE GENERAL.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
SUMMARY.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	4
III. MARCO TEÓRICO.....	5
1.1. Importancia y uso del cultivo.....	5
1.2. Factores edafoclimáticos y fisiología del crecimiento y producción.....	6
1.3. Fertilización.....	7
1.4. Macronutrientes.....	7
1.5. Micronutrientes.....	10
1.6. Sistemas de soporte o conducción en el cultivo de maracuyá.....	12
1.7. Densidad de siembra.....	14
1.8. Uso de bioestimulantes.....	14
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
VI. CONCLUSIONES.....	36
VII. RECOMENDACIONES.....	37
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diseño ortogonal L9 (3) ⁴ s factores evaluados	16
Tabla 2. Diseño de los tratamientos según los principios matemáticos de la ortogonalidad	16
Tabla 3. Tratamientos codificados con sus respectivas combinaciones de factores y niveles más un tratamiento control	17
Tabla 4. Análisis de varianza y medias para mediciones de diámetro polar y ecuatorial de frutos de maracuyá en sistema de conducción de emparrado y espaldera.....	22
Tabla 5. Análisis de varianza y medias para mediciones de espesor de cascara y número de semillas por frutos de maracuyá en sistema de conducción de emparrado y espaldera	23
Tabla 6. Análisis de varianza y medias para mediciones para la relación pulpa/cascara y los grados brix del zumo en los frutos de maracuyá en sistema de conducción de emparrado y espaldera	25
Tabla 7. Análisis de varianza y medias para mediciones de índice de frutos y peso de 10 frutos de maracuyá en sistema de conducción de emparrado y espaldera.....	26
Tabla 8. Análisis de varianza y medias para número de frutos ha ⁻¹ y rendimiento ha ⁻¹ de maracuyá en sistema de conducción de emparrado y espaldera.....	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de tutorio por espaldera	13
Figura 2. Sistema de tutorio por emparrado	13
Figura 3. Regresión Lineal entre el Rendimiento ha^{-1} y el número de frutos cosechados por ha^{-1} , tanto en sistema de conducción por emparrado y espaldera lateral.....	30
Figura 4. Análisis del Rendimiento en Kg ha^{-1} para los efectos principales evaluados con el método Taguchi en dos sistemas de conducción	33
Figura 5. Combinación optima de densidades, macronutrientes, micronutrientes y bioestimulantes (A2B3C3D2) en relación al tratamiento testigo con manejo convencional por los agricultores sobre el rendimiento del cultivo de maracuyá bajo un sistema de conducción por espaldera.	34
Figura 6. Combinación optima de densidades, macronutrientes, micronutrientes y bioestimulantes (A1B2C1D3) en relación al tratamiento testigo con manejo convencional por los agricultores sobre el rendimiento del cultivo de maracuyá bajo un sistema de conducción de emparrado.....	35

RESUMEN

Ante la creciente demanda de alimentos para el consumo tanto en fruta fresca y procesada, se plantean prácticas de producción que permitan ser eficientes por unidad de superficie cultivada. La presente investigación tuvo como objetivo “Evaluar la combinación efectiva de factores de producción con base a densidades de siembra, fertilización macro y micro nutricional y uso de biorreguladores tanto en sistemas de conducción en espaldera y emparrado para el cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis*)” Se evaluaron densidades de 666, 866 y 1111 plantas/ha⁻¹, dosis de macronutrientes correspondiente a 150-50-250, 200-50-300 y 250-50-350 kg/ha⁻¹ de NPK respectivamente, aplicaciones foliares de micronutrientes en razón a 1, 1.5 y 2 L/ha-1, además de aplicaciones de bioestimulantes con dosis de 0.5, 1 y 1.5 L/ha⁻¹. Se conformaron 9 tratamientos mediante el modelo matemático de Taguchi y se aplicó un diseño de bloques al azar, se evaluó parámetros de producción y calidad de fruta. Se obtuvo un rendimiento de 26913 Kg/ha-1 con el tratamiento 6 en el sistema de espaldera, y 28833 Ka/ha-1 con el tratamiento 2 en el sistema de emparrado. Mediante las predicciones de Taguchi se determinó rendimientos de 29625 Kg/ha-1 con la combinación A2B3C3D2 en sistema de conducción con espalderas y 27809 Kg/ha-1 con la combinación A1B2C1D3 con el sistema de conducción de emparrado. La producción del cultivo de maracuyá esté ligado al sistema de conducción empleado en respuestas a las densidades de siembra y niveles de fertilización macro y micro nutricional.

SUMMARY

Given the growing demand for food for consumption in both fresh and processed fruit, production practices are proposed that allow for efficiency per unit of cultivated area. The objective of this research was "To evaluate the effective combination of production factors based on planting densities, macro and micro nutritional fertilization and the use of bioregulators both in espalier and trellis conduction systems for the cultivation of passion fruit (*Passiflora edulis*)". Densities of 666, 866 and 1111 plants / ha-1 were evaluated, macronutrient doses corresponding to 150-50-250, 200-50-300 and 250-50-350 kg / ha-1 of NPK respectively, foliar applications of micronutrients in a ratio of 1, 1.5 and 2 L / ha-1, in addition to applications of biostimulants with doses of 0.5, 1 and 1.5 L / ha-1. 9 treatments were formed using the mathematical model of Taguchi and a random block design was applied, production parameters and fruit quality were evaluated. A yield of 26913 Kg / ha-1 was obtained with treatment 6 in the trellis system, and 28833 Ka / ha-1 with treatment 2 in the trellis system. Through Taguchi's predictions, yields of 29625 Kg / ha-1 were determined with the A2B3C3D2 combination in a palier conduction system and 27809 Kg / ha-1 with the A1B2C1D3 combination with the trellis conduction system. The production of the passion fruit crop is linked to the conduction system used in response to planting densities and levels of macro and micro nutritional fertilization.

I. INTRODUCCIÓN

La familia de las Passifloraceae comprende aproximadamente 520 especies (Cerqueira-Silva *et al.*, 2018) y se estima que la gran mayoría se distribuyen en las regiones tropicales y subtropicales, desde Estados Unidos a Chile y Argentina. Sin embargo, la mayor incidencia y diversidad se observan en América del Sur (Cerqueira-Silva *et al.*, 2016; Lorenzi *et al.*, 2006), donde Colombia y Brasil albergan aproximadamente 170 y 150 especies de *Passiflora*, respectivamente.

Además del atractivo ornamental, el valor económico del género *Passiflora* puede atribuirse a la belleza de sus flores, sus propiedades medicinales activas, aceites esenciales que pueden extraerse para la industria cosmética, y a la producción y comercialización de sus frutos para el consumo o para la obtención de derivados (Cerqueira-Silva *et al.*, 2018).

Al menos de 70 especies se reconocen frutos comestibles (d'Eeckenbrugge *et al.* 2001); sin embargo, la producción comercial de maracuyá se basa sobre el cultivo de sólo unas pocas especies como *Passiflora edulis* Sims, *P. alata* Curtis, *P. setacea* DC, *P. ligularis* A. Juss, *P. nitida* Kunth, *P. cincinnata* Mast, *P. tripartita* (Juss.) Poir, *P. maliformis* L. y *P. quadrangularis* L., siendo *Passiflora edulis* (conocida comúnmente como maracuyá) la principal especie cultivada de esta familia, por ser un cultivo muy atractivo y de alto valor económico (Ribeiro *et al.*, 2019).

Los mayores productores de maracuyá son Brasil (59%), Indonesia (10%), India (9%), Colombia y Perú (5%), Ecuador (4%) y República Dominicana con el (2%) (SIPA, 2016). En el Ecuador las provincias con mayor relevancia en producción son Los Ríos, Guayas, Manabí, Santo Domingo de los Tsáchilas y Esmeraldas con aproximadamente 2198 hectáreas sembradas. (INEC, 2018). Existen alrededor de 14000 productores de maracuyá, entre grandes, medianos y pequeños que generan una producción anual de 11000 a 13000 toneladas (Moya, 2012). El cultivo se encuentra distribuido en la región costa (9923 hectáreas) y en la región sierra (3466 hectáreas sembradas) (Moya, 2012).

El manejo agronómico de esta especie requiere al inicio del cultivo una buena provisión de macro y microelementos (nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y magnesio), se recomienda

usar tres aplicaciones distribuidas durante el año (50 g de N, 50 g de P y 25 g de K por planta). Pereira (2015), reporta que, en la etapa fenológica del cultivo, las dosis de fertilizantes con aplicaciones bimensuales y trimestrales (100-50-80 kg/ha y trimestral de 80-40-60 de NPK) han promovido la caída de los primeros frutos maduros a los 186 días después del trasplante (DDT) mientras que en los cultivos convencionales se ha efectuado a los 210 DDT. El uso de fitorreguladores en el cultivo de maracuyá es una práctica que resulta beneficiosa desde el punto de vista productivo. Se han realizado varios estudios en cuanto al rendimiento por hectárea y se ha comprobado que el uso de ácido giberélico (2.5 g/ha) promueve la mayor producción de ha/año (Román, 2016).

Otra práctica agronómica por considerar en este cultivo son los sistemas de conducción, los cuales se emplean de acuerdo con el criterio de cada agricultor. Siendo los principales el sistema de ramada, que, a pesar, de presentar la ventaja de obtener mayor productividad se aumentan los costos por la cantidad de alambre que se utiliza, la aplicación de pesticidas se dificulta y aumenta la incidencia de enfermedades por el microclima húmedo que se forma debajo de la ramada (Loayza y Pozo, 2010).

El sistema de espaldera consiste en colocar un solo hilo de alambre a uno o dos metros del suelo, con la ventaja de ser más económico y fácil de montar, presenta desventajas como: mayor incidencia de plagas - enfermedades (porque el follaje es más denso e impide una adecuada aplicación de los plaguicidas), proceso de cosecha más difícil y menor producción (Neusa, 2016). mientras que, el sistema de emparrado, que consiste en la colocación de tres a cuatro hilos de alambre se obtiene mayor producción y por tener mejor aireación la incidencia de plagas y enfermedades es menor, además la cosecha es más fácil que en el sistema de espaldera y su desventaja es que presenta un alto costo por la cantidad de alambre empleado (Ramírez, González, y Mejía, 2012)

La producción de maracuyá en la provincia de Esmeraldas, específicamente en el cantón Quinindé, ha decrecido debido a la sobreexplotación de los suelos que han disminuido su capacidad productiva, como consecuencia del desconocimiento en el manejo agronómico del cultivo. Se ha verificado que los requerimientos hídricos (1800 y 2000 litros de agua por plantas) y el efecto del estrés temporal y permanente en huertos productores de maracuyá es un indicador importante para obtener una producción de 42.3 t ha⁻¹. (Dorado

et al., 2013). A pesar, que el clima del litoral ecuatoriano es el más idóneo para el crecimiento vegetativo de la planta, su crecimiento es acelerado, pero disminuye su producción debido a las altas temperaturas, provocando pérdidas del líquido estigmático, impidiendo la fecundación de las flores y disminuyendo la producción.

Con los antecedentes antes mencionados, el presente trabajo de investigación tiene como finalidad tratar de resolver los problemas de bajo rendimiento del cultivo de maracuyá, con la identificación de variedades de buena calidad, aplicando sistemas de siembra en diferentes densidades poblacionales y el uso de diferentes dosis de fertilizantes lo cual es indispensable para aumentar los niveles de producción y mejorar el nivel de vida de los productores de maracuyá del cantón Quinindé.

II. OBJETIVOS

General.

- Evaluar la combinación efectiva de factores de producción en base a densidades de siembra, fertilización macro y micro nutricional y uso de biorreguladores en dos sistemas de conducción para el cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis*)

Específicos.

- Evaluar densidades poblacionales y sistemas de conducción en el cultivo de maracuyá.
- Determinar la dosis de fertilización pertinente de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, y aplicaciones foliares de micronutrientes durante el desarrollo y producción.
- Evaluar el efecto en la aplicación de biorreguladores de crecimiento en base a auxinas, giberelinas y citoquininas.

III. MARCO TEÓRICO

1.1. Importancia y uso del cultivo

El cultivo de maracuyá pertenece al género *Passiflora*, considerado como el más importante económicamente entre la familia *Passifloraceae*, cuya diversidad genética cuenta con más de 630 especies, el cual alrededor de 141 especies son nativas de Brasil (Bernacci *et al.*, 2014). Los principales países productores de maracuyá y sus derivados a nivel mundial corresponden a los países latinoamericanos cubriendo y monopolizando el mercado con más del 80% de la producción son: Brasil, Ecuador, Perú, Colombia y entre los principales consumidores se encuentra representado por el mercado europeo con países como Alemania, Suiza, Francia, UK, Holanda, además de Estados Unidos y Canadá (Schwentenius y Gómez, 2010).

Brasil se destaca como el mayor productor mundial de maracuyá amarilla (*Passiflora edulis* Sims), con una producción de 555,000 toneladas métricas, de un área de 41,000 ha (13.50 t ha⁻¹), con el Estado de Bahía representando el 40.0% de La producción nacional (IBGE, 2019). En Ecuador existen alrededor de 8704 ha plantadas con el cultivo de maracuyá tanto como monocultivo, así también en asociación con otros cultivos como plátano y papaya; se estima una producción nacional de 36017 t, cuya producción promedio ronda las 5,5 t ha⁻¹, entre las principales provincias de mayor superficie de siembra dedicada a la fruta de la pasión se encuentra, Esmeraldas, Santo Domingo de las Tsachilas y Manabí (INEC, 2018).

El género *Passiflora* tiene un valor económico importante, una amplia distribución geográfica y una gran diversidad de especies. El cultivo de maracuyá (*passiflora edulis* F. v) es una fruta de importancia a nivel mundial debido a sus múltiples uso sen la parte industrial para elaborar caramelos, jugos, néctar, mermeladas etc. En lo medicinal se usa tanto la fruta fresca o en jugos debido a que aporta vitaminas como A que ayuda a la visión y C que aumenta las defensas del cuerpo contra enfermedades tales como la gripe además sirve para problemas de próstata, baja el colesterol y controla la presión arterial, en la parte pecuaria se utiliza la corteza para alimentar el ganado (Carvajal, 2014).

1.2. Factores edafoclimáticos y fisiología del crecimiento y producción

La temperatura óptima para el cultivo de maracuyá oscila entre los 23-25 °C, aunque se adapta a temperaturas extremas entre los 21 hasta los 32°C, y en algunos lugares se cultiva por encima de los 35°C, el cual acelera el crecimiento de la planta, pero la producción disminuye a causa de la deshidratación de los estigmas. La maracuyá comercialmente se cultiva desde los 0 hasta los 1000 msnm, pero se recomienda que para tener los mejores resultados se cultive entre los 300 y 900 msnm, con una humedad relativa del 60%. (Mora, 2018).

La precipitación requerida es de 800-1750 mm al año y una mínima mensual de 80 mm. Luminosidad, requiere de un mínimo de 11 horas diarias de luz para poder florecer. Cuando se tienen días (cortos) con menos de esa cantidad de horas luz se produce una disminución en la producción de flores. Humedad relativa alrededor del 60%, es la más favorable para este cultivo, ya que de esta manera se evita la incidencia de enfermedades (antracnosis, verrugosis, entre otros) y se obtiene fruta con mayor peso y porcentaje de jugo. Suelo, requiere suelos profundos, ligeramente ácidos, con buen drenaje, preferiblemente ricos en materia orgánica con un pH de 5.5-6.5 (Dulanto y Aguilar, 2011)

En las hojas se lleva a cabo la fotosíntesis, proceso por el cual se fabrican varios sólidos solubles totales que hacen parte del 80% de la masa seca del fruto, estos sólidos son translocados desde las hojas y vainas foliares hacia el fruto en formación, haciendo que en éste se acumule una mayor masa. La transpiración del cultivo de maracuyá y el ciclo fenológico previo a floración hasta el final de la fase de llenado de fruto está entre 0.2 y 2.8 mm/día. Tanto la alta nubosidad como la limitada radiación solar directa inciden de manera importante en el estímulo de apertura y cierre de estomas, lo que finalmente controla el intercambio de vapor con la atmósfera circundante y la transpiración del cultivo de maracuyá (Romero *et al.*, 2014)

1.3. Fertilización

Las plantas necesitan 14 nutrientes esenciales, de los cuales los macronutrientes nitrógeno (N) y los minerales potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), fósforo (P) y azufre (S) están presentes en los tejidos vegetales en cantidades relativamente grandes (Marschner, 1995). Por el contrario, los macronutrientes inorgánicos suelen estar presentes en concentraciones bajas en el suelo y, a menudo, deben acumularse frente a gradientes de concentración pronunciados. Aunque en general es baja, la disponibilidad de suelo puede fluctuar mucho tanto en el espacio como en el tiempo debido a factores como la precipitación, la temperatura, el viento, el tipo de suelo y el pH del suelo. Como organismos sésiles, las plantas han tenido que desarrollar estrategias adaptativas y flexibles para la adquisición de nutrientes y estas son mecánicamente similares para todos los macronutrientes (Maathuis, 2009).

Se estima que el primer año del ciclo productivo de maracuyá, para producir 20 toneladas de fruta por hectárea extrae las siguientes cantidades de macronutrientes en kg: nitrógeno 160, fósforo 15, potasio 140, calcio 115, magnesio 10, azufre 20, y de micronutrientes: hierro 600, boro 230, magnesio 220, zinc 200 y cobre 150 gramos (Magnitsky, 2010).

Para tener mejor eficiencia en la fertilización se debe realizar cada dos meses a excepción del fósforo que se hace en una sola al inicio del cultivo, por lo tanto, se recomienda aplicar el 35% de Úrea, el 35% de sulfato de potasio, el 20% de fosfato diamónico y el 10% de elementos menores, la suma de esto corresponde al 100% y la recomendación de aplicación es cada dos meses (Ullah *et al.*, 2018)

1.4. Macronutrientes

Nitrógeno (N)

Alrededor del 80% de nuestra atmósfera consiste en N. Sin embargo, la forma extremadamente estable del N atómico (N) no está disponible para las plantas. La forma preferida en la que se absorbe el N depende de las condiciones del suelo y de las especies de plantas (Meller y Cramer, 2008). En general, las plantas adaptadas a pH bajo y condiciones de suelo reductoras tienden a absorber NH_3 . A pH más alto y en suelos más

aeróbicos, el NO_3 es la forma predominante. Tanto el NO_3 como el NH_3 son muy móviles en el suelo. Por el contrario, los compuestos orgánicos de N, como los aminoácidos, son mucho menos móviles, pero cada vez hay más pruebas de que también pueden formar importantes fuentes de N (Jamtgard *et al.*, 2008).

La función principal del N es proporcionar grupos amino en los aminoácidos. El N también es prolífico en nucleótidos, donde se encuentra incorporado en la estructura del anillo de bases de purina y pirimidina. Los nucleótidos forman los componentes de los ácidos nucleicos, pero también tienen muchas funciones importantes por derecho propio, como la homeostasis energética, la señalización y la regulación de proteínas. Además, el N es esencial en la bioquímica de muchos compuestos no proteicos como coenzimas, pigmentos fotosintéticos, metabolitos secundarios y poliaminas. Cuando hay un suministro amplio, NO_3 se deposita en la vacuola donde contribuye significativamente a la generación de turgencia (Maathuis, 2009).

Fósforo (P)

Más del 90% del P del suelo normalmente se fija y no puede ser utilizado por las plantas. Otra parte del P insoluble, la "fracción lábil", se intercambia con la solución del suelo. Las plantas pueden absorber el P (P_i) inorgánico liberado del compartimento lábil. Sin embargo, esta liberación es extremadamente lenta y, por lo tanto, la deficiencia de P está muy extendida. La forma en que P_i se encuentra en la solución del suelo depende del pH, pero al pH típico de la solución del suelo, P_i consiste casi exclusivamente en H_2PO_4^- y esta es la forma en que las plantas absorben P_i . La baja disponibilidad de P significa que, en entornos agrícolas, el P se repone con grandes cantidades de fertilizante fosfatado derivado de la roca fosfórica, un material de fuente finito (Maathuis, 2009).

Dado que los nucleótidos trifosfato forman la columna vertebral del ADN y el ARN, el P es un componente indispensable de los ácidos nucleicos (Gaude *et al.*, 2008). En estas macromoléculas, P_i actúa como un puente entre cada base de nucleótidos acoplando C3 y C5 de dos ribosas adyacentes mediante esterificación. Una segunda área donde el P juega un papel estructural es en las membranas celulares (Mitsuhashi *et al.*, 2005). Las

membranas están compuestas principalmente de fosfolípidos donde Pi une la parte lipofílica de glicerol-ácido graso a la parte hidrofílica de colina del lípido. La carga negativa del grupo fosfato hace que esta parte del lípido sea fuertemente hidrófila y, por lo tanto, ayuda a una orientación adecuada en la membrana. El papel esencial del P en muchos aspectos del metabolismo celular también es evidente por las grandes cantidades de P que se almacenan en las semillas para permitir el desarrollo embrionario, la germinación y el crecimiento de las plántulas (Marschner, 1995). El P se almacena típicamente en vacuolas de almacenamiento de proteínas como inositol-hexafosfato (IP₆).

Potasio (K)

La corteza terrestre contiene alrededor del 2,6% de potasio. En los suelos, la mayor parte del K⁺ está deshidratado y coordinado con átomos de oxígeno que no están disponibles para las plantas. Las concentraciones típicas en la solución del suelo varían entre 0.1 y 1 mM K⁺. La deficiencia de K⁺ es rara, pero el crecimiento de las plantas generalmente se estimula con un suministro adicional de K⁺ y la fertilización con potasio es una práctica común en muchas áreas productoras de cultivos (Maathuis, 2009).

El K⁺ es necesario para las reacciones metabólicas debido a su capacidad para activar una multitud de enzimas. El papel dominante del K⁺ en el suministro de turgencia y la homeostasis del agua es evidente en procesos como el transporte de solutos impulsado por la presión en el xilema y el floema, altos niveles de acumulación de K⁺ vacuolar y los grandes flujos de K⁺ que median el movimiento de la planta. Un ejemplo incluye los cambios en la apertura de los estomas a través de la absorción y liberación de K⁺ y la provisión de K⁺ por lo que afecta en gran medida la homeostasis del agua de la planta (Mohouachi *et al.*, 2006).

1.5. Micronutrientes

Los micronutrientes son tan importantes como los macronutrientes y están involucrados en eventos metabólicos vitales en las plantas. La deficiencia de incluso un solo micronutriente esencial puede perturbar las cascadas de desarrollo de las plantas y causar una reducción sustancial en el rendimiento de los cultivos (Tripathi *et al.*, 2015). La intensidad de la deficiencia de micronutrientes está determinada por varios factores, incluidas las características del suelo y los tipos de cultivo.

Las plantas requieren un suministro continuo de elementos minerales para producir flores y semillas viables. La insuficiencia de microelementos afecta la floración, el desarrollo floral, la antesis, la fertilización y la formación de granos (Pandey, 2010), y conduce a un retraso en la madurez que resulta en una gran reducción del rendimiento y la calidad del grano. La deficiencia de Zn altera la función y estructura del estigma y los granos de polen, afecta la viabilidad del polen y perturba la fertilización en las plantas (Nautiyal *et al.*, 2011).

Los micronutrientes tienen un papel crucial en varios procesos metabólicos de las plantas y tienen un papel directo en la fotosíntesis. El Zn participa en el metabolismo de los carbohidratos a través de su papel vital en la fotosíntesis y la transformación del azúcar (Nadeem y Farooq, 2019). La deficiencia de Zn se correlaciona con la interrupción de las actividades enzimáticas normales. Bajo estrés nutricional de Zn, la eficiencia de la anhidrasa carbónica (CA), que es la enzima principal en la fotosíntesis, disminuye, lo que resulta en una fotosíntesis reducida (Nautiyal *et al.*, 2011).

La insuficiencia de boro en la planta daña la formación de flores y granos, lo que resulta en pérdidas de rendimiento. La fase de reproducción sexual de la planta es más sensible a la deficiencia de B que la fase vegetativa (Rehman *et al.*, 2018b). La deficiencia de B induce aberraciones en las anteras, el estigma y los ovarios, y da como resultado un desarrollo deficiente del tubo polínico (Pandey, 2010). En condiciones de deficiencia de B, el tubo polínico puede estallar porque la concentración de B naturalmente es baja en los granos de polen en comparación con el estigma y el ovario (Rehman *et al.*, 2018b). La deficiencia de boro no obstruye directamente el proceso de fotosíntesis en las plantas. Sin embargo, la

insuficiencia de B provoca una reducción de los componentes de las hojas (Ej., Clorofila) y del área fotosintética que inhiben la fotosíntesis (Wang *et al.*, 2007). Además, la deficiencia de B interrumpe el desarrollo de los cloroplastos y disminuye su cantidad, lo que conduce a una fotosíntesis deficiente (Rehman *et al.*, 2018b).

El requerimiento de manganeso parece ser alto para los segmentos y funciones reproductivas que la fase vegetativa, ya que su deficiencia afecta el desarrollo floral y de la floración en las plantas (Pandey, 2010). La deficiencia de manganeso impide la capacidad de la planta para

producir polen y reduce la viabilidad del polen y el tamaño del grano de polen, lo que da como resultado un crecimiento inferior del tubo polínico (Nadeem y Farooq, 2019). Además, bajo la deficiencia de Mn, las alteraciones de las enzimas de las anteras y la reducción de su eficacia afectan el desarrollo de los tejidos reproductivos (Pandey, 2010). El manganeso es importante para la fotosíntesis debido a su naturaleza catalítica para la degradación inducida por la luz de la molécula de agua en el fotosistema II (PSII) y la reacción de la carboxilasa RuBP (Marschner, 1995). Es un componente integral del complejo generador de oxígeno (OEC) asociado con el PSII como iones de Mn unidos a los residuos de aminoácidos de las proteínas del centro de reacción del PSII (Pandey, 2010).

La aplicación de micronutrientes a través del suelo es el método más conveniente y eficaz y tiene múltiples beneficios. Es un método bastante eficaz para corregir las deficiencias de Zn (Rehman *et al.*, 2018a), B (Rehman *et al.*, 2015, Rehman *et al.*, 2018b) y Mn (Ullah *et al.*, 2018). Además, los fertilizantes de Zn aplicados al suelo provocan un aumento significativo en el rendimiento de grano, una mejora en el crecimiento de los cultivos y un aumento en la concentración de Zn del grano (Khan *et al.*, 2003). En condiciones de deficiencia de agua, las plantas han mostrado una alta tendencia a la concentración de Zn, por lo tanto, en estas condiciones, la aplicación de Zn a través del suelo no mejoró su concentración en grano (Gómez-Coronado *et al.*, 2016).

Las tasas de aplicación de B al suelo para varios cultivos varían de 0,25 a 3,00 kg / hm dependiendo de los tipos de suelo, los requisitos del cultivo y los métodos de aplicación

(Gómez-Coronado *et al.*, 2016). Existe un rango estrecho entre la deficiencia de B y la toxicidad. Los cereales, incluido el arroz, son sensibles al B y muestran síntomas de toxicidad cuando se cultivan en suelos calcáreos que contienen un alto nivel de B inherente (Nadeem y Farooq, 2019). Por lo tanto, se debe tener mucho cuidado al aplicar una dosis segura de B y un esparcimiento uniforme de fertilizante B en el campo. En arroz trasplantado, 0,75 kg / hm B aplicado vía voladura en suelos calcáreos supera su carencia. Además, tenía un efecto residual beneficioso (Rashid *et al.*, 2007).

La aplicación foliar de nutrientes parece útil en comparación con las enmiendas del suelo para un uso eficiente de los nutrientes y curar los problemas de deficiencia visual en poco tiempo (Fageria *et al.*, 2009). Los problemas de deficiencia del suelo se reducen al mínimo mediante la aplicación de micronutrientes mediante aspersión foliar en comparación con la aplicación al suelo (Gómez-Coronado *et al.*, 2016). La fertilización foliar con micronutrientes ha demostrado ser una estrategia eficaz para eliminar la deficiencia cuando la aplicación al suelo no es beneficiosa (Cakmak, 2008). En condiciones de campo, la aplicación de Zn a través del método foliar mejora la concentración de Zn en las partes comestibles (Cakmak, 2008). B también se puede aplicar como follaje particularmente en condiciones de deficiencia de agua para superar la deficiencia de B (Mortvedt, 2000) ya que se puede trasladar fácilmente a las plantas debido a la formación de sustancias orgánicas (por ejemplo, manitol, sorbitol).

1.6. Sistemas de soporte o conducción en el cultivo de maracuyá

El maracuyá generalmente se evalúa bajo algunos sistemas de siembra a través de tutorados con sistemas de espalderas en el cual se colocan hileras de postes verticales de 2.0 m de altura a cada 5-7 metros, los cuales sustentan en la parte superior un hilo de alambre galvanizado N.º 12 (Figura 1), el sistema con un solo hilo de alambre es el más usado por la ventaja de ser económico, de fácil manejo y permitir un mejor asocio con otros frutales y su desventaja es que la actividad fotosintética no es muy alta (CENTA, 2002). En el sistema de emparrados o T se coloca una hilera de postes verticales de 2.0 m de altura que en la parte superior van provistos de una barra horizontal de 0.65- 1 m de largo, a través de los cuales pasan de 2 a 4 hilos de alambre galvanizado en el que se sostienen las plantas

(Figura 2), su ventaja es que permite una mayor distribución del follaje mejorando la eficacia fotosintética, mayor aireación, mayor resistencia a los vientos y su desventaja es que presenta alto costo de producción (Álvarez, 2010)

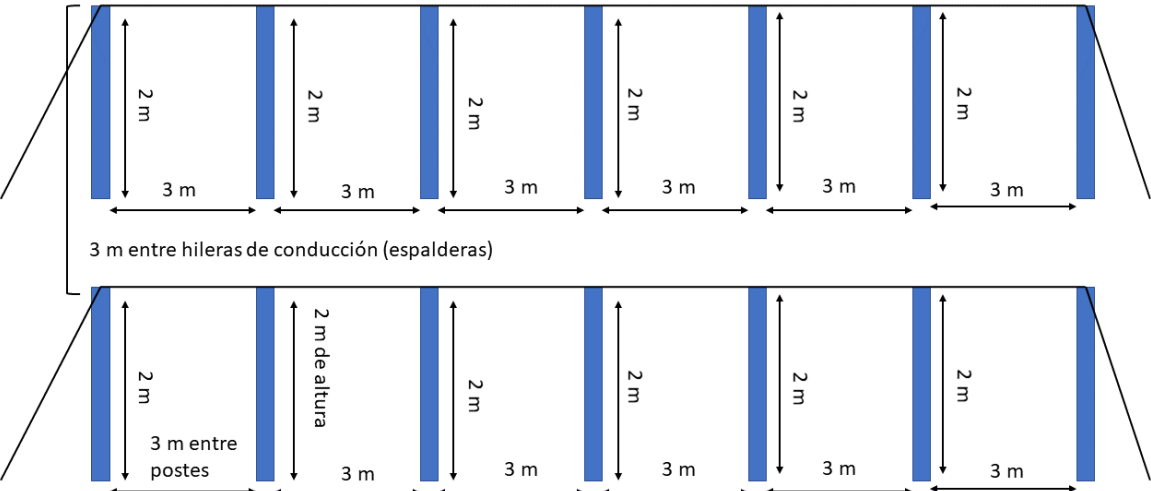
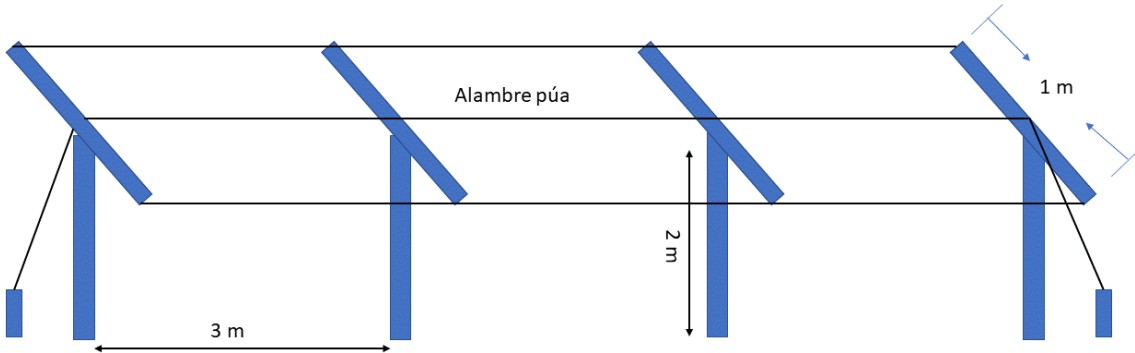


Figura 1. Sistema de tutores por espaldera

Fuente: Los autores, 2020.

Figura 2. Sistema de tutores por emparrado



Fuente: Los autores, 2020.

1.7. Densidad de siembra

Los distanciamientos más utilizados para el cultivo de la maracuyá es de 3 x 5 m obteniendo 666 plantas/ha (Cañizares y Jaramillo, 2015). Cuando se usan distanciamientos cortos 2 x 2- 2,5 entre plantas se obtienen rendimientos mayores en el primer año que en cultivos con distanciamientos mayores, pero en el segundo año son similares, debido a que el exceso de masa foliar provoca demasiada sombra reduciendo la eficiencia fotosintética de la planta, además de reducirse la vida útil de la planta (Sierra, Cruz y Arellano, 2005), además los frutos serán menos dulces por la poca radiación solar que reciben.

1.8. Uso de bioestimulantes

Se conocen cinco grupos principales de hormonas vegetales o fitohormonas: las auxinas, las citoquininas, las giberelinas, el etileno y el ácido abscísico. Todas ellas actúan coordinadamente para regular el crecimiento en las diferentes partes de una planta. La presencia de altos niveles de citoquininas puede facilitar su habilidad de actuar como una fuente demandante de nutrientes. En trabajos realizados se menciona que las aplicaciones más idóneas para mejorar la producción y la calidad de la fruta es la de (citoquinina 500 cc/ha más ácido giberélico 2.5 g/ha (Roman, 2016). Además se ha comprobado que la inoculación de *Trichoderma harzianum* aporta otros beneficios a las plantas, a través de la descomposición de materia orgánica, libera nutrientes en formas disponibles para la planta, y presenta actividad solubilizadora de fosfatos y promueve el crecimiento y desarrollo de los cultivos produciendo metabolitos que estimulan los procesos de desarrollo vegetal debido a que tiene la capacidad de multiplicarse en el suelo y colonizar las raíces de las plantas liberando factores de crecimiento (auxinas, giberelinas y citoquininas) que estimulan la germinación y el desarrollo de las plantas (Mortvedt, 2000) .

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación. - La presente investigación se desarrolló en la Parroquia La Unión del cantón Quinindé de la provincia de Esmeraldas, durante septiembre del 2018 – diciembre 2019, cuyas características edafo-climáticas son las siguientes: pluviosidad de 2500- 3000 mm, heliofanía 600- 700 horas sol/año, temperatura promedio 25°C, evaporación 700 mm, topografía ondulada, textura del suelo franco arcilloso, buen drenaje (INHAMI, 2019).

Metodología. - la investigación estuvo conformada por dos experimentos independientes basados en la conducción del cultivo: 1) conducción por emparrado en “T” y 2) conducción en espaldera. En cada sistema de conducción fueron evaluado cuatro factores de estudios mostrados a continuación, siguiendo la metodología del Diseño Ortogonal $L_9 (3)^4$ de Taguchi (Tabla 1). Mediante los arreglos matemáticos generados por el método de Taguchi quedaron conformados entre las distintas combinaciones de los tres niveles incluidos en cada factor en estudio (Tabla 2 y 3). Las dosis de los fertilizantes edáficos NPK correspondían a valores anuales y fueron fraccionados en proporciones iguales en frecuencias mensuales a partir del primer mes de realizado el trasplante a excepción del Fósforo que fue aplicado al fondo del hoyo en el momento de la simbra de las plantas de maracuyá. Las aplicaciones de los micronutrientes y bioestimulantes fueron en frecuencia mensual con la dosis indicada en la (Tabla 3) para sus respectivos tratamientos.

Para el suministro de los requerimientos hídricos, fue instalado un riego por gotero localizado, ubicando dos goteros auto-compensado por planta, con capacidad de 8 L por horas, y las frecuencias de riego aplicadas se daban dos veces por semana. Durante el crecimiento y desarrollo del cultivo se realizaron prácticas de tutoros y podas, para asegurar la buena conformación de las plantas y su distribución homogénea en los sistemas de conducción.

Tabla 1. Diseño ortogonal L9 (3)⁴ s factores evaluados

Factores en estudio		Niveles en estudio		
Nombre	Código	1	2	3
Densidad	A	666 Plantas/ha	866 Plantas/ha	1111 Plantas/ha
Fertilización NPK	B	150-50-250 kg/ha	200-50-300 kg/ha	250-50-350 kg/ha
Micro-nutrientes (MetalosateMultimineral)	C	1 L/ha	1.5 L/ha	2 L/ha
Bioestimulante (Maxi Grow Excel)	D	0.5 L/ha	1.0 L/ha	1.5 L/ha

Tabla 2. Diseño de los tratamientos según los principios matemáticos de la ortogonalidad

Tratamientos	Factores			
	A	B	C	D
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2

8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

Tabla 3. Tratamientos codificados con sus respectivas combinaciones de factores y niveles más un tratamiento control

Tratamientos	Código	Combinaciones
1	A1B1C1D1	666 plantas/ha + 150-50-250 kg/ha de NPK+ 1 L/ha de Micro-nutrientes (MetalosateMultimineral) + 0.5 L/ha Bioestimulante (Maxi Grow Excel)
2	A1B2C2D2	666 plantas/ha + 200-50-300 kg/ha de NPK+ 1.5 L/ha de Micro-nutrientes (Metalosate Multimineral) + 1 L/ha Bioestimulante (Maxi Grow Excel)
3	A1B3C3D3	666 plantas/ha + 250-50-350 kg/ha de NPK+ 2 L/ha de Micro-nutrientes (MetalosateMultimineral) + 1.5 L/ha Bioestimulante (Maxi Grow Excel)
4	A2B1C2D3	866 plantas/ha + 150-50-250 kg/ha de NPK+ 1.5 L/ha de Micro-nutrientes (MetalosateMultimineral) + 1.5 L/ha Bioestimulante (Maxi Grow Excel)
5	A2B2C3D1	866 plantas/ha + 200-50-300 kg/ha de NPK+ 2 L/ha de Micro-nutrientes (MetalosateMultimineral) + 0.5 L/ha Bioestimulante (Maxi Grow Excel)
6	A2B3C1D2	866 plantas/ha + 250-50-350 kg/ha de NPK+ 1 L/ha de Micro-nutrientes (MetalosateMultimineral) + 1.5 L/ha Bioestimulante (Maxi Grow Excel)
7	A3B1C3D2	1111 plantas/ha + 150-50-250 kg/ha de NPK+ 2 L/ha de Micro-nutrientes (MetalosateMultimineral) + 1 L/ha Bioestimulante (Maxi Grow Excel)
8	A3B2C1D3	1111 plantas/ha + 200-50-300 kg/ha de NPK+ 1 L/ha de Micro-nutrientes (MetalosateMultimineral) + 1.5 L/ha Bioestimulante (Maxi Grow Excel)
9	A3B3C2D1	1111 plantas/ha + 250-50-350 kg/ha de NPK+ 1.5 L/ha de Micro-nutrientes (MetalosateMultimineral) + 0.5 L/ha Bioestimulante (Maxi Grow Excel)
10	Testigo	Suelo

Diseño experimental

Para el ensayo se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 10 tratamientos (tabla 2) y 3 repeticiones, con un total de 30 unidades experimentales para cada sistema de conducción. A continuación, se ilustra el modelo matemático del experimento y el esquema del ANOVA.

$$Y_{ij} = \mu + T + \beta + e_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = es la j ésima parcela dentro del i ésimo tratamiento.

μ = es la media general.

T_i = efecto debido al i ésimo tratamiento.

B_j = efecto del j ésimo bloque

E_{ij} = error experimental asociado al j ésimo bloque del i ésimo tratamiento.

Análisis de datos

El análisis de datos se realizó en dos fases:

En la primera fase se realizó un análisis de varianza (ANOVA) donde se incluyeron los 9 tratamientos en estudio más el testigo. Además, se realizó el contraste ortogonal de medias entre los 9 tratamiento versus el testigo.

En la segunda fase se realizó el análisis regular de medias de Taguchi del tratamiento 1 al 9 con la finalidad de predecir y establecer la combinación óptima de densidad, fertilización con NKP, micronutrientes y biorreguladores. El análisis de Taguchi constó de los siguientes pasos:

- 1) **Elaboración de la tabla de respuestas.** - se elaboró usando las medias y separando los efectos factoriales por cada factor y nivel.
- 2) **Gráficas factoriales.** – se representó los efectos individuales de cada factor usando una gráfica de barras.
- 3) **Combinación óptima.** - la combinación óptima de los factores y niveles se derivó de la tabla de respuestas. Si se tratara de variables experimentales como: rendimiento, beneficio neto o producción de biomasa la respuesta “*mayor es mejor*”, es lo deseable. Si se tratara de variables experimentales como: porcentaje de grano vano, número de plantas enfermas, etc., la respuesta “*menor es mejor*”, es lo deseable.
- 4) **Predicción de la máxima respuesta.** - la predicción de la respuesta máxima se estimó asumiendo que los efectos son aditivos a partir de la “*media de medias*”, adicionando los efectos parciales de cada nivel en estudio por factor, según la tabla de respuesta y la combinación optima definida. La predicción se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$Predicción = \bar{Y} + \sum (A_i - \bar{Y}) + (B_j - \bar{Y}) + (C_k - \bar{Y}) + (D_z - \bar{Y})$$

Donde:

\bar{Y} = Media de factores

A_i = Media del i nivel del factor A

B_j = Media del j nivel del factor B

C_k = Media del k nivel del factor C

D_z = Media del z nivel del factor D

Variables a evaluar. - durante el desarrollo de la investigación se realizaron mediciones morfológicas, productivas y organolépticas durante un año de producción detalladas a continuación:

Morfológicas.

- **Diámetro polar y ecuatorial de frutos.** -fueron seleccionados al azar 10 frutos por unidad experimental desde los primeros estadios de desarrollo, y semanalmente se procederá con la ayuda de un calibrador a tomar las medidas polar y ecuatorial, con la intención de establecer curvas de velocidad de crecimiento hasta llegar a madurez.
- **Espesor de cascara de los frutos.** - fueron tomados 10 frutos al azar y con ayuda de un calibrador se tomó el espesor de cascará en la parte ecuatorial del fruto. Las mediciones se realizaron una vez al mes durante el ciclo de producción.
- **Número de semillas/frutos.** - con la finalidad de analizar la variación climática de la época del año y el efecto de la bioestimulación de los productos evaluados en cuanto a la fecundación, fueron contabilizados el número total de semillas por frutos tomados al azar, fueron analizados 10 frutos por unidad experimental.
- **Relación pulpa/cascara.** - se tomaron 10 frutos al azar por cada unidad experimental, se extrajo la pulpa de cada fruto y tomó el peso, así mismo fue tomado el peso de las cascara de los frutos seleccionados para determinar la relación pulpa/cascara
- **Grados brix en frutos.** - fueron tomadas al azar 10 frutas mensuales por cada unidad experimental, y para estimar los grados brix se utilizó un refractómetro portátil.
- **Peso de 10 frutos.** - las mediciones de esta variable se realizaron una vez por mes durante el ciclo productivo del cultivo.
- **Índice de frutos.** - fue determinado pesando el total de frutos requeridos para completar 1 kg de peso.
- **Rendimiento.** -El rendimiento se determinó recolectando el total de fruto que semanalmente se desprende del árbol, fueron pesado y sumado el total de los pesos por semanas hasta que el cultivo culminó su etapa de producción en evaluación.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 4. Análisis de varianza y medias para mediciones de diámetro polar y ecuatorial de frutos de maracuyá en sistema de conducción de emparrado y espaldera

Tratamientos	Diámetro Polar (cm)		Diámetro Ecuatorial (cm)	
	Emparrado	Espaldera	Emparrado	Espaldera
T1	11,9 ± 0,12	11,2 ± 0,20	10,4 ± 0,15	9,7 ± 0,20
T2	10,2 ± 0,28	10,3 ± 0,30	8,7 ± 0,22	8,7 ± 0,17
T3	10,0 ± 1,10	10,2 ± 0,72	8,5 ± 1,07	8,5 ± 0,74
T4	11,7 ± 0,35	9,9 ± 0,21	10,2 ± 0,28	8,4 ± 0,23
T5	9,8 ± 0,98	10,6 ± 0,32	8,3 ± 1,01	9,1 ± 0,32
T6	11,0 ± 0,61	9,8 ± 0,80	9,3 ± 0,60	8,3 ± 0,82
T7	10,4 ± 1,19	9,3 ± 0,88	8,8 ± 1,17	7,9 ± 0,88
T8	9,5 ± 0,54	10,7 ± 0,42	8,1 ± 0,50	9,2 ± 0,45
T9	11,0 ± 0,00	10,3 ± 1,02	9,5 ± 0,03	8,8 ± 0,96
Testigo	8,2 ± 0,16	7,9 ± 0,78	6,7 ± 0,16	6,3 ± 0,72
C.V.(%)	11,98	10,83	13,29	12,57
Tratamientos	0,3125 ^{ns}	0,6789 ^{ns}	0,3020 ^{ns}	0,6767 ^{ns}
Tratamientos vs Testigo	0,0035 ^{**}	0,0032 ^{**}	0,0034 ^{**}	0,0021 ^{**}

No existió diferencias significativas para el diámetro polar y ecuatorial de los frutos de maracuyá evaluados bajo sistema de conducción de emparrado y espaldera, manteniendo rangos entre los 9,3 y 11,9 cm para el diámetro polar, y entre los 7,9 y 10,4 cm para diámetro ecuatorial. Sin embargo, existe alta significancia estadística tanto en el diámetro polar y ecuatorial para ambos sistemas de conducción entre los tratamientos aplicados con base a densidades poblacionales, niveles de nutrición y aplicaciones de bioestimulantes, en relación al testigo cuya densidad poblacional es de 666 plantas ha⁻¹ y el cual no recibió ningún plan de fertilización y aplicación de bioestimulantes que favorezcan el desarrollo del fruto (Tabla 4), haciendo referencia sobre la importancia de los planes de fertilización y nutrición en el cultivo de maracuyá.

En muchas investigaciones se hace referencia al vigor de las plantaciones y su efecto en el tamaño de los frutos. El vigor de las plantas se enmarca en los tipos y calidad de los suelos, además de los niveles de nitrógeno presente en los suelos o aplicados a los cultivos (Gatti *et al.*, 2020). Por hecho, la diferencia presente en el tamaño de los frutos aquí reportados entre los tratamientos que recibieron fertilización nitrogenada comparado con el testigo, responde a lo establecido lo antes dicho, debido a los impactos fisiológicos en los estadios de fructificación y resistencia a condiciones de sequía (Stojanov *et al.*, 2019).

Generalmente entre los parámetros que predominan el crecimiento de los frutos son los factores medioambientales como temperatura y radiación solar directa, provocando deshidratación y reducción de los diámetros polar y ecuatorial (Casierra-Posada *et al.*, 2007); además, en el desarrollo del experimento no se realizaron aplicaciones específicas con giberelinas, el cual investigaciones realizadas por Salinas *et al.*, (2019) hace referencia a la importancia del ácido giberélico en el crecimiento del fruto, involucrado principalmente en la expansión celular durante los primeros estadios de desarrollo.

El tamaño final de un fruto estaría determinado por el número y tamaño de células, luego por el efecto del alargamiento y expansión celular (Salinas *et al.*, 2019); no obstante, investigaciones realizadas en papaya hacen referencia a la relación que existe entre el tamaño de la flor en el marchitamiento y tamaño final de la fruta, sin embargo, no existe referencia clara que lo sustente en el cultivo de maracuyá. Sin embargo, en frutos de kiwi y durazno el tamaño de la fruta se liga al tamaño de la flor, dado particularmente por el número de células en la flor (Cerri *et al.*, 2019).

Tabla 5. Análisis de varianza y medias para mediciones de espesor de cascara y número de semillas por frutos de maracuyá en sistema de conducción de emparrado y espaldera

Tratamientos	Espesor de cascara (cm)		N° de semillas	
	Emparrado	Espaldera	Emparrado	Espaldera
T1	0,9 ± 0,06	0,9 ± 0,03	461 ± 20,2	450 ± 7,2
T2	0,9 ± 0,15	0,8 ± 0,09	419 ± 6,5	440 ± 15,9
T3	1,0 ± 0,12	1,0 ± 0,12	399 ± 9,0	421 ± 34,0
T4	1,0 ± 0,06	1,0 ± 0,03	451 ± 45,4	390 ± 10,7
T5	1,0 ± 0,09	0,9 ± 0,09	424 ± 24,2	440 ± 32,9
T6	1,1 ± 0,10	1,0 ± 0,12	456 ± 22,5	418 ± 13,0
T7	1,0 ± 0,03	0,9 ± 0,06	430 ± 18,8	400 ± 15,0
T8	0,9 ± 0,09	1,0 ± 0,06	409 ± 19,1	427 ± 16,5
T9	1,0 ± 0,12	0,9 ± 0,06	443 ± 28,1	438 ± 23,1
Testigo	0,8 ± 0,10	0,57 ± 0,03	380 ± 13,1	330 ± 32,7
C.V.(%)	16,46	14,86	9,34	8,9
Tratamientos	0,7660 ^{ns}	0,8060 ^{ns}	0,5706 ^{ns}	0,6004 ^{ns}
Tratamientos vs Testigo	0,07 ^{ns}	0,0002**	0,0441 *	0,0012**

El espesor de la cascara y el número de semillas en los frutos de maracuyá en los tratamientos evaluados no reportó diferencias significativas ($p > 0.05$) dentro de los sistemas de conducción y soporte de emparrado y espaldera, de la misma manera tampoco se observa una variación significativa en ambos sistemas de conducción y soporte entre cada uno de los tratamientos (Tabla 5). Sin embargo, el número de semillas principalmente presentan diferencias estadísticas los tratamientos aplicados en relación al testigo el cual no recibió ningún estímulo de fertilización o aplicación de estimulantes del crecimiento. Tanto el espesor de la cascara y el número de semillas se enmarcan dentro de los atributos físicos contemplados en la calidad de los frutos de maracuyá (Junqueira y Augusto, 2017). El espesor de la cascara en el fruto de maracuyá posiblemente esté ligado a características propias de la variedad en estudio, y las condiciones edafoclimáticas presentes en la zona donde se estableció el cultivo, además no guarda relación con parámetros como el tamaño del fruto y tampoco con el número de semillas en cada fruto (Tabla 5). Efectos similares fueron comprobados en cultivos de cerezas el cual el espesor del mesocarpio no se encontró correlacionado al tamaño de fruto y ovario (Cerri *et al.*, 2019). Sin embargo, los datos reportados en esta investigación duplica el espesor de la cascara a los reportados por Álvares-Flores *et al.*, (2018).

Generalmente el número de semillas está determinado por la cantidad de óvulos desarrollados en el momento de la fecundación. Sin embargo, estaría regulado tanto por la especie, variedad, tiempo de floración, ambiente y la eficiencia de fecundación regulada

por los métodos de polinización (Mendizábal-Hernández *et al.*, 2012). La eficiencia en la fecundación de las flores de maracuyá en campo reflejado por el número de semillas en los frutos está dado principalmente a la presencia de abejas carpinteras (Silveira *et al.*, 2012), conociendo que la mayoría de las especies del género *Passiflora* presentan autoincompatibilidad y dependen de la polinización cruzada para la producción de las frutas (Soares *et al.*, 2018), por lo tanto la cantidad semillas por frutos reportada (Tabla 5) se debe a la alta presencia de polinizadores presente en la zona perteneciente a un ecosistema de bosque trópico húmedo que persisten en la provincia de Esmeraldas.

Estudios realizados por Junqueira y Augusto (2017), atribuyen la calidad del fruto en cuanto al peso del fruto en relación al número de semillas en cada fruto, el cual reporta frutos entre 200 y 330 semillas y con pesos de 127 y 189 g respectivamente; sin embargo, la cantidad de semillas reportada en esta investigación han duplicado el número de semillas (Tabla 5) y el peso por frutos (Tabla 7). La variación existente en el número de semillas en relación al testigo, estaría dada por el efecto del contenido de nitrógeno aplicado en los demás tratamientos, el cual está involucrado en el número de óvulos viables y número de tubos polínicos que alcanzan al ovulo exitosamente al momento de la fecundación de la flor (Ramírez-Gil, J. 2017).

Tabla 6. Análisis de varianza y medias para mediciones para la relación pulpa/cascara y los grados brix del zumo en los frutos de maracuyá en sistema de conducción de emparrado y espaldera

Tratamientos	Pulpa/cascara (%)		Grados Brix (%)	
	Emparrado	Espaldera	Emparrado	Espaldera
T1	0,64 ± 0,05	0,09 ± 1,01	9,4 ± 1,04	11,0 ± 1,01 ab
T2	0,53 ± 0,05	0,60 ± 0,62	8,4 ± 0,07	7,8 ± 0,62 c
T3	0,55 ± 0,03	0,52 ± 0,71	8,6 ± 0,82	11,8 ± 0,71 a
T4	0,54 ± 0,05	0,58 ± 0,38	8,5 ± 0,97	8,2 ± 0,38 c
T5	0,48 ± 0,06	0,52 ± 1,12	9,4 ± 1,88	9,2 ± 1,12 bc
T6	0,55 ± 0,08	0,49 ± 0,46	9,1 ± 1,09	9,4 ± 0,46 bc
T7	0,50 ± 0,01	0,62 ± 0,59	9,0 ± 0,58	11,1 ± 0,59 ab
T8	0,48 ± 0,07	0,48 ± 0,55	7,9 ± 0,79	9,0 ± 0,55 bc
T9	0,51 ± 0,10	0,57 ± 1,19	9,2 ± 0,67	8,9 ± 1,19 bc
Testigo	0,51 ± 0,06	0,53 ± 0,06	8,3 ± 1,34	9,3 ± 0,48
C.V.(%)	19,41	20	19,65	14,34
Tratamientos	0,7114 ^{ns}	0,7907 ^{ns}	0,9651 ^{ns}	0,0276 [*]
Tratamientos vs Testigo	0,6870 ^{ns}	0,7740 ^{ns}	0,6418 ^{ns}	0,6945 ^{ns}

No existe significancia estadística ($p > 0.05$) tanto en los sistemas de conducción de emparrado y espaldera para la relación pulpa/cascara en los frutos de maracuyá entre los tratamientos con distintos niveles de fertilización y aplicación de bioestimulantes aplicados, como tampoco entre los tratamientos y el testigo el cual no recibió ningún tipo de fertilización o estímulo adicional. Sin embargo, la concentración de pulpa se enmarca en los rangos exigidos por la industria que oscila el 50% (Espitia-Camacho *et al.*, 2008). Los sólidos solubles medidos como grado brix en el jugo o extracto de maracuyá reporta significancia estadística en frutos cuyas plantas se desarrollaron en el sistema de conducción de espalderas, mientras que en el sistema de conducción de emparrado no hubo significancia estadística (Tabla 6). Los resultados aquí mostrados en ambos sistemas de conducción reportan menor grado brix en comparación a los reportados por Álvarez *et al.*, (2018) cuyos valores superaron los 13% de concentración de sólidos solubles independientemente de la densidad y niveles de nitrógeno estudiados. Al no existir una tendencia clara sobre un probable efecto de los tratamientos aplicados para los de mayor grados brix en cuanto al número de plantas por superficie T1 y T3 con 666 plantas ha^{-1} , y T7 con 1111 plantas ha^{-1} , en los niveles de fertilización T1 y T7 con 150 Kg N, 50 kg P_2O_5 , 250 Kg K_2O , y T3 con 250 Kg N, 50 kg P_2O_5 , 350 Kg K_2O , además en la variación micronutrientes y bioestimulantes aplicados (Tabla 3), probablemente la variación reflejada de grados brix se da por el efecto de la exposición de los frutos a condiciones de luz y temperatura que el sistema de conducción genera con base a los auto-sombramientos característico de los frutos en relación a los frutos producidos en sistema de emparrado el cual permite mantener un nivel de luminosidad y temperatura homogéneo a todos los frutos al estar posicionados por debajo de los tejidos foliares (Hafle *et al.*, 2009).

Tabla 7. Análisis de varianza y medias para mediciones de índice de frutos y peso de 10 frutos de maracuyá en sistema de conducción de emparrado y espaldera

Tratamientos	Índice de frutos		Peso de 10 frutos (gr)	
	Emparrado	Espaldera	Emparrado	Espaldera
T1	3,3 ± 0,33	3,3 ± 0,33	2853 ± 67 c	3050 ± 126
T2	3,0 ± 0,58	3,3 ± 0,33	3801 ± 350 a	2936 ± 152
T3	3,0 ± 0,58	2,7 ± 0,33	3756 ± 417 a	3723 ± 504
T4	3,0 ± 0,00	3,3 ± 0,33	3217 ± 251 abc	3085 ± 339
T5	2,7 ± 0,33	3,0 ± 0,58	3538 ± 374 abc	3375 ± 376
T6	3,7 ± 0,33	3,7 ± 0,33	3125 ± 150 bc	2819 ± 177
T7	3,0 ± 0,00	3,3 ± 0,33	3393 ± 315 abc	2913 ± 49
T8	3,3 ± 0,33	3,3 ± 0,33	2853 ± 135 c	2898 ± 202
T9	3,0 ± 0,00	3,3 ± 0,33	3275 ± 299 abc	2857 ± 113
Testigo	5,0 ± 0,00	6,0 ± 0,57	2615 ± 257	1973 ± 192
C.V.(%)	18,17	20,67	10,74	15,07
Tratamientos	0,6244 ^{ns}	0,8316 ^{ns}	0,0356 [*]	0,3457 ^{ns}
Tratamientos vs Testigo	0,0001 ^{**}	0,0001 ^{**}	0,0046 ^{**}	0,0010 ^{**}

No se encontró significancias estadísticas entre los tratamientos aplicados en esta investigación en cuanto al índice de frutos, asumiendo como el número de frutos de maracuyá requerido para completar 1 kg de producción, manejando un rango promedio de 3 frutos de maracuyá por kg⁻¹. tampoco existe variación significativa entre el sistema de conducción de emparrado y espaldera. El peso de 10 frutos registrados en los tratamientos aplicados tanto en el sistema de conducción de espaldera y emparrado, no se reporta diferencias significativas para los tratamientos evaluados en espaldera, no obstante, para el sistema de emparrado si fue significativo (Tabla 7) Existe alta significancia estadística tanto en el índice de frutos y el peso de 10 frutos entre los tratamientos aplicados en comparación al testigo evaluado. Entre los tratamientos que mayor peso de los frutos se reportó en el sistema de emparrado son aquellos cuyas densidades de siembra se establecen en las 666 plantas ha⁻¹ T2 y T3, sin embargo, el T1 a pesar de mantener densidad poblacional de 666 plantas ha⁻¹ es el tratamiento cuyo aporte nutricional mediante fertilización y aplicaciones de micronutrientes y bioestimulantes es menor a los demás (Tabla 3). Los pesos reportados cuyo promedio rodean los 320 g superan los pesos por frutos de 230 g reportados por Álvarez *et al.*, (2018), al evaluar densidades poblacionales de 555, 667 y 883 plantas ha⁻¹ y fertilización nitrogenada de 100 kg ha⁻¹ con varias fuentes nitrogenadas en el cultivo de maracuyá INIAP 2009. No obstante, con estos resultados se resaltaría que el cultivo de maracuyá respondería dosis mayores de nitrógeno y potasio en relación a los demás experimentos en maracuyá desarrollados (Álvarez *et al.*, 2018; Rodríguez-Yzquierdo *et al.*,

2020), lo que se puede corroborar con los resultados presentados en cuanto al peso de los frutos en el tratamiento testigo (Tabla 7).

Tabla 8. Análisis de varianza y medias para número de frutos ha^{-1} y rendimiento kg/ha^{-1} de maracuyá en sistema de conducción de emparrado y espaldera

Tratamientos	Número de frutos ha^{-1}		Rendimiento Kg/ha^{-1}	
	Emparrado	Espaldera	Emparrado	Espaldera
T1	87667 ± 4426 a	54333 ± 962 c	27197 ± 810 ab	15000 ± 77 d
T2	95667 ± 6351 a	90000 ± 4234 a	28833 ± 1828 ab	26440 ± 1.424 a
T3	69333 ± 2309 b	73000 ± 3272 b	21290 ± 410 de	22133 ± 847 b
T4	89000 ± 577 a	56000 ± 1540 c	22183 ± 279 d	15747 ± 416 cd
T5	71333 ± 4538 b	90333 ± 2117 a	18853 ± 354 f	26833 ± 731 a
T6	89333 ± 1925 a	90667 ± 3849 a	24747 ± 570 c	26913 ± 1.089 a
T7	53667 ± 3272 c	61667 ± 962 c	15487 ± 73 g	18503 ± 291 c
T8	85333 ± 6158 a	85111 ± 2222 a	26623 ± 1145 bc	24780 ± 1.232 ab
T9	70000 ± 1155 b	85333 ± 4234 a	19787 ± 312 ef	25917 ± 1.453 a
Testigo	53333 ± 8700	51333 ± 4438	13540 ± 1711	13515 ± 1458
C.V.(%)	8,84	6,05	5,34	7,45
Tratamientos	0,0001 **	0,0001**	0,0001**	0,0001**
Tratamientos vs Testigo	0,0001 **	0,0001**	0,0001 **	0,0001 **

Existe significancia estadística ($p < 0.01$) sobre el número de frutos cosechados por ha^{-1} tanto en sistema de conducción por emparrado y espaldera lateral; de la misma manera se reporta significancia estadística en el rendimiento por ha^{-1} para los dos sistemas de conducción (Tabla 8). En el sistema de conducción de espaldera existe una tendencia clara sobre el efecto de la aplicación de macronutrientes (N y K) sobre el número de frutos por unidad de superficie, reportando menor número de frutos en los tratamientos (T1, T4 y T7) cuya cantidad de macronutriente fue menor (150 kg N y 250 kg K), en relación a los demás tratamientos con dosificaciones nutricionales de nitrógeno y potasio más elevado (Tabla 3); mientras, en el sistema de conducción por emparrado el efecto sobre aplicaciones de dosis en elementos como nitrógeno y potasio en dosis crecientes no muestra una tendencia clara; sin embargo, esta claro el efecto que ejerce un plan nutricional completo sobre el cultivo de maracuyá en cuanto a los parámetros de producción, reduciendo en un 50% el número de frutos ha^{-1} (testigo) independientemente del sistema de conducción y tutorado implementado (Tabla 8). La disminución de la carga frutal en tratamiento control con ausencia de fertilización durante el manejo, podría estar relacionada al déficit floral o aborto de las mismas.

El nitrógeno, fósforo y potasio son nutrientes esenciales en el crecimiento, además de jugar un rol en los procesos de floración, debido a la estrecha relación con la producción de compuestos y hormonas necesarias para este proceso (Ye *et al.*, 2019). Investigaciones realizadas por Aular *et al.*, (2014), hace referencia sobre el efecto del nitrógeno sobre el número de los frutos de maracuyá, el cual se han registrado rendimientos promedios entre las 30 y 34 t ha⁻¹ con dosis de nitrógeno que superan los 350 Kg N ha⁻¹. La cantidad de frutos por ha⁻¹ entre los sistemas de conducción son muy variados en relación a cada uno de los tratamientos, por lo que se podría pensar en un análisis más exhaustivo en investigaciones futuras.

El rendimiento en Kg ha⁻¹, mantiene alta significancia estadística ($p < 0.01$) entre sus tratamientos aplicados para ambos sistemas de conducción. En el sistema de conducción por emparrado los tratamientos de mayores rendimientos son el T1 y T2 con 27 y 28 t/ha⁻¹ respectivamente, cuyas características hace referencia a la menor densidad poblacional de 666 plantas/ha⁻¹, mientras la mayor producción en el sistema de conducción de espaldera se logró con los tratamientos T5, T6 y T2 con rendimientos superiores a las 26 t/ha⁻¹ respectivamente (Tabla 8). En ambos sistemas de conducción todos los tratamientos evaluados superaron significativamente al tratamiento control, inclusive duplicando la producción. No obstante, el rendimiento determinado por los kg ha⁻¹ producidos, están fuertemente determinado por el número de frutos totales por unidad de superficie (Figura 1) para ambos sistemas de conducción, debido que los pesos de las frutas no variaron a excepción del tratamiento testigo (Tabla 7).

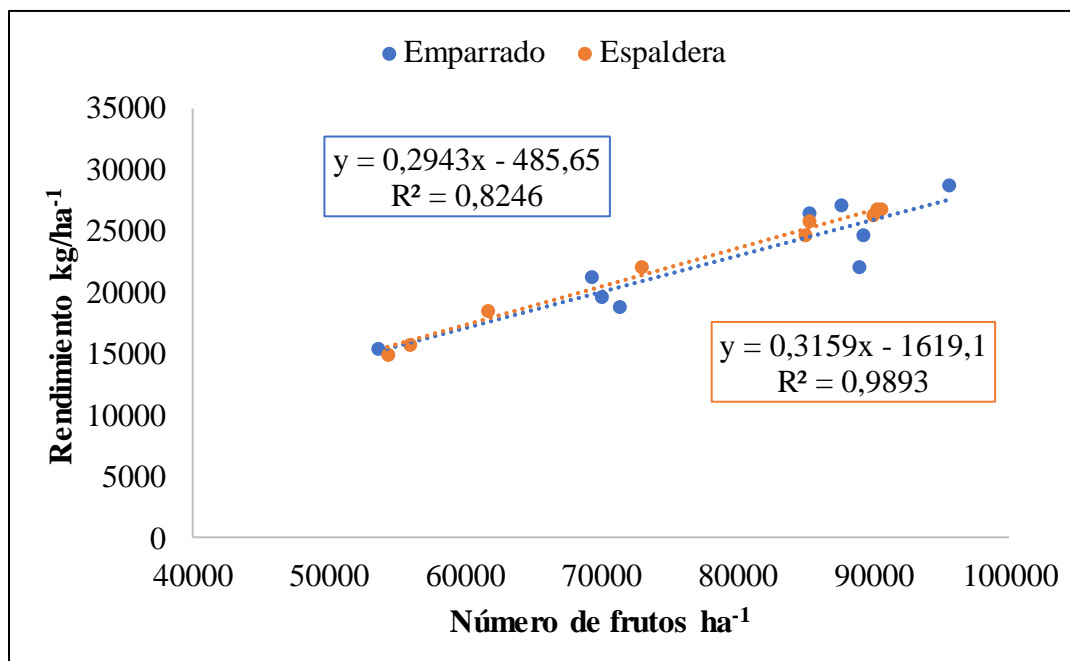


Figura 3. Regresión Lineal entre el Rendimiento ha⁻¹ y el número de frutos cosechados por ha⁻¹, tanto en sistema de conducción por emparrado y espaldera lateral

Debido a la variación dentro de la conformación en los tratamientos en relación a las densidades poblacionales, fertilización macro y micro nutricional, y aplicación de bioestimulantes en diferentes dosis durante el desarrollo y crecimiento del cultivo de maracuyá (Tabla 1 y 3), el cual los resultados reporta mayor producción en comparación a otras investigaciones, se realizó un análisis de los efectos principales de cada factor involucrado en la investigación a través del método de Taguchi para ambos sistemas de conducción y tutorado (Figura 2).

Con el sistema de conducción en emparrado, con densidades de siembra de 666 plantas ha⁻¹ se consiguió una producción de 24.2 t ha⁻¹, mientras con la mayor densidad de 1.111 plantas ha⁻¹ la producción ronda las 20.7 t ha⁻¹ (Figura 2 A). No obstante, con el sistema de conducción en espaldera comúnmente utilizada por los productores, la mayor producción puede conseguirse con 866 plantas ha⁻¹ con un promedio de 25 t ha⁻¹ (Figura 2 E). Generalmente las densidades mayormente utilizadas en los sistemas de plantación oscilan entre las 625 y 416 plantas ha⁻¹ (Álvarez *et al.*, 2018). Probablemente la diferencia entre la producción registrada entre ambos sistemas de producción, está dada por eficiencia en la captación de luz generada por la cantidad de superficie vegetativa expuesta a la radiación

principalmente en el sistema de emparrado que permite equilibrar la actividad y la producción vegetativa, proporcionando una buena distribución de las ramas para facilitar los tratamientos culturales y permitir una mayor insolación de las ramas (Hafle *et al.*, 2009), a diferencia del sistema de espaldera cuya condición de captación de luz estaría limitado por factores como: La dirección en la que se encuentre establecida la espaldera; y, la intensidad luminosa en relación a la hora del día. Aunque el descenso en la eficiencia fotosintética en el cultivo de maracuyá está condicionado por factores ambientales presente en la zona de siembra (Rodríguez-Yzquierdo *et al.*, 2020). La reducción de la tasa fotosintética causada por descenso de la luz natural y la temperatura ambiental afecta en gran medida las etapas de floración, fructificación y la productividad de la maracuyá (Hafle *et al.*, 2009).

La producción basada en los niveles de fertilización con N, P y K evaluado (Tabla 1), en el sistema de emparrado se reporta producción de 23.8 t ha⁻¹ con niveles de 200 kg N, 50 kg P₂O₅ y 300 kg K₂O, en comparación a los dos niveles adicionales evaluados (Figura 2 B). En el sistema de conducción de espalderas los niveles de fertilización cuya mayor producción se reportó 26.4 t ha⁻¹ fue con 250 kg N, 50 kg P₂O₅ y 350 kg K₂O ha⁻¹ (Figura 2 F). La diferencia entre los niveles de fertilización que mayor producción se genera entre los sistemas de conducción, está dado al mayor gasto energético y actividad metabólica que mantiene el sistema de espaldera, que al estar bajo condiciones que favorece sombriamiento en su área foliar, condiciona la necesidad de aumentar su tejido aéreo para compensar el llenado de los frutos. Sin embargo, al existir el aumento del tejido foliar, también se estimuló la generación de yemas florales inducidas por el incremento del nitrógeno (Rodríguez-Yzquierdo *et al.*, 2020).

Entre los macronutrientes minerales en la que mayor proporción necesita el cultivo de maracuyá es el Nitrógeno y Potasio, seguido por el Calcio y Azufre (Pacheco *et al.*, 2017). El nitrógeno es un importante factor limitante del rendimiento de la planta y bajo el cambio en el suministro de nitrógeno, las plantas elaboran respuestas fisiológicas y morfológicas con el objetivo de ajustar el crecimiento y el desarrollo, además de la relación directa en la síntesis de precursores de hormonas como la citoquinina derivadas de la adenina y sintetizadas en varias partes de la planta, enrolada en las etapas fenológicas de floración y

producción en el desarrollo del grano, número de granos y la actividad del meristemo de inflorescencia (Gu *et al.*, 2018). Los mayores rendimientos en el cultivo de maracuyá se logran cuando la relación N: K es de 1:2 (Pacheco *et al.*, 2017), el cual demuestra las altas dosis de K evaluadas. El K como elemento de gran demanda e interés por los cultivos, juega un importante rol en la activación de enzimas involucradas en varios procesos metabólicos beneficiando el crecimiento y producción de los cultivos (Ye *et al.*, 2019). Sin embargo, en cultivos producidos en campo donde las condiciones climáticas pueden de alguna otra manera estar sujetos a problemas de estrés bióticos y abióticos (Sattar *et al.*, 2019), el K mejora aspectos en las plantas principalmente en condiciones de sequía y altas temperaturas ayudando a un mejor uso eficiente del agua el cual se traduce en mayor producción (Farooq *et al.*, 2019).

La aplicación en dosis de fertilizantes foliares compuestos por micronutrientes, se reportó según el análisis de Taguchi, para el sistema de emparrado con dosis de 1 L ha^{-1} mensual se puede obtener un rendimiento de 24 t ha^{-1} (Figura 2 C), mientras en el sistema de espaldera la dosis con mejor respuesta de producción de 23 t ha^{-1} fue con 2 L ha^{-1} (Figura 2 G). Aplicaciones de productos bioestimulantes o reguladores del crecimiento vegetal evaluado como un factor de producción en el cultivo de maracuyá, reporta un importante rol dentro de la capacidad productiva del cultivo. Tanto para el sistema de conducción de emparrado, como el sistema de conducción por espaldera lateral, con dosis de entre 1 y 1.5 L ha^{-1} la producción fue de 22 y 24 t ha^{-1} respectivamente en comparación a la dosis más baja de 0.5 L ha^{-1} cuya producción no superó las 21 t ha^{-1} para ambos sistemas de producción (Figura 2 D y H).

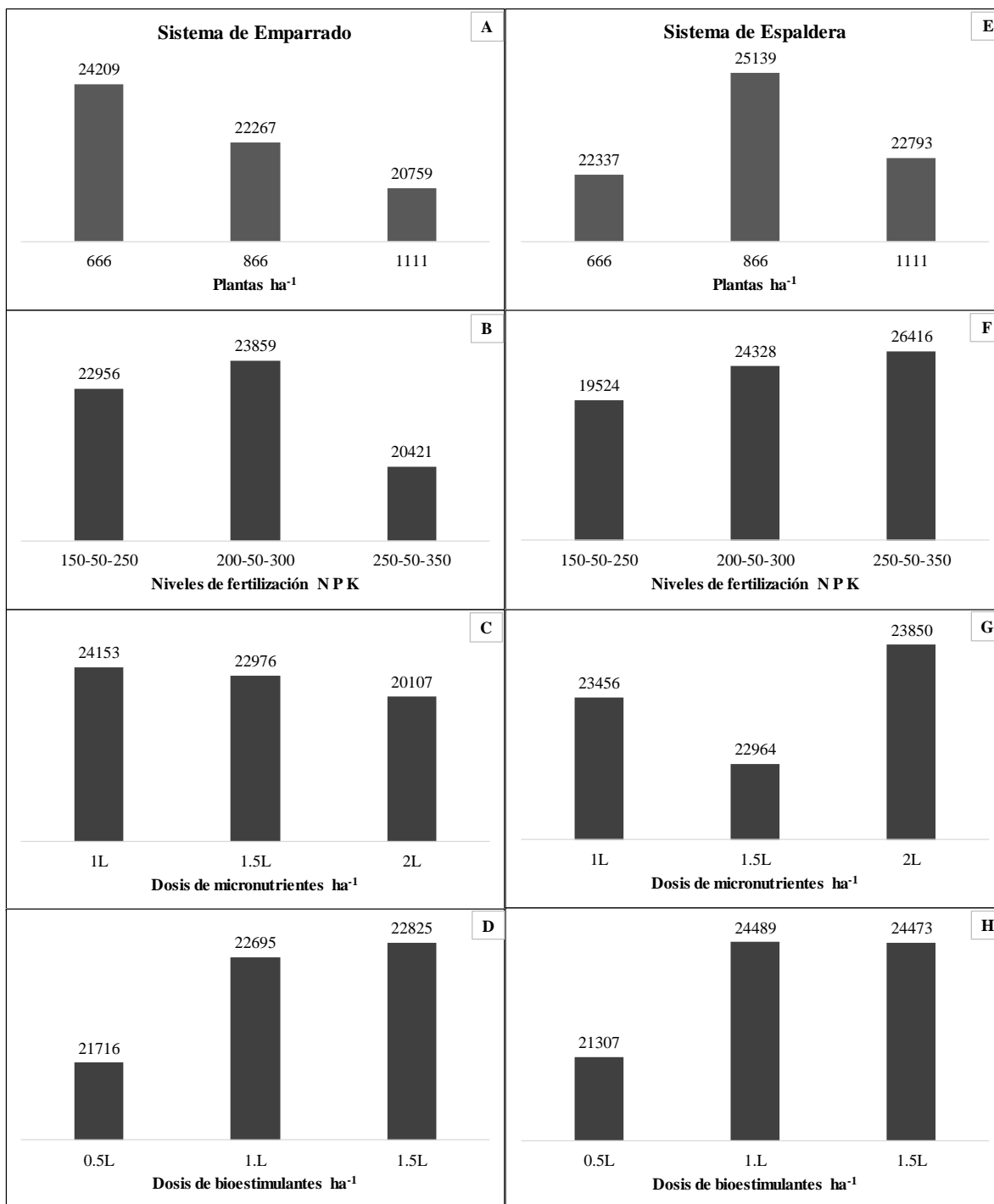


Figura 4. Análisis del Rendimiento en Kg ha⁻¹ para los efectos principales evaluados con el método Taguchi en dos sistemas de conducción

De acuerdo a la ecuación de respuesta máxima de Taguchi, **predicción** = $\bar{Y} + \Sigma (A_2 - \bar{Y}) + (B_3 - \bar{Y}) + (C_3 - \bar{Y}) + (D_2 - \bar{Y})$, de la combinación óptima de densidades, macronutrientes, micronutrientes y bioestimulantes (A2B3C3D2) bajo un sistema de conducción en espalderas, producirá un rendimiento 29.625 kg ha⁻¹, cuyo contraste al tratamiento testigo utilizado por los productores convencionales cuya producción ronda los 13.515 kg ha⁻¹, aumentando la producción en un 219% (Figura 3). Además, logra superar con más de 2 toneladas al tratamiento 5 de entre los evaluados (Tabla 8).

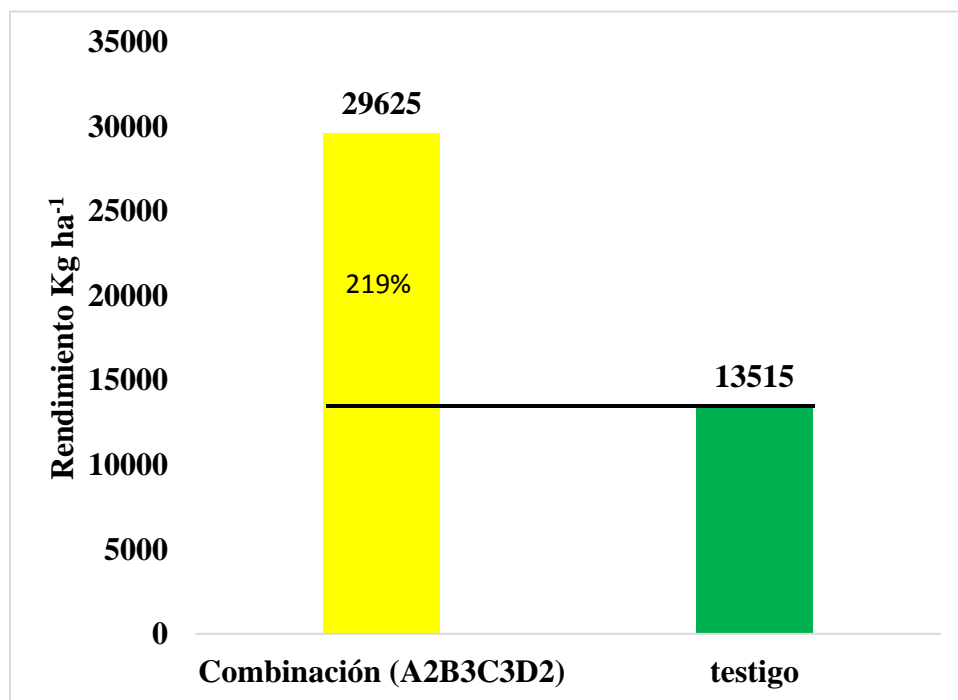


Figura 5. Combinación óptima de densidades, macronutrientes, micronutrientes y bioestimulantes (A2B3C3D2) en relación al tratamiento testigo con manejo convencional por los agricultores sobre el rendimiento del cultivo de maracuyá bajo un sistema de conducción por espaldera.

Mientras que la ecuación de respuesta máxima de Taguchi, **predicción** = $\bar{Y} + \Sigma (A_1 - \bar{Y}) + (B_2 - \bar{Y}) + (C_1 - \bar{Y}) + (D_3 - \bar{Y})$, de la combinación óptima de densidades, macronutrientes, micronutrientes y bioestimulantes (A1B2C1D3) bajo un sistema de conducción en emparado, producirá un rendimiento 27.809 kg ha⁻¹, en contraste

al tratamiento testigo utilizado por los productores convencionales cuya producción ronda los 13540 kg ha⁻¹, aumentando la producción en un 205% (Figura 4). El rendimiento estimado con base a la combinación planteada en la predicción de Taguchi no superó los rendimientos del tratamiento 2 evaluado (Tabla 8).

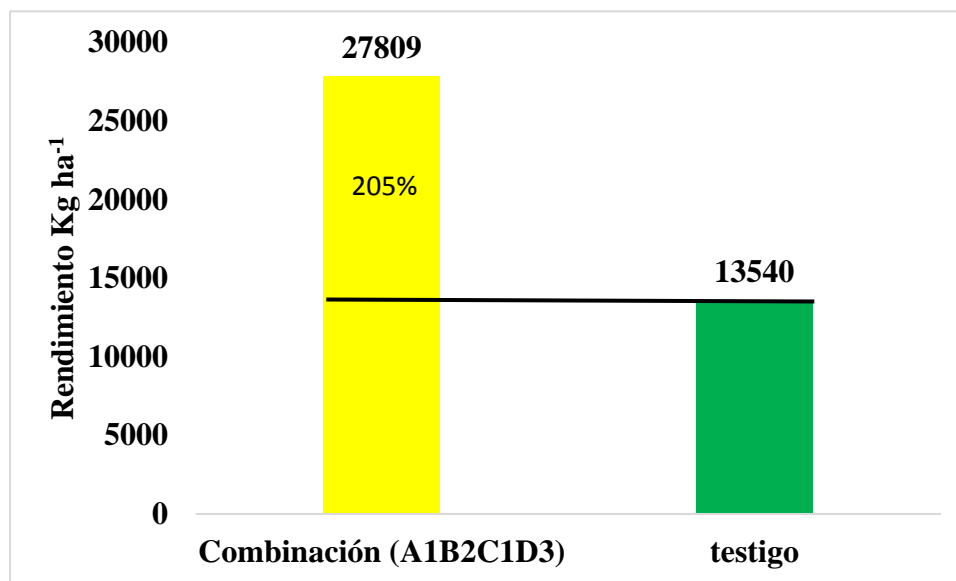


Figura 6. Combinación óptima de densidades, macronutrientes, micronutrientes y bioestimulantes (A1B2C1D3) en relación al tratamiento testigo con manejo convencional por los agricultores sobre el rendimiento del cultivo de maracuyá bajo un sistema de conducción de emparrado.

VI. CONCLUSIONES

La producción en el cultivo de maracuyá está fuertemente ligado a las ventajas y desventajas que se puedan generar con base a los sistemas de conducción el cual se desarrolle el cultivo, ligando varios factores que se involucran a continuación:

- Las densidades poblacionales responden de manera diferente a los sistemas de conducción evaluados, siendo las densidades de 666 plantas /ha⁻¹ la óptima en el sistema de emparrado y 866 plantas /ha⁻¹ para el sistema de conducción en espaldera según lo reportado por el análisis predictivo de Taguchi.
- La maracuyá es un cultivo que demanda grandes cantidades de fertilizantes nitrogenados y potásicos respondiendo a niveles de 200 y 250 Kg N y 300 y 350 Kg de K₂O. Sin embargo, la mayor necesidad nutricional está basada en el tipo de conducción en el cual se desarrolle el cultivo. Sobre la misma tendencia se enmarca la respuesta a la aplicación micro nutricional de manera foliar.
- El cultivo de maracuyá responde favorablemente a aplicaciones foliares de compuestos bioestimulantes cuyos contenidos se basen con complejos hormonales y sustancias promotoras del crecimiento vegetal durante las diferentes etapas fenológicas, favorecen la producción con dosis mínimas de 1 L/ha⁻¹.

VII. RECOMENDACIONES

Es necesario desarrollar otra investigación en campo para evaluar el tratamiento obtenido mediante la predicción de Taguchi para cada sistema de conducción. Además, de evaluar variables adicionales como extracción nutricional, incidencia de polinizadores sobre los sistemas de conducción, índice de floración en cada sistema de conducción entre otros.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, E. (2010). *Guía técnica del cultivo de la maracuyá*. Obtenido de Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal: <http://centa.gob.sv/docs/guias/frutales/GUIA%20MARACUYA%202011.pdf>
- Alvarez-Flores, R. Nguyen-Thi-Truc, A. Peredo-Parada, S. Joffre, R. Winkel, T.J.P. (2018) . Rooting plasticity in wild and cultivated Andean Chenopodium species under soil water deficit. *Plant Soil*. Vol 425, pp. 479–492.
- Aular, J. Casares, M. Natale, W. (2014). Nutricao mineral e qualidade do fruto do abacaxizeiro e do maracujazeiro. *Revista Brasileira Fruticultura*. Vol 36(4), pp. 1046-1054.
- Bernacci, L. (2003). Passifloraceae. In: Wanderley MGL, Shepherd GJ, Giuliatti AM, Melhem TS (eds) *Flora fanerogâmica do estado de São Paulo*. RIMA/FAPESP, São Paulo, pp 247–248.
- Cañizares, A. Jaramillo, E. (2015). El cultivo del maracuyá en el Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/6894/1/116%20EL%20CULTIVO%20DE%20MARACUYA%20EN%20ECUADOR.pdf>
- Carvajal, L. (2014). Propiedades funcionales y nutricionales de seis especies de passiflora (passifloraceae) en el departamento del Huila, Colombia. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/cal/v36n1/v36n1a1.pdf>
- Cakmak I. (2008). Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? *Plant Soil*, vol 302, pp 1-17.
- Casierra-Posada, F. Vargas, Y. (2007). Crecimiento y produccion de fruta en cultivares de fresa (*Fragaria* sp.) afectados por encharcamiento. *Rev. Colomb. Cienc. Hortic*. Vol 1, pp. 21-32. Doi: 10.17584/rcch.2007v1i1.1142
- Cerqueira-Silva, C., Faleiro, F., Jesus, O.. et al. (2016). The genetic diversity, conservation, and use of passion fruit (*Passiflora* spp.) In: Ahuja MR, Jain SM (eds)

Sustainable development and biodiversity, pp 215–231. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-25954-3>

- Cerqueira-Silva, C., Faleiro, F., de Jesus, O., dos Santos, E. & de Souza, A. (2018). Passion fruit (*Passiflora* spp.) breeding. In *Advances in Plant Breeding Strategies: Fruits*, pp. 929-951. Springer, Cham.
- CENTA. (2002). Guía técnica cultivo de maracuyá amarilla. Obtenido de <http://www.bionica.info/Biblioteca/Garcia%202002%20guia%20tecnica%20maracuya.pdf>.
- Cerri, M. Rosati, A. Famiani, F. Reale, L. (2019). Fruit size in different plum species (genus *Prunus* L.) is determined by postbloom developmental processes and not by ovary characteristics at anthesis. *Scientia Horticulturae*. Vol 255, pp. 1-7.
- d’Eeckenbrugge, G., Segura, S., Hodson, E., Góngora, G. (2001). Passion Fruits. In: Charrier A, Jacquot M, Hamon S, Nicolas D (eds) *Tropical plant breeding*. Enfield Sciences, Montpellier, pp 381–401.
- Dorado, D., Hermann, T., Ríos, H., & Rojas, L. (2013). Rendimiento y calidad de la fruta del maracuyá amarillo *passiflora edulis* en respuesta al riego y la fertilización. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/2311/231130851013.pdf>.
- Dulanto, j., & Aguilar, M. (2011). Guía técnica manejo integrado de producción y sanidad de maracuyá. Piura, PE Universidad Nacional Agraria La Molina. 37.
- Espitia Camacho, H. Araméndiz Tatis, C. Cardona Ayala (2008) “Correlaciones para algunas propiedades físicas y químicas del fruto y jugo de maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener)”, *Agron. Colomb.* Vol 26(2), pp. 292-299.
- Farooq, M. Hussain, M. Ul-Allah, S. Siddique, K. (2019). Physiological and agronomic approaches for improving water-use efficiency in crop plants. *Agricultural Water Management*. Vol 2019, pp. 95-108.
- Fageria N K, Filho M P B, Moreira A, Gulmaraes C M. (2009). Foliar fertilization of crop plants. *J Plant Nutr*, vol 32, pp 1044-1064.

- Gaude N, Nakamura Y, Scheible WR, Ohta H, Dormann P. (2008). Phospholipase C5 (NPC5) is involved in galactolipid accumulation during phosphate limitation in leaves of Arabidopsis. *Plant J*, vol 56, pp 28-39.
- Gatti, M. Schippa, M. Garavani, A. Squeri, C. Frioni, T. Dosso, P. Poni, S. (2020). High potential of variable rate fertilization combined with a controlled released nitrogen form at affecting cv. Barbera vines behavior. *European Journal of Agronomy*. Vol 112, pp. 125949.
- Gómez-Coronado F, Poblaciones M J, Almeida A S, Cakmak I. (2016). Zinc (Zn) concentration of bread wheat grown under Mediterranean conditions as affected by genotype and soil/foliar Zn application. *Plant Soil*, vol 401, pp 331-346.
- Gu, J. Li, Z. Mao, Y. Struik, P. Zhang, H. Liu, L. Wang, Z. Yang, J. (2018). Roles of nitrogen and cytokinin signals in root and shoot communications in maximizing of plant productivity and their agronomic applications. *Plant Science*. Vol 274, pp. 320-331.
- Hafle, O. Ramos, J. de Oliveira, L. Ferreira, E. de Melo, P. (2009). Produtividade e qualidade de frutos do maracujazeiro-amarelo submetido à poda de ramos produtivos. *Revista Brasileira de fruticultura*. Vol 31(3), pp. 763-770.
- IBGE, (2019). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. [On line]. URL <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457/> (accessed 18 November 2019).
- INEC. (2018). Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua 2018. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/.../Indice%20de%20publicacion%20ESPAC%202016.xlsx>
- Jamtgard S, Nasholm T, Huss-Danell K. (2008). Characteristics of amino acid uptake in barley. *Plant Soil*, vol 302, pp 221-231.
- Junqueira, C. Augusto, S. (2017). Bigger and sweeter passion fruits: effect of pollinator enhancement on fruit production and quality. *Apidologie*. Vol 48, pp. 131-140.

- Khan M U, Qasim M, Subhan M, Jamil M, Ahmad R D. (2003). Response of rice to different methods of Zn application in calcaerous soils. *Pak J App Sci*, vol 3, pp 524-529.
- Lorenzi, H., Bacher, L., Lacerda, M., Sartori, S. (2006). Frutas brasileiras e exóticas cultivadas: de consumo in natura. Instituto Plantarum de Estudos da Flora, Brazil.
- Loayza, J., & Pozo, E. (Enero de 2010). Cultivo de maracuyá. Obtenido de http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/161/1/Cultivo_maracuya_2010.pdf
- Mahouachi J, Socorro AR, Talon M. (2006). Responses of papaya seedlings (*Carica papaya* L.) to water stress and re-hydration: growth, photosynthesis and mineral nutrient imbalance. *Plant Soil*, vol 281, pp 137-146.
- Marschner, H. (1995). *Mineral Nutrition in Higher Plants*. London: Academic Press.
- Maathuis, Frans. (2009). Physiological functions of mineral macronutrients. *Current Opinion in Plant Biology*, vol 12, pp 250-258.
- Mendizábal-Hernández, L. Márquez, J. Alba-Landa, J. Ramírez-Gracia, E. Cruz-Jiménez, H. (2012). Potencial y eficiencia de producción de semillas de *Cedrela odorata* L. *Foresta Veracruzana*. Vol 14(2), pp. 31.36
- Miller AJ, Cramer MD. (2008). Root nitrogen acquisition and assimilation. *Plant Soil*, vol 274, pp 1-36.
- Mitsuhashi N, Ohnishi M, Sekiguchi Y, Kwon YU, Chang YT, Chung SK, Inoue Y, Reid RJ, Yagisawa H, Mimura T. (2005). Phytic acid synthesis and vacuolar accumulation in suspension-cultured cells of *Catharanthus roseus* induced by high concentration of inorganic phosphate and cations. *Plant Physiol*, vol 138, pp 1607-1614.
- Mortvedt J J. (2000). Bioavailability of micronutrients. *In: Kamprath E J. Soil Fertility and Plant Nutrition*. Boca Raton, FL: CRC Press, D71-D86.
- Moya, D. (2012). Proyecto de prefactibilidad para la exportación de jugo y concentrado de maracuyá al mercado de USA (San Diego-California). Obtenido de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/8187/1/50525_1.pdf

- Mora, J. C. (2018). Efecto de la aplicación de N, K, B, Si y GA3 sobre el rendimiento del fruto de maracuyá (*Passiflora edulis* F.v) variedad INIAP-2009 en el cantón Daule. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/28746/1/Carlos%20Mora%20Jos%C3%A9%20Rolando.pdf>
- Nadeem, F. Farooq, M. (2019). Application of micronutrients in rice-wheat cropping system of South Asia. *Rice Science*, vol 26(6), pp 356-371.
- Nautiyal N, Yadav S, Singh D. (2011). Improvement in reproductive development, seed yield, and quality in wheat by zinc application to a soil deficient in zinc. *Commun Soil Sci Plant Anal*, vol 42, pp 2039-2045.
- Neusa, A. (2016). Establecimiento de un sistema productivo de maracuyá (*Passiflora edulis*) en el municipio de Uribe Meta como alternativa de fortalecimiento empresarial y conocimientos técnicos. Obtenido de http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/21689/46122056_2016.pdf?sequence=1
- Pandey N. (2010). Role of micronutrients in reproductive physiology of plants. *Plant Stress*, vol 4, 1-13.
- Pacheco, A. Pagliarini, M. de Freitas, G. Silva, R. Serrao, J. Cola, J. (2017). Mineral composition of pulp and production of the yellow passion fruit with organic and conventional fertilizers. *Food Chemistry*. Vol 217, pp. 425-430.
- Pereira, V. (2015). Estudio a la aplicación de tres frecuencias y dos dosis de NPK más una fórmula de fertilizante foliar en el cultivo de maracuyá. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/7384/1/TESIS%20DE%20GRADO.pdf>
- Ramírez, R., González, A., & Mejía, A. (2012). Cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) establecido con buenas prácticas agrícolas (BPA) en el Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. Obtenido de CIAT: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/biblioteca/cultivo%20de%20maracuya%20establecido%20con%20buenas%20practicas%20agricolas%20....pdf

- Ramírez-Gil, J. (2017). Calidad del fruto de aguacate con aplicaciones de ANA, boro, nitrógeno, sacarosa y anillado. *Agronomía Mesoamericana*. Vol 28(3), pp. 591-603.
- Rashid A, Yasin M, Ali M A, Ahmad Z, Ullah R. (2007). An alarming boron deficiency in calcareous rice soils of Pakistan: Boron use improves yield and cooking quality. *In: Xu F. Advances in Plant and Animal Boron Nutrition*. Dordrecht, the Netherlands: Springer, pp 103-116.
- Rehman A, Farooq M, Nawaz A, Rehman A, Iqbal S. (2015). Soil application of boron improves the tillering, leaf elongation, panicle fertility, yield and its grain enrichment in fine-grain aromatic rice. *J Plant Nutr*, vol 38, pp 338-354.
- Rehman A, Farooq M, Ozturk L, Asif M, Siddique K H M. (2018a). Zinc nutrition in wheat-based cropping systems. *Plant Soil*, vol 422, pp 283-315.
- Rehman A, Farooq M, Rashid A, Nadeem F, Stuerz S, Asch F, Bell R W, Siddique K H M. (2018b). Boron nutrition of rice in different production systems: A review. *Agron Sustain Dev*, vol 38, pp 25.
- Rodríguez-Yzquierdo, G. Pradenas-Aguila, H. Basso-de-Figuera, C. Barrios-García, M. León-Pacheco, R. Pérez-Macias, M. (2020). Efecto de dosis de nitrógeno en la agronomía y fisiología de plantas de maracuyá. *Agronomía Mesoamericana*. Vol 31(1), pp. 117-128.
- Román, H. (2016). Efecto del uso de fitohormonas y fertilización con boro, sobre la nutrición, producción y calidad del fruto de maracuyá (*passiflora edulis* F. v) INIAP 2009. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/11558/1/Rom%C3%A1n%20Mota%20Henry%20Gabriel.pdf>.
- Romero, J. Torrente, A. Obregón, N. Torres, A. (2014). Acople de un modelo de conductancia estomática, fotosíntesis y transpiración para el cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis*). Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Andres_Torres16/publication/266615025_Acople_de_un_modelo_de_conductancia_estomatica_fotosintesis_y_transpiracion_para_el_cultivo_de_maracuya_Passiflora_edulis/links/5435cc600cf2bf1f2b527d/Acople-de-un-modelo-de-cond

- Salinas, I. Hueso, J. Cuevas, J. (2019). Fruit growth model, thermal requirements and fruit size determinants in papaya cultivars grown under subtropical conditions. *Scientia Horticulturae*. Vol 246, pp. 1022-1027.
- Sattar, A. Naveed, M. Ali, M. Zahir, Z. Nadeem, S. Yaseen, M, Singh, V. Farooq, M. Singh, R. Rahman, M. Narayan, H. (2019). Perspectives of potassium solubilizing microbes in sustainable food production system: A review. *Applied Soil Ecology*. Vol 133, pp. 146-159.
- SIPA. (2016). Sistema de información pública Agropecuaria. Obtenido de http://sipa.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/cultivo/2017/boletin_situacional_mara_cuya_2016.pdf
- Sierra, E. Cruz, J. Arellano, R. (2005). El cultivo de maracuyá: Guías tecnológicas de frutas y vegetales. Obtenido de www.dicta.hh/files/2005,-El-cultivo-del-maracuya-G.pdf
- Silveira, M. Abot, A. Nascimento, J. Rodrigues, E. Rodrigues, S. Puker, A. (2012). Is manual pollination of yellow passion fruit completely dispensable?. *Scientia Horticulturae*. Vol 146, pp. 99.103.
- Schwentesius, R. Gómez, M. (2010). El maracuyá- fruta de la pasión situación y tendencias de la producción y el comercio en México y en el mundo. Obtenido de <http://ritaschwentesius.mx/publicaciones/Sistema-Productos/Maracuy%C3%A1.pdf>
- Soares, T.L. Jesus, O.N. de Souza, E.H. Oliveira, E.J. (2018). Floral development stage and its implications for the reproductive success of *Passiflora l.* *Sci. Hortic.* Vol 238, pp 333–342.
- Stojanov, D. Milosevic, T. Maskovic, P. Milosevic, N. Glisic, I. Paunovic, G. (2019). Influence of organic, organo-mineral and mineral fertilisers on cane traits, productivity and berry quality of red raspberry (*Rubus idaeus L.*). *Scientia Horticulturae*. Vol 252, pp. 370-378.

- Tripathi D K, Singh S, Singh S, Mishra S, Chauhan D K, Dubey N K. (2015). Micronutrients and their diverse role in agricultural crops: Advances and future prospective. *Acta Physiol Plant*, vol 37, pp 139.
- Ullah A, Farooq M, Rehman A, Arshad M S, Shoukat H, Nadeem A, Nawaz A, Wakeel A, Nadeem F. (2018). Manganese nutrition improves the productivity and grain biofortification of bread wheat in alkaline calcareous soil. *Exp Agric*, vol 54, pp 744-754.
- Wang Y, Shi L, Cao X, Xu F. (2007). Plant boron nutrition and boron fertilization in China. *In: Xu F, Goldbach H E, Brown P H, Bell R W, Fujiwara T, Hunt C D, Goldberg S, Shi L. Advances in Plant and Animal Boron Nutrition. Netherlands: Springer: 93-101.*
- Ye, T. Li, Y. Zhang, J. Hou, W. Zhou, W. Lu, J. Xing, Y. Li, X. (2019). Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization affects the flowering time of rice (*Oryza sativa* L.). *Global Ecology and Conservation*. Vol 20, pp. e00753