



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Sede Santo Domingo

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA Y GESTIÓN DE PROYECTOS

Tesis de grado previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO, MENCIÓN EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

DETERMINAR LA RELACIÓN FUENTE/DEMANDA EN LA SEGUNDA ETAPA DE PRODUCCIÓN DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis*), MEDIANTE LA FERTILIZACIÓN DE POTASIO, FÓSFORO Y BORO.

Estudiante:

MARCELO VINICIO SANCHEZ SANCHEZ

Director de Tesis:

Ing. LUIS GUSQUI V MsC.

Santo Domingo – Ecuador

Abril, 2015

“DETERMINAR LA RELACIÓN FUENTE/DEMANDA EN LA SEGUNDA ETAPA DE PRODUCCIÓN DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis*), MEDIANTE LA FERTILIZACIÓN DE POTASIO, FÓSFORO Y BORO”

Ing. Luis Gusqui Vilema MsC.

DIRECTOR DE TESIS

APROBADO

Ing. Miriam Recalde Quiroz MsC.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Wilson Rivas Pacheco MsC.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. José Luis Cedeño

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Santo Domingo.....de.....2015.

Autor: MARCELO VINICIO SANCHEZ SANCHEZ

Institución: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Título de Tesis: “DETERMINAR LA RELACIÓN FUENTE/DEMANDA EN LA SEGUNDA ETAPA DE PRODUCCIÓN DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis*), MEDIANTE LA FERTILIZACIÓN DE POTASIO, FÓSFORO Y BORO”

Fecha: ABRIL, 2015

El contenido del presente trabajo, está bajo la responsabilidad del autor.

Marcelo Vinicio Sanchez Sanchez
1723142731

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
Sede Santo Domingo

INFORME DEL DIRECTOR DE TESIS

Santo Domingo.....de.....del 2015.

Ing. Miriam Recalde Q. MsC.

**COORDINADORA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
UTE, SEDE SANTO DOMINGO**

Presente:

Mediante la presente tengo a bien informar que el trabajo investigativo realizado por el señor: **MARCELO VINICIO SANCHEZ SANCHEZ**, cuyo tema es: **“DETERMINAR LA RELACIÓN FUENTE/DEMANDA EN LA SEGUNDA ETAPA DE PRODUCCIÓN DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis*), MEDIANTE LA FERTILIZACIÓN DE POTASIO, FÓSFORO Y BORO”**, ha sido elaborado bajo mi supervisión y revisado en todas sus partes, por lo cual autorizo su respectiva presentación.

Particular que informo para fines pertinentes

Atentamente,

Ing. Luis Wilfrido Gusqui Vilema MsC.

DIRECTOR DE TESIS

DEDICATORIA

A Dios, por regalarme la oportunidad de cosechar éxitos y jamás dejarme solo en todo el transcurso de mi vida.

A mi familia, que son mi fortaleza y que a pesar de los obstáculos han estado junto a mí con apoyo, guía y amor.

A mis padres, que ha sido un pilar de fuerza y ejemplo en todas las metas cumplidas, GRACIAS por enseñarme a ser un ser humano integro.

A mis profesores que me guiaron en el transcurso de mi formación académica y ser un hombre de bien esto va dedicado para ustedes.

Marcelo Sanchez

AGRADECIMIENTO

A DIOS por permitirme seguir cumpliendo mis metas.

A mi guía en la culminación de este proyecto al Ing. Luis Gusqui Msc por su paciencia y conocimientos impartidos.

A mis hermanos por brindarme todo su apoyo incondicional.

A Todos los profesores que estuvieron y con los que compartimos horas de clases.

A todas aquellas personas importantes que de una u otra manera estuvieron presentes en la culminación de esta meta.

A mis amigos por acompañarme durante todo este arduo camino y compartir conmigo alegrías y fracasos.

A todos quienes trabajan en tan prestigiosa universidad por brindarme la oportunidad de ser alguien en la vida muchas gracias.

Marcelo Sanchez

ÍNDICE DE CONTENIDO

CONTENIDO	PÁG.
Portada	i
Sustentación y aprobación de los integrantes del tribunal	ii
Responsabilidad del autor	iii
Aprobación del director de tesis	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenido	vii
Resumen ejecutivo	xiii
Executive summary	xiii

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Hipótesis.....	3
1.4.1. Hipótesis alternativa (Ha).....	3
1.4.2. Hipótesis nula (Ho)	3

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.	Antecedentes.....	4
2.2.	Fertilización en maracuyá	5
2.2.1.	Función del potasio en las plantas.....	5
2.2.2.	Función del fósforo en las plantas.....	6
2.2.3.	Función del boro en las plantas	7
2.3.	Metabolismo vegetal	7
2.3.1.	Metabolismo primario y secundario.....	8
2.4.	Fotosíntesis.....	9
2.5.	Dinámica de la movilización de asimilados	9
2.5.1.	Desde el cloroplasto hacia los tubos cribosos del floema	11
2.5.2.	Desde el floema hacia los órganos de demanda	11
2.5.3.	Velocidad en el transporte de asimilados	13
2.5.4.	Regulación del transporte entre fuentes y demandas	15
2.5.4.1.	Proximidad	16
2.5.4.2.	Desarrollo	16
2.5.4.3.	Conexiones vasculares	17
2.5.4.4.	Modificación de los patrones de translocación	17
2.6.	Relación Fuente - Demanda.....	18
2.7.	Fotosíntesis y Relación Fuente-Demanda.....	20

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	Sitio de estudio	24
3.1.1.	Localización geográfica	24
3.1.2.	Ubicación en el tiempo.....	24

3.1.3.	Características climáticas	24
3.1.4.	Características edáficas	25
3.2.	Materiales, instrumentos y recursos	25
3.3.	Factores en estudio	26
3.3.1.	Factor A: Niveles de potasio (K ₂ O).....	26
3.3.2.	Factor B: Niveles de fósforo (P ₂ O ₅)	26
3.3.3.	Factor C: Niveles de boro (B).....	26
3.4.	Variabes	26
3.4.1.	Variabes independientes.....	26
3.4.2.	Variabes dependientes.....	26
3.5.	Diseño experimental	27
3.6.	Tratamientos	27
3.7.	Datos tomados y métodos de evaluación	28
3.7.1.	Diámetro de ramas secundarias (cm)	28
3.7.2.	Cuajado de frutos.....	28
3.7.3.	Relación fuente/demanda	29
3.7.4.	Clorofila.....	29
3.8.	Manejo del experimento	29
3.8.1.	Control de malezas	29
3.8.2.	Podas	30
3.8.3.	Fertilización.....	30
3.8.4.	Manejo fitosanitario	31

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Diámetro de ramas secundarias	32
4.2.	Cuajado de frutos	32
4.3.	Relación fuente/demanda	34
4.3.1.	Número de hojas.....	34
4.3.2.	Área foliar.....	35
4.3.3.	Botones florales	36

4.3.4.	Flores abiertas.....	36
4.3.5.	Flores caídas	36
4.4.	Clorofila	37

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones.....	39
5.2.	Recomendaciones.....	40
	Bibliografía.....	41
	Anexos	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1.	Características climáticas del sitio de la investigación.....	24
Tabla 3.2.	Resultado del análisis de suelo del terreno donde se ejecutó la investigación...	25
Tabla 3.3.	Materiales, instrumentos y recursos utilizados para la investigación.....	25
Tabla 3.4.	Esquema del análisis de varianza	27
Tabla 3.5.	Tratamientos para el ensayo nutrición en maracuyá en la segunda etapa de producción del cultivo.....	28
Tabla 4.1.	ADEVA para el cuajado de frutos de maracuyá con niveles de K, P y B.....	32
Tabla 4.2.	ADEVA para el área foliar en la maracuyá con niveles de K, P y B	35
Tabla 4.3.	ADEVA para peso de cascara de la maracuyá con niveles de K, P y B con observaciones en el tiempo	36
Tabla 4.4.	ADEVA para clorofila con niveles de K, P y B	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.	Relaciones fuente-demanda y transporte de fotoasimilados.....	16
Figura 4.1.	Cuajado de frutos en la interacción entre el nivel 0 y 81 kg ha ⁻¹ de fósforo.....	33

Figura 4.2. Cuajado de frutos en la interacción entre el nivel 0 y 81 kg ha^{-1} de P con los niveles de B.....	34
Figura 4.3. Área foliar con niveles de fósforo y boro (kg ha^{-1}).....	35
Figura 4.4. Flores caídas con niveles de fósforo (kg ha^{-1}).....	37
Figura 4.5. Clorofila en la interacción entre el nivel 0 y 81 kg ha^{-1} de P en el tiempo.....	38
Figura 4.6. Clorofila en la interacción entre los niveles de K con los niveles de P y B.....	38

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Croquis del sitio del experimento.....	49
Anexo 2. Diámetro de ramas secundarias	50
Anexo 3. ADEVA para la relación fuente/demanda	50
Anexo 4. ADEVA para diámetro de ramas secundarias	50
Anexo 5. Cuajado de frutos	51
Anexo 6. Botones florales	51
Anexo 7. ADEVA, botones florales	52
Anexo 8. Flores abiertas	52
Anexo 9. ADEVA, flores abiertas	53
Anexo 10. Número de Hojas	53
Anexo 11. ADEVA, número de hojas.....	54
Anexo 12. Clorofila.....	54
Anexo 13. Área foliar	55
Anexo 14. Datos tomados en el ensayo	56

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación se realizó en la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Cantón Santo Domingo, en la Parroquia Nuevo Israel, en la propiedad del señor Amable Rivas, localizado geográficamente entre las coordenadas $00^{\circ} 13' 29''$ de latitud Sur y $79^{\circ} 15' 38''$ de longitud Oeste y a 387 m de altitud sobre el nivel del mar. Cuyo objetivo es difundir información de la relación fuente/demanda, con una nutrición balanceada del K, P y B en la segunda etapa de producción del cultivo de maracuyá.

Se aplicó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA); bajo arreglo factorial $3 \times 2 \times 2$ (A x B x C), con doce tratamientos y tres repeticiones, con un total de 36 unidades experimentales. Los factores de estudio fueron niveles de potasio, fósforo y el boro: k_0 : 0 kg ha^{-1} ; k_1 : 100 kg ha^{-1} , k_2 : 200 kg ha^{-1} ; p_0 : 0 kg ha^{-1} ; p_1 : 81 kg ha^{-1} y b_0 : 0 kg ha^{-1} ; b_1 : 1 kg ha^{-1} . Las variables que se evaluaron fueron: Diámetro de ramas secundarias (cm), cuajado de frutos, relación fuente/demanda (número de hojas, área foliar, fotonos florales, flores abiertas, flores caídas) y clorofila (spa).

Para el diámetro de ramas secundarias, al fertilizar con niveles de K, P y B, se observa que no existe efecto sobre esta variable. Al aplicar 81 kg ha^{-1} de P, incrementa en un 12% el cuajado de frutos y cuando se incrementa el nivel boro, también existe el aumento del cuajado de frutos. Para la relación fuente/demanda en lo que concierne al número de hojas, fotonos florales y flores abiertas no existe influencia de la fertilización con los niveles de K, P, B y cuando en la fertilización se incrementa los niveles de fósforo y boro, el área foliar aumenta en cm^2 . Cuando se utiliza 81 kg ha^{-1} de P y 0 kg ha^{-1} de B, disminuye la cantidad de flores caídas (16,67). Cuando se usa 0 kg ha^{-1} de P, existe un incremento de la clorofila, desde los 60 días, obteniendo su máximo valor a los 120 días y finalmente utilizando 81 kg ha^{-1} de P sus valores de clorofila son casi constantes hasta los 120 días y a partir de la misma empieza con el descenso de clorofila.

EXECUTIVE SUMMARY

This research was conducted in the Province of Santo Domingo de los Tsáchilas, Canton Santo Domingo, in the Parish New Israel, on the property of Mr. Friendly Rivas, geographically located between coordinates 00° 13' 29" South latitude and 79° 15 '38" west longitude and 387 meters above the sea level. Aimed at disseminating information Supply / demand relationship, with balanced nutrition of K, P and B in the second stage of production of passion fruit.

Designing randomized complete block (DBCA) was applied; low factorial arrangement 3 x 2 x 2 (A x B x C), with twelve treatments and three replicates with a total of 36 experimental units. The factors studied were potassium, phosphorus and boron: k_0 : 0 kg ha⁻¹; k_1 : 100 kg ha⁻¹, k_2 : 200 kg ha⁻¹; p_0 : 0 kg ha⁻¹; p_1 : 81 kg ha⁻¹ and b_0 : 0 kg ha⁻¹; b_1 : 1 kg ha⁻¹. The variables evaluated were: Diameter of secondary branches (cm), fruit curd, relationship Supply / demand (number of leaves, leaf area, flower photons, open flowers, fall) and chlorophyll (spa).

For the diameter of secondary branches, fertilize with levels of K, P and B, it is observed that there is no effect on this variable. By applying 81 kg ha⁻¹ of P increases by 12% fruit set and when the boron level increases, there is also increased fruit set. For the source / demand relationship with respect to the number of leaves, flowers and open flowers photons no influence fertilization levels K, P, B when fertilization and the phosphorus and boron levels increases, cm² increases in leaf area. When 81 kg ha⁻¹ P and 0 kg ha⁻¹ B is used, the amount of fallen flowers (16.67). When 0 kg ha⁻¹ P is used, there is an increase of chlorophyll, from 60 days, obtaining its maximum value at 120 days and finally using 81 kg ha⁻¹ P chlorophyll values are almost constant up to 120 days and from the very beginning with the decline of chlorophyll.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La maracuyá conocida como “fruta de la pasión”, “parchita” o “pasionaria” (*Passiflora edulis*) es una planta perenne trepadora del género *Passiflora*, nativa de las regiones subtropicales de América por sus flores sumamente apreciadas en decoración, y por su fruto (Malca, 2006). La producción del vegetal tiene por objeto aumentar la acumulación de biomasa en el órgano que se cosecha, lo cual se debe traducir en un mayor retorno de la inversión efectuada. Por lo tanto una estrategia agronómica que permita mejorar este índice ha sido el propósito fundamental de la investigación agrícola, pero grandes avances se han llevado a cabo en cultivos anuales, a través del mejoramiento de la interceptación de la luz y del direccionamiento de los asimilados hacia los órganos recolectados, sin embargo, en plantas perennes, solo recientemente este tema es abordado desde la perspectiva fisiológica, bioquímica y molecular (Azofeifa, 2004).

En la actualidad la mayoría de los productores tienen información acerca del manejo agronómico del cultivo de maracuyá pero existen escasos trabajos relacionados con la eficiencia fisiológica y las relaciones fuente-demanda durante su crecimiento. Estudios de la relación Fuente-Demanda, o de priorización de la distribución de asimilados, indican que la producción de altas cantidades de éstos a través de la eficiencia fotosintética no son garantía para obtener acumulación en los órganos de interés económico, pues esto dependerá de los requerimientos energéticos y del estado de desarrollo del vegetal, lo cual se encuentra regulado genética y ambientalmente (Hunt, 2002). La variabilidad y el cambio climático global son importantes para el crecimiento y desarrollo de las plantas, sin embargo hoy en día han causado un desbalance negativo en las cosechas de los cultivos, con profundas consecuencias económicas y de seguridad alimentaria. Este desbalance está regulado por el cambio en la dinámica de fuente y demanda de asimilados, que hace que los principales compuestos del metabolismo bioquímico, como almidones, azúcares, proteínas, lípidos y celulosa, respondan de una manera diferencial a la oferta ambiental, de acuerdo con su estado de desarrollo de la planta (Muñoz, 2010).

1.2. Justificación

Los agricultores de la zona de Santo Domingo han incrementado varias hectáreas del cultivo de maracuyá, pero sin aplicar técnicas adecuadas de fertilización, ya que es uno de los componentes esenciales dentro del esquema productivo de maracuyá. Este cultivo es una alternativa válida para diversificación de la producción ya que permite el incremento de ingresos económicos para los agricultores, en base a la innovación tecnológica que incrementen la productividad, competitividad y rentabilidad del cultivo.

Para recuperar la participación de la maracuyá en nuestro país y mejorar el rendimiento del cultivo es necesario profundizar el conocimiento de los principales procesos fisiológicos que afectan la productividad. Entre estos están: la fotosíntesis (F), la respiración (R) y la distribución de los asimilados o Fuente/Demanda. Los factores que determinan el éxito o fracaso económico de cualquier cultivo son: la genética de las plantas, la oferta ambiental y su interacción. Además en el mundo se ha desarrollado suficiente conocimiento sobre los procesos de intercambio gaseoso, pero se desconocen aspectos fundamentales del metabolismo y cómo los carbohidratos sintetizados se distribuyen entre los diferentes órganos, especialmente en especies semi-perennes. Por sus características de cultivos de mediano plazo, la interacción y superposición de eventos fenológicos y fisiológicos, hacen que la comprensión de la dinámica en la exportación e importación de compuestos carbonados sea compleja (Muñoz, 2010).

Las diferentes consecuencias que han ocasionado los factores climáticos a las zonas tropicales, ha despertado la preocupación y el interés del sector agrícola en buscar nuevas investigaciones que sirvan de ayuda para entender los diferentes procesos fisiológicos que ocurren en las plantas ya que se ve influenciado en la producción que es la fuente de ingreso económico de los agricultores. Con lo indicado anteriormente y conociendo que en algunas zonas agrícolas de pequeños y medianos productores de la zona el maracuyá en su etapa inicial de desarrollo tienen una demanda de nutrientes considerable, por tal motivo se planteó realizar esta investigación por que se propone investigar el efecto de la aplicación edáfica de estos nutrientes y la respuesta en este cultivo en su segundo año de producción como también conocer las funciones de cada uno de los órganos de las plantas ante los diversos factores que se presenten durante la época del ensayo.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Determinar la relación fuente/demanda, con una nutrición balanceada del K, P y B en la segunda etapa de producción del cultivo de maracuyá.

1.3.2. Objetivos específicos

- Comparar las diferentes características morfológicas en la relación fuente/demanda del cultivo de maracuyá, por el efecto de K, P y B.
- Determinar el desarrollo vegetativo en la segunda etapa de producción de maracuyá, por acción del K, P y B.
- Determinar el nivel adecuado de clorofila en la segunda etapa de producción de la maracuyá.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis alternativa (Ha)

Ha: La aplicación edáfica de K, P y B, incidirá en el desarrollo vegetativo y las características morfológicas del cultivo.

1.4.2. Hipótesis nula (Ho)

Ho: La aplicación edáfica de K, P y B no incidirá en el desarrollo vegetativo y las características morfológicas del cultivo.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

En Ecuador (Gusqui, 2009) han realizado investigaciones sobre la extracción y exportación de nutrientes en maracuyá y reportan que los frutos producen 420 kg ha^{-1} de materia seca y absorben $7,81 - 1,05 - 14,95 - 1,76 - 0,59$ y $0,30 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, P, K, Ca, Mg y S, respectivamente, en el primer año de producción del cultivo. Sobre la calidad del fruto, (Borja, 2008), manifiesta que la maracuyá de Ecuador tiene entre 39% y 48% de cáscara, de 33% a 43% de pulpa, de 10% a 16% de semilla de 4,18% de ácido cítrico, 2,94 de pH y vitamina C $36,91 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$.

(Mendonça, 2006), indica que en Brasil la deficiencia inducida de B no influye en las características físicas y químicas de los frutos y del jugo del maracuyá; mientras que (Borges, 2002), encontró que en Brasil, la fertilización nitrogenada del maracuyá no influye en los niveles foliares de N, pero disminuye el B y pH del suelo en el segundo año de cultivo y la fertilización fosfatada aumenta el P foliar en 12% y 35 veces en el suelo. Mientras que la fertilización potásica eleva los niveles de nutrientes foliares y del suelo por encima del óptimo. La máxima productividad ($22,1 \text{ t ha}^{-1}$) en dos años de cultivo se obtiene al aplicar por hectárea 244 kg de N, 72 kg de P_2O_5 y 285 kg de K_2O . El cultivo de maracuyá absorbe en un año $167,5 - 14,5 - 153,5 - 126,4 - 11,8 - 20,9$ y $0,2 \text{ kg ha}^{-1}$ de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S) y boro (B) respectivamente (Malavolta, 2006)

El rendimiento del cultivo de maracuyá está determinado por su capacidad de acumular biomasa en los órganos de interés y un incremento proporcional de la biomasa destinada a estos órganos garantiza un incremento del rendimiento. La distribución de materia seca entre los diferentes órganos de una planta tiene un papel fundamental en la producción de un cultivo y es el resultado final de un conjunto ordenado de procesos metabólicos y de

transporte que gobiernan el flujo de fotoasimilados a través de un sistema fuente-demanda (Peil, 2005).

2.2. Fertilización en maracuyá

La fertilización es uno de los aspectos más importante en el cultivo de maracuyá, porque de ella depende la productividad, la calidad de frutos, los costos de producción y rentabilidad. Añade que el nivel de nutrientes en el suelo puede ser el origen de muchos desórdenes fisiológicos, pudiendo llegar a alterar la tasa respiratoria de los frutos. Agrega que la fertilización del maracuyá debe hacerse con base en los resultados del análisis de suelos, o foliar, y de los requerimientos del cultivo. Es recomendable la fertilización edáfica cada 30 o 60 días y en dosis moderadas teniendo en cuenta las recomendaciones de los análisis. Finaliza que la fertilización foliar ha dado buenos resultados, especialmente a base de nitrógeno y elementos menores, utilizados en la etapa de vivero y en la etapa inicial del desarrollo vegetativo; es importante considerar los requerimientos de elementos menores (Mn, Fe, B, Zn); pues sus deficiencias afectan la calidad del fruto al igual que los rendimientos (Bollo, 2010).

2.2.1. Función del potasio en las plantas

El K interviene en el crecimiento celular al distensionar las paredes celulares, regula el agua que sale por los estomas de las hojas, interviene en la fotosíntesis, la translocación de fotosintatos y en la activación de enzimas (Mengel K. , 2000). Uno de los modelos más aceptados para el transporte de azúcares es el planteado por Hall y Baker, de acuerdo a este modelo, la carga de azúcares (sacarosa) al floema, implica la existencia de un mecanismo capaz de movilizar protones (cargas positivas), con gasto energético (ATP) al apoplasto de las células acompañantes. A la vez introduce sacarosa conjuntamente con K, que equilibra las cargas positivas; al lumen de los tubos cribosos del floema. Desde allí la sacarosa y el K son transportados simultáneamente a los sitios de utilización. Uno de estos principales sitios son los frutos, los cuales se construyen básicamente en base a azúcares (Ruiz S., 2005).

El potasio como elemento aporta a la planta con más sistemas enzimáticos y ayuda en el desarrollo y crecimiento de las raíces, las cuales estarán más fuertes para soportar estreses ocasionados por agentes bióticos y abióticos del ambiente (Ambiental, 2008). Del mismo modo en una investigación realizada menciona que el potasio debe estar presente en la floración de la maracuyá, siendo también necesario para el crecimiento del fruto (Malavolta, 2010).

Las dosis de K recomendadas en las regiones productoras de maracuyá, a nivel mundial, varían de 48 a 1466 kg/ha de K₂O, en el primer año del establecimiento y de 50 a 1466 kg ha⁻¹ en el segundo y tercer año, respectivamente. En Brasil, dependiendo de los niveles encontrados en el suelo, las cantidades varían de 0 a 420 kg ha⁻¹ K₂O. Este elemento debe ser fraccionado de tres a cuatro veces, siendo una de ellas en floración. Además, es importante una relación de N: K de 1:1 hasta la floración; de 1:2 hasta el inicio de la cosecha y de 1:3 hasta el final de la misma, ya que al aumentar el nivel del K, se aumenta la resistencia del fruto a enfermedades y al transporte como también se encontró aumentos en la longitud y diámetro de los frutos con niveles elevados de K al suelo (Borges, 2002).

2.2.2. Función del fósforo en las plantas

El P es esencial en la formación de glucofosfatos que intervienen en la fotosíntesis y la respiración; además, forma parte del ADN y ARN, de los fosfolípidos de las membranas y en la generación de energía para el metabolismo de las plantas (Salisbury, 2000). El contenido de fósforo es mayor en los tejidos con crecimiento más activo en la planta, tal es el caso de regiones meristemáticas jóvenes, desarrollo de flores, frutos y semillas; pero, en promedio, el contenido de fósforo en una planta saludable, está considerado en el rango de 0,25% a 1% del peso de materia seca producida. Los valores con suficiencia están entre 0,20% y 0,40% en tejidos de hojas recientemente maduras (Padilla, 2005).

El fosfato es un componente estructural de los fosfolípidos, ácidos nucleicos, nucleótidos, coenzimas y fosfoproteínas. Los fosfolípidos son importantes en la estructura de la membrana. Los ácidos nucleicos de los genes y cromosomas portan material genético entre células. El ácido fítico, el éster de hexafosfato de mio-inositol fosfato es el P de reserva de

las semillas más común. En las plantas los fosfatos orgánicos e inorgánicos sirven de tampón para mantener el pH celular (Sánchez, 2007).

2.2.3. Función del boro en las plantas

El B interviene en la elongación y crecimiento de las células de las raíces, en el metabolismo del N, al intervenir en la presencia de la nitrato reductasa, en la síntesis de azúcares y almidones, en el suministro de auxinas y la formación de fenoles que sirven para la formación de lignina, de semillas y de polen viable. El rol del B en la producción de semillas tan importante en deficiencia moderada y severa, las plantas dejan de producir flores y semillas. Las plantas con deficiencia de B producen semillas o polen estériles. Bajo deficiencia moderada de B las plantas crecen normalmente y la producción de follaje no se afecta severamente, pero no hay producción de semillas (Jacho, 2008).

2.3. Metabolismo vegetal

El metabolismo es un conjunto de reacciones físicas y químicas que ocurren en las células, sean animales o vegetales; este proceso es la base de la vida y permite la ocurrencia de actividades celulares complejas como crecer, dividirse, mantener sus estructuras, especializarse y responder al ambiente. El metabolismo en general se divide en dos sucesos relacionados como catabolismo y anabolismo que son procesos acoplados, que por su interdependencia, hacen del metabolismo un solo proceso. La actividad celular en un organismo se produce a través de rutas metabólicas, en las cuales un compuesto químico que participa como sustrato, es transformado en otro compuesto o producto siguiendo una secuencia de reacciones físico-químicas mediadas por un grupo enzimático particular, que se comporta como factor regulador de las vías metabólicas, modificando su actividad y funcionalidad, en respuesta al ambiente y a las necesidades de la célula y de la planta en general.

Por medio de la fotosíntesis se generan azúcares y carbohidratos para el crecimiento y desarrollo de las plantas, donde a partir de moléculas simples se reduce moléculas más complejas. Por su parte, la respiración utiliza parte de los carbohidratos formados en el

proceso fotosintético como sustrato para la oxidación a moléculas más simples, evidenciando que las reacciones que suceden en la respiración son contrarias a las de la fotosíntesis; tales procesos son el pilar fundamental del metabolismo, crecimiento y desarrollo vegetal (Taiz & Zeiger, 2002).

2.3.1. Metabolismo primario y secundario

Las plantas poseen rutas metabólicas en las que sintetizan y utilizan compuestos orgánicos como almidón, azúcares, aminoácidos, ácidos grasos, nucleótidos y polímeros (polisacáridos, proteínas, lípidos, ácidos nucleicos, etc.). Estas rutas y los metabolitos formados, esenciales para la supervivencia de los vegetales, constituyen el metabolismo primario (Taiz & Zeiger, 2002).

Además, los vegetales debido a la presión evolutiva y adaptativa, se han especializado en la elaboración de metabolitos que se producen en el denominado metabolismo secundario y se asocian con grupos taxonómicos al nivel de género, familia, etc. Su síntesis suele estar restringida a estados específicos del desarrollo y a relaciones bióticas y abióticas con el medio circundante. Un adecuado equilibrio metabólico en las plantas derivado de la expresión del genotipo, su respuesta al ambiente predominante y la combinación de ambos permite la síntesis y acumulación de compuestos de carbono que aseguran su supervivencia (Roeb, 2009).

Así, los carbohidratos son la principal fuente de energía para la reducción de otros materiales orgánicos y están directamente involucrados en el crecimiento y diferenciación celular (Nagele, 2010). La acumulación de carbohidratos en los diferentes órganos está determinada por la actividad fotosintética y la demanda de energía e intermediarios para su expansión y diferenciación. El incremento en biomasa, por tanto, es el resultado de los excedentes de asimilados no utilizados en los procesos de mantenimiento y transporte (Aranjuelo, 2009).

Una de las mayores dificultades en el estudio del metabolismo del carbono (Fotosíntesis, Respiración, “Allocation” o Asignación, “Distribution” o Transporte-Exportación y

“Partitioning” o Distribución-Repartición) es medir los diferentes procesos simultáneamente en un mismo experimento (Amthor, 2000).

2.4. Fotosíntesis

Es el proceso mediante el cual las plantas utilizan la energía solar como medio para oxidar el agua, liberar oxígeno y fijar CO₂, que permite la formación de azúcares y otros compuestos carbonados, que hacen parte del metabolismo primario y secundario. Este proceso responde en un 95% por la producción de biomasa vegetal, la cual se distribuye en órganos de captación y transformación de energía (hojas), de soporte (tallos, ramas y raíces), así como en los órganos de interés económico (frutos y semillas principalmente); dicho proceso se lleva a cabo en el cloroplasto, dando origen a productos fundamentales como el almidón, que inicialmente se almacena en el interior del organelo, y la sacarosa que se transporta a los sitios de utilización como fuente energética primaria para garantizar el crecimiento, mantenimiento y desarrollo de la planta (DaMatta y Rodríguez, 2005).

La fotosíntesis es uno de los procesos metabólicos más altamente integrado y regulado para maximizar el uso de luz disponible, minimizar el efecto dañino del exceso de luz y optimizar el uso de recursos limitantes de carbono y nitrógeno (Paul, 2001). El rendimiento potencial de un cultivo es regulado finalmente por la intercepción de luz y la eficiencia fotosintética. Entre las aplicaciones derivadas del conocimiento o la manipulación de la fotosíntesis se incluyen: la mejora de la producción de los cultivos, la comprensión de las diferencias de productividad entre diferentes ecosistemas, o la predicción de los efectos de cambios ambientales sobre la composición y productividad de las comunidades vegetales (Medrano, 2000).

2.5. Dinámica de la movilización de asimilados

El movimiento del agua y los solutos en las plantas obedece a dos tipos de transporte: uno convectivo en el cual la solución sigue un gradiente de presión a lo largo de la ruta, y uno difusivo en el que el movimiento de las moléculas resulta de un gradiente de concentración u osmótico. En ambos, la tensión superficial de las paredes celulares es un parámetro

fundamental para un transporte eficiente, tanto en el xilema como en el floema (Fisher, 2000).

El transporte de agua y solutos involucra dos rutas funcionalmente diferentes: el xilema y el floema; éstas se mueven paralelamente a través de toda la planta. El volumen del fluido en el xilema es mayor que en el floema, y es dirigido por la tensión resultante de la pérdida de agua en el proceso transpiratorio; así mismo, la concentración de solutos en el floema es elevada, y su movimiento responde a un diferencial de presión de turgencia entre los órganos fuente y demanda. Así, los solutos en el xilema se mueven ascendentemente hacia los sitios de fotosíntesis y crecimiento en el tallo, mientras que el movimiento en el floema es tanto ascendente como descendente, y depende de las posiciones relativas de la fuente y la demanda (Kawabata, 2005).

Los elementos del xilema que se encuentran llenos de agua, así como las paredes celulares interconectadas, deberían considerarse un mismo elemento, al que denominaron apoplasto, siendo este en cierto sentido la parte muerta de la planta, e incluye todas las paredes celulares de la corteza; así, las paredes endodérmicas y exodérmicas con bandas de Caspari son apoplasto, pero como son impermeables al agua, no suelen considerarse parte del apoplasto. Todas las traqueidas y vasos del xilema son parte del apoplasto, así como las paredes celulares en el resto de la planta, incluyendo las hojas, el floema y otras células del súber. El resto de la planta o parte viva es el simplasto, que incluye el citoplasma de todas las células de la planta y que forman una unidad, ya que los protoplastos de células adyacentes están comunicados por los plasmodesmos (Javot & Maurel, 2002).

El proceso de fuente y demanda de asimilados se inicia desde el transporte al nivel celular, cuando los productos de la fotosíntesis son formados y posteriormente enviados a los órganos en crecimiento, para determinar la acumulación de biomasa de cada órgano y de la planta total (Fisher, 2000).

2.5.1. Desde el cloroplasto hacia los tubos cribosos del floema

Para el movimiento de los fotoasimilados desde los cloroplastos del mesófilo hacia los tubos cribosos del floema, son necesarios diversos pasos denominados descarga hacia el floema así: las *TP* formadas por fotosíntesis son transportadas al citosol y convertidas en sacarosa; en la noche el carbono almacenado en almidón sale del cloroplasto principalmente como glucosa o maltosa y es convertido a sacarosa; luego ésta se mueve desde la célula del mesófilo a los elementos cribosos cercanos a ellas, denominado comúnmente transporte a cortas distancias, ruta que usualmente cubre un recorrido de 2 ó 3 diámetros de una célula; finalmente en un proceso denominado descarga hacia el floema, los azúcares son transportados a través de los elementos cribosos; luego la sacarosa y otros solutos son translocados a mayores distancias desde los órganos fuente, proceso conocido como exportación; dicha translocación a través del sistema vascular hacia el vertedero es denominado transporte a largas distancias (Lu & Sharkey, 2006).

2.5.2. Desde el floema hacia los órganos de demanda

En general los procesos en los tejidos de demanda son inversos a los que ocurren en las fuentes y se denominan importación de la demanda (Thorpe & Minchin, 2000), los cuales se caracterizan por:

- Descarga desde el floema: descarga de los azúcares importados a los tubos cribosos de los órganos de demanda.
- Transporte a corta distancia: posterior a la descarga los azúcares son llevados a las células del tejido demandante a una corta distancia o transporte posterior a los elementos cribosos del órgano de demanda.
- Almacenamiento y metabolismo: en el paso final, los azúcares son almacenados o metabolizados en las células de demanda.

Los plasmodesmos conectan los citoplasmas de células adyacentes y permiten el movimiento de los solutos sin paso transmembranal, dando origen al simplasto, el cual ocurre con mayor frecuencia en los meristemos y correlaciona con tejidos específicos y

eventos de desarrollo, además en tejidos adultos donde el simplasto no cesa totalmente; numerosos trabajos han demostrado que el flujo a través de los plasmodesmos es gobernado por el tamaño del soluto (hasta 1kDa) y el gradiente de concentración entre células adyacentes, siendo además pasivo y no selectivo; su ubicación, número y resistencia ofrecida al transporte juega un papel fundamental en la partición de los asimilados hacia los diferentes órganos de demanda (Rutschow, 2011).

De acuerdo con la especie, la descarga del floema hacia los órganos de almacenamiento sigue las rutas simplástica y apoplástica: en papa (*Solanum tuberosum* L.) las evidencias ultraestructurales y fisiológicas demuestran que dicha descarga es completamente simplástica entre el sistema de exportación y las células del parénquima de almacenamiento, apoyado en la alta presencia de plasmodesmatas que comunican todo el sistema de transporte; en remolacha azucarera (*Beta vulgaris* L.) la poca presencia de tales canales sugiere que la exportación de asimilados y la correspondiente descarga del floema es vía apoplasto, mientras que en zanahoria (*Daucus carota* L.), aunque su frecuencia es baja, ambas rutas son probablemente usadas, debido al arreglo de los plasmodesmos que ocasionalmente son encontrados (Kulikova, 2009).

El contenido de los tubos cribosos se mueve a lo largo de la ruta por un proceso de flujo másico (movimiento de la solución) a favor de un gradiente de presión generado por las diferencias de concentración, y la descarga de los solutos en los sumideros mantiene este gradiente de concentraciones y determina la dirección del transporte en la planta; la alta resistencia hidráulica ofrecida por los plasmodesmos, acompañada por una disminución paulatina en la presión, hacen que éste movimiento sea irreversible, por lo tanto el transporte por el floema se considera uno de los principales factores en la integración y regulación de los procesos fisiológicos en todos los niveles de organización de las plantas (Ron'zhina, 2009).

Los asimilados y otros solutos son intercambiados constantemente entre los elementos cribosos, las células acompañantes y células del floema, así como a través del transporte lateral que es sustancial y necesario para abastecer el crecimiento de los tejidos de demanda, como lo es el cambium alrededor de los tejidos conductores. La función

principal de la carga activa en el floema es direccionar el transporte a grandes distancias elevando la presión hidrostática en los elementos cribosos; en especies maderables, donde los asimilados recorren grandes distancias, la carga de solutos se hace pasivamente manteniendo altas concentraciones de sacarosa y en algunos casos azúcares alcohólicos en las células del mesófilo, sugiriendo que la ventaja adaptativa de la carga activa del floema es permitir a las plantas mantener bajas concentraciones foliares de carbohidratos no estructurales (azúcares, azúcares alcohólicos y almidón), que permite a las hojas tener un mejor desempeño en la inversión en síntesis de carbohidratos, para lograr al final mayor acumulación de biomasa (Kulikova, 2009).

La presión en el floema y los parámetros anatómicos que definen la conductividad han evolucionado, tanto en herbáceas como en leñosas, de tal manera que se han optimizado para diversos propósitos, uno de los cuales es facilitar el transporte a grandes distancias más eficientemente; esto podría explicar por qué los elementos cribosos evolucionaron para ser enucleados y contener así gran cantidad de proteínas y ácido ribonucleico (*RNA*) asociados a señales de transporte y de defensa, que hace mucho más eficiente el transporte de sustancias elaboradas (Mullendore, 2010).

2.5.3. Velocidad en el transporte de asimilados

El flujo de savia es generado por un gradiente de presión hidrostática a lo largo del recorrido, creado por una carga osmóticamente activa, principalmente de fotoasimilados, que promueve una alta concentración de solutos en los órganos fuente; la descarga permite mantener el gradiente de presión y el flujo de solutos hacia los órganos de demanda. Así, tanto la carga como la descarga se presentan simultáneamente, en diferentes tiempos y a diferentes velocidades, todo a lo largo de la ruta. El estudio de la velocidad y destino de los asimilados transportados es fundamental para entender diversas relaciones fisiológicas y genera claridad hacia una mejor productividad de los cultivos (Chikov, 2009).

En este sentido la temperatura juega un papel fundamental, tanto en el comportamiento enzimático en el ciclo de Calvin para la producción de asimilados, como para el movimiento y transporte de los mismos a los diferentes órganos. Existen temperaturas en

las cuales el movimiento y translocación de asimilados es mínimo, o temperaturas donde este transporte es máximo u óptimo; la primera se observa fundamentalmente cuando se alcanza un balance neto de cero entre fotosíntesis y respiración; la segunda cuando se logran las mayores tasas de fotosíntesis. Temperaturas de exportación menores o superiores a la óptima disminuirán el transporte de asimilados, lo cual repercutirá en el crecimiento y desarrollo normal de las plantas (Taiz & Zeiger, 2002).

La mayor parte de los estudios adelantados para conocer la dirección y velocidad del transporte de asimilados se han realizado con el trazador radiactivo del carbono, ^{14}C , a través de muestreos destructivos. Con éste isótopo hojas individuales de *B. vulgaris* L. durante 30 minutos, a temperaturas de 5°C, 15°C, 25°C y 35°C; encontró que las hojas jóvenes, maduras y tubérculos fueron marcados secuencialmente durante un período de 24 horas continuas de luz. En un segundo experimento marcó plantas completas de la misma especie a temperaturas de 10°C, 18°C, 26°C y 34°C, y evaluó en hojas y raíces las fracciones solubles e insolubles en etanol, por un período de 72 horas; encontró que la actividad específica en hojas y tubérculos fue mayor a 25°C dos horas después de la marcación, a 15°C y 35°C cuatro horas, y a 5°C seis horas después de marcadas, lo que sugiere que la temperatura óptima de exportación de asimilados es de 25°C; igualmente encontró que la mayor parte de los compuestos marcados fueron transferidos a hojas o raíces en un período de 9 horas (Terry, 2011).

Con el fin de seguir la distribución de los asimilados hacia frutos en desarrollo, marcó con ^{14}C en cuatro ciclos diferentes, plantas de cereza agria (*Prunus cerasus* L.) de tres años de edad, sembradas en materos; encontró el primer día de la marcación una alta actividad en la fracción soluble, donde el 90% de los compuestos marcados permanecieron en las hojas; dos días después de la marcación el 75% de los metabolitos solubles habían sido enviados fuera de las hojas; igualmente, durante los estados tempranos de desarrollo del fruto, aproximadamente el 30% de los compuestos fueron transportados a las partes solubles; las paredes celulares y el endocarpio en formación fueron los demandantes dominantes en este estado. Durante el desarrollo final, cerca de la madurez, aproximadamente el 80% de los compuestos trazados fueron encontrados en los sólidos solubles, dos días después de la marcación (Toldan-Andersen, 2008).

Hojas de plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), sembradas en materos bajo condiciones de invernadero, fueron marcadas con ^{14}C y posteriormente las colocaron a fotosintetizar durante una hora; la marcación se hizo sobre la primera hoja bajo el segundo racimo 30 días posterior a la antesis; diferentes órganos (pedúnculo del segundo racimo, sépalos, pedicelos etc.) se analizaron 2, 4, 8, 12, 20, 24, 48 y 72 horas posterior a la marcación; encontraron que el 85% de los compuestos marcados fueron enviados fuera de las hojas en las primeras 24 horas, y casi el 100% durante las primeras 72 horas (Qi, 2006).

Otro isótopo radiactivo del carbono es el ^{11}C , el cual ha sido utilizado en menor proporción, debido a su corta vida media, para los mismos propósitos; el movimiento de los asimilados recién elaborados en haba (*Vicia faba* L.) en mediciones *in vivo* usando un *Positron Emitting Tracer Imaging System (PETIS)*; con modelos matemáticos pudieron describir la velocidad media de transporte de los asimilados así como su distribución espacial (Matsushashi, 2005).

2.5.4. Regulación del transporte entre fuentes y demandas

El movimiento de los fotoasimilados es facilitado por la existencia de conexiones vasculares directas entre los órganos. Los elementos conductores del floema forman una red muy compleja que interconecta los distintos órganos de la planta (García L., 2000). Ambos órganos, fuente y demanda interactúan a través del sistema vascular para regular el balance entre el suministro y la demanda (Figura 2.1)

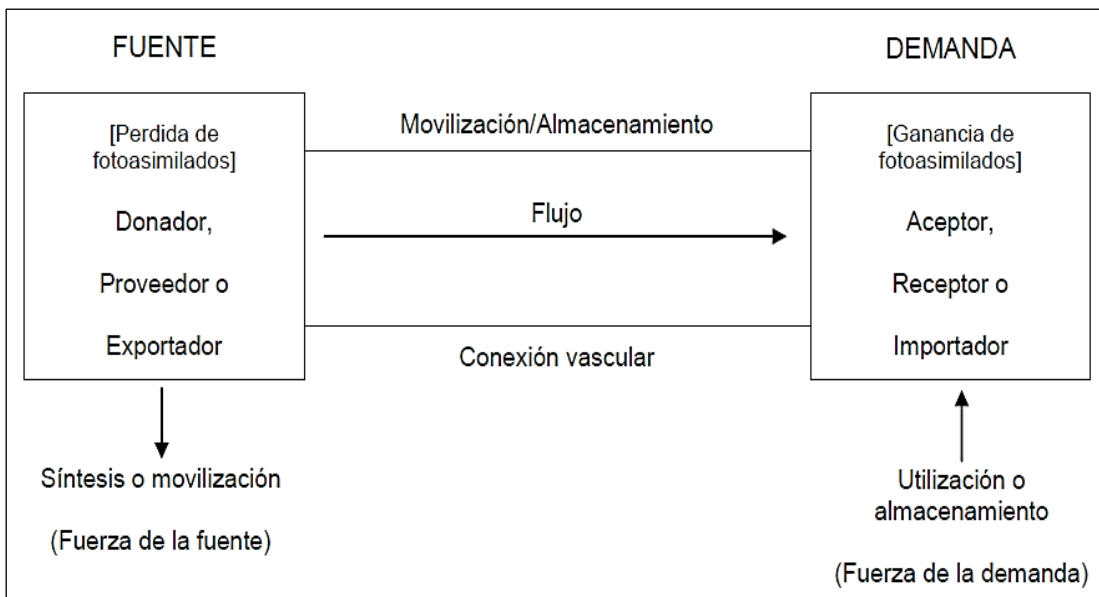


Figura 2.1. Relaciones fuente-demanda y transporte de fotoasimilados

Fuente: (Ho, 2009)

Aunque el patrón de transporte en el floema puede expresarse simplemente como el movimiento de fuente a demanda, el patrón específico involucrado es un poco más complejo. No todas las fuentes suministran a todas las demandas en una planta; más bien, ciertas fuentes suministran demandas específicas (Taíz, 2006). En el caso de plantas herbáceas se pueden hacer las siguientes generalizaciones:

2.5.4.1. Proximidad

La proximidad de la fuente a la demanda es un factor significativo. Las hojas maduras superiores proveen fotoasimilados a los meristemos apicales y hojas inmaduras; las hojas inferiores proveen al sistema de raíces. Las hojas intermedias exportan en ambas direcciones (García L., 2000).

2.5.4.2. Desarrollo

La importancia de varias demandas puede cambiar durante el desarrollo vegetal. Mientras que los brotes y ápices radicales son las mayores demandas durante el crecimiento

vegetativo; semillas y frutos se convierten en las demandas dominantes durante el crecimiento reproductivo, particularmente para hojas adyacentes y otras cercanas.

2.5.4.3. Conexiones vasculares

Las hojas fuente preferentemente suministran demandas con las cuales tienen conexiones vasculares directas. En el sistema del vástago, por ejemplo, una hoja dada es generalmente conectada vía el sistema vascular a otras hojas directamente arriba o abajo en el tallo.

2.5.4.4. Modificación de los patrones de translocación

La interferencia en la translocación de fotoasimilados puede alterar los patrones establecidos por proximidad o conexiones vasculares. Por ejemplo, remover las hojas inferiores en una planta puede forzar a las hojas superiores a translocar fotoasimilados a las raíces, y remover las hojas superiores puede forzar a las hojas inferiores a translocar fotoasimilados a las partes superiores de la planta

La plasticidad de los patrones de translocación dependen del grado de las interconexiones entre los haces vasculares y de las especies y órganos estudiados. En algunas especies, las hojas en una rama sin frutos pueden transportar fotoasimilados a los frutos en una rama defoliada adyacente (Taíz, 2006).

El estudio de las relaciones entre la fuente y la demanda es difícil, debido a la complejidad de las interacciones que ocurren entre hojas, raíces, tallos, flores y frutos, pues algunos órganos actúan como fuente en un momento dado y como demanda en otro (Zamsky, 2006).

2.6. Relación Fuente - Demanda

En 1967, Warren-Wilson citado por (Zamsky, 2006), introdujo el término “Fuerza de la demanda” como la capacidad de obtener asimilados en un sistema en competencia, determinado por:

Fuerza de la demanda (g d^{-1}) = tamaño de la demanda (g) x actividad de la demanda ($\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$)

Donde el tamaño de la demanda es la biomasa producida por la planta (peso seco total), y su actividad determinada fundamentalmente por la respiración, tanto de crecimiento como de mantenimiento. Por su parte, (Minchin & Thorpe, 2003) sugirieron que el término fuerza de la demanda no es apropiado, ya que el abastecimiento de asimilados no es únicamente determinado por la demanda; proponen entonces un modelo en el que el flujo hacia un órgano vertedero está influenciado por la interacción entre la fuente, órganos de demanda alternativos y el órgano de demanda en sí mismo; sugieren, por tanto, que las relaciones Fuente-Demanda en los vegetales están determinadas por la siguiente igualdad:

Tamaño de la *Fuente* * Actividad de la *Fuente* = Tamaño de la *Demanda* * Actividad de la *Demanda*

Donde el tamaño de la fuente es el área foliar (o número de hojas), su actividad es la tasa fotosintética que a su vez genera la tasa a la cual se sintetiza el almidón, la sacarosa y demás metabolitos primarios y secundarios, y para la demanda las mismas consideraciones anteriores. Debido a que el metabolismo vegetal es sumamente complejo y las relaciones Fuente-Demanda se comportan como un sistema altamente dinámico, la utilización de estos términos, por su simplicidad es válida, y permite una organización sustancial en los diferentes niveles de la fisiología de las plantas y en la comprensión del proceso de productividad primaria neta (Stitt, 2003).

De otra parte, (Blanke, 2009) define la fuente como el tejido fotosintético u órgano que exporta esqueletos de carbono, y el vertedero como el órgano que requiere del material

importado para su subsistencia; además sugiere que la fuerza del vertedero es la capacidad del órgano de atraer asimilados, su tamaño es la capacidad de almacenarlos y finalmente su actividad está dada por la tasa de respiración.

La fuente y el vertedero, bajo condiciones adecuadas, forman un sistema autoregulado y bien balanceado en las plantas; sin embargo, éste mecanismo permanece aún sin dilucidar completamente; las relaciones entre los diferentes órganos no son aún muy claras, y el proceso de transporte y repartición de asimilados tiene grandes vacíos (Ron'zhina, 2009).

El agua es la sustancia más abundante en el floema. Disueltos en el agua son translocados solutos, incluyendo carbohidratos, aminoácidos, proteínas, hormonas y algunos iones inorgánicos. Los carbohidratos son el soluto más significativo y concentrado en la savia del floema, ésta es translocada de áreas de suministro, llamadas fuentes, a áreas de metabolismo o almacenamiento, llamadas demandas (Taíz, 2006).

Las fuentes son órganos exportadores, típicamente hojas maduras, que son capaces de producir fotoasimilados en exceso de sus propias. Las demandas son órganos no fotosintéticos de la planta y órganos que no producen suficientes fotoasimilados para soportar sus propias necesidades de crecimiento o almacenamiento. Raíces, tubérculos, órganos reproductores, frutos en desarrollo, ápices de crecimiento y hojas inmaduras, son ejemplos de tejidos demanda (Gárate, 2000).

Durante las etapas iniciales de su formación, todos los órganos actúan como demandas, y su desarrollo depende de los carbohidratos que reciben del resto de la planta. Posteriormente, algunos órganos presentan un cambio en su conducta y se comportan como fuentes; convirtiéndose en exportadores netos de carbohidratos (García y Guardiola, 2000, Gárate y Bonilla, 2000). Por ejemplo, la raíz de *Beta maritima* L. es una demanda durante la estación de crecimiento del primer año, cuando ésta almacena azúcares que recibe de las hojas fuente. Durante la segunda estación de crecimiento la misma raíz se convierte en una fuente; los azúcares son translocados y se utilizan para producir un nuevo brote, que finalmente se vuelve reproductivo (Taíz, 2006).

La transición de una hoja de demanda a fuente está asociada con la capacidad de producir fotoasimilados móviles y mantener un balance positivo de carbono entre síntesis y uso dentro de la hoja. En jitomate, las hojas compuestas se vuelven exportadores netos (fuente) de fotoasimilados cuando estas alcanzan cerca del 10% de su área final. Antes de la transición de crecimiento predominantemente vegetativo a reproductivo, las hojas jóvenes y raíces compiten proporcionalmente por fotoasimilados. Sin embargo, cuando los frutos aparecen, la demanda adicional por fotoasimilados puede afectar la distribución de materia seca. La competición por fotoasimilados entre demandas vegetativas y reproductivas es afectada por el estado de desarrollo de la demanda reproductiva, pero también la competencia puede ocurrir entre demandas reproductivas (Ho, 2009).

2.7. Fotosíntesis y Relación Fuente-Demanda

Actualmente se han logrado grandes progresos en la determinación de los mecanismos por los cuales el carbono fijado fotosintéticamente es distribuido en los diferentes órganos de los vegetales, donde la fuerza de órganos fuente y demanda juega un papel preponderante en una eficiente redistribución. Así mismo, se ha observado como una limitante no conocer con mayor profundidad dichos mecanismos, en detrimento de la productividad vegetal.

La fotosíntesis y el metabolismo de los carbohidratos en órganos fuente están altamente influenciados por la actividad del órgano de demanda. Generalmente, cuando la fuerza de la demanda aumenta, la tasa de fotosíntesis se incrementa y una mayor cantidad de carbono es dirigida hacia la formación de sacarosa en lugar de almidón, proceso que facilita su transporte hacia los órganos de destino. De otro lado, cuando el transporte de fotoasimilados hacia la demanda es bloqueado, la fotosíntesis es inhibida, la síntesis de sacarosa se reduce y la de almidón se incrementa; dicha regulación implica cambios en los niveles de metabolitos formados, en la actividad de las enzimas que sintetizan sacarosa y almidón, y en la transcripción de genes específicos involucrados en el proceso fotosintético y en el metabolismo de los carbohidratos (Zhou & Quebedeaux, 2003).

Históricamente el mejoramiento en el rendimiento potencial de los cultivos tiene sus bases en una mejor distribución de los fotoasimilados hacia el órgano económicamente

importante; así mismo y dado que el mayor porcentaje del peso seco de las plantas consiste en compuestos de carbono, el incremento en el rendimiento de las cosechas está íntimamente ligado a mejoras en la fijación del carbono por unidad de área (mejor eficiencia fotosintética) y la posterior distribución a los órganos que se cosechan y los que no (Viator, 2005).

Debido a la gran complejidad del sistema fotosintético en la planta, ya que la respuesta a la luz y la fijación del CO₂ se da en cuestión de nanosegundos, no ha sido posible incrementar el rendimiento de los cultivos a través de una mejor eficiencia fotosintética, o eficiencia en el proceso de toma de luz y CO₂. Así, el incremento progresivo en el potencial de rendimiento de los cultivos como *T. aestivum* L., cebada (*Hordeum vulgare* L.) y soya (*Glycine max* L.), no se ha asociado con un incremento en su biomasa, sino en una mejor redistribución de los fotoasimilados; un mejor rendimiento de cultivos como *T. aestivum* L., *Z. mayz* L., *Lycopersicum* sp. y *O. sativa* L. ha ocurrido sin incremento alguno en sus tasas de crecimiento relativo; más bien ha sido la partición y distribución de los productos fotosintéticos, entre el órgano de importancia económica y el resto de la planta (IC-Índice de Cosecha) lo que lo ha causado. Así, el mejoramiento en el IC ha sido el responsable del incremento en la productividad de los principales cultivos de cereales en el mundo (Ort & Long, 2002).

2.7 Relación Fuente - Demanda en maracuyá

Las plantas de maracuyá crecen y se desarrollan a partir de variables ambientales como temperatura, radiación solar, disponibilidad de agua y disponibilidad de elementos minerales esenciales para su crecimiento. Uno de los mecanismos que utilizan las plantas para ajustar su metabolismo a la deficiencia de recursos exógenos es la modificación de los patrones de distribución de biomasa, en especial, almacenando reservas en los órganos requeridos para buscar y solventar los recursos limitantes (Yeh, 2000).

De forma general, las deficiencias de N y P inducen una acumulación de carbohidratos en las hojas, grandes cantidades de C distribuido a las raíces y un incremento en la relación alométrica raíz/parte aérea. Estas mismas deficiencias alteran varios eventos fisiológicos,

especialmente la fotosíntesis, el metabolismo de azúcares y la asignación de fotoasimilados entre fuentes y demandas (Gutiérrez-Colomer, 2006). En contraste, aunque la acumulación de K y Mg en las hojas puede darse como resultado de la deficiencia de estos elementos en el suelo, no se produce incremento del peso seco de las raíces. Esto se debe a la disminución de la exportación de sacarosa de las hojas, más que a un efecto en la fotosíntesis por deficiencias de Mg y K, aunque sí se observan efectos negativos en la regeneración de pigmentos fotosintéticos, en particular, en las clorofilas (Del Amor, 2004).

(Hermans, 2006), propusieron una hipótesis para explicar cómo las deficiencias de N y P afectan el metabolismo de carbohidratos en los brotes y de qué manera se cambia la relación de biomasa en la raíz con respecto a la parte aérea. El planteamiento involucra aspectos del transporte de la sacarosa, los cambios en los gastos energéticos para el acondicionamiento de las plantas a las deficiencias de los nutrientes, la actividad de los órganos fuentes y las señales moleculares.

De la misma forma, plantearon la explicación del porqué no se incrementa el peso seco de la raíz en condiciones de deficiencia de K y Mg y concluyeron que esto se debe a una modificación negativa en el transporte de sacarosa en el floema. La reducción de las tasas fotosintéticas en plantas deficientes en N es una consecuencia directa de la acumulación de azúcares, que supera la cantidad necesaria para lograr el equilibrio metabólico entre hojas y órganos demanda (Guo, 2007).

Algunos efectos de la deficiencia de N en el desarrollo vegetal parecen estar relacionados con la relación C/N en los tejidos, inducida por la presencia misma de carbohidratos libres. Los metabolitos carbonados y la relación C/N regulan la expresión de genes involucrados en la toma y el metabolismo del N, y los nitratos regulan la expresión de muchos genes responsables del metabolismo de los azúcares. Se asume de forma tácita que la expresión génica está relacionada directamente con la cantidad de proteínas presentes en los tejidos, la actividad enzimática y los niveles de metabolitos. Las deficiencias de P incrementan las concentraciones de azúcares y almidón en las hojas, pero no siempre en las raíces, hecho que depende en gran medida de la especie involucrada en la que puede suceder cambios en la expresión génica y en los niveles de proteínas responsables de la fotosíntesis y la

producción de azúcares, cuando las plantas son sometidas a deficiencias de P (Hermans, 2006).

Las bajas cantidades de fosfato inorgánico en el citosol pueden restringir la síntesis de ATP, lo que ocasiona la desactivación de la ribulosa 1, 5-bifosfato carboxilasa oxigenasa (rubisco) o, directamente, su inhibición. El efecto final será un descenso en las tasas de carboxilación y, por tanto, menor cantidad de carbohidratos producidos en la hoja, con la consecuente acumulación de materia seca en las raíces para favorecer la toma de P y así mitigar el efecto ambiental poco favorable (Wang, 2002).

Es posible que las deficiencias de S también afecten las cantidades de almidón en las hojas, al estar involucrado en el metabolismo de los aminoácidos azufrados. También tendrá un efecto sobre el metabolismo del N, sobre la actividad enzimática para activar el transporte a corta distancia y, por tanto, podrá afectar las relaciones fuente demanda (Scherer, 2001).

El efecto del Ca en el llenado de frutos de perales; este ensayo condujo a definir la importancia del elemento en el llenado de la fruta y la mayor asignación de carbohidratos en los órganos reproductivos. Adicionalmente, varios experimentos han valorado positivamente la importancia del Ca como elemento clave a la hora de distribuir asimilados, especialmente en los órganos de almacenamiento (Lenz, 2000).

Passiflora mollissima Bailey es originaria de los Andes americanos; tiene un alto potencial como producto de exportación, un valor nutricional alto y es importante en el manejo integrado de sistemas agrícolas, especialmente en zonas de minifundio, en clima frío moderado. Es una especie incluida en la agenda exportadora de Colombia y como tal, se debe encontrar las mejores técnicas de cultivo, para ofrecer un producto de alta calidad y con adecuado rendimiento agronómico. Se ha determinado que la planta muestra poco grado de confiabilidad, cuando se quiere relacionar los síntomas de deficiencia y el estado nutricional, en especial en la parte foliar; además, es muy poco lo que se sabe de la respuesta de la especie a la fertilización edáfica (Alfonso, 2004).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Sitio de estudio

3.1.1. Localización geográfica

La presente investigación se realizó en la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Cantón Santo Domingo, en la Parroquia Nuevo Israel, en la propiedad del señor Amable Rivas, localizado geográficamente entre las coordenadas 00° 13' 29'' de latitud Sur y 79° 15' 38'' de longitud Oeste y a 387 m de altitud sobre el nivel del mar.

3.1.2. Ubicación en el tiempo

La investigación se efectuó desde junio del 2014 hasta diciembre del 2014.

3.1.3. Características climáticas

El sitio de la investigación presentó las siguientes características climáticas (tabla 3.1).

Tabla 3.1. Características climáticas del sitio de la investigación.

Características	Medición
Clima	Subtropical húmedo
Temperatura media anual	24 °C
Humedad relativa anual	85%
Precipitación media anual	3200 mm
Heliofanía (horas luz ⁻¹ día ⁻¹)	3

Fuente: Aereopuerto de Santo Domingo, 2011

3.1.4. Características edáficas

En la tabla 3.2, presentamos las propiedades químicas del suelo al momento de iniciar la investigación.

Tabla 3.2. Resultado del análisis de suelo del terreno donde se ejecutó la investigación

pH	MO	Ca	Mg	K	NH ⁴⁺	P	S
-	%	meq/100g de suelo			Ppm		
6,07	8,15	10,25	0,63	0,29	40,28	2,48	3,19
Me Ac	A	A	B	M	A	B	B

Cu	B	Fe	Zn	Mn	CE
ppm					dS m ⁻¹
9,18	0,61	165	8,62	10,40	0,08
A	A	A	A	M	NS

A = Alto, M = Medio, B = Bajo, Me Ac = Medianamente ácido, NS = No salino.

Extractante: Olsen modificado, laboratorio: AGROLAB

3.2. Materiales, instrumentos y recursos

En la tabla 3.3, se indica los materiales, instrumentos y recursos utilizados en la presente investigación.

Tabla 3.3. Materiales, instrumentos y recursos utilizados para la investigación

Nombre	Instrumento	Destino
Balanza	X	Peso de fertilizantes
Medidor de clorofila	X	Hojas
InfoStat	X	Análisis estadístico
Cámara fotográfica	X	Fotos
Pie de rey	X	Diámetro de ramas
Cámara fotográfica	X	secundarias

3.3. Factores en estudio

Factor A: Niveles de potasio (K_2O)

k_0 : 0 ($kg\ ha^{-1}$)

k_1 : 100 ($kg\ ha^{-1}$)

k_2 : 200 ($kg\ ha^{-1}$)

Factor B: Niveles de fósforo (P_2O_5)

p_0 : 0 ($kg\ ha^{-1}$)

p_1 : 81 ($kg\ ha^{-1}$)

Factor C: Niveles de boro (B)

b_0 : 0 ($kg\ ha^{-1}$)

b_1 : 1 ($kg\ ha^{-1}$)

3.4. Variables

3.4.1. Variables independientes

- Niveles de potasio, fósforo y boro
- Plantas de maracuyá

3.4.2. Variables dependientes

- Diámetro de ramas secundarias (cm)
- Cuajado de frutos
- Relación fuente - demanda
- Clorofila (unidades spa)

3.5. Diseño experimental

En la presente investigación se aplicó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA); bajo arreglo factorial $3 \times 2 \times 2$ (A x B x C), con doce tratamientos y tres repeticiones, con un total de 36 unidades experimentales. El diseño evaluó el tratamiento que presentó mayor rendimiento por hectáreas de frutos de maracuyá; para la comparación de medias, se utilizó la prueba de Tukey al 5% de significancia y determinar las diferencias estadísticas (tabla 3.4).

Tabla 3.4. Esquema del análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	35
Repeticiones	2
Dosis de K (A)	2
Dosis de P (B)	1
A x B	2
Dosis de B (C)	1
A x C	2
B x C	1
A x B x C	2
Error	22

3.6. Tratamientos

El número de tratamientos fueron doce y su combinación se detalla en la tabla 3.5.

Tabla 3.5. Tratamientos para el ensayo nutrición en maracuyá en la segunda etapa de producción del cultivo

Tratamientos	Nutrientes (kg ha ⁻¹)		
	K ₂ O	P ₂ O ₅	B
K0 -P -B	0	0	0
K0 -P +B	0	0	1,0
K0 +P -B	0	81	0
K0 +P +B	0	81	1,0
K1 -P -B	100	0	0
K1 -P +B	100	0	1,0
K1 +P -B	100	81	0
K1 +P +B	100	81	1,0
K2 -P -B	200	0	0
K2 -P +B	200	0	1,0
K2 +P -B	200	81	0
K2 +P +B	200	81	1,0

3.7. Datos tomados y métodos de evaluación

3.7.1. Diámetro de ramas secundarias (cm)

Luego de iniciar el tratamiento se marcaron cuatro plantas al azar, por unidad experimental, de las mismas se tomó cuatro ramas secundarias de 40 cm de longitud, desde su lugar de inserción en el tallo podado hasta el meristema apical. Se usará un calibrador “pie de rey” y se evaluó en floración y los valores son reportados en cm.

3.7.2. Cuajado de frutos

Para esta variable se tomaron dos plantas efectivas por unidad experimental y se procedió a elegir una rama secundaria de cada lado de la planta, se contabilizó los botones florales, flores abiertas y cuajado de frutos, según la siguiente ecuación (Aular, 2004).

$$Cf = \frac{Fa}{Fc} \times 100$$

El cuajado de frutos (Cf) es la relación entre las flores abiertas (Fa) y la cantidad de frutos cosechados (Fc).

3.7.3. Relación fuente/demanda

Para esta variable se contó todas las hojas de dos ramas secundarias a la cosecha, de dos plantas útiles por unidad experimental y se determinó el área foliar, utilizando un escáner y una regla de 15 cm y un fondo negro para digitalizar la silueta de las hojas. Finalmente se calculó el área foliar con las imágenes digitalizadas de las hojas, fueron procesados en el programa QuantPoro v. 1.2.0 (López, 2009).

$$\frac{f}{d} = \frac{AF}{NFPr}$$

La relación fuente – demanda (f/d) es la relación entre el área foliar (AF) y el número de frutos cuajados en las ramas (NFPr) y los valores fueron reportados en $\text{cm}^2 (\text{fruto})^{-1}$.

3.7.4. Clorofila

Para la medición de la clorofila, se realizó de 4 plantas efectivas por unidad experimental, cada 30 días se midió la clorofila en las hojas jóvenes elegidas al azar, el haz de la hoja se coloca en el medidor de clorofila SPAD-502Plus y se evaluó hasta la cosecha y los valores fueron expresados en unidades spa.

3.8. Manejo del experimento

3.8.1. Control de malezas

Al inicio del ensayo el combate de malezas se realizó en forma manual entre las hileras y especialmente formando las coronas en el cultivo. Fue necesario mantener un control de malezas eficiente, cada 21 días combinando un control manual y químico usando el

glifosato 5cc L^{-1} , debido a que las raíces absorbentes se encuentran en la misma zona, donde crecen las malezas, existiendo competencia entre el cultivo y las malezas por nutrientes, agua y espacio.

3.8.2. Podas

En esta plantación primeramente se realizó una poda de saneamiento, eliminando las ramas secas y enfermas y posteriormente la poda de renovación en la que se efectuó cortes de las guías fructíferas o terciarias a $0,30 - 0,40$ m de su inserción con las guías secundarias y periódicamente se eliminó guías enfermas o dañadas a fin de destruir focos de infección, disminuir el peso de la planta, facilitar la aireación, mejorar la iluminación y facilitar la penetración de los pesticidas a todas las partes de la planta.

3.8.3. Fertilización

La aplicación de la fertilización, se efectuó en base al análisis de suelo y foliar, calculando los requerimientos de potasio, fosforo, boro y del requerimiento del cultivo en base al resto de elementos nutritivos. Se realizó una aplicación de fósforo al inicio del ensayo es decir a los 12 meses de edad, utilizando el Fosfato diamónico en una dosis de $81\text{ g pl}^{-1}\text{año}^{-1}$. El Potasio de acuerdo al cálculo del requerimiento, se utilizó el Muriato de potasio y se aplicó en tres fracciones, según los tratamientos del ensayo, iniciando a los 12 meses y luego continuando cada 4 meses. En cuanto al Boro se usó el Ácido bórico y se aplicó de acuerdo a los tratamientos del ensayo y a los cálculos de requerimiento del cultivo, al inicio del ensayo y luego a los 6 meses del cultivo.

Para el suministro de Nitrógeno se calculó en base al requerimiento del cultivo de $200\text{ kg ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ y se usó la Urea, el mismo que fue fraccionado en tres partes y se aplicó en forma conjunta con el Muriato de potasio y para compensar la necesidad de Magnesio y Azufre, se aplicó el Sulfato de magnesio con una dosis de $60\text{ g pl}^{-1}\text{año}^{-1}$ al inicio de la investigación.

3.8.4. Manejo fitosanitario

El manejo fitosanitario de plagas y enfermedades se realizaron aplicaciones rotativas, evitando la caída de estructuras florales, de botones, caída de frutos, defoliaciones severas, limitación en el crecimiento normal de la planta, lesiones en los frutos, deformaciones de frutos y secamiento general de la planta con fungicidas como Score en una dosis de 1 ccL^{-1} , Carbendazin con 1 ccL^{-1} , Captán 50 con $2,5 \text{ gL}^{-1}$, Mancoceb 5 gL^{-1} , Aliette 4 gL^{-1} , Benomyl 1 g gL^{-1} y Ridomil 4 gL^{-1} . En cuanto a los insecticidas se utilizaron la Cipermetrina con una dosis de 2 cc gL^{-1} , Thiodán $2,5 \text{ cc gL}^{-1}$, Diplerex $1,25 \text{ cc gL}^{-1}$. Las aplicaciones se efectuaron mensualmente durante el desarrollo del cultivo de maracuyá.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Diámetro de ramas secundarias

Para la variable diámetro de ramas secundarias, no presentó significancia ($P < 0,3474$) para los niveles de potasio, fósforo y el boro. El máximo valor del diámetro de ramas secundarias es de 0,39 cm; en tanto que el mínimo es de 0,30 cm con una media de 0,36 cm. El coeficiente de variación es 17,91%; siendo aceptable (Anexo 2).

4.2. Cuajado de frutos

En el análisis de variancia de cuajado de frutos a partir de los 16 hasta los 21 meses, se indica que existe diferencias altamente significativas ($P < 0,0045$) para la aplicación de los niveles de fósforo. Además existe diferencia estadística para la interacción ($P < 0,0207$) para los niveles de potasio con el boro. El coeficiente de variación es de 22,30% reflejando el grado de exactitud y veracidad de la investigación (tabla 4.1).

Tabla 4.1. ADEVA para el cuajado de frutos de maracuyá con niveles de K, P y B

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Rep	169,23	2	84,62	2,41	0,1135
K	49,86	2	24,93	0,71	0,503
P	351,88	1	351,88	10,01	0,0045**
B	109,8	1	109,8	3,12	0,0911
K*P	14,38	2	7,19	0,2	0,8166
K*B	194,14	2	97,07	2,76	0,0852
P*B	59,32	1	59,32	1,69	0,0207*
K*P*B	67,46	2	33,73	0,96	0,3986
Coeficiente de variación (%)			22,30		

En la interacción de los niveles de fósforo, se observa que al aplicar 81 kg ha^{-1} de fósforo, incrementar el cuajado de frutos en un 12% (Figura 4.1).

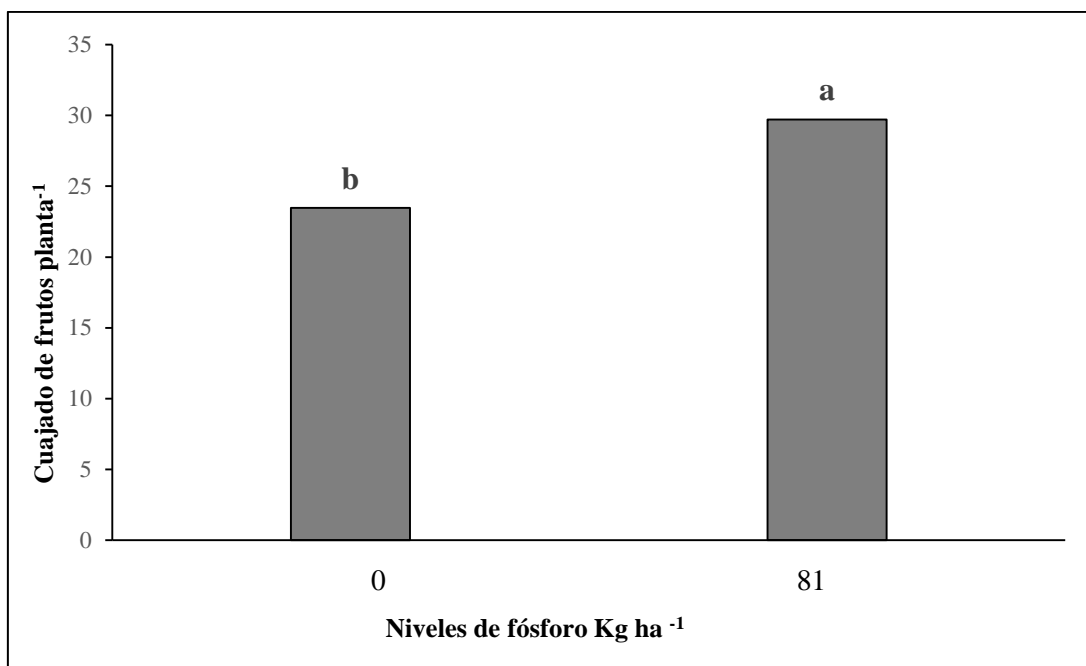


Figura 4.1. Cuajado de frutos en la interacción entre el nivel 0 y 81 kg ha⁻¹ de fósforo

En la interacción de los niveles de fósforo y boro (figura 4.2), se observa que con un nivel de 0 kg ha⁻¹ de fósforo y 1 kg ha⁻¹ de boro, el cuajado de frutos incrementa e inclusive cuando se incrementa a 81 kg ha⁻¹ de fósforo y 1 kg ha⁻¹ de boro, se observa un aumento en el cuajado de fruto. Es decir con un aumento del nivel del boro, existe un incremento en el cuajado de frutos, lo que concuerda con (Perica, 2001), quien manifiesta que la aplicación de Boro incrementa el cuajado y los rendimientos en frutos diversos, aun sin mostrar las plantas síntomas vegetativos de deficiencia. Esto sugiere la existencia de Boro durante el crecimiento reproductivo, que puede verse afectado si el Boro no está suficientemente disponible en la planta.

El B interviene en la elongación y crecimiento de las células de las raíces, en el metabolismo del N, al intervenir en la presencia de la nitrato reductasa, en la síntesis de azúcares y almidones, en el suministro de auxinas y la formación de fenoles que sirven para la formación de lignina, de semillas y de polen viable. El rol del B en la producción de semillas tan importante en deficiencia moderada y severa, las plantas dejan de producir flores y semillas. Las plantas con deficiencia de B producen semillas o polen estériles. Bajo deficiencia moderada de B las plantas crecen normalmente y la producción de follaje no se afecta severamente, pero no hay producción de semillas (Jacho, 2008).

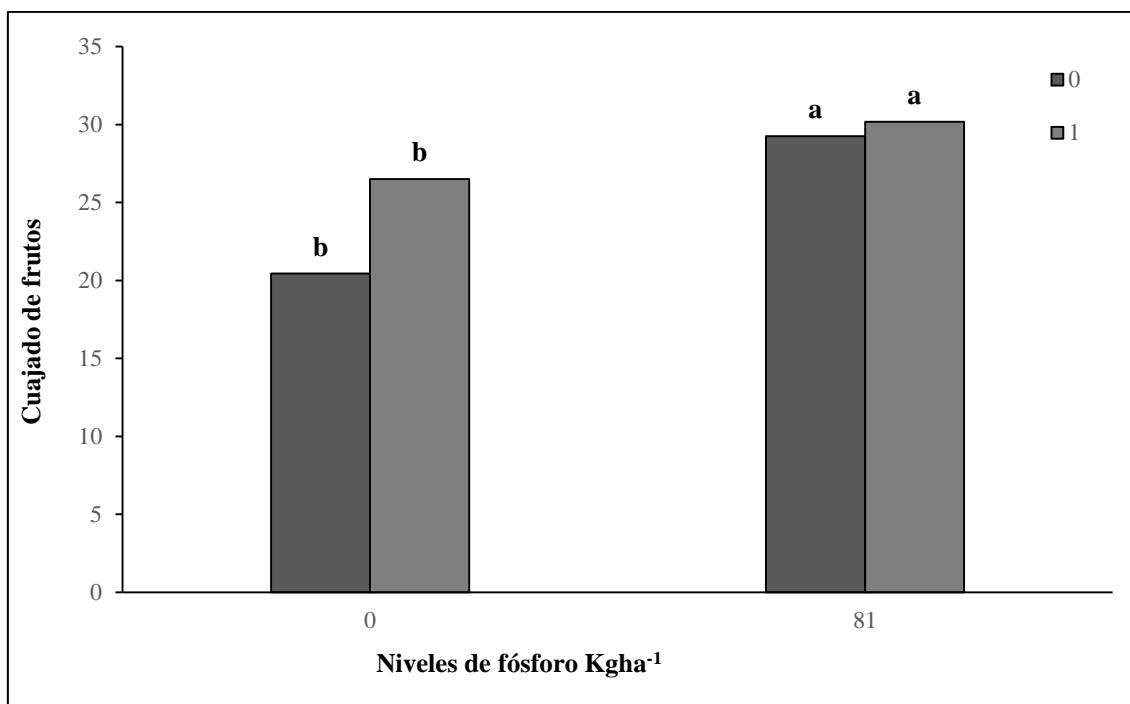


Figura 4.2. Cuajado de frutos en la interacción entre el nivel 0 y 81 kg^{ha}⁻¹ de P con los niveles de B

4.3. Relación fuente/demanda

Para la relación fuente/demanda, no hubo interacción ($P < 0,5722$) entre los niveles de potasio, fósforo y el boro. La aplicación de los niveles de potasio, fósforo y boro ni incidieron en la relación del área foliar con los frutos cuajados. El coeficiente de variación es de 27,33% (Anexo 3).

4.3.1. Número de hojas

Para número de hojas, no hubo interacción ($P < 0,728$) entre los niveles de potasio, fósforo y el boro. El máximo valor de hojas fue de 13,03, con el nivel 200 kg^{ha}⁻¹ de K, 0 kg^{ha}⁻¹ de P y 1 kg^{ha}⁻¹ de B; en tanto que el mínimo es de 10,20 hojas con el nivel 100 kg^{ha}⁻¹ de K, 81 kg^{ha}⁻¹ de P y 1 kg^{ha}⁻¹ de B y una media de 11,16 hojas. El coeficiente de variación es 13,38%; siendo aceptable (Anexo 10).

4.3.2. Área foliar

En el ADEVA para la área foliar se observó durante los meses de 16, 18 y 20, se observa que existe diferencias altamente significativas para la interacción ($P < 0,0051$) para la aplicación de los niveles de potasio. Además existe una interacción ($P < 0,0427$) entre el potasio y boro. El coeficiente de variación es de 15,59% reflejando el grado de precisión y exactitud de esta investigación (tabla 4.2).

Tabla 4.2. ADEVA para el área foliar en la maracuyá con niveles de K, P y B

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Rep	176,88	2	88,44	1,12	0,3429
K	164,45	2	82,22	1,05	0,3684
P	762,86	1	762,86	9,7	0,0051**
B	119,68	1	119,68	1,52	0,2304
K*P	96,67	2	48,34	0,61	0,55
K*B	75,54	2	37,77	0,48	0,625
P*B	9,73	1	9,73	0,12	0,0427*
K*P*B	58,12	2	29,06	0,37	0,6953
Coeficiente de variación (%)			15,59		

En la interacción de los niveles de fósforo y boro se observa que al aplicar 0 kg ha^{-1} de fósforo y 0 kg ha^{-1} de boro, el área foliar presenta los valores más bajos. Al incrementar el nivel del fósforo y boro, el área foliar aumenta paulatinamente (Figura 4.3).

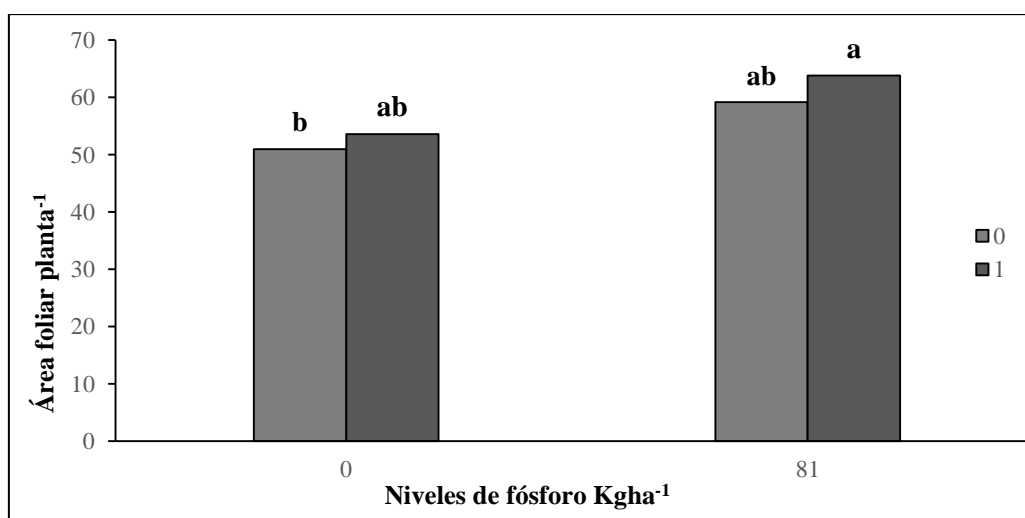


Figura 4.3. Área foliar con niveles de fósforo y boro (kg ha^{-1})

4.3.3. Botones florales

Para fotonos florales, no hubo interacción ($P < 0,428$) entre los niveles de potasio, fósforo y el boro. El máximo valor de fotonos florales es de 6,13 con el nivel 0 kg ha^{-1} de K, 81 kg ha^{-1} de P y 1 kg ha^{-1} de B; en tanto que el mínimo es de 4,10 fotonos florales con el nivel 100 kg ha^{-1} de K, 81 kg ha^{-1} de P y 0 kg ha^{-1} de B y una media de 5,45 fotonos florales. El coeficiente de variación es 25,57%; siendo aceptable (Anexo 6).

4.3.4. Flores abiertas

Para la variable flores abiertas, no hubo interacción ($P < 0,8415$) entre los niveles de potasio, fósforo y el boro. El máximo valor de flores abiertas es de 3 con el nivel 200 kg ha^{-1} de K, 0 kg ha^{-1} de P y 1 kg ha^{-1} de B; en tanto que el mínimo es de 1,4 flores abiertas con el nivel 100 kg ha^{-1} de K, 81 kg ha^{-1} de P y 1 kg ha^{-1} de B y una media de 2 flores abiertas. El coeficiente de variación es 28,79%; siendo aceptable (Anexo 8).

4.3.5. Flores caídas

En el ADEVA para las flores caídas se observó durante los meses de 16, 18 y 20, una diferencia estadística significativa para la interacción ($P < 0,0176$) para los niveles de boro con el fósforo. El coeficiente de variación es de 14,01%, reflejando el grado de precisión y exactitud con que se ha manejado esta investigación y es bueno (tabla 4.3).

Tabla 4.3. ADEVA para peso de cascara de la maracuyá con niveles de K, P y B con observaciones en el tiempo

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Rep	64,67	2	32,33	5,18	0,0143
K	41,17	2	20,58	3,3	0,0559
P	9	1	9	1,44	0,2426
B	18,78	1	18,78	3,01	0,0968
K*P	12,5	2	6,25	1	0,3836
K*B	3,72	2	1,86	0,3	0,7451
P*B	32,11	1	32,11	5,14	0,0335*
K*P*B	1,72	2	0,86	0,14	0,8719
Coeficiente de variación (%)			14,01		

En la interacción de los niveles de fósforo y boro (Figura 4.4), se observa que al aplicar 0 kg ha^{-1} de fósforo y 0 kg ha^{-1} de boro, presenta 17,56 flores caídas, siendo paulatinamente homogéneo al aplicar 1 kg ha^{-1} de boro con 17,11 flores caídas. Al aplicar 81 kg ha^{-1} de fósforo y 1 kg ha^{-1} de boro presenta valores más altos (20 flores caídas). En tanto que la aplicar 81 kg ha^{-1} de fósforo y 0 kg ha^{-1} de boro, existen menos flores caídas (16,67).

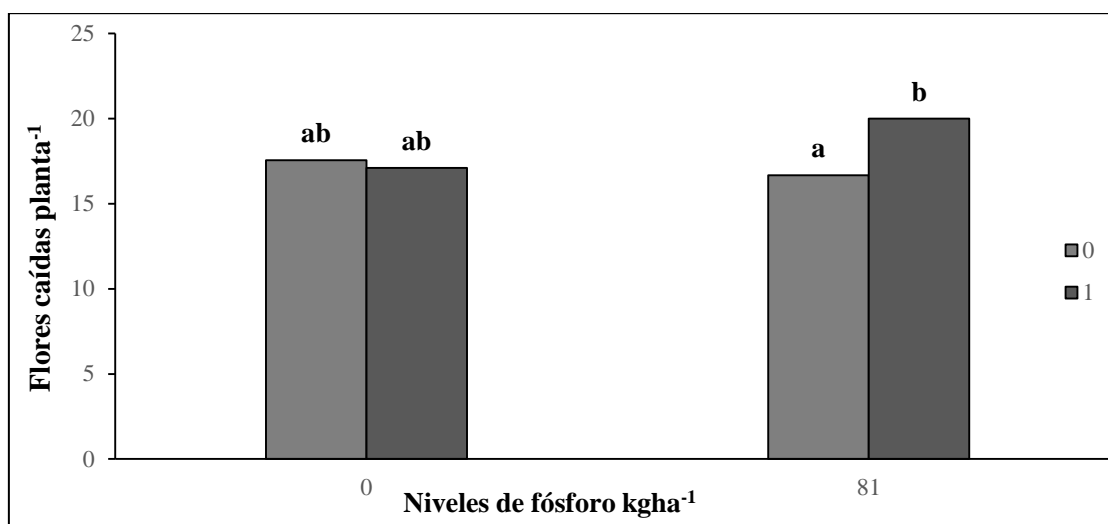


Figura 4.4. Flores caídas con niveles de fósforo (kg ha^{-1})

4.4. Clorofila

En el ADEVA para Clorofila a los 16, 18 y 20 meses, se observa que existe diferencias significativas ($P < 0,0206$) para los niveles de potasio y fósforo ($P < 0,0409$). El coeficiente de variación es 16,47% reflejando el grado de precisión y exactitud de la investigación (tabla 4.4).

Tabla 4.4. ADEVA para clorofila con niveles de K, P y B

F.V.	SC	gl	CM	F	P-valor
Rep	66,66	2	33,33	0,68	0,5097
K	390,19	2	195,09	3,96	0,0206*
P	33,61	1	33,61	0,68	0,0409*
B	18,3	1	18,3	0,37	0,543
K*P	83,49	2	41,74	0,85	0,4303
K*B	27,56	2	13,78	0,28	0,7564
P*B	34,62	1	34,62	0,7	0,403
K*P*B	63,14	2	31,57	0,64	0,5281
Coeficiente de variación (%)			16,47		

En los niveles de fósforo, se observa que al aplicar 0 kg ha^{-1} de fósforo existe un incremento a partir de los 60 días, alcanzando su máximo valor a los 120 días y luego tiende al descenso, al incrementar a 81 kg ha^{-1} de P sus valores mantienen constantes hasta los 120 días y a partir del mismo empieza un descenso de la clorofila (Figura 4.5).

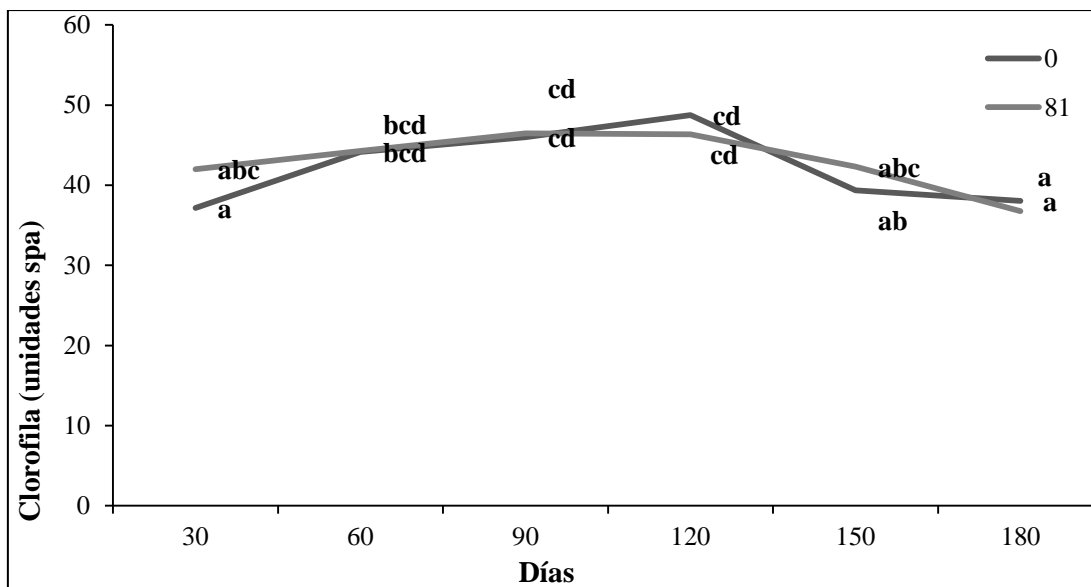


Figura 4.5. Clorofila en la interacción entre el nivel 0 y 81 kg ha^{-1} de P en el tiempo

En la interacción de los niveles de potasio se observa que al aplicar 0 kg ha^{-1} , presenta el valor más alto en rendimiento de clorofila y siendo este el testigo. Al incrementar el nivel del potasio se nota los valores más bajos (Figura 4.6).

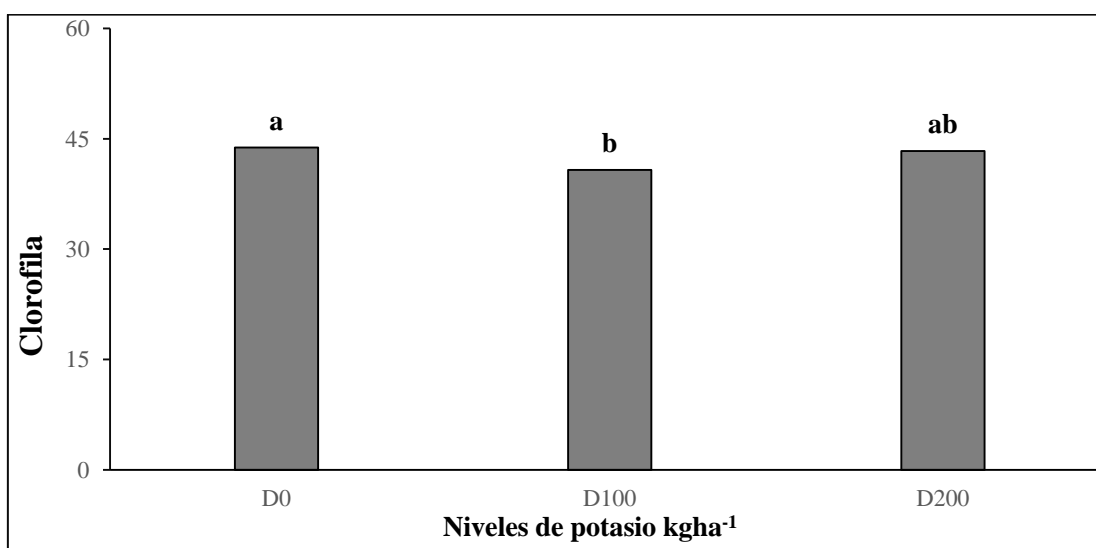


Figura 4.6. Clorofila en la interacción entre los niveles de K con los niveles de P y B

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

De acuerdo a los objetivos planteados, a los resultados obtenidos y al lugar donde se realizó la presente investigación se concluye que:

- Se comparó las diferentes características morfológicas en relación a la fuente/demanda del cultivo de maracuyá, por lo que no presentó significancia por el efecto del K, P y B.
- Se determinó que existió un incremento del desarrollo vegetativo en la segunda etapa de producción de maracuyá, por acción del K, P y B. En cuanto al número de hojas, botones florales y flores abiertas no incidió la fertilización de estos elementos.
- Se determinó el nivel adecuado de clorofila en la segunda etapa de producción de la maracuyá a partir de los 60 días, alcanzando su máximo valor a los 120 días y luego tiende al descenso.

5.2. Recomendaciones

En base a los resultados obtenidos en la investigación se logró llegar a las siguientes recomendaciones:

- Utilizar 81 kg ha^{-1} de P y 1 kg ha^{-1} de B, para mejorar el cuajado de frutos durante la segunda etapa de producción de la maracuyá.
- Se sugiere continuar investigando con otros nutrientes con diferentes niveles, con el fin de obtener diferentes resultados que permitan contar con información valiosa, sobre fertilización en el cultivo de maracuyá.
- Realizar controles fitosanitarios periódicamente con el objeto de prevenir el ataque de plagas y enfermedades fúngicas, bacterianas y viróticas al cultivo de maracuyá.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfonso, B. y. (2004). *Efecto de diferentes programas de nutrición sobre el cultivo de la curuba (Passiflora mollissima) variedad Tin Tin y del híbrido T × Mo*. Bogotá. 98 p.: Trabajo de grado. Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UCDA).
- Ambiental, R. b. (2008). *Print versión ISSN 1415-4366. Vol. 12 N°1. Campina Grande, BR*.
- Amthor, J. (2000). *The McCree - de Wit - Penning de Vries - Thornley respiration paradigms: 30 years later*. *Annals of Botany* 86:1-20.
- Aranjuelo, I. P.-B. (2009). *Leaf carbon management in slow-growing plants exposed to elevated CO₂*. *Global Change Biology* 15:97-109.
- Aular, J. y. (2004). *Influencia del nitrógeno sobre el crecimiento vegetativo y producción de la parchita Passiflora edulis Sims.F. . Agronomía Tropical* 44(1):121-134.: Flavicarpa Degener. .
- Azofeifa, A. y. (2004). *Análisis de crecimiento del chile jalapeño (Capsicum annum L. cv. Hot), en Alajulela*. Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 28: 57-67.
- Bejarano, W. (2000). *Manual de Maracuyá. Promoción de exportaciones Agrícolas no tradicionales*. Quito-Ecuador.
- Bertsch, F. (2003). *La fertilidad de los suelos y su manejo. Fertilización foliar. Principios y aplicaciones*. San José, CR. *centro de investigaciones agroquímicas*. p. 154 – 157.
- Blanke, M. (2009). *Regulatory mechanisms in source sink relationship in plants – A review*. *Acta Horticulturae* 835:13-20.
- Bollo, s. (2010). *Origen del cultivo*. Disponible en <http://pdf.rincondelvago.com/maracuya.html>.
- Borges, A. R. (2002). *Doses e fontes de nitrogênio em fertirrigação no cultivo do maracujá-amarelo*. *Rev. Bras. Frutic.* (25)2:259-262.
- Borja, C. (2008). *Caracterización de las principales variedades de maracuyá (Passiflora edulis)*. Ecuador.
- Braütigam, A., & Weber, A. (2011). *Do Metabolite Transport Processes Limit Photosynthesis?* *Plant Physiology* 155:43-48.
- Chapman, L. (2000). *La nutrición foliar. Informaciones Agronómicas N° 25; p. 4 – 9*.

- Chikov, V. A. (2009). *The role of Sink-Source relationships between different organs in regulation of photosynthesis and productivity*. Relationship in Plants. Acta Horticulturae 835:87-98.: In: Proceedings of the International Symposium on Source-Sink.
- DaMatta, F. R. (2005). *Fotosíntesis, distribución y asignación de asimilados en plantas leñosas perennes*. Revista Comalfi 32(1):35-42.
- Del Amor, F. y. (2004). *Regulation of K uptake, water uptake, and growth of tomato during K starvation and recovery*. Scientia Hort. 100, 83-101.
- Dulanto, J., & Aguilar, M. (2011). *Guía técnica manejo integrado de producción y sanidad de maracuyá*. Piura, PE. Universidad Nacional Agraria La Molina p. 37.
- Erazo, J. (2010). *Elaboración de salsa congelada de maracuyá mango, durazno y champiñones para acompañar el género cárnico principal de un plato*. Consultado el 11 de junio del 2012 Disponible en repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/9363/1/40777_1.pdf.
- Fisher, D. (2000). *Long-Distance Transport*. In: *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. Rockville (Estados Unidos), American Society of Plant Physiologist, 1367 p.: Buchanan, B.B.; Gruissem, W.; Jones, R.L. eds. .
- Gárate, A. e. (2000). *Nutrición mineral y producción vegetal*. In: *Azcón-Bieto, J. y M. Talón*. Interamericana. Barcelona, España. pp: 113-130.: (eds.). Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGraw-Hill .
- García L., A. y. (2000). *Transporte en el floema*. In: *Azcón-Bieto, J. y M. .* Barcelona, España. pp: 65-82.: Talón. (eds.). Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGraw-Hill Interamericana.
- García, M. (2002). *Cultivo de maracuyá amarillo*. CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal). Fecha de consulta. 2008-07-10. Dirección URL:
http://www.culturaapicola.com.ar/apuntes/florapicola/22_mburucuya_pasionaria.pdf.
- García, M. (2002). *Guía técnica del cultivo de maracuyá*. San Salvador, ES. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. 31 p.
- Gelape, N. V. (2005). *Maracujá: germoplasma e melhoramento Genético*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria Embrapa Cerrados. Ministerio da Agricultura, Pecuaria e Abastecimento. BR. 678p.

- Guaras, L., & Suquilanda, M. (2008). *Respuesta del cultivo de acelga (Beta vulgaris l. var. Cicla.) a la aplicación complementaria de tres fitoestimulantes a tres dosis. Nayón, Pichincha.Rumipamba. 22 (1): 73 - 74.*
- Guo, S.-W. Y.-X. (2007). *New insights into the nitrogen form effect on photosynthesis and photorespiration. Pedosphere 17(5), 601-610.*
- Gusqui, L. R. (2009). *Determinación de curvas de absorción de macroelementos, durante el primer año de desarrollo del cultivo de maracuyá (Passiflora Edulis). Tsáfiqui:13-38. Santo Domingo-Ecuador.*
- Gutiérrez-Colomer, R. M.-R. (2006). *Dry matter production and partitioning in rose (Rosa hybrida) flower shoots. . Scientia Hort. 107, 284-291.*
- Hermans. (2006). *How do plants respond to nutrient shortage by biomass allocation? Trends Plant Sci. 11(12), 611-617.*
- Hermans, C. J. (2006). *How do plants respond to nutrient shortage by biomass allocation? Trends Plant Sci. 11(12), 611-617.*
- Ho, L. C. (2009). *Source/sink regulation. In: Baker, D. A. y J. A. Milburn. (eds.). Transport of photoassimilates. Harlow, Essex, UK. pp: 306-343.: Plant Science. Longman Scientific & Technical.*
- Hunt, R. D. (2002). *A modern tool for classical plant growth analysis. Annals of Botany 90: 485-488.*
- Jacho, H. (2008). *Aplicaciones de reguladores de crecimiento Acido Naftaleno Acético (ANA) Acido-Indol Butírico (AIB) y sustratos para optimizar el enraizamiento en Maracuyá (Passiflora edulis). Quevedo Los Ríos Tesis Ing. Los Ríos: Universidad Técnica Estatal de Quevedo, .*
- Jaramillo, E. (2013). *“Evaluación de tres programas de fertilización y aporte sobre el rendimiento de fruta en una plantación establecida de maracuyá (Passiflora edulis var. Flavicarpa) en la Unión – Provincia de Esmeraldas”. Tesis Ing. Agropecuario. . Santo Domingo de los Tsáchilas. Págs 98.: Departamento de Ciencias de la vida. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Escuela Politécnica del Ejército.*
- Javot, H., & Maurel, C. (2002). *The role of aquaporins in root water uptake. Annals of Botany 90:301-313.*
- Jaya, J. (2010). *Determinación de curvas de absorción para macronutrientes (N-P-K) en la fase productiva del cultivo de maracuyá UTE. 2009. Tesis Ing. Agropecuaria.*

- Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Tecnológica Equinoccial. Santo Domingo de los Tsáchilas-Ecuador. Págs. 72.*
- Kawabata, S. S. (2005). *Role of transpiration from fruits in phloem transport and fruit growth in tomato fruits*. *Physiologia Plantarum* 124:371-380.
- Kulikova, A. D. (2009). *Actin determination in the conductive and growing plant tissues*. In: *Proceedings of the International Symposium on Source-Sink Relationship in Plants*. *Acta Horticulturae* 835:49-56.
- Lenz, F. (2000). *Effects of fruit load on the nutrient uptake and distribution in Citrus trees*. *Acta Hort.* 531, 63-72.
- López, P. J. (2009). *Impacto do cultivo da soja resistente ao glyphosate sobre artrópodes e componentes de produção da cultura*. Minas Gerais, Brasil.: Tesis de Doctor Scientiae. Universidade Federal de Viçosa,.
- Lu, Y., & Sharkey, T. (2006). *The importance of maltose in transitory starch breakdown*. *Plant, Cell and Environment* 29:353-366.
- Malavolta. (2006). *Fertilización del maracuyá*. Fecha de consulta 2008 – 04 – 25. Dirección:
URL:[http://www.ppic.org/ppiweb/ltamn.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/bda161ee80096d09052570680074de7d/\\$FILE/FERTILIZACI%C3%93N%20DEL%20MARACUYA.pdf](http://www.ppic.org/ppiweb/ltamn.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/bda161ee80096d09052570680074de7d/$FILE/FERTILIZACI%C3%93N%20DEL%20MARACUYA.pdf) .
- Malavolta, E. (2010). *Nutrición y fertilización del maracuyá*. IPNI, Quito.
- Malca, O. a. (2006). *Asistencia Agroempresarial Agribusiness Cia Ltda. 1992. Manual técnico del cultivo de maracuyá*. Editorial Ecuador. Primera edición. Quito Ecuador. pp. 6 – 7, 10 – 14.
- Masache, V., & León, V. (2000). *Respuesta del maracuyá (Passiflora edulis var. flavicarpa) propagado por acodos a la fertilización química*. *Santo Domingo de los Colorados – Pichincha. Rumipamba*. 14 (1): 52 - 54.
- Matsushashi, S. F. (2005). *Quantitative modelling on photoassimilate flow in an intact plant using the Positron Emitting Tracer Imaging system (PETIS)*. *Soil Science Plant Nutrition* 51:417-423.
- Medrano, H. y. (2000). *Introducción a la fisiología de los cultivos*. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 259 p.
- Mendonça, F. M. (2006). *Deficiência de macronutrientes e boro em maracujazeiro doce: qualidade dos frutos*. *Rev. Bras. Frutic.* (28)3:492-496.

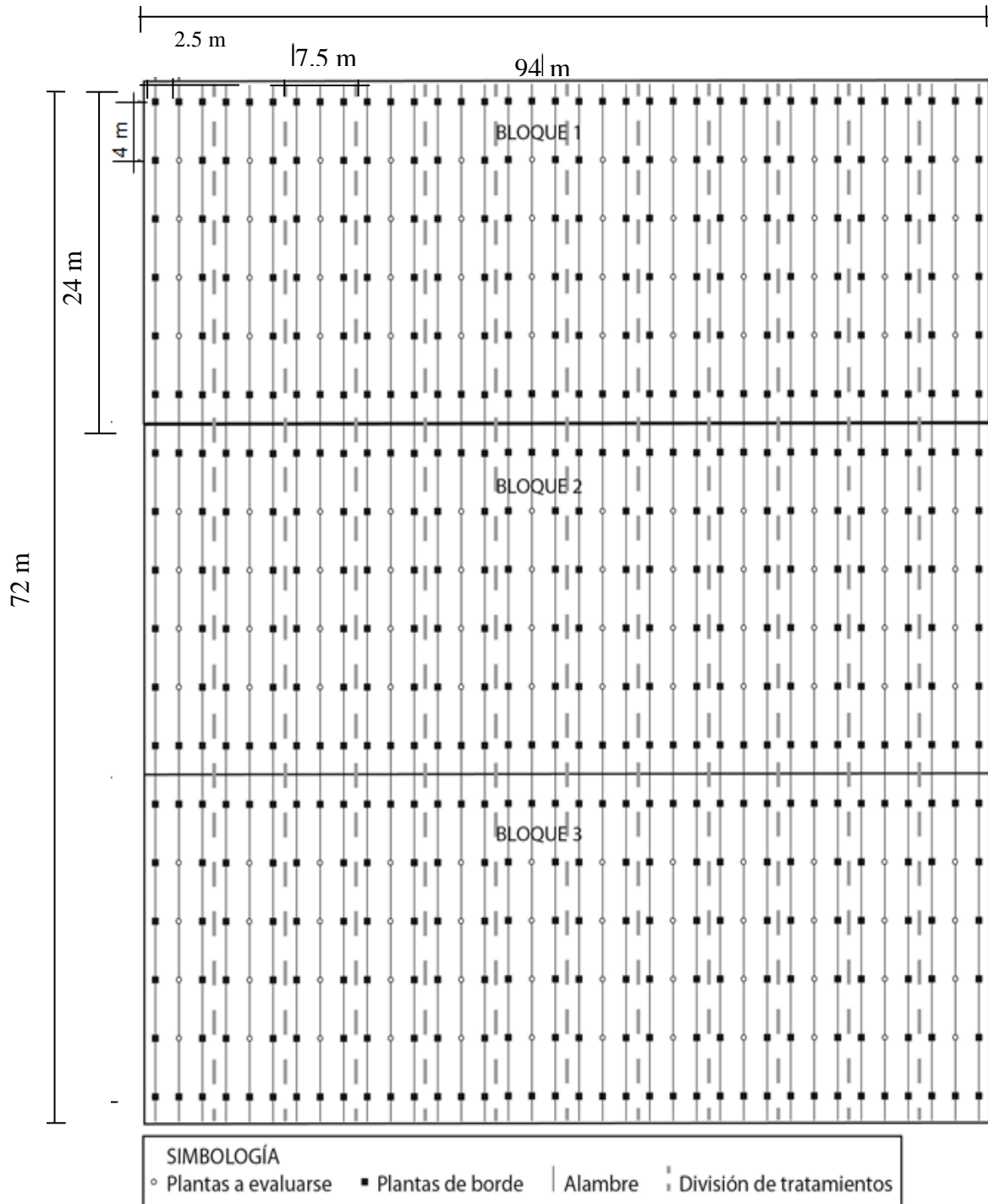
- Mengel, K. (2000). *Principios de nutrición vegetal. 1ª ed. Argentina: EEA INTA Pergamino.*
- Mengel, K. y. (2000). *Principios de nutrición vegetal. 1ª ed. Argentina: EEA INTA Pergamino.*
- Mengel, K. y. (2000). *Principios de nutrición vegetal. 1ª ed. Argentina: EEA INTA Pergamino.*
- Minchin, P., & Thorpe, M. (2003). *Sink strenght: a misnomer and best forgotten.* Plant Cell and Environment 16:1039-1040.
- Moreira, e. a. (2011). *Efecto de la fertilización nitrogenada y potásica sobre la producción y calidad de la maracuyá (Passiflora edulis f. flavicarpa Degener).* Santa Ana - Manabì - Ecuador.
- Mullendore, D. W. (2010). *Sieve tube geometry in relation to phloem flow.* Plant Cell 22:579-593.
- Muñoz, L. (2010). *Perspectivas de la caficultura colombiana. III Conferencia mundial del café.* Ciudad de Guatemala.: Febrero 27 de 2010.
- Nagele, T. H. (2010). *Mathematical modeling of the central carbohydrate metabolism in Arabidopsis reveals a substantial regulatory influence of vacuolar invertase on whole plant carbon metabolism.* Plant Physiology 153:260-272.
- Ort, D., & Long, S. (2002). *Converting solar energy into crop production.* Publishers, Sudbury. pp 240-269.: In: Plants, Genes and Crop Biotechnology. Chispeels, M.J.; Sadava, D.E. eds. Jones and Bartlett.
- Ortega, C., & León, J. (2000). *Evaluación de fitohormonas y abonos foliares, para mejorar el amarre de frutos en tomate de árbol (Cyphomandra betacea Sendt) Cultivar punto amarillo. Tababela – Pichincha. Rumipamba. 14 (1): 47 - 48.*
- Padilla, W. (2005). *Fertilización de suelos y nutrición vegetal. 4ª ed. Quito: Grupo Clínica Agrícola.*
- Paul, M. J. (2001). *Sink regulation of photosynthesis.* Journal of Experimental Botany 52: 1383-1400.
- Peil, R. M. (2005). *Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero.* Revista Brasileira de Agrociência 11: 05-11.
- Peixoto, J. y. (2000). *Efeito da uréia, do sulfato do zinco e do ácido bórico na formação de mudas do maracujazeiro amarelo. Pesq. agropec. bras. 31(5):325-330.*

- Perica, S. B. (2001). *Foliar boron application improves flower fertility and fruit set of olive*. HortScience 36: 714-716.
- Qi, H. L. (2006). *Change in ¹⁴C-soluble sugar involved in the photosynthate translocation pathway of tomato*. Agricultural Sciences in China 5(3):209-215. <http://journals.ohiolink.edu/ejc/search.cgi>.
- Quiminet. (2010). *Fertilización foliar y la importancia de los micronutrientes en la floración*. Fecha de consulta 2010-08-15. Dirección URL: http://www.quiminet.com/ar4/ar_vcdzgtasdadvcfertilizacion-foliar-y-la-importancia-de-los-micronutrientes-en-lafloracion. Htm.
- Renjifo, W. (2000). *Fruticultura tropical*. Federación Nacional de Cafeteros. Editorial MONSERRAT. Cuarta edición. Bogotá – Colombia. pp. 3, 314.
- Roeb, G. D. (2009). *Use of Short-Lived isotopes to study carbon allocation in intact plants*. In: *Proceedings of the International Symposium on Source-Sink Relationship in Plants*. Acta Horticulturae 835:57-64.
- Ron'zhina, E. (2009). *Source and sink effects of cytokinins in potato (Solanum tuberosum L.) plants*. Relationship in Plants. Acta Horticulturae 835:39-48.: In: *Proceedings of the International Symposium on Source-Sink*.
- Ruiz S., R. y. (2005). *Nutrición y fertilización potásicas en frutales y vides*. Libros INIA No. 14. Santiago de Chile: Prograf Impresores. Chile.
- Rutschow, H. B. (2011). *Regulation of Solute Flux through Plasmodesmata in the Root Meristem*. Plant Physiology 155:1817-1826.
- Salisbury, F. (2000). *Fisiología de las plantas*. Barcelona, ES. Ediciones Omega p. 67, 597.
- Sánchez, C. (2007). *Phosphorus*. En: *Handbook of plant nutrition*. Pp: 51-90. Allen V. Barker & David J. Pilbeam (Eds). Taylor & Francis Group. Boca Raton. 662 P. .
- Scherer, H. (2001). *Sulphur in crop production*. Europ. J. Agron. 14 81-111.
- Sedano, C. G. (2005). *Dinámica del crecimiento y eficiencia fisiológica de la planta de calabacita*. Revista Chapingo Serie Horticultura 11: 291-297.
- Simbaña, e. a. (2002). *Proyecto de prefactibilidad para la producción y exportación de maracuyá en fresco a Estados Unidos*. Quito-Ecuador.
- Stitt, M. (2003). *Sink strength: integrated systems need integrating approaches*. Plant Cell and Environment 16:1041-1043.

- Taíz, L. Z. (2006). *Plant Physiology*. Sunderland, Massachusetts. 764 p.: Fourth Edition. Sinauer Associates.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2002). *Plant Physiology*. . 3ed. Sunderland (Estados Unidos), Sinauer Associates. 690p.
- Terry, N. (2011). *Changes in the distribution of 14C labelled assimilates in sugar beet with variation of temperature*. *Journal of Experimental Botany* 22:472-480.
- Thorpe, M., & Minchin, P. (2000). *Mechanism of Long-and Short-Distance Transport from Source to Sinks*. In: *Photoassimilate distribution in plants and crops. Source-Sink relationships*. Zamski, E.; Schaffer, A.A. eds. pp. 261-282.
- Toldan-Andersen, T. (2008). *The seasonal distribution of 14C-labelled photosynthates in sour cherry (Prunus cerasus L.)*. *Acta Horticulturae* 468:531-540.
- Valarezo, A. (08 de Mayo de 2010). Rendimiento en el cultivo de maracuyá. Responsable del Programa de Fruticultura, Estación Experimental Portoviejo del INIAP. (e. a. Moreira, Entrevistador)
- Venezolanos., M. C. (2001). *La fertilización foliar y el nitrato de potasio*. Bogotá, CO. p. 4 - 12.
- Viator, R. N. (2005). *Stem and root carbohydrate dynamics in modern vs obsolete cotton cultivars*. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 36:2165-2177.
- Wang, Y.-H. D. (2002). *Rapid induction of regulatory and transporter genes in response to phosphorus, potassium, and iron deficiencies in tomato roots. Evidence for cross talk and root/rhizosphere-mediated signals*. . *Plant Physiol.* 130, 1361-1370.
- Yeh, D. L. (2000). *Effects of mineral nutrient deficiencies on leaf development, visual symptoms and shoot root ratio of Spathiphyllum*. *Scientia Hort.* 86, 223-233.
- Zamsky, E. (2006). *Anatomical and physiological characteristic of sink cells*. Zamski, E.; Schaffer, A.A. eds. pp. 283-310.: In: *Photoassimilate distribution in plants and crops. Source-Sink relationships*.
- Zhou, R., & Quebedeaux, B. (2003). *Changes in Photosynthesis and Carbohydrate metabolism in mature apple leaves in response to whole plant source-sink manipulation*. *Journal American Society Horticultural Sciences* 128(1):113-119.

ANEXOS

Anexo 1. Croquis del sitio del experimento



Anexo 2. Diámetro de ramas secundarias

Tratamientos	RI	RII	RIII
T1	0,28	0,38	0,43
T2	0,35	0,43	0,35
T3	0,30	0,45	0,40
T4	0,35	0,23	0,43
T5	0,40	0,38	0,38
T6	0,28	0,45	0,35
T7	0,35	0,35	0,28
T8	0,33	0,35	0,30
T9	0,38	0,43	0,35
T10	0,30	0,33	0,28
T11	0,28	0,38	0,48
T12	0,35	0,33	0,50

Anexo 3. ADEVA para la relación fuente/demanda

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Rep	39468,91	2	19734,45	0,70	0,5074
K	179151,33	2	89575,66	3,18	0,0614
P	121253,69	1	121253,69	4,30	0,0500
B	29121,99	1	29121,99	1,03	0,3206
K*P	354397,85	2	177198,93	6,28	0,0690
K*B	279192,45	2	139596,22	3,01	0,0568
P*B	258767,21	1	258767,21	3,17	0,0662
K*P*B	32300,98	2	16150,49	0,57	0,5722
Coeficiente de variación %			27,33		

Anexo 4. ADEVA para diámetro de ramas secundarias

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Rep	0,02	2	0,01	2,1	0,1462
A	0,0019	2	0,00095	0,23	0,7973
B	0,00023	1	0,00023	0,05	0,8183
C	0,0042	1	0,0042	1,01	0,3247
A*B	0,01	2	0,01	1,42	0,2632
A*C	0,00082	2	0,00041	0,1	0,907
B*C	0,001	1	0,001	0,24	0,6284
A*B*C	0,01	2	0,0046	1,11	0,3474
Coeficiente de variación (%)			17,91		

Anexo 5. Cuajado de frutos

TRAT	REP I	REP II	REP III
T1	0,8	0,5	0,8
T2	1,0	1,5	1,0
T3	1,0	0,8	1,3
T4	0,8	1,3	1,0
T5	0,8	1,3	0,8
T6	0,8	1,0	1,0
T7	0,8	0,8	0,8
T8	1,0	0,3	0,8
T9	1,0	0,8	1,3
T10	1,3	0,8	1,3
T11	1,3	0,8	0,8
T12	1,3	1,5	0,8

Anexo 6. Botones florales

TRAT	REP I	REP II	REP III
T1	5,75	4,75	1,50
T2	4,75	7,50	6,00
T3	4,0	6,20	6,80
T4	5,80	6,30	6,30
T5	4,50	7,50	5,00
T6	4,50	7,50	5,80
T7	2,00	4,50	5,80
T8	4,80	4,30	7,30
T9	5,30	4,50	5,30
T10	5,80	4,50	7,30
T11	6,30	6,50	5,30
T12	5,00	4,50	6,80

Anexo 7. ADEVA, botones florales

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Rep	5,91	2	2,95	1,52	0,2412
A	0,55	2	0,28	0,14	0,8682
B	0,01	1	0,01	0,01	0,9435
C	4,84	1	4,84	2,49	0,1291
A*B	5,42	2	2,71	1,39	0,2698
A*C	2,02	2	1,01	0,52	0,603
B*C	0,93	1	0,93	0,48	0,4956
A*B*C	3,43	2	1,72	0,88	0,428
Coeficiente de variación (%)		25,57			

Anexo 8. Flores abiertas

TRAT	REP I	REP II	REP III
T1	1,5	1,5	2,8
T2	2,1	3,0	1,5
T3	1,5	2,0	2,5
T4	2,0	2,0	2,5
T5	1,5	2,5	2,0
T6	1,8	1,8	2,5
T7	1,0	1,3	2,8
T8	1,8	0,5	2,0
T9	2,0	1,8	2,0
T10	3,0	1,5	4,5
T11	1,8	2,5	1,5
T12	1,5	2,3	3,0

Anexo 9. ADEVA, flores abiertas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Rep	3,19	2	1,59	3,52	0,047
A	1,46	2	0,73	1,62	0,2212
B	0,64	1	0,64	1,42	0,2467
C	0,64	1	0,64	1,42	0,2467
A*B	0,37	2	0,19	0,41	0,6678
A*C	1,01	2	0,51	1,12	0,3444
B*C	0,32	1	0,32	0,71	0,4083
A*B*C	0,16	2	0,08	0,17	0,8415
Coeficiente de variación (%)		28,79			

Anexo 10. Número de Hojas

TRAT	REP I	REP II	REP III
T1	10,3	11,5	14,3
T2	11,8	13,5	11,5
T3	7,8	12,0	13,3
T4	11,5	12,8	11,0
T5	11,8	12,3	12,8
T6	12,3	11,0	9,0
T7	11,5	9,8	12,0
T8	11,8	7,3	11,5
T9	11,0	11,0	11,5
T10	14,0	11,3	13,8
T11	12,0	12,0	11,3
T12	12,5	12,8	12,0

Anexo 11. ADEVA, número de hojas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Rep	2,18	2	1,09	0,45	0,6449
A	6,36	2	3,18	1,31	0,291
B	2,67	1	2,67	1,1	0,3064
C	0,28	1	0,28	0,12	0,7356
A*B	1,36	2	0,68	0,28	0,7587
A*C	9,67	2	4,84	1,99	0,1609
B*C	1,10E-03	1	1,10E-03	4,60E-04	0,9831
A*B*C	1,57	2	0,78	0,32	0,728
Coeficiente de variación (%)		13,38			

Anexo 12. Clorofila

Trat.	16 MESES			17 MESES			18 MESES			19 MESES			20 MESES			21MESES		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
T1	151	149	143	155	161	135	175	186	138	169	176	147	161	171	127	146	152	127
T2	227	139	144	192	142	141	176	157	152	210	155	154	162	144	140	183	134	134
T3	179	173	190	169	155	176	175	152	178	185	170	192	161	140	163	160	147	167
T4	172	144	108	167	165	153	173	201	211	181	181	167	159	185	194	157	156	145
T5	222	126	172	200	148	180	198	183	204	219	162	197	182	168	188	190	140	171
T6	175	193	153	161	159	142	162	147	143	176	177	155	149	136	132	153	153	134
T7	165	189	170	153	159	183	155	138	212	167	172	200	143	127	195	145	149	173
T8	185	151	229	175	155	174	181	167	204	191	167	215	167	154	188	166	145	187
T9	177	164	235	160	160	205	157	171	267	175	175	249	145	157	245	152	152	217

Anexo 13. Área foliar

Tratamientos	RI	RII	RIII
T1	811,22	749,37	987,30
T2	742,40	1188,20	840,04
T3	588,25	1112,89	1137,91
T4	931,49	1062,16	857,34
T5	858,10	776,96	741,29
T6	1714,15	873,62	692,02
T7	978,63	701,98	1054,65
T8	1234,50	2900,58	1019,29
T9	806,91	612,92	652,99
T10	1183,11	965,62	1002,18
T11	878,15	522,58	681,46
T12	979,79	619,73	677,63

Anexo 14. Datos tomados en el ensayo**Medición de la clorofila****Medidor de clorofila****Aplicación de fertilizantes foliar****Área foliar**