



# CAPÍTULO 4

## UN MODELO PARA EL MANEJO DE LA NUTRICIÓN EN EL CULTIVO DE LA GRANADILLA (*Passiflora ligularis* Juss)

*Diego Miranda Lasprilla*<sup>1\*</sup>,  
*Natalia Moreno Buitrago*<sup>2</sup>, *Carlos Carranza Gutiérrez*<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Diego Miranda Lasprilla, [dmirandal@unal.edu.co](mailto:dmirandal@unal.edu.co), Departamento de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Ingeniero Agrónomo. Ph.D.

<sup>2</sup> Natalia Moreno Buitrago, [natyreno90@gmail.com](mailto:natyreno90@gmail.com), Universidad Nacional de Colombia. Bióloga.

<sup>3</sup> Carlos Carranza Gutiérrez, [cecarranzag@unal.edu.co](mailto:cecarranzag@unal.edu.co), Universidad Nacional de Colombia. Ingeniero Agrónomo. Estudiante de maestría en Ciencias Agrarias.

\* Autor para correspondencia.



## INTRODUCCIÓN

El departamento del Huila es el principal productor de granadilla en el país con un área cosechada de 2.199 hectáreas y una producción de 21.536 toneladas, que representan el 54,10% de producción del área nacional, según el Informe Regional de Octubre del 2014 del Ministerio de Agricultura y desarrollo Rural. Los principales municipios productores son La Argentina y Palestina que representan cerca del 50% del área plantada (Secretaría técnica nacional de la cadena de Pasifloras, 2014).

El buen establecimiento de un cultivo de granadilla depende en su totalidad de la calidad del sitio de plantación y del material genético empleado. La calidad del sitio resulta de la combinación de factores climáticos y edáficos, que definen finalmente las zonas de aptitud para el cultivo. Factores climáticos como la temperatura del aire y del suelo, la intensidad lumínica, el fotoperiodo, la precipitación, la humedad relativa, el rocío y el granizo, la sequía, los vientos y las concentraciones de gases en la atmósfera condicionan el comportamiento fisiológico del cultivo (Fischer *et al.*, 2009). Los factores edáficos relacionados con las propiedades físicas (pendiente, profundidad efectiva, perfil del suelo, textura, estructura y drenaje natural), químicas (pH, balance iónico en el suelo), biológicas (microbiota, bioquímica del suelo) y fertilidad de suelos tienen también gran influencia. La combinación de estos factores define las categorías de aptitud para el cultivo en zonas aptas, medianamente aptas, marginales y no aptas (Miranda, 2012).

La adaptación del cultivo de granadilla en una región determinada o su aclimatación a otras regiones depende de la información genética propia del material (cultivo, cultivar, híbrido o variedad) y de sus modificaciones o cambios fisiológicos que permiten su crecimiento y desarrollo en esos ambientes. El desconocimiento de alguno de

los factores mencionados hace que se presenten alteraciones en los procesos de crecimiento y desarrollo del cultivo, lo que se manifiesta en una baja expresión del potencial de rendimiento del cultivo y en su productividad (Miranda, 2012).

La nutrición del cultivo estará pues condicionada por los requerimientos propios de la especie y estos a su vez por los factores climáticos y edáficos mencionados. Se entiende como requerimiento nutricional la cantidad de nutrientes que necesita una planta para poder crecer, desarrollarse y generar un rendimiento biológico y económico durante su ciclo de vida. Las cantidades requeridas de nutrientes dependen del tipo de cultivo y se relacionan con la variedad, el patrón, la edad y el estado fenológico (Miranda, 2012; FAO, 2009).

La absorción de nutrientes por la planta hace referencia a la forma en que los nutrientes son tomados por las raíces de la planta desde la solución del suelo o desde una solución nutritiva, durante un periodo determinado del cultivo, y que son utilizados en los procesos de crecimiento y desarrollo (FAO, 2009). Existen dos formas de absorción de estos nutrientes, denominados: a) Flujo de masas: que consiste en el movimiento del elemento de una fase acuosa (solución del suelo) de una región más húmeda, distante de la raíz, hacia otra más seca (próxima a la superficie del sistema radical). Los nutrientes se mueven con el agua (por la transpiración), tal es el caso del  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , Boro como  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  y Mo como ión molibdato  $\text{MoO}_4^{4-}$  (Domínguez, 1997; Malavolta, 2006).

b) Difusión: El elemento se transporta a distancias cortas, en una fase acuosa estacionaria, yendo de una zona de mayor concentración a una de menor concentración en la superficie de la raíz, a través de gradientes de concentración en la solución del suelo, v.g  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  (Domínguez, 1997; Malavolta, 2006).

Los nutrientes que son tomados por la planta pueden provenir de diferentes fuentes, como por ejemplo de las reservas naturales del suelo, y su disponibilidad depende del origen y de la composición del suelo (Malavolta *et al.*, 1989). Pueden provenir también del agua de riego, de los fertilizantes minerales (bien sea, de fuentes simples, compuestas o

de sustancias que se encuentran como complejos), lo mismo que desde la materia orgánica del suelo (Malavolta, 2006). También provienen de la descomposición de residuos vegetales y animales presentes en el suelo, desde residuos de cosechas que son incorporados y descompuestos, o de organismos fijadores de nutrientes (fijación biológica) y de la lluvia (FAO, 2009).

De otra parte, la extracción de nutrientes hace referencia a la cantidad de nutrientes que la planta es capaz de extraer del suelo o de una solución nutritiva o desde un sustrato natural y que lo exporta durante el periodo vegetativo considerado (ciclo de cultivo para una especie anual; por cosecha para cultivos semipermanentes y permanentes).

Se busca en este capítulo discutir sobre algunos parámetros importantes al momento de definir cómo hacer el manejo nutricional de la granadilla.

## DESCRIPCIÓN DE ALGUNOS FACTORES CLIMÁTICOS Y EDÁFICOS PARA EL CULTIVO

### Climáticos

**Luminosidad:** influye sobre el desarrollo de la granadilla, principalmente por la superficie del dosel expuesta; interviniendo en procesos como la diferenciación de primordios florales, la floración y la coloración del fruto, por la formación de azúcares y síntesis de pigmentos (Rivera *et al.*, 2002; Fischer *et al.*, 2009).

**Altitud:** Alturas menores de 1.500 msnm causan poca viabilidad del polen. A alturas inferiores a 1.700 msnm, es mayor la incidencia de los insectos plaga y el tamaño de los frutos disminuye, obteniéndose un porcentaje superior al 50% de frutas de segunda calidad, lo que reduce significativamente la rentabilidad del cultivo. En las plantaciones establecidas a alturas superiores a los 2.500 msnm, si bien se presentan frutos más grandes y el ciclo de producción es más largo, existe una mayor incidencia de enfermedades. A esta altitud también se disminuye la población de insectos polinizadores naturales (Rivera *et al.*, 2002; Miranda, 2012).

**Temperatura:** En los cultivos de granadilla, las temperaturas mayores a 20°C de una parte ocasionan un mayor estrés hídrico, aumentando considerablemente las necesidades de agua y de fertilizante; y de otra, acortan la duración del ciclo de vida del cultivo. Se reporta que la aparición y severidad de la enfermedad denominada secadera, es mucho más grave en franjas altimétricas inferiores a los 1.600 msnm y temperaturas promedio superiores a 20°C. Temperaturas inferiores a los 18°C ofrecen condiciones para una mayor durabilidad de la planta, pero con crecimiento lento y baja producción. Temperaturas menores a 10-12°C disminuyen la fecundación e incrementan los abortos florales entre 90 y 95%; además, ocasionan cuarteamiento de los frutos nuevos. Los cambios bruscos de temperatura entre el día y la noche ocasionan cuarteamiento de los frutos ya desarrollados. Zonas con temperaturas muy bajas (con presencia de heladas), vientos fuertes o granizo no son recomendables para el cultivo de la granadilla, pues ocasionan daños en frutos y caída de flores (Rivera *et al.*, 2002; Fischer *et al.*, 2009).

**Precipitación:** La granadilla requiere precipitaciones entre 2200 y 3200 mm distribuidas durante todo el año, con un consumo promedio de 4 mm de agua por planta por día, y una humedad relativa entre 80 y 90% (Castro, 2001; Miranda, 2012). En la granadilla, donde las fases de la floración y fructificación se presentan durante todo el año, la precipitación debe estar bien distribuida en todos los meses. Cuando falta el agua en fases críticas como la brotación de yemas florales, la fecundación, el cuajado y el llenado, los frutos se quedan pequeños o se caen (Rivera *et al.*, 2002; Fischer *et al.*, 2009).

Se recomienda una humedad relativa del 70-80% para favorecer la viabilidad del polen, la receptividad floral y la presencia de agentes polinizadores para que la polinización y la fecundación sean uniformes. Los efectos de una baja humedad relativa (<40%), acompañada de vientos calurosos, se manifiestan en deshidratación de la superficie estigmática, marchitez de flores, muerte de brotes tiernos y disminución de la fotosíntesis por el cierre de estomas (Miranda, 2012).

## Edáficos

Las características físicas del suelo influyen directamente en el desarrollo del cultivo, y entre ellas, se manifiestan como limitantes la pendiente, la profundidad efectiva, la estructura y el drenaje natural.

**Pendiente:** La granadilla puede ser cultivada en suelos planos y también en suelos pendientes (3-7%), pero se recomienda que el cultivo no se encuentre en sitios donde la pendiente sea mayor del 30 %, ya que esto puede dificultar labores propias de este cultivo (por ejemplo la instalación de infraestructura de soporte) (Miranda, 2012).

**Profundidad:** La profundidad efectiva del suelo es aquella capa de terreno en sentido vertical que puede ser ocupada por las raíces de la planta y utilizada eficientemente por las mismas. El sistema radical de la granadilla se desempeña bien en los primeros 30 cm de profundidad, en texturas livianas y drenajes adecuados, esto para que haya un buen anclaje de la planta y así mismo, para que la planta tenga una mejor distribución de sus raíces (Trebejo *et al.*, 2013; Miranda, 2012).

La textura de los suelos para el cultivo de granadilla debe ser liviana, franca, franca-arenosa o franca-arcillosa, ya que en estas, se presenta un mejor crecimiento y desarrollo del sistema radical. Para esta determinación es recomendable que se hagan calicatas en sitios representativos de los terrenos a cultivar, que permitan conocer las características del perfil y prever posibles inconvenientes en el cultivo, tales como encharcamientos, presencia de horizontes endurecidos, horizontes limitados, niveles freáticos altos y presencia de sales, entre otros (Rivera *et al.*, 2002).

**Drenaje:** La granadilla no tolera períodos extensos de encharcamiento o inundación por lo cual se requiere que los suelos donde se implemente el cultivo tengan buen drenaje o se cuente con buenos sistemas de drenaje artificial (Trebejo *et al.*, 2013).

**pH:** Debe estar entre 5,5 a 6,5 esto asegura que haya buena disponibilidad de nutrientes para el desarrollo y producción del cultivo, aunque la especie tolera valores extremos de pH de 4 y 7,5 (Trebejo *et al.*, 2013).

Propiedades como el tipo de arcilla, el contenido de materia orgánica, la retención de humedad y otras características físicas, etc., afectan la

disponibilidad de nutrientes; mientras que el genoma de la planta, la presencia de microorganismos, la temperatura, el agua y el pH del suelo, afectan su absorción (Salas, 2002).

## **FACTORES PARA EL DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL DEL CULTIVO**

El suministro de fertilizantes para el cultivo de granadilla mediante cualquiera de las técnicas, requiere de una actividad preliminar importante que es el diagnóstico de las necesidades por el cultivo. La labor de diagnóstico incluye todos los factores que intervienen en el proceso, esto es: el agua de riego, el suelo o sustrato y la planta, factores estos que interactúan con las condiciones climáticas predominantes en la zona de cultivo (Cadahía, 2000).

### **Diagnóstico de la calidad del agua de riego**

Muchas de las aplicaciones de fertilizantes (disoluciones de fertilizantes en agua, fertirriego, hidroponía, etc) se pierden debido al desconocimiento de los parámetros de calidad de las aguas empleadas, tanto para el riego como para la mezcla de fertilizantes.

Para este análisis, también las técnicas de muestreo son fundamentales dependiendo de la fuente a analizar (agua de reservorio, aljibes, nacimientos, aguas corrientes, entre otras), el recipiente utilizado para coleccionar la muestra, lo mismo que su almacenamiento, el reporte de la muestra y la oportunidad de entrega al laboratorio. De igual manera, son importantes las técnicas analíticas, los parámetros de calidad y la interpretación de los resultados, de acuerdo con el cultivo a regar, fertirrigar o abonar (Cadahía, 2000).

Vomocil y Hart (1990) establecieron algunos parámetros de la calidad del agua de riego que son aun válidos y útiles para la interpretación de los resultados analíticos. Siendo importantes las determinaciones de salinidad, sodicidad, acidez, cationes, aniones y algunos elementos potencialmente tóxicos para el cultivo.

## Calidad del agua de riego para el cultivo de granadilla

De acuerdo con una recopilación de datos sobre análisis de calidad de aguas para lotes cultivados en granadilla de tres diferentes regiones del país (Huila, Cundinamarca y Antioquia) los autores proponen los siguientes parámetros de calidad del agua (Tabla 1).

**Tabla 1.** Parámetros de calidad del agua para riego en granadilla.

PARÁMETRO	RANGO ADECUADO	UNIDADES	MÉTODO DE ANÁLISIS
pH	5,5 -6,5	mg L <sup>-1</sup> como CaCO <sub>3</sub>	Potenciométrico
OH <sup>-</sup>	0,00	mg L <sup>-1</sup>	Titulación con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,02N
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0,00	mg L <sup>-1</sup>	Titulación con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,02N
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	30-50	mg L <sup>-1</sup> (ppm)	Titulación con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,02N
Cl <sup>-</sup> (Cloruros)	50-80	mg L <sup>-1</sup> (ppm)	Titulación con AgNO <sub>3</sub> 0,0141N
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (Sulfatos)	30-40	mg L <sup>-1</sup> (ppm)	Método gravimétrico con Cloruro de Bario
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (Fosfatos)	5-10	mg L <sup>-1</sup> (ppm)	Valoración colorimétrica con Cloruro estanioso
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (Nitratos)	0-1	mg L <sup>-1</sup> (ppm)	Valoración colorimétrica del ácido fenoldisulfónico
Ca <sup>2+</sup>	20-30	mg L <sup>-1</sup> (ppm)	Espectrometría de absorción atómica
K <sup>+</sup>	10-20	mg L <sup>-1</sup> (ppm)	Espectrometría de absorción atómica
Mg <sup>2+</sup>	10-20	mg L <sup>-1</sup> (ppm)	Espectrometría de absorción atómica
Na <sup>+</sup>	<3,0	mg L <sup>-1</sup> (ppm)	Espectrometría de absorción atómica
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (Amonio)	0-1	mg L <sup>-1</sup> (ppm)	Nessler, valoración colorimétrica
Boro	<0,30	mg L <sup>-1</sup> (ppm)	Manitol, titulación potenciométrica
CE (Conductividad eléctrica)	<1,5	dS/m	Conductímetro, medición a 25°C
RAS (Relación de adsorción de Na)	2 – 5	RAS (meq/L).	Relación entre el Na y el Ca+Mg
CSR (Carbonato de sodio residual)	1,0-1,25	CSR (meq/L).	=(HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) + (CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ) - (Ca <sup>2+</sup> ) - (Mg <sup>2+</sup> )
Dureza	<14	Grados franceses	mg/L Ca.2,5 + mg/L Mg.4,12

Fuente: Cálculos realizados por los autores.

Los datos de la tabla constituyen una guía de apoyo para los técnicos quienes podrán utilizar la información para ajustar soluciones de fertirriego o aplicaciones de fertilizantes en agua haciendo los balances iónicos respectivos de acuerdo con la información obtenida de los análisis del agua de sus fincas.

### Diagnóstico de la fertilidad del suelo para granadilla

Esta actividad es realizada en laboratorios especializados pero sus resultados dependen de la técnica de muestreo en campo, de la preparación de la muestra en el laboratorio, de las técnicas analíticas utilizadas, de la presentación del reporte analítico y de la interpretación del análisis por especialistas con conocimiento del cultivo.

El conocimiento de la cantidad total de los nutrientes individuales en los suelos, tiene un valor muy limitado para predecir el suministro de los mismos para el crecimiento vegetal. La disponibilidad de cada nutriente en el suelo, o cantidad efectiva es menor que la total, e incluso está pobremente correlacionada con esta última. En los intentos para caracterizar químicamente los suelos desde el punto de vista del suministro de nutrientes para las plantas, el objetivo es determinar su disponibilidad y no la cantidad total. Para la granadilla en las zonas tradicionales de cultivo en el país (Santa María, La Argentina, entre otras) se colectaron varias muestras de suelo, se determinaron los niveles de nutrientes, y mediante la interpretación y análisis se encontraron los rangos adecuados para el cultivo de la granadilla (Tabla 2).

**Tabla 2.** Niveles adecuados de nutrientes en el suelo para el cultivo de Granadilla.

CARACTERÍSTICA O ELEMENTO	RANGO ADECUADO
pH	5,5 – 6,5
Textura	F, Far, Fa
Conductividad Eléctrica	< 1,5 dS/m
Materia orgánica	2,5 – 5 %
Fósforo	20-30 ppm
Potasio	0,4 – 0,6 meq/100g

CARACTERÍSTICA O ELEMENTO	RANGO ADECUADO
Calcio	4-6 meq/100g
Magnesio	1,5-2,5 meq/100g
Azufre	10-15 ppm
Sodio	0 - 3 cmol/Kg
Hierro	40 - 50 ppm
Cobre	1 – 1,5 ppm
Manganeso	5 -10 ppm
Zinc	3 -5 ppm
Boro	0,2 – 0,4 ppm

**Fuente:** Recomendaciones de los autores. Niveles adecuados de nutrientes para suelos donde se cultive granadilla. F: franca, Far: franco arenosa, Fa: franco arcillosa.

## Diagnóstico visual de la nutrición de la granadilla en campo

El diagnóstico visual tiene su importancia en el campo por ser una técnica muy rápida y poco dispendiosa. Sin embargo, para la identificación de las deficiencias con base en la sintomatología, es necesario que el técnico tenga experiencia razonable de campo, ya que las deficiencias, los síntomas de enfermedades y los disturbios fisiológicos tienden a confundirse (Malavolta, 2006; Malavolta *et al.*, 1997). La función desempeñada por un nutriente determinado, como constituyente de compuestos orgánicos es independiente de la especie, razón por la cual los síntomas de carencia, en líneas generales, se asemejan en las diferentes especies de plantas (Malavolta *et al.*, 1997; Sanzonowicz y Andrade, 2005).

## SÍNTOMAS DE DEFICIENCIAS NUTRICIONALES EN GRANADILLA EN LOTES DE CULTIVO

Como resultado del seguimiento a lotes de cultivo de granadilla en campo, se han encontrado las siguientes deficiencias nutricionales.

## Deficiencias de Nitrógeno

En la figura 1, se muestran síntomas típicos de deficiencias de Nitrógeno en plantas adultas de granadilla. Se observa clorosis generalizada de las hojas maduras y menor tamaño de la lámina foliar.



**Figura 1.** Síntomas de deficiencia de Nitrógeno en plantas de Granadilla. Municipio La Argentina Huila. Fotografía tomada por Katherine Rodríguez-León.

## Deficiencias de Potasio

En la figura 2, se muestran síntomas típicos de deficiencias de K en plantas de granadilla (hojas y fruto) cultivadas en campo. Los síntomas en la hoja se presentan en hojas maduras de la planta y se caracterizan por clorosis marginal de la hoja y posterior necrosis de la nervadura central. En los frutos se observa malformación de forma irregular profunda, con una cicatriz de forma irregular con necrosamiento del tejido que impide su crecimiento en el área afectada.



**Figura 2.** Síntomas de deficiencia de Potasio en plantas de Granadilla. Municipio La Argentina Huila. Fotografías tomadas por Katherine Rodríguez-León.

### **Deficiencias de Fósforo**

En la figura 3, se muestran síntomas típicos de deficiencias de P en plantas de granadilla cultivadas en campo. Se observa caracterizado por una coloración oscura de la hoja con abultamientos en la zona intervenal; posteriormente estas zonas se tornan de un verde intenso y después se tornan moradas. Los bordes de la lámina foliar son ondulados y el tamaño de la lámina es reducido.



**Figura 3.** Síntomas de deficiencia de Fósforo en plantas de Granadilla. Municipio La Argentina, Huila. Fotografía tomada por Katherine Rodríguez-León.

## Deficiencias de Calcio

En la figura 4, se muestran hojas y frutos de granadilla con síntomas típicos de deficiencias de Ca en plantas cultivadas en campo. Se observa deformación de los bordes de la lámina foliar y necrosis de las hojas nuevas que son de menor tamaño. Los zarcillos son más cortos y delgados que en plantas normales. En los frutos se observan cuarteamientos de la corteza poco profundos muy posiblemente debidos a rompimientos de las paredes celulares debido a la deficiencia.



**Figura 4.** Síntomas de deficiencia de Calcio en plantas de Granadilla. Municipio La Argentina, Huila. Fotografías tomadas por Katherine Rodríguez-León.

## Deficiencias de Magnesio

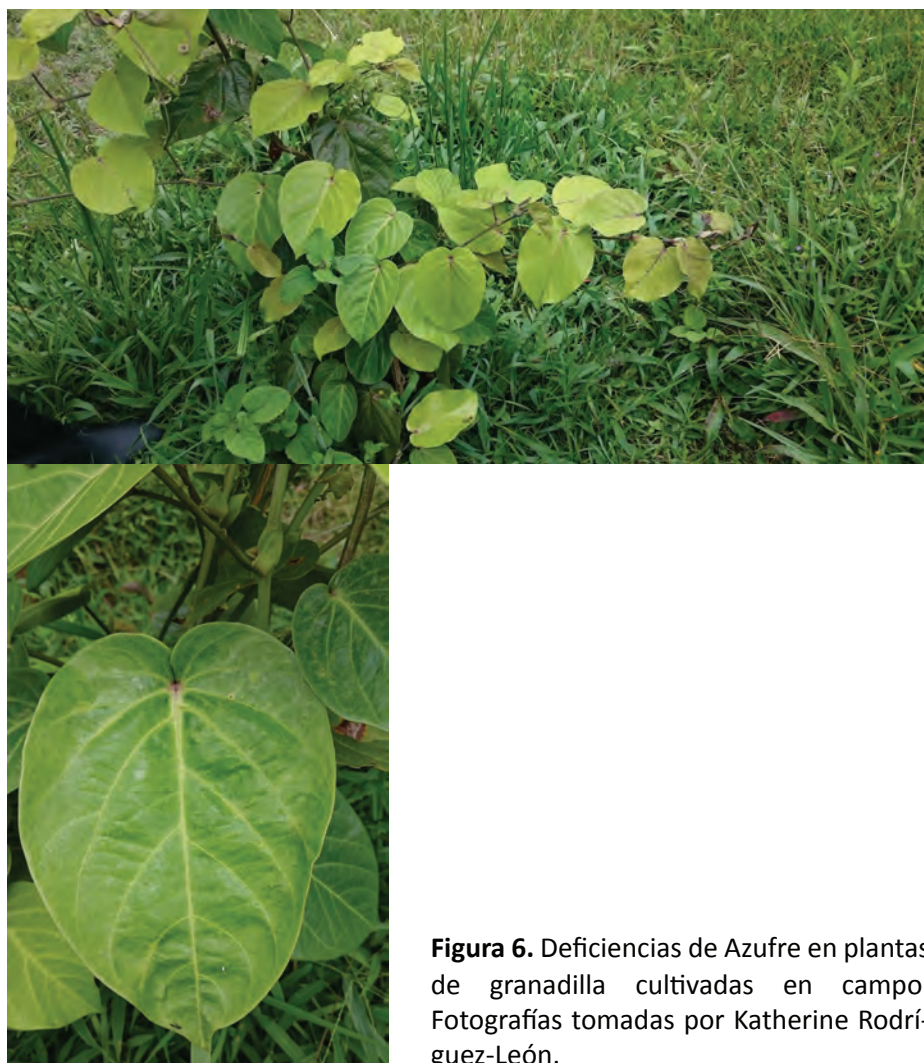
En la figura 5, se muestran síntomas típicos de deficiencias de Mg en plantas de granadilla cultivadas en campo. Se observa clorosis intervenal, con una franja estrecha de tejido verde rodeando las nervaduras ocasionando amarillamiento posterior de la lámina foliar.



**Figura 5.** Síntomas de deficiencia de Magnesio en plantas de Granadilla. Municipio La Argentina, Huila. Fotografías tomadas por Katherine Rodríguez-León.

## Deficiencias de Azufre

En la figura 6 se muestra deficiencia severa de Azufre en plantas cultivadas en campo. Debido a la movilidad intermedia del azufre en la planta se observan síntomas de la deficiencia en hojas nuevas, la coloración de las hojas es amarillo claro y con los bordes de las hojas cerrados.



**Figura 6.** Deficiencias de Azufre en plantas de granadilla cultivadas en campo. Fotografías tomadas por Katherine Rodríguez-León.

## Deficiencias de Boro

En la figura 7 se muestran frutos de granadilla con síntomas típicos de deficiencia de B. Los síntomas iniciales aparecen en las hojas nuevas de la planta que se tornan de aspecto coriáceo y de menor tamaño que una hoja normal, presentando además ondulaciones en los bordes y con un acortamiento de los entrenudos en la zona terminal de la rama. En los frutos se observan abultamientos y engrosamientos en la corteza y menor tamaño de la cavidad seminal.



**Figura 7.** Síntomas de deficiencia de Boro en hojas nuevas y frutos de Granadilla. Municipio La Argentina Huila. Fotografías tomadas por Katherine Rodríguez-León.

## **Deficiencia de Manganeso**

Se manifiesta por clorosis intervenal desde la nervadura central hacia los bordes de la hoja. En estados avanzados de la deficiencia se presenta necrosamiento de las manchas que inicialmente aparecían cloróticas (Figura 8).



**Figura 8.** Síntomas de deficiencia de Manganeso en hojas de Granadilla. Municipio La Argentina, Huila. Fotografías tomadas por Katherine Rodríguez-León.

### **Síntomas de deficiencia de Zinc**

Se observa acortamiento en los entrenudos de las ramas, reducción del crecimiento de la lámina foliar que toma una forma ahusada (Figura 9).



**Figura 9.** Síntomas de deficiencia de Zinc en hojas de granadilla, se observa reducción en la lámina foliar y las hojas toman forma ahusada. Fotografía tomada por Katherine Rodríguez-León.

## CURVAS DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES POR EL CULTIVO DE GRANADILLA

Las necesidades y niveles de absorción de nutrientes por el cultivo de granadilla son parcialmente conocidos, no hay información disponible acerca de las etapas del desarrollo del cultivo y su relación con la nutrición, y la fertilización realizada por los agricultores depende de otros criterios.

Una curva de absorción es la representación gráfica de la extracción de un nutriente y muestra las cantidades de este elemento que son extraídas por la planta durante su ciclo de vida. La extracción de nutrientes depende del genotipo, la edad y su estado fenológico; así como de factores externos relacionados con el ambiente donde se desarrolla la planta como la temperatura, la humedad relativa, el brillo solar, la temperatura del suelo, entre otras (Sancho, 2007). Para la granadilla se estableció un trabajo en condiciones de invernadero plástico con un cultivar proveniente del departamento del Huila, sembrado en macetas de 25 L de capacidad, utilizando arena lavada de río como sustrato, creciendo en una solución nutritiva modificada (Tabla 3). Se suministró solución Hoagland modificada (Hoagland y Arnon, 1950; IPNI, 2009) y a cada planta se le aplicó 100 m L<sup>-1</sup> de la solución 4 veces por semana. El objetivo de este trabajo fue determinar las curvas de absorción de nutrientes en plantas de granadilla, en estado totalmente vegetativo, durante siete meses después del transplante (Moreno *et al.*, 2014).

**Tabla 3.** Solución Hoagland modificada, empleada para determinación de curva de absorción de nutrientes por plantas de granadilla en estado vegetativo.

ELEMENTO	g*L <sup>-1</sup>	ppm
N- NO <sub>3</sub>	40	201
N- NH <sub>4</sub>	5	24
N- Total	45	225
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	24	
P Total	10	52
K <sub>2</sub> O	54	

ELEMENTO	g*L <sup>-1</sup>	ppm
K Total	45	225
CaO	38	
Ca Total	27	134
MgO	16	
Mg Total	9	47
S	7	35
Fe	0,64	3,2
Mn	0,28	1,4
Cu	0,03	0,15
Zn	0,16	0,8
B	0,11	0,53
Mo	0,01	0,07

Fuente: Moreno *et al.* (2014).

## Análisis nutricional de las plantas de granadilla

Las muestras secas y molidas se enviaron al laboratorio de Aguas y Suelos de la Universidad Nacional de Colombia, para la determinación del contenido de los siguientes nutrientes: N, P, K, Ca, S, Mg, Fe, B, Mn, Zn y Cu.

Mensualmente, se determinó la cantidad absorbida de cada nutriente por el cultivo. Los resultados del análisis para el total de muestreos se modelaron mediante el programa estadístico Statistix 10 (Analytical Software), obteniendo modelos de ecuación  $y = ax^3 \pm bx^2 \pm cx \pm d$ , donde: y es la variable modelada, x representa el tiempo (medido en días después de trasplante – ddt), y a, b, c y d son los parámetros del modelo obtenidos en el análisis. Posteriormente, se elaboró la curva de absorción para cada nutriente durante el estado vegetativo de las plantas.

## Comportamiento de la absorción de nutrientes mayores en granadilla

Se determinaron los modelos estadísticos para: N, P, K, Ca, S y Mg. Los mejores modelos se seleccionaron por un coeficiente de determina-

ción  $R^2 > 0,7$  (Tabla 4 y Figura 10). En la tabla 4 se presentan los modelos obtenidos para los macronutrientes determinados en plantas de granadilla cultivadas en matera, con sustrato arena y bajo condiciones de invernadero plástico. Con excepción del Ca los ajustes de los modelos fueron superiores al 80%. Para el N el modelo fue un polinomio de cuarto orden; para el P se obtuvo un modelo cuadrático, lo mismo para el S. Para los nutrientes Ca, Mg y K se obtuvo polinomio de quinto orden (Tabla 4).

**Tabla 4.** Modelos para la absorción de macronutrientes por plantas de granadilla bajo condiciones de invernadero plástico (2013-2014).

NUTRIENTE	MODELO	R <sup>2</sup>
N	$y = -4E-08x^4 + 2E-05x^3 - 0,002x^2 + 0,0734x + 2,9475$	0,8956
P	$y = 3E-05x^2 - 0,0076x + 0,8183$	0,9048
K	$y = 2E-10x^5 - 1E-07x^4 + 3E-05x^3 - 0,0022x^2 + 0,0507x + 3,3212$	0,8167
Ca	$y = -5E-10x^5 + 2E-07x^4 - 3E-05x^3 + 0,0021x^2 - 0,0336x + 0,5732$	0,716
S	$y = 2E-06x^2 - 0,0006x + 0,0565$	0,9668
Mg	$y = -4E-11x^5 + 2E-08x^4 - 2E-06x^3 + 0,0001x^2 - 0,0019x + 0,2164$	0,9554

Fuente: Moreno *et al.* (2014).

En la figura 10 se muestran las curvas de comportamiento de cada macronutriente durante el tiempo de evaluación. Con respecto al análisis foliar, los niveles de nutrientes pueden variar dependiendo de la edad de la hoja de la muestra; sin embargo, el cambio en los contenidos de nutrientes depende del nutriente y de la especie en estudio (Maschner *et al.*, 1986). El macronutriente más absorbido por las plantas de granadilla durante el estado vegetativo fue el K, seguido en orden decreciente por los nutrientes N, Ca, P, Mg y S.

El porcentaje de nitrógeno en el tejido foliar (Figura 10a), superó el 2,5% durante todo el período de evaluación, con un máximo de 3,7% a los 30 días después del trasplante (ddt). Este rango de absorción es similar al obtenido en maracuyá amarillo (*P. edulis* f. *flavicarpa*) que mostró porcentajes entre 3,05 y 4,97% cuando se cultivó en solución nutritiva (Aguirre, 1977). Santos *et al.* (2011), para maracuyá amarillo, reportaron valores entre 4,5 y 5,5 % de N; mientras que Recalde y

López (2008) reportaron variaciones en las concentraciones foliares de N entre 5,6 y 6,4% para maracuyá amarillo de 1 año de edad, y Malavolta *et al.* (1997) reportaron rangos entre 3,1 y 4,9%. Los rangos son similares a los obtenidos por De Sousa *et al.* (2013), quienes evaluaron la composición mineral de tres especies de passifloras cultivadas en un sustrato (mezcla de suelo, arena y estiércol bovino en proporción (3:1:1) en su respuesta a diferentes fuentes nitrogenadas, obteniendo que para plantas de *Passiflora ligularis* el N se presentó en un rango entre 3,21 y 4,1%; mientras que para *P. edulis* flavicarpa (maracuyá amarillo) estuvo entre 4,5 y 5,5%, y para maracuyá dulce *P. alata* estuvo entre 3,1-4,4%. Los valores obtenidos en este trabajo para el tejido foliar de granadilla no difieren de los obtenidos para otras especies de passifloras cultivadas en solución nutritiva o en sustrato.

Desde el primer muestreo el fósforo alcanzó una concentración máxima de 0,8%, que solo desciende hasta el 0,3% a los 120 ddt (Figura 10b), estos valores son muy superiores al porcentaje reportado como adecuado que es de 0,2%. Para maracuyá morado, *P. edulis* f. *purpurea*, se obtuvo un rango de concentración entre 0,17 y 0,35% en plantas cultivadas en solución nutritiva, y para maracuyá amarillo se obtuvo un rango entre 0,17-0,39% (Aguirre, 1977). Otros autores como Blondeau y Bertini (1978) encontraron valores para maracuyá amarillo de 0,07% en plantas evaluadas con la técnica del elemento faltante; Malavolta *et al.* (1997) en maracuyá amarillo encontraron rangos entre 0,43 y 0,47 % y de 0,45-0,47% para maracuyá morado; Carvalho *et al.* (2002) determinaron valores para maracuyá amarillo entre 0,23 y 0,38%; Freitas (2006) encontró valores promedio de 0,30% en plantas de maracuyá dulce *P. alata* de 60 días de edad y 0,25% en plantas de 90 días de edad cultivadas en solución nutritiva; finalmente, De Souza *et al.* (2013) en *P. ligularis* cultivada en una mezcla de sustratos encontraron un rango de concentración foliar de fósforo entre 0,22 y 0,23% comparados con 0,23% para *P. alata* y 0,26% para *P. edulis*.

El potasio se encontró en concentraciones que variaron entre 2,5 y 4,1%, obtenidos a los 90 y 180 ddt, respectivamente (Figura 10c). Durante todo el ciclo de evaluación presentó altas concentraciones. Este rango de valores de K se ha determinado en otras especies de

passifloras encontrando concentraciones foliares de (2,0-3,3% de K) en tejido foliar de maracuyá amarillo, y de 2,0 a 3,4% en hojas de maracuyá morado (Moraes *et al.*, 2011). Para otras especies de passifloras, Freitas (2006) encontró una concentración foliar promedio de K de 2,92% y 2,8% en plantas de maracuyá dulce *P. alata* de 60 y 90 días de edad. De Souza *et al.* (2013) comparando la respuesta de *P. edulis* flavicarpa, *P. alata* y *P. ligularis* cultivadas en sustrato determinaron concentraciones foliares de 3,28, 22,32 y 2,57% de K para las especies evaluadas, respectivamente.

Para el calcio se obtuvo un porcentaje máximo de 1,21% obtenido a los 60 ddt; mientras que el porcentaje adecuado para cultivos en general es de solo el 0,5% (Maschner, 1995), valor que se acerca solo en el primer muestreo (Figura 10d). Aguirre (1977) determinó concentraciones de 1,49% y 1,22% de Ca en hojas de ramas maduras y en hojas de ramas nuevas, respectivamente. Blondeau y Bertini (1978) en maracuyá amarillo mediante la técnica del elemento faltante determinaron concentraciones de Ca foliar de 1,39%. Freitas (2006) en plantas de *P. alata* de 90 días encontró concentraciones de 0,79%; mientras que De Souza *et al.* (2013) encontraron rangos de concentraciones de 1,13 y 2,1% en *P. edulis*, 0,91-1,11% en *P. alata* y 0,9-1,24% de Ca en *P. ligularis*.

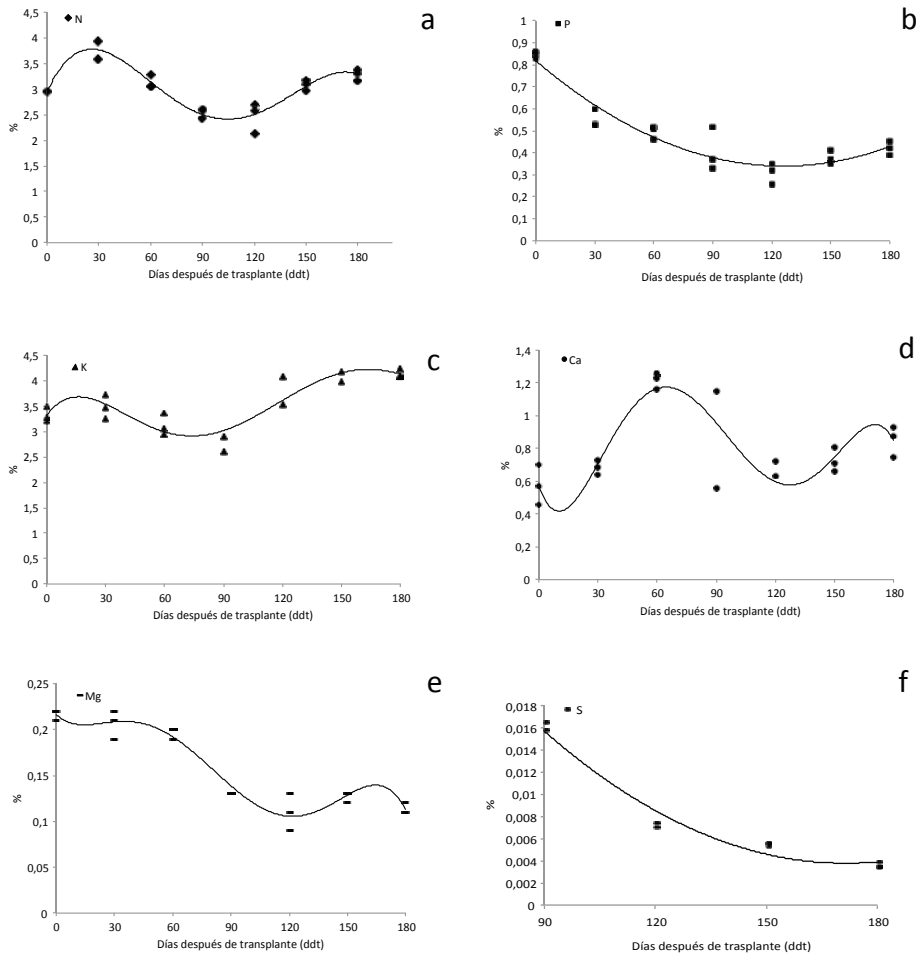
Solo el Mg se encuentra cercano a la concentración adecuada reportada para tejidos vegetales (0,2%) (Maschner, 1995), con un porcentaje máximo de 0,21 y un mínimo de 0,11 alcanzado a los 120 ddt (Figura 10e); porcentajes similares a los reportados por Aguirre (1977) para maracuyá amarillo (0,12 y 0,26%) y para maracuyá morado (0,16 y 0,27%). Malavolta *et al.*, (1997) obtuvieron concentraciones iguales de Mg en tejido foliar de maracuyá amarillo y morado con un rango entre 0,43 y 0,46%. Freitas (2006) para *P. alata*, reportó valores de concentración foliar de Mg de 0,30% y 0,32% para plantas de 60 y 90 días de edad, respectivamente, creciendo en soluciones nutritivas. Recalde y López (2008) para plantas de maracuyá amarillo de un año de edad reportaron concentraciones foliares de Mg en un rango entre 0,37 y 0,39%. De Souza *et al.* (2013), para *P. ligularis* cultivada en sustrato reportaron concentraciones de Mg foliar con valores entre 0,52 y 0,80%.

A pesar de que solo existen datos de la concentración del azufre en las plantas a partir de los 60 ddt, se observó que los valores siempre fueron superiores a los 1000 mg/kg (1000 ppm) que equivalen al 0,1% de S que se reportaron como adecuados, el valor máximo es de 2284 (0,22%) a los 60 ddt y el mínimo de 1934 (0,19%) a los 180 ddt (Figura 10f), valores cercanos a los reportados para maracuyá morado que variaron entre 0,17 y 0,47% y para maracuyá amarillo entre 0,36 y 0,45% (Malavolta *et al.*, 1997; Aguirre, 1977). Freitas en 2006, reportó concentraciones de 0,49% para maracuyá dulce *P. alata* y Recalde y López (2008) concentraciones de S entre 0,10 y 0,43% para maracuyá amarillo de un año de edad. De Souza *et al.* (2013), para *P. ligularis* encontraron concentraciones de S foliar de 0,32% comparado con 0,53% para *P. alata* y 0,49% para *P. edulis*.

El potasio está relacionado con procesos de activación enzimática, osmorregulación, mantenimiento de la presión de turgor, regulación estomática, entre otros (Dibb y Thompson, 1985). La presencia de niveles adecuados de K son esenciales para el uso eficiente del nitrógeno, ya que se ha reportado que el potasio puede estar involucrado en la toma de  $\text{NO}_3^-$ , que es la forma de N más predominante en el suelo (Blevins, 1985).

En las figuras 10a y 10c se puede observar que el nitrógeno y el potasio presentaron tendencias de comportamiento similares, ya que el K puede actuar como co-transportador del  $\text{NO}_3^-$  a través del xilema y participa en la translocación de fotoasimilados (Fageria, 2001). Los resultados obtenidos concuerdan con los obtenidos por Palomino y Restrepo (1991) con un porcentaje de K de 2,9% en el tejido foliar.

En las figuras 10b, 10c, 10d y 10e se ilustra cómo al reducir el porcentaje de K en la planta, entre los 30 y 120 ddt, se incrementa la toma de Mg y Ca y de forma menos evidente de P, esto sucede por el efecto antagonista del K en la absorción de P, Ca y Mg. El incremento en la absorción de Ca y P cuando se reducen las concentraciones de K se debe a que la alta movilidad de este nutriente impide la absorción de otros iones; mientras que la relación con los niveles de Mg es el resultado de la competencia por la unión a compuestos metabólicos (Fageria, 2001).



**Figura 10.** Comportamiento de la absorción de nutrientes mayores (N, P, K, Ca, Mg, S) por las plantas de granadilla *P. ligularis* en condiciones de invernadero.

El nitrógeno es fundamental en el metabolismo vegetal, cuando se incrementan los niveles de N, se intensifica el crecimiento y consecuentemente se incrementa la demanda de otros nutrientes (Wilkinson *et al.*, 1999). Uno de los nutrientes relacionados con la asimilación de nitrógeno es el azufre (S); la aplicación de nitrógeno tiene fuerte influencia reguladora sobre la asimilación de S, aproximadamente el 80% del N y el S incorporados en compuestos orgánicos de la plantas lo hacen en las proteínas cuando ambos elementos se encuentran en proporciones adecuadas (Rendig *et al.*, 1976; Reuveny *et al.*, 1980).

Estudios realizados reportan que para la síntesis de proteína algunos cultivos requieren una parte de azufre por cada 15 partes de nitrógeno por peso seco. Cuando el azufre se encuentra deficiente, la relación N-Total a S- Total excede la relación de 15 a 1, la síntesis de proteína disminuye, y se produce acumulación de N no proteico (Hinojosa, 1973). Desafortunadamente no se pudo comparar totalmente las dinámicas de absorción de nitrógeno y azufre en la presente investigación, pero se pudo observar que entre los 90 y los 180 días muestran tendencias de comportamiento diferenciales (Figuras 10a y 10f).

De acuerdo con los análisis realizados los autores proponen lo rangos de nutrientes absorbidos por la granadilla en los primeros 6 meses de cultivo (correspondiente al estado totalmente vegetativo (Tabla 5).

**Tabla 5.** Rangos adecuados de nutrientes absorbidos por la granadilla en estado de crecimiento vegetativo.

NUTRIENTE	RANGO DE ABSORCIÓN ADECUADO
N	2,0-5,0 %
P	0,3-0,8 %
K	2,0-5,0 %
Ca	1,0-5,0 %
Mg	0,15-0,35 %
S	0,1-0,5 %

Fuente: Creación propia de los autores.

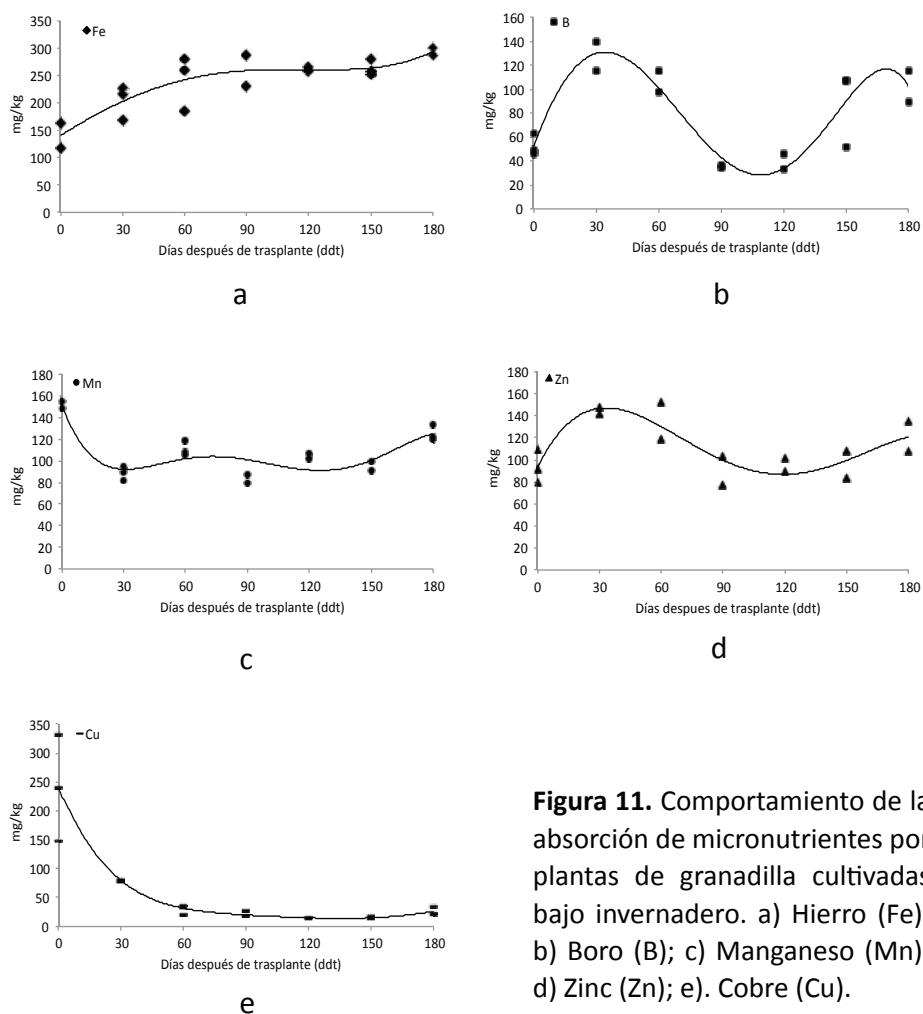
**Comportamiento de la absorción de elementos menores en granadilla**

Se determinaron los modelos estadísticos para los micronutrientes Fe, B, Mn, Zn y Cu. Los mejores modelos se seleccionaron por un coeficiente de determinación ( $R^2 > 0,7$ ) (Tabla 6 y Figura 11). En la tabla 6 se presentan los modelos obtenidos para los micronutrientes determinados en plantas de granadilla cultivadas en matera, con sustrato arena y bajo condiciones de invernadero plástico. Los ajustes de los modelos fueron superiores al 70%. Para el Fe y el Zn se obtuvieron modelos polinómicos de cuarto orden, para el B, Mn y Cu se obtuvo un modelo representado por un polinomio de quinto orden (Tabla 6 y Figura 11).

**Tabla 6.** Modelos para la absorción de nutrientes menores por plantas de granadilla cultivadas en condiciones de invernadero 2013-2014.

NUTRIENTE	MODELO	R <sup>2</sup>
Fe	$y = 4E-07x^4 - 8E-05x^3 - 0,0079x^2 + 2,3649x + 141,18$	0,7595
B	$y = -2E-08x^5 + 7E-06x^4 - 0,0002x^3 - 0,0716x^2 + 4,7572x + 52,652$	0,8308
Mn	$y = -2E-08x^5 + 1E-05x^4 - 0,0018x^3 + 0,149x^2 - 5,0114x + 150,63$	0,7871
Zn	$y = -1E-06x^4 + 0,0006x^3 - 0,0818x^2 + 3,7367x + 94,064$	0,7
Cu	$y = -7E-09x^5 + 5E-06x^4 - 0,0012x^3 + 0,1411x^2 - 8,6825x + 239,75$	0,8735

Fuente: Moreno *et al.* (2014).



**Figura 11.** Comportamiento de la absorción de micronutrientes por plantas de granadilla cultivadas bajo invernadero. a) Hierro (Fe); b) Boro (B); c) Manganeseo (Mn); d) Zinc (Zn); e). Cobre (Cu).

Las tendencias de absorción de cada micronutriente evaluadas durante el estado vegetativo (7 meses del ciclo de crecimiento) se presentan en la figura 11. El micronutriente más absorbido por las plantas de granadilla fue el Fe, seguido en orden decreciente por B, Zn, Mg y Cu. La absorción de estos nutrientes es altamente dependiente del pH de la solución nutritiva.

A pesar de que las interacciones entre algunos de los macro y micronutrientes evaluados se comportaron de acuerdo con lo reportado por la literatura, se observó que todos los micronutrientes evaluados se encuentran en exceso respecto a las concentraciones adecuadas reportadas por Maschner (1995). En tejido vegetal se ha reportado que la concentración de Fe debe ser de 100 mg/kg (100 ppm) (Maschner, 1995); sin embargo, para granadilla la concentración inicial superó la concentración de 150 ppm, valor inicial muy seguramente relacionado con el Fe existente en las semillas, y en el último muestreo alcanzó los 294 mg/kg (294 ppm) (Figura 11a). Blondeau y Bertini (1978) reportaron para *P. edulis* f. *flavicarpa* valores de 647 y 595 ppm de Fe para hojas provenientes de ramas maduras y de ramas nuevas, respectivamente. En maracuyá amarillo y morado los valores reportados en la literatura fueron 151 y 164 ppm de Fe en tejido foliar, respectivamente (Malavolta *et al.* 1989), siendo en estas especies el micronutriente de mayor absorción. Es sabido de la importancia que tiene este micronutriente pues forma parte de numerosos sistemas enzimáticos (Marchner *et al.*, 1986; Mengel y Kirkby, 2001).

El boro tuvo una concentración de 127 mg/kg (127 ppm) a los 30 días después de transplante (ddt) (Figura 11b), a pesar de que la concentración adecuada reportada para otras especies de passifloras (maracuyá amarillo y morado fueron de 43 y 40 ppm, respectivamente) (Aguirre, 1977). Mientras que Blondeau y Bertini (1978) determinaron concentraciones de 124 y 112 ppm de B para maracuyá amarillo, y Freitas (2006) reportó valores de concentración de B de 43,4 ppm para *P. alata* de 60 días de edad y de 52 ppm para plantas de 90 días de edad.

El manganeso triplicó la concentración adecuada de 50 mg/kg en el muestreo inicial con 151,5 mg/kg (151 ppm), y a los 180 ddt alcanzó los 188 mg/kg (188 ppm) (Figura 11c), estos valores se consideran bajos

en comparación con los reportados para maracuyá amarillo y morado que oscilaron entre 215 y 667 ppm, respectivamente (Malavolta *et al.*, 1989).

El zinc también se encontró en exceso respecto a lo reportado en la literatura (Maschner, 1995), pues al finalizar los muestreos la concentración fue de 121 mg/kg (121 ppm) (Figura 11d); mientras que el rango determinado para otras passifloras presentó variaciones entre 55 y 57 ppm para maracuyá amarillo y para el morado, respectivamente (Blondeau y Bertini, 1978).

Finalmente, el Cu cuya concentración reportada como adecuada es solo de 6 mg/kg, presentó una concentración inicial excesiva de 240 ppm (Figura 11e) y después de los 30 días se mantuvo en un rango entre 10 y 20 mg/kg (ppm), un poco superiores a los determinados para el maracuyá amarillo (15 ppm) y para el maracuyá morado 8 ppm (Blondeau y Bertini, 1978).

Al comparar las figuras 11a y 11d se observó que el hierro y el Zn se comportaron de forma similar, aunque el zinc decrece mucho más que el hierro entre los 90 y 150 días. En la figura 11e el Cu tiende a descender durante todo el período de evaluación. Ali *et al.* (1998) reportaron que la aplicación de hierro incrementa la concentración de N, P, K, Zn, Cu y Mg; sin embargo, tiene un efecto antagonista en la concentración de Ca y Mn.

En las figuras 11a y 11c se identifica el efecto antagonista entre el hierro y el manganeso, los valores iniciales de Mn decrecen rápidamente desde los 30 días y se mantienen bajos en relación con el contenido de hierro que crece de forma casi constante hasta los 180 días.

Singaram y Prabha (1997) han reportado que existe una interacción directa entre el Ca y el B, este último elemento actúa como co-adyuvante en la translocación del calcio absorbido, relación que se puede observar en las tendencias de las figuras 11b y 10d.

De acuerdo con los análisis realizados se proponen los siguientes rangos de micronutrientes que pueden ser absorbidos por la granadilla en los primeros 7 meses de cultivo (correspondiente al estado totalmente vegetativo), en cultivos bajo cubierta y en sustrato (Tabla 7).

**Tabla 7.** Rangos adecuados de micro-nutrientes absorbidos por la granadilla en estado de crecimiento vegetativo.

NUTRIENTE	RANGO DE ABSORCIÓN ADECUADO
Fe	150 - 300 ppm
B	20 – 100 ppm
Mn	50 - 150 ppm
Zn	20 - 200 ppm
Cu	30 - 100 ppm

Fuente: Creación propia de los autores.

Se determinó que para el manejo de la nutrición en el cultivo de granadilla se requiere realizar análisis de la calidad del agua de riego disponible en las fincas, el diagnóstico de la fertilidad del suelo del cultivo, el diagnóstico visual de las deficiencias nutricionales y la absorción de nutrientes por el cultivo en sus diferentes estados fenológicos. Se incluyó un set de fotografías sobre las deficiencias nutricionales más frecuentes del cultivo establecido en condiciones de campo. Se determinaron los rangos de absorción de nutrientes (macro y micronutrientes) para plantas cultivadas en maceta, con sustrato inerte (arena) y bajo condiciones de cubierta plástica. Se establecieron los rangos de absorción para los elementos mayores y menores para el cultivo de granadilla en su estado totalmente vegetativo.

## REFERENCIAS

AGUIRRE, A.C.P. (1977). *Nutricao mineral do maracuja amarelo (Passiflora edulis F. flavicarpa. Deg)*. Tesis de maestría. E. S. A. Luiz de Queiros. Universidade Sao Paulo. Piracicaba. p. 106.

ALI, G.; IQBAL, M.; SRISVASTAVA, P.S. (1998). Interactive effect of Cd and Zn on the morphogenic potential of *Bacopa monniera* (L.) Wettst. *Plant Tissue Culture and Biotechnology*. 4: pp. 159-164.

BLEVINS, D.G. (1985). Role of Potassium in Protein Metabolism in Plants. En *Potassium in Agriculture*; Munson, R:D., Ed,; American Society of Agronomy: Madison, WI; pp. 131-162.

BLONDEAU, J.P.; BERTINI, Y. (1978). Carencias minérales chez la grenadille (*Passiflora edulis* Sims. var. *flavicarpa*). Carencias totales en N, P, K, Ca y Mg. París. *Croissance et symptomes. Fruits*. 33 (6): pp. 433-443.

CADAHÍA, C. (2000). *Fertirrigación Cultivos hortícolas y Ornamentales*. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. Segunda edición. p. 475.

CARVALHO, A.J.C.; MONNERAT, P.H.; MARTINS, D.P.; BERNARDO, S.; SILVA, J.A. (2002). Teores foliares de nutrientes no maracujazeiro amarelo em função da adubação nitrogenada, irrigação e épocas de amostragem. *Scientia Agricola*. 59: pp. 121-127.

CASTRO, L. (2001). *Guía básica para el establecimiento y mantenimiento del cultivo de la granadilla*. Asociación Hortofrutícola de Colombia (Asohofrucol), Bogotá. p. 120.

DE SOUZA, L.B.; HEITOR, L.C.; DOS SANTOS, P.C.; ALTOE, F.J.A.; MENDONCA DE FREITAS, M.S.; FREITAS, S.; CORDEIRO DE CARVALHO, A.J. (2013). Crescimento, composicao mineral e fnois totais de espécies de *Passiflora* em funcao de fonts nitrogenadas. *Bragantia*. 72 (3): pp. 247-254.

DIBB, D.W.; THOMPSON, W.R. JR. (1985). Interactions of potassium with other Nutrients. En *Potassium in Agriculture*; Munson, R.D., Eds; ASA-CSSA-SSSA: Madison, WI; pp. 515-533.

DOMÍNGUEZ, V.A. (1997). *Tratado de Fertilización*. 3ra. Edición. Mundi Prensa. Madrid. p. 613.

FAGERIA, V. (2001). Nutrient interactions in crop plants. *Journal of Plant Nutrition*. 24 (8): pp. 1269-1290.

FAO. (2009). *Guía para el manejo eficiente de la nutrición de las plantas. Dirección de fomento de tierras y aguas*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, (1999). p. 20.

FISCHER, G.; CASIERRA-POSADA, F.; PIEDRAHÍTA, W. (2009). Ecofisiología de las especies pasifloráceas cultivadas en Colombia. En: Miranda D, Fischer G, Carranza C, Magnitskiy S, Casierra-Posada F, Piedrahíta W, Flórez LE, editores. (2009). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba*. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas, Bogotá. p. 45-67.

FREITAS MENDONCA, M.S. (2006). *Flavonóides e nutrientes minerais em folhas de maracujazeiro amarelo e deficiência de macronutrientes e boro em maracujazeiro doce*. p. 106.

HINOJOSA, V.E. 1973. *Influencia del nitrógeno y el Azufre en el rendimiento del frijol Phaseolus vulgaris*. Tesis. Magister Scientiae. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. CATIE. Costa Rica.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. 1950. The waterculture method for growing plants without soil. California Agricultural Experiment Station. *Circular 347*. The College of Agriculture, University of California. Berkeley, California. p. 32.

IPNI (International Plant Nutrition Institute). (2009). Latin America Southern Cone. *Archivo Agronómico N° 3: Requerimientos nutricionales de los cultivos*. Disponible de internet: <http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/>

MALAVOLTA, E. (2006). *Manual de nutrición mineral de plantas*. Editora agronómica CERES Ltda. Sao Paulo.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; de OLIVEIRA, S.A. (1997). *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS. p. 319.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; de OLIVEIRA, S.A. (1989). *Avaliação do Estado Nutricional das Plantas. Princípios y Aplicacões*. Potafos, SP. p. (2001).

MASCHNER, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants*. 2 ed. Academic Press. San Diego. p. 889.

MASCHNER, H.; RÖMHELD, V.; KISSEL, M. (1986). Different strategies in higher plants in mobilization and uptake of iron. *Journal of Plant Nutrition*. 9: pp- 695-713.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. (2001). *Principles of plant nutrition*. 5th edn. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. p. 849.

MIRANDA, D. (2012). Granadilla (*Passiflora ligularis* Juss). En *Manual para el cultivo de frutales en el trópico*. Editorial PRODUMEDIOS. pp. 550-578.

MORAES, J.C.B.; SALCEDO, I.H.; SOUSA, V.F. (2011). Doses de potássio por gotejamento no estado nutricional do maracujazeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 15: pp. 763-770.

MORENO, N.; MIRANDA, D.; CARRRANZA, C. (2014). Parámetros de crecimiento y requerimientos nutricionales de Granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) bajo invernadero. En prensa. *Agronomía Colombiana*.

PALOMINO, L.M.; RESTREPO, H.F. (1991). *Síntomas de deficiencias nutricionales en el cultivo de la Granadilla Passiflora ligularis* Juss. Tesis. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. p. 80.

RECALDE, Q.M.; LÓPEZ, X. (2008). *Determinación de curvas de absorción de macroelementos durante el primer año de desarrollo del cultivo del maracuyá Passiflora edulis en Santo Domingo de los Colorados*. Informe técnico Universidad Tecnológica Equinoccial.

RENDIG, V.V.; OPUTA, C.; Mc COMB, E.A. 1976. Effects of sulfur deficiency on non-protein nitrogen, soluble sugars, and N/S ratios in young corn (*Zea mays* L.) plants. *Plant Soil*. 44: pp. 423-437.

REUVENY, Z.; DOUGALL, D.K; TRINITY, P.M. (1980). Regulatory coupling of nitrate and sulfate assimilation pathways in cultured tobacco cells. *Proceeding of the National Academy of Sciences*. USA. 77: 6670-6672.

RIVERA, B.; MIRANDA, D.; ÁVILA, L.A; NIETO, A.M. (2002). *Manejo integral del cultivo de la granadilla (Passiflora ligularis* Juss). Editorial Litoas, Manizales, Colombia. p.130.

SALAS, R. (2002). Herramientas de diagnóstico para definir recomendaciones de fertilización foliar. En: *Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones*. Memorias. Laboratorio de suelos y foliares. Eds. Meléndez, G y Molina, E. UCI. UCR.

SANCHO, H. (2007). Curvas de absorción de nutrientes: Importancia y uso en los programas de fertilización. *Informaciones agronómicas* 36. IPNI. p. 6.

SANTOS, P.C.; LOPES, L.C.; FREITAS, S.J.; SOUSA, L.B.; CARVALHO, A.J.C. (2011). Crescimento inicial e teor nutricional do maracujazeiro amarelo submetido à adubação com diferentes fontes nitrogenadas. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 33: pp. 722-728.

SANZONOWICZ, C.; ANDRADE, L.R.M. (2005). Nutrição, Adubação e Irrigação. En: Manica, I. Brancher, A., Sanzonowics, C., Icuma, I.M., Aguiar, J.L.P. de, Azevedo, J.A. de, Vasconcellos, M.A. da S., Junqueira, N.T.V. *Maracujá-doce: tecnologia de produção, pós-colheita, mercado*. Cinco Continentes: Porto Alegre. pp. 77-90

SECRETARIA TÉCNICA NACIONAL DE LA CADENA DE PASIFLORAS. (2014). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. *Sistema de información de organizaciones de cadena (SIOC)*. Informes de actividades.

SINGARAM, P.; PRABHA, K. (1997). Calcium boron interaction studies in tomato grown in a calcareous soil. In Plant Nutrition for Sustainable Food Production and Environment Developments. *Plant and Soil Sciences*. 78: 649-665.

TREBEJO, V.J.; ALARCÓN, V.C.; CRUZADO, C.L.; QUEVEDO, K. (2013). *Caracterización y aptitud agroclimática de café, granadilla y palto en la subcuenca de Santa Teresa, Cusco*, Edición: Servicio Nacional de meteorología e hidrología del Perú. SENAMHI. PRAA Perú. p. 26.

VOMOCI, L.J.A.; HART, J. (1990). Irrigation water quality. Oregon State University Extension Service. *Fertilizer guide*. 76: pp. 1-3.

WILKINSON, S.R.; GRUNES, D.L.; SUMNER, M.E. (1999). Nutrient Interactions in Soil and Plant Nutrition. En *Handbook of Sil Science*. M.E. Sumner (Ed.) CRC Press. Boca Raton, London.