

Correspondence:

DIAGNÓSTICO EXPERIMENTAL DE DEFICIENCIA DE MACRONUTRIENTES EN CULTIVO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.)

Experimental diagnosis of macronutrients deficiency on tomato plants (*Solanum lycopersicum* L.)

Erick Eguez Enriquez

Magister Scientiae en Producción Vegetal
Universidad Técnica Estatal de Quevedo,
Quevedo-Ecuador
eeguez@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-7071-4645>

Cesar Bermeo Toledo

Magister en Agroecología y Agricultura Sostenibles
Universidad Técnica Estatal de Quevedo,
Quevedo-Ecuador
cbermeo@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-2803-5005>

Ramiro Gaibor Fernández

Magister en Agroecología y Agricultura Sostenibles
Universidad Técnica Estatal de Quevedo,
Quevedo-Ecuador
rgaibor@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-0981-2000>

Pablo Ramos Corrales

Doctor Área de Ciencias Biológicas
Universidad Técnica Estatal de Quevedo,
Quevedo-Ecuador
pramos@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-7814-2357>

Resumen

Cuando la concentración de un nutriente esencial en el tejido vegetal se encuentra por debajo del nivel imprescindible para el crecimiento óptimo, muestra que las plantas son deficientes en ese elemento, sin embargo, las funciones de todos los nutrientes principales no logran ser ejecutadas por ningún otro nutriente. El objetivo principal de este trabajo fue evaluar el estado nutricional del cultivo de tomate con respecto a la ausencia de elementos como N, P y K en sistema de hidroponía. Dentro de los métodos utilizados se encuentran el estudio de la altura, diámetro del tallo, número de hojas, descripción de los síntomas de deficiencia, área foliar, materia seca y análisis químico de los macronutrientes en la parte aérea y raíces de las plantas. Como resultado se obtiene que las dosis adecuadas de nutrientes regulan el normal crecimiento de las plantas de tomate, condicionado por una nutrición balanceada, es decir, el tratamiento completo crece a una velocidad de 14.452 cm por unidad de tiempo obteniendo una eficiencia del 94%. Se concluye el trabajo indicando que la aplicación de una dosis completa de nutrientes para la fertilización de tomate en las primeras fases de crecimiento da mejores respuestas vegetativas con mayores resultados por unidad de tiempo en la velocidad crecimiento, de tal manera también se vio reflejado la concentración de los nutrientes tanto en la parte de raíz como parte aérea distinguiéndose fuertemente las cantidades de cada elemento determinado en el tratamiento completo.

Palabras clave Absorción de nutrientes, hidroponía, nitrógeno, fósforo, potasio, Solanaceae.

Abstract

When the concentration of an essential nutrient in the plant tissue is below the level essential for optimal growth, it shows that the plants are deficient in that element, however, the functions of all the main nutrients cannot be executed by any other nutrient. The main objective of this work was to evaluate the nutritional status of the tomato crop with respect to the absence of elements such as N, P and K in the hydroponics system. Among the methods used are the study of height, stem diameter, number of leaves, description of deficiency symptoms, leaf area, dry matter and chemical analysis of macronutrients in the aerial part and roots of plants. As a result, it is obtained that adequate doses of nutrients regulate the normal growth of tomato plants, conditioned by a balanced nutrition, that is, the complete treatment grows at a speed of 14,452 cm per unit of time obtaining an efficiency of 94%. The work is concluded indicating that the application of a complete dose of nutrients for tomato fertilization in the early stages of growth, gives better vegetative responses with greater results per unit of time in the growth rate, in this way it was also reflected the Nutrient concentration both in the root part and in the aerial part, strongly distinguishing the amounts of each element determined in the complete treatment.

Keywords Scientific inquiry, transdisciplinary approach, Stem model, strategies

Introducción

En el Ecuador y a nivel mundial, la hortaliza más cultivada y consumida es el tomate, la cual tiene como destino final la agroindustria. La producción hortícola es considerada como una fuente que fortalece a la agricultura campesina en el país, ya que sus tiempos de cultivo son cortos y poseen distintos ciclos de cosecha anualmente (Álvarez *et al.*, 2012).

Los nutrientes desempeñan un papel esencial y concreto en la fisiología vegetal; cuando uno de dichos elementos no se encuentra en las cantidades apropiadas su deficiencia en los tejidos origina cambios en el metabolismo de las plantas, en este caso de la investigación, en los cultivos de tomate (Hernández *et al.*, 2014). Algunos nutrientes como el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) se consideran muy móviles, por lo cual las plántulas deficientes en estos elementos muestran primero sintomatologías visuales en las hojas más viejas (Sepúlveda *et al.*, 2014).

El disponer de relaciones N/K idóneas por fases de desarrollo aparece como uno de los problemas fundamentales que, desde el punto de vista nutricional, quebrantan en la productividad y calidad de las cosechas para los cultivos protegidos de tomate (Pérez y Rodríguez, 2017). Sin embargo, las funciones de todos los nutrientes principales no logran ser ejecutadas por ningún otro nutriente, aunque sea, que la mayor parte de las plantas requiere de todos ellos, varias especies consiguen requerir mayor cantidad de unos que de otros (Mixquitilas y Villegas, 2016).

Correspondence:

El efecto nutricional de todos los cultivos, en este caso tomate, se encuentra dependiente a la influencia que despliegan los nutrientes en concreto sobre el metabolismo de las plantas (Delgado *et al.*, 2016). Las características del progreso foliar, adicional a las señales de carencias de nutrientes consiguen ayudar al diagnóstico de los desórdenes y desbalances nutritivos (Coutinho *et al.*, 2014). Para las plantas de tomate la disponibilidad de N es la principal limitante en la productividad de los cultivos, que junto con el P determinan el crecimiento vegetal de los cultivos de tomate (Cerón y Aristizábal, 2012).

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 (Cabezas y Sánchez, 2008). Dichas carencias trastornan diferentes sucesos fisiológicos en las plantas, principalmente la fotosíntesis, la asimilación de azúcares y retribución de fotoasimilados entre fuentes (Villegas *et al.*, 2016).

La degeneración metabólica producida por las deficiencias de nutrientes esenciales se manifiesta eventualmente en anormalidades visibles en las plantas de cultivo de tomate (A. Z. Silva *et al.*, 2017). La deficiencia de K en cultivos de tomate causa la acumulación de compuestos solubles nitrogenados resultando manchas necróticas en las hojas, similares a síntomas producidos por patógenos foliares (Velasco, 1999).

Según estudios, el P es uno de los macronutrientes vitales requeridos por todos los organismos vivos, además, es uno de los elementos menos disponibles de la rizosfera, participando en procesos estructurales, enzimáticos y energéticos de las plantas (Mahecha *et al.*, 2019). Cuando la concentración de un nutriente esencial en el tejido vegetal se encuentra por debajo del nivel imprescindible para el crecimiento óptimo, muestra que las plantas son deficientes en ese elemento (Gutiérrez *et al.*, 2015), causando asimismo una variación en la ruta metabólica en la que interviene el elemento, ocasiona otros procesos seguidamente involucrados (Boudet *et al.*, 2017).

La nutrición de las plantas afecta tanto la calidad interna como la externa, actuando sobre la firmeza y la respiración de los frutos cosechados (Martínez *et al.*, 2008). Una de las formas prácticas de detectar el elemento limitante, es el diagnóstico de la hoja mediante el aspecto visual de las plantas de tomate, analizando que las carencias minerales promueven cambios en el metabolismo de las plantas, que modifica aspectos morfológicos y anatómicos (De Oliveira *et al.*, 2009).

Por todo lo anterior, el objetivo principal del presente trabajo es evaluar el estado nutricional de los cultivos de tomate con respecto a los elementos N, P y K, a través del diagnóstico visual agronómico y químico; para obtener su óptimo desarrollo y la omisión de ellos como afecta el crecimiento, la nutrición y la producción de biomasa de las plantas.

Materiales y métodos

La investigación se realizó dentro de un invernadero en la Finca Experimental “La María”, Facultad Ciencias Pecuarias de la UTEQ, Cantón Mocache, provincia de Los Ríos. Para la obtención de las plantas de tomate las semillas se trataron conforme a las normas de su comercialización, se procedió a la siembra en bandejas de germinación de 8 semillas de tomate por hueco, las bandejas contenían un sustrato a base de vermiculita, las semillas fueron recubiertas con una capa de vermiculita de un cm de espesor cuyo sustrato fue humedecido y se procedió a ubicar los tubetes bajo sombra en un invernadero hasta iniciar la germinación.

A los cinco días se observó el 100% de las semillas de tomate germinadas, se realizó el raleo obteniendo una planta por hueco, dichas plantas fueron inmediatamente regadas con la solución nutritiva diluida de Hoagland y Arnon, (Tabla1) durante la fase inicial de su crecimiento, hasta dos semanas después a partir de la emergencia por que en la fase inicial de crecimiento estas plantas son sensibles a la solución concentrada, por lo que es necesario el uso de una solución diluida para evitar daños fisiológicos en el cultivo de tomate.

Tabla 1. Solución nutritiva diluida utilizada para regar las plantas en la fase inicial de crecimiento.

Soluciones madre	(mL / 5000 mL)
KH ₂ PO ₄	0.5
KNO ₃	2.5
Ca (NO ₃) ₂ 5H ₂ O	2.5
MgSO ₄ . 7H ₂ O	1.0
Micronutrientes completos	0.5
Fe EDTA	0.5

Solución madre empleada en la fase inicial de crecimiento del tomate.

Para la investigación se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con 4 tratamientos distribuidos con 3 repeticiones por tratamiento. A cada tratamiento se le aplicó las especificaciones de siembra, trasplante y aplicación de las soluciones establecidas, para la comparación del análisis de la varianza se utilizó el programa R-Project (R Development Core Team, 2011) en donde se empleó la prueba estadística de Tukey ($p < 0.05$) para materia seca de la raíz, materia seca de la parte aérea, área foliar, volumen radicular, área radicular, longitud radicular y la concentración de nutrientes. Para la altura, el diámetro y el número de hojas de las plantas de tomate se hizo un análisis de regresión.

Dos semanas después de la emergencia (o 3 semanas después de la siembra), se realizó el respectivo trasplante en las cajas de la hidroponía (capacidad de 5 L de agua) fijando las plantas de tomate por el cuello con ayuda de la espuma de plástico, manteniendo una aireación constante en las cajas por un periodo de 8 horas diarias por medio de un tubo de plástico que se une a la tubería de aire comprimido. La solución nutritiva de la Tabla1 fue renovada utilizando una nueva solución nutritiva (Tabla 2), con la que se trabajó hasta el período final del experimento (4 semanas después del trasplante).

Para el manejo adecuado se midió diariamente el pH de la solución manteniéndola en un rango de 5.0 a 6.0 usando HCl 0.1N (si el valor pH es alto > 6.0) o NaOH 0.1N (si el valor pH es bajo < 5.0). Durante el tiempo de investigación se presentó sobre las espumas de plástico un ataque por hongos, para su control se utilizó un fungicida que no contiene ningún tipo nutriente en su composición.

Correspondence:

Tabla 2. Composición de la solución nutritiva de Hoagland & Arnon (1950)

Fertilizantes/Sales de la solución madre	Concentración de la solución madre (g por L de agua)	Completo	-N	-P	-K
		Volumen de la solución madre por L de la solución final -----mL/L-----			
1-KH ₂ PO ₄ (Mol L-1)	136.09	1	1	-	-
2-KNO ₃ (Mol L-1)	101.11	5	-	5	-
3-Ca (NO ₃) ₂ 5H ₂ O (Mol L-1)	236.16	5	-	5	5
4-MgSO ₄ .7H ₂ O (Mol L-1)	247.47	2	2	2	2
5-KCl (Mol L-1)	74.56	-	5	1	-
6-CaCl ₂ 2H ₂ O (Mol L-1)	147.02	-	5	-	-
7-NH ₄ H ₂ PO ₄ (Mol L-1)	115.31	-	-	-	1
8-NH ₄ NO ₃ (Mol L-1)	80.04	-	-	-	2
9-(NH ₄) ₂ SO ₄ (Mol L-1)	132.14	-	-	-	-
10-MgNO ₃ .6H ₂ O (Mol L-1)	256.43	-	-	-	-
11-Solução de micros (*)		1	1	1	1
12-Solução Fe EDTA (**)		1	1	1	1

(*) - En 1L: 2,86 g H₃BO₃; 1,81 g MnCl₂.4H₂O; 0,10 g ZnCl₂; 0,04 g CuCl₂; 0,02 g H₂MoO₄H₂O.

(**) - 24,9 g FeSO₄.7H₂O o 24,25 g de FeCl₂.6H₂O; 33,2g EDTA-Na; 89 mL NaOH 1N completar en 800 mL H₂O. Airear una noche bajo sombra, completar a 1 L de agua.

Las evaluaciones se realizaron cada 8 días después del trasplante. La altura de las plantas fueron tomadas a partir de la zona del cuello de la planta hasta la zona apical aérea utilizando una regla, el diámetro del tallo se tomó a partir de la zona superior del cuello de la planta con la ayuda de un calibrador vernier, para el número de hojas solo se tomaron en cuenta aquellas hojas que se encontraban completamente expandidas, con un tamaño similar a una hoja vieja, la descripción de los síntomas de deficiencia fueron registrados según la evolución de los síntomas con el tiempo, indicando el tipo de hojas que inició los síntomas, las formas de las clorosis o necrosis en las hojas, el tamaño de los entrenudos y de la planta, o sea, todas las diferencias entre los tratamientos.

Para la determinación del área foliar de cada planta se utilizó el programa Imagej y para determinar el diámetro, área, volumen y longitud de las raíces se utilizó el programa Safari. Para la obtención del peso de materia seca de la parte aérea y de la raíz se realizó el respectivo secado en estufa a 65°C hasta obtener un peso seco constante y finalmente se realizó el análisis químico de los macronutrientes en la parte aérea y de las raíces de las plantas de tomate.

Resultados

En los cultivos la deficiencia de nutrientes en especial los macronutrientes primarios (N, P, K) traen como consecuencia la aparición de distintos síntomas visuales en las plantas afectando en lo posterior a la producción. Unos de los síntomas más visibles es el menor crecimiento de las plantas que en general se ve afectado desde las primeras fases de crecimiento y va empeorando con el progreso de la deficiencia.



Figura 1. Plantas de tomate sin deficiencia de macronutrientes.

Las plantas de tomate con el tratamiento sin nitrógeno (Figura 4) y sin potasio (Figura 3) fueron afectadas drásticamente en su crecimiento debido a la carencia de dichos nutrientes, presentándose seguidamente una clorosis y necrosis en las hojas de forma general, a diferencia del tratamiento completo (Figura 1) que no presentó síntomas visuales al estar con una nutrición balanceada, obteniendo un óptimo crecimiento de hojas, tallos y raíces

Síntomas visuales agronómicos sin fósforo en las plantas de tomate.

Con respecto al tratamiento sin fósforo (Figura 2) los síntomas que se observaron en las plantas de tomate fue un crecimiento un poco más lento en comparación con el tratamiento completo, los tallos y parte de las hojas bajas mostraron un color verde púrpura menos intenso que los observados en el tratamiento sin nitrógeno y sin potasio. Las raíces presentaron un crecimiento más retardado en comparación con el crecimiento del tratamiento completo.



Figura 2. Síntomas de deficiencias de fósforo en las plantas de tomate.

Los cultivos para tener un adecuado crecimiento y desarrollo dependen de los nutrientes, como es el caso del fósforo en donde las plantas solamente lo requieren en bajas cantidades en comparación con los otros macronutrientes primarios (Mengel y Kirkby, 2001), pero dicho nutriente es indispensable en las reacciones enzimáticas que necesitan de la fosforilación para desempeñar su función, interviene en la incorporación de grupos fosfatos en los nucleótidos siendo fundamental para la conservación y transferencia de energía.

Es de suma importancia los fosfatos para formar los ácidos nucleicos que forman parte del material genético y los fosfolípidos que son las estructuras de las membranas celulares, participando también en la división celular y en el normal desarrollo de tejidos meristemáticos (Wild y Jones, 1992), involucrado en el uso del azúcar y del almidón (Mengel & Kirkby, 2001).

En los cultivos con deficiencias de fósforo los problemas de síntomas no son muy severos en comparación con otras deficiencias de macronutrientes, con respecto al tamaño de las plantas aplicando una nutrición balanceada y una con deficiencia de fósforo se pudo observar que las

diferencias no son significativas (Martínez *et al.*, 2008). Las hojas más viejas de las plantas muestran una coloración ligeramente púrpura (Epstein y Bloom, 2003) afectando principalmente al primer y segundo tercio de la planta (Gómez, 2006).

Síntomas visuales agronómicos sin potasio en las plantas de tomate.

En el tratamiento sin potasio (Figura 3), las plantas de tomate mostraron un pobre crecimiento, una clorosis en las hojas más viejas que posteriormente se volvió en una necrosis afectado también a las hojas más jóvenes, las puntas de las hojas se enrollaron hacia el interior ligeramente y después se produjo la muerte de las hojas más viejas. Las raíces al igual que el tratamiento sin nitrógeno presentó un pobre desarrollo.



Figura 3. Síntomas de deficiencias de potasio en las plantas de tomate.

Con respecto al K este macronutriente cumple funciones muy importantes en el metabolismo de las plantas como es el caso generar turgencia y mantener equilibrado el potencial osmótico celular, regulando el proceso de abertura y cierre de los estomas (Bennett, 1993). El mismo autor también explica que el K es un regulador del pH celular, contrarrestando las cargas negativas de los ácidos orgánicos y aniones inorgánicos y forma parte de la activación de varias enzimas relacionado con el tejido meristemático. También participa en la producción del ATP involucrándose en la síntesis de proteínas, almidón, fotosíntesis y en el metabolismo de los carbohidratos (Samra y Arora, 1997).

En los cultivos con deficiencia de potasio es notable el poco crecimiento del tamaño de las plantas como lo expuesto por Garg y Singh en el cultivo de uchuva (Garg y Singh, 1975). Observándose tallos con entrenudos cortos, parecido con los síntomas observados en plantas de frijol, poca elongación de las ramas (Gómez, 2006) y mucho más delgadas en comparación con plantas que se encuentran bajo una nutrición balanceada, como lo expuesto por Murrell

mediante un estudio en el cultivo de maíz se observó que la deficiencia de potasio provocó un pobre desarrollo del sistema vascular (Murrell, 2005).

Los síntomas sobre las hojas muestran pequeñas manchas pálidas necróticas distribuidas de forma irregular por toda la lámina (Garg y Singh, 1975) provocado por el colapso de los cloroplastos (Mengel y Kirkby, 2001). Las manchas necróticas avanzan dañando todo el tejido de las hojas secándolas por completo desde el ápice a la base en hojas nuevas y en hojas viejas a partir de la base al ápice (Wild y Jones, 1992).

En investigaciones en el cultivo de lulo, la deficiencia de potasio afectó principalmente a los bordes de las hojas más viejas presentándose una necrosis que aumentó rápidamente hasta afectar toda la superficie foliar (M Cabezas *et al.*, 2002). Las plantas por la deficiencia nutricional de potasio tienden a producir una senescencia prematura (Garg y Singh, 1975) iniciando en las hojas bajas (Mengel y Kirkby, 2001), llegando hasta las hojas nuevas cuando la deficiencia es severa.

Síntomas visuales agronómicos sin nitrógeno en las plantas de tomate.

Las plantas de tomate con el tratamiento sin nitrógeno (Figura 4) presentaron los síntomas más severos en comparación con los tratamientos completo, sin fósforo y sin potasio, produciendo un pobre crecimiento de las plantas, los entrenudos cortos, mostraron una clorosis permanente de color amarillo en la parte del haz y de color purpura en la parte del envés de las hojas más viejas, pero en poco tiempo la clorosis también se reflejó en las hojas jóvenes, presentaron hojas de reducido tamaño y tallos delgados con una coloración púrpura. Las raíces en estas plantas mostraron un pobre desarrollo semejante al tratamiento sin potasio.

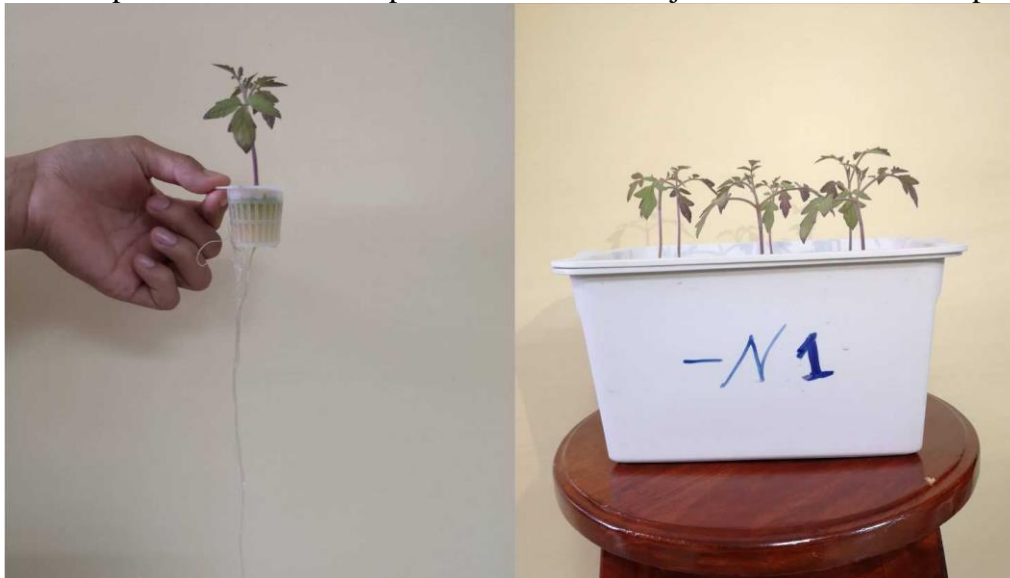


Figura 4. Síntomas de deficiencias de nitrógeno en las plantas de tomate.

El macronutriente N interviene en la formación de un gran número de compuestos orgánicos incluyendo la síntesis de hormonas encargadas del normal crecimiento de las plantas (Wild y Jones, 1992), indispensable en el metabolismo de las plantas para formar la estructura de las proteínas y de los ácidos nucleicos que forman parte del ADN y ARN, es un constituyente esencial de las clorofilas y enzimas del grupo de los citocromos, fundamental para el proceso de fotosíntesis, respiración celular y forma parte de coenzimas tales como los nicotinamida adenin dinucleótidos (NAD) que son las encargadas de intercambio de electrones, protones y de la producción de energía en todas las células de las plantas (Navarro y Navarro, 2013).

En los cultivos con deficiencias de nitrógeno es muy notorio el reducido crecimiento, por el motivo que el nitrógeno es el cuarto elemento más abundante dentro de las plantas después del C, H y O (Navarro y Navarro, 2013); muestran también una palidez semejante a las plantas que crecen en la oscuridad debido a la ausencia de clorofila (Epstein y Bloom, 2003). Presentan tallos y ramas delgadas con entrenudos cortos, hojas muy finas y pequeñas (Garg y Singh, 1975) y la evidencia de una senescencia prematura en las hojas más viejas como describe en el cultivo de tomate, en las hojas es muy notorio una coloración verde pálido por motivo de la pérdida de clorofila (Calderón, 1995), afectando fuertemente a las hojas más viejas (Gómez, 2006); también muestran una coloración purpura intervenal en la lámina y en el peciolo, observándose este síntoma cuando las deficiencias de nitrógeno son muy severas debido al aumento de la síntesis de carbohidratos dentro de las plantas carentes de nitrógeno, conduce a la formación de más antocianinas responsables de la coloración púrpura en las distintos órganos de las plantas (Navarro & Navarro, 2013).

Altura, diámetro del tallo y número de hojas de las plantas de tomate.

Durante las últimas dos décadas, la producción de tomate bajo invernadero ha tenido un crecimiento muy amplio, ya que la demanda de consumo es alta durante todo el año, por tal razón se ha implementado técnicas de producción en las que se obtienen mejores rendimientos y frutos de mayor calidad en comparación con los que se obtienen tradicionalmente en los campos abiertos (Lopez *et al.*, 2011).

Una de las técnicas de producción implementada es la del sistema de hidroponía que permite la siembra de plantas sin necesidad de emplear suelo, ocupando menos espacio, contaminando menos al ambiente y utilizando de forma racional el agua (Rodríguez *et al.*, 2012). En este tipo de sistema de hidroponía se emplea la utilización de soluciones nutritivas (agua-fertilizantes) para el crecimiento y desarrollo de las plantas con o sin la necesidad de utilizar sustratos inorgánicos y al mismo tiempo todas las condiciones ambientales y fitosanitarias son controlados al trabajar bajo un invernadero (Jensen, 2002).

En las soluciones nutritivas que se emplean para hidroponía existe una relación entre los nutrientes, lo cual influye para obtener una adecuada producción, de tal forma que interactúan tanto aniones como cationes, sabiendo que las raíces de las plantas son selectivas a la hora de la absorción de los nutrientes y también influenciado por factores climáticos, la fase de

crecimiento en el que el cultivo se encuentre, las concentraciones de nutrientes y de la relación entre nutriente (Lopez *et al.*, 2011).

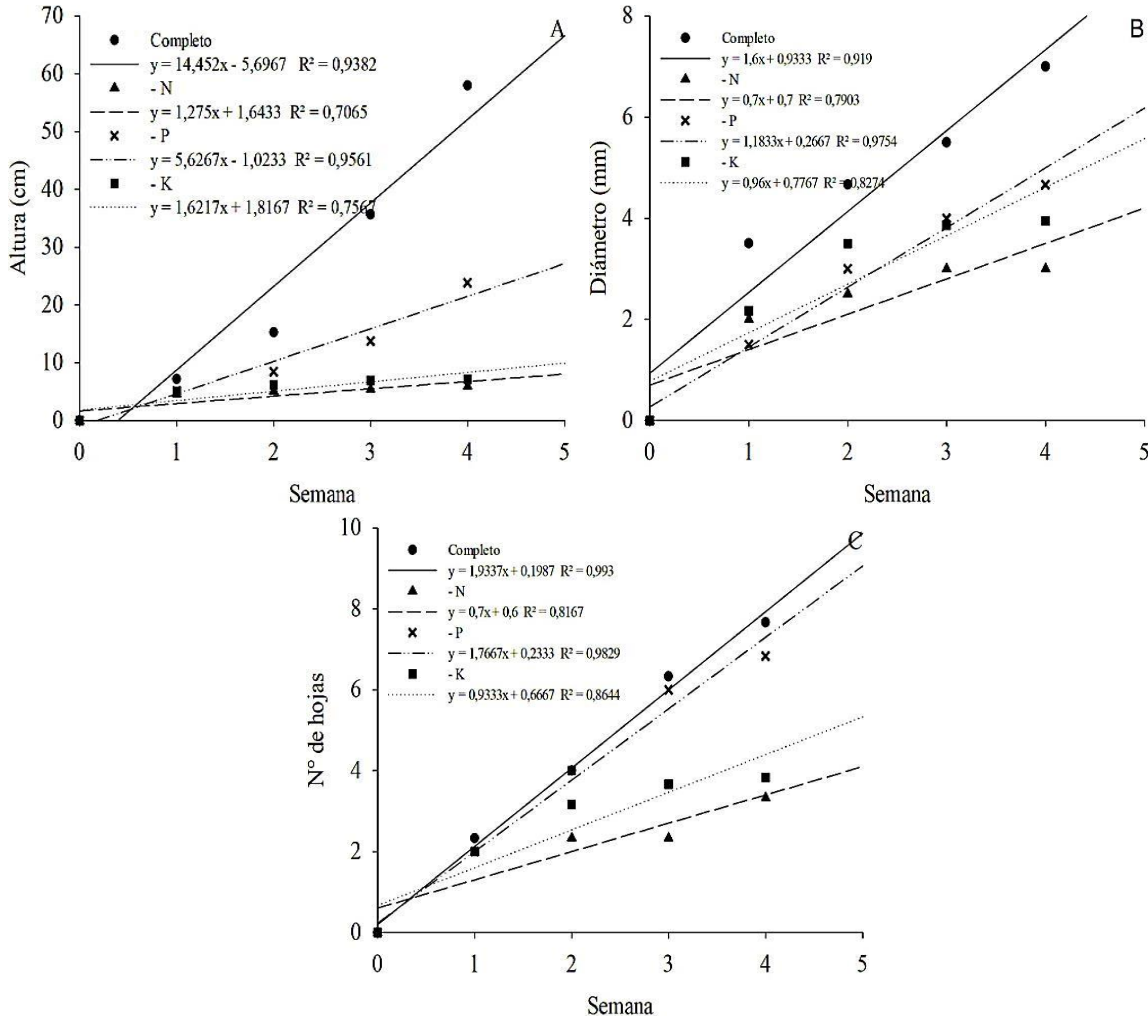


Figura 5. Crecimiento de la altura(A), diámetro de tallo (B) y acumulación del número de hojas (C) de las plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L) durante 4 semanas después del trasplante, cultivadas en invernadero en sistema de hidroponía.

En respuesta de los diferentes tratamientos de nutrientes se deduce que el crecimiento de la altura, del diámetro de los tallos y del número de hojas de las plantas de tomate (Figura 5), está condicionado por una nutrición balanceada, es decir, el tratamiento completo crece a una velocidad de 14.452 cm, 1.6 mm y 1.93 hojas en su orden por unidad de tiempo obteniendo una eficiencia del 93.8, 91.9 y 99.3 % respectivamente, por lo cual se obtiene una recta directamente proporcional (modelo lineal) por la razón que el estudio se realizó hasta las primeras fases de crecimiento, difiriendo con el tratamiento sin nitrógeno que presentó la menor velocidad de crecimiento de las

variables estudiadas por unidad de tiempo de 1.27 cm, 0.7 mm y 0.7 hojas respectivamente con una eficiencia del 70.6, 79.0 y 81.6%, concordando con lo reportado por Hernández sobre la altura de las plantas de tomate, la determinación adecuada de las relaciones entre N/K para cada fase del cultivo, esta relación determina el equilibrio entre los procesos vegetativos y reproductivos, pues el potasio actúa como regulador de crecimiento cuando la disponibilidad del nitrógeno es alta (Hernández *et al.*, 2014).

No obstante, los resultados obtenidos por el tratamiento completo evaluado no guardan relación con los citados por Silva quien identificó mayores promedios de crecimiento con un programa de fertilización de macro y micronutrientes, ya que estos condicionan según las proporciones de los nutrientes determinados procesos metabólicos en especial aquellos relacionados con los procesos fotosintéticos y que son necesarios para un buen desarrollo. Al ser agregados en una solución nutritiva promueven mayor desarrollo vegetativo (Silva *et al.*, 2017).

Por tales motivos el diámetro de los tallos en las plantas de tomate se ve afectado como explica Hernández y Bugarín; la relación que existe entre N/K es fundamental para obtener los mejores rendimientos en el cultivo de tomate (Hernández *et al.*, 2014) (Bugarín *et al.*, 2002). El efecto negativo de un exceso de N es principalmente notable, cuando las dosis de K son más bajas; y de la misma forma, una deficiencia de N provoca que las paredes celulares sean más delgadas, formación de tallos débiles y delgados y por consiguiente una insuficiente producción de biomasa, aunque las concentraciones de K sean elevadas. Por su parte Silva quien alcanzó promedios de 6.64 mm en un programa de fertirriego que se encuentra equilibrado, lo cual es el reflejo por lo observado y guarda relación por lo logrado en esta investigación (Silva *et al.*, 2017).

La problemática relacionada a la producción de hojas se fundamenta también en base a la relación N/K además de evitar la aparición de desórdenes fisiológicos que demeritan la cantidad y calidad de la producción Armenta, Hernández y Dorais, también mantiene el equilibrio en los procesos relacionados con el crecimiento y fructificación, interviene mejorando la producción de biomasa vegetal y de tal manera promueve un eficiente proceso fotosintético, en otras palabras un balance fisiológico correcto entre la fotosíntesis, transpiración, respiración y el transporte de asimilados producción (Armenta *et al.*, 2001) (Hernández *et al.*, 2014) (Dorais *et al.*, 2004). El nitrógeno condiciona la producción de hojas en una dosis equilibrada y el fósforo en bajo contenido no afecta la misma, pero Malvi sugiere que se estimule el incremento de la actividad del potasio. Por su parte, al estar presente el K en la planta, eleva la tasa de división y expansión de células meristemáticas (Malvi, 2011).

Peso fresco de la raíz y de la parte aérea en las plantas de tomate.

Tabla 4. Análisis de varianza del peso fresco de la raíz y de la parte aérea en respuesta a los diferentes tratamientos empleados en el cultivo de tomate en hidroponía.

Grupos	Tratamiento	Promedios (g)
Peso fresco de la raíz		
a	Completo	8,51
b	-P	3,02
c	-K	1,32
c	-N	1,29
Peso fresco de la parte aérea		
a	Completo	60,26
b	-P	13,80
c	-N	1,58
c	-K	1,55

Medias con diferentes letras son estadísticamente diferentes, Tukey ($P < 0.05$).

En respuesta de los distintos tratamientos de fertilización en la variable peso fresco de la raíz, según el análisis de varianza, presentó significancia estadística para esta fuente de variación. La prueba de Tukey ($P < 0.05$) demostró diferencias significativas para el tratamiento completo obteniendo un promedio de 8.51 g, mientras que el tratamiento sin nitrógeno tuvo un promedio bajo de 1.29 g de peso fresco de raíz. Según Villegas registro el 43.64% del peso de la planta en la raíz con una fertilización completa en guayaba, no guardando relación con lo obtenido en esta investigación (Villegas *et al.*, 2016).

Con relación a la variable peso fresco aéreo, el análisis de varianza presentó significancia estadística para la fuente de variación de los diferentes tratamientos de fertilización, siendo el tratamiento completo estadísticamente superior a los demás con promedios de 60.26g mientras que los tratamientos sin potasio y sin nitrógeno obtuvieron promedios bajos de 1.55 y 1.58g de peso fresco aéreo en su orden. Según Villegas halló el 85% del peso fresco de la planta en la parte aérea debido a una correcta aplicación de dosis de fertilización en etapas respectivas (Villegas *et al.*, 2016).

Peso seco de la raíz y de la parte aérea en las plantas de tomate.

Tabla 5. Análisis de varianza del peso seco de la raíz y de la parte aérea en respuesta a los diferentes tratamientos empleados en el cultivo de tomate en hidroponía.

Grupos	Tratamiento	Promedios (g)
Peso seco de la raíz		
a	Completo	1.62
b	-P	1.13
c	-K	1.03
c	-N	1.02
Peso seco de la parte aérea		
a	Completo	5.13
b	-P	1.74
c	-K	1.07
c	-N	1.05

Medias con diferentes letras son estadísticamente diferentes, Tukey ($P < 0.05$).

Con relación a la variable peso seco de la raíz, según el análisis de varianza manifestó significancia estadística para la fuente de variación de los diferentes tratamientos de fertilización, mediante la prueba de comparación de medias Tukey ($P < 0.05$), superando estadísticamente el tratamiento completo con promedios de 1.62g a los tratamientos sin potasio y sin nitrógeno quienes asumieron los promedios bajos de 1.03 y 1.02g de peso seco de raíz respectivamente. Para Villegas quien encontró en plántulas de guayaba una distribución del 15% en raíz con lo que se puede constatar que la mayor acumulación de peso fresco y por ende mayor peso seco en raíz está en la fase inicial bajo una dosis optima de fertilización (Villegas et al., 2016).

Respecto a las respuestas de los tratamientos de fertilización en tomate en la variable peso seco aéreo, mostró significancia estadística según el análisis de varianza, siendo el tratamiento completo superior estadísticamente con pesos promedios de 5.13g superando a los tratamientos sin fósforo, sin potasio y sin nitrógeno los cuales adquirieron bajos promedios de 1.74, 1.07 y 1.05g de peso seco aéreo, correspondientemente. Franco reporto un porcentaje de distribución de la biomasa del 56% en la parte aérea con una fertilización completa (Franco et al., 2007).

Peso seco de la raíz y de la parte aérea en las plantas de tomate.

Tabla 3. Análisis de varianza del peso seco de la raíz y de la parte aérea en respuesta a los diferentes tratamientos empleados en el cultivo de tomate en hidroponía.

Grupos	Tratamiento	Promedios (g)
Peso seco de la raíz		
a	Completo	633.33
b	-P	135.00
c	-K	35.00
c	-N	23.33
Peso seco de la parte aérea		
a	Completo	4290.00
b	-P	775.00
c	-K	76.16
c	-N	53.66

Medias con diferentes letras son estadísticamente diferentes, Tukey ($P < 0.05$).

Respecto al efecto de los tratamientos de fertilización en la variable peso seco de la raíz, según el análisis de varianza presentó significancia estadística para esta fuente de variación, mediante la prueba estadística de Tukey ($P < 0.05$) el tratamiento completo superó estadísticamente a los demás, con promedios de 633.33g, mientras que el tratamiento sin nitrógeno alcanzó el promedio más bajo de 23.33g de peso seco de raíz. La producción de materia seca de raíz tiene un efecto según la dosis de fertilización dado que según Ramírez logró alcanzar 271.3g de raíz con alta concentración de Potasio (Ramírez *et al.*, 2018).

Mientras que para la variable peso seco de la parte aérea el análisis de varianza demostró significancia estadística para la fuente de variación de los distintos tratamientos de fertilización, el tratamiento completo superó estadísticamente a los demás registrando el mayor promedio de 4290g debido a la nutrición equilibrada ofrecida a la planta, difiriendo únicamente con el tratamiento sin nitrógeno que obtuvo promedios bajos de 53.66g de peso seco en la parte aérea. La obtención de materia seca aérea también tiene influencia según la dosis de fertilización a mayores concentraciones mayor producción de materia seca aérea, para Ramírez no guarda relación ya que el aplico altas concentraciones de potasio y logro 381.9g de materia seca (Ramírez *et al.*, 2018).

Área foliar de las plantas de tomate.

Tabla 6. Análisis de varianza del área foliar en respuesta a los diferentes tratamientos empleados en el cultivo de tomate en hidroponía.

Grupos	Tratamiento	Promedios (cm ²)
a	Completo	1501,26
b	-P	339,04
c	-K	15,75
c	-N	14,17

Medias con diferentes letras son estadísticamente diferentes, Tukey (P<0.05).

Efecto de los distintos tratamientos de fertilización en la variable área foliar, el análisis de varianza reveló que si existe significancia estadística para la fuente de variación según la prueba de Tukey (P<0.05), señaló que el tratamiento completo logró el mayor promedio de 1501.26 cm² de área foliar debido a la composición equilibrada de la dosis de nutrición frente a los tratamientos sin potasio y sin nitrógeno quienes consiguieron promedios bajos de 15.75 y 14.17cm², en su orden. El área foliar permite estimar la superficie fotosintética y tomar decisiones de campo para lo cual Ramírez incremento un área de 9488 cm² con la aplicación de altas concentraciones de potasio (*Ramírez et al.*, 2018).

Volumen, área, diámetro y longitud de la raíz de las plantas de tomate.

Tabla 7. Análisis de varianza del volumen, área, diámetro y longitud radicular en respuesta a los diferentes tratamientos empleados en el cultivo de tomate en hidroponía.

Tratamiento	Volumen radicular (mm ³)	Área radicular (mm ²)	Diámetro radicular (mm)	Longitud radicular (mm)
Completo	a 9212.42	a 29247.84	a 0.85	a 9277.49
-P	a 6552.52	a 20285.69	b 0.58	a 6991.98
-N	b 1222.38	b 5566.07	c 0.48	b 2756.45
-K	b 844.20	b 4167.49	c 0.43	b 2063.08

Medias con diferentes letras dentro de las columnas, son estadísticamente diferentes, Tukey (P<0.05).

En respuesta al efecto de la aplicación de diferentes tratamientos de fertilización en variables vegetativas de la raíz de tomate, para lo cual el análisis de varianza indicó que existe significancia estadística para la fuente de variación. Por medio de la prueba de comparación de medias Tukey (P<0.05), expresó diferencias estadísticas para los tratamientos completos y sin fósforo siendo superiores a los demás.

El tratamiento completo y sin fósforo sobre las variables vegetativas de raíz registraron los mayores promedios; el volumen radicular obtuvo 9212.42 mm³ y 6552.52 mm³, en el área radicular 29247.84 mm² y 20285.69 mm², en la longitud radicular alcanzó 9277.49 mm y 6991.98 mm respectivamente y para el diámetro radicular consiguió 0.85 mm solo en el tratamiento completo.

Difiriendo únicamente con el tratamiento sin potasio en las mismas variables con los promedios más bajos de 844.20mm³, 4167.49mm², 2063.08mm y 0.43mm en su orden.

Cuando las concentraciones de nitrógeno son bajas, las raíces crecen largas, pero con escasas ramificaciones, mientras que las concentraciones de nitrógeno son altas las raíces crecen cortas y muy ramificadas (Martínez *et al.*, 2008). En otra investigación se comprobó que la ausencia de nitrógeno afectó el normal desarrollo de las raíces (Pinedo y Pérez, 2020).

Concentración de nutrientes en la raíz y en la parte aérea de las plantas de tomate.

En la producción agrícola la interacción entre nutrientes como N/K son muy complejas (Johnston y Milford, 2012), en donde especifica que un nutriente al interactuar con otro puede provocar la aparición de deficiencias, toxicidades, alteraciones en el normal crecimiento y por ende se verá afectado la concentración de nutrientes dentro de las plantas.

Para la concentración de nutrientes en la raíz, el análisis de varianza resultó que si existe significancia estadística para esta fuente de variación, dado que la prueba paramétrica de comparación de medios Tukey al 95% de confiabilidad presentó diferencias estadísticas, siendo el tratamiento completo quien obtuvo los promedios más altos para Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio con 253.00, 50.00, 213.00, 157.00 y 31.00 mg/kg, mientras tanto que el tratamiento sin nitrógeno tuvo los menores promedios de 4.20, 1.66, 6.35, 6.16 y 1.40 mg/kg respectivamente. En específico para el Nitrógeno reporta Uscola menor concentración de N en plántulas de los tejidos radicales del *Pinus halepensis*, en cambio la concentración de P se incrementó con la fertilización completa y fue mayor entre las plántulas tratadas con N (Uscola, 2009).

Tabla 8. Análisis de varianza de la concentración de nutrientes minerales en la raíz y en la parte aérea en respuesta a los diferentes tratamientos empleados en el cultivo de tomate en hidroponía a las 4 semanas después del trasplante.

Tratamiento	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Concentración de nutrientes en la raíz (mg/kg)					
Completo	a 253.00	a 50.00	a 213.00	a 157.00	a 31.00
-P	b 66.20	b 13.60	b 46.30	b 31.70	b 6.60
-K	c 21.70	d 0.73	c 13.80	c 8.33	c 2.40
-N	d 4.20	c 1.66	d 6.35	c 6.16	c 1.40
Concentración de nutrientes en la parte aérea (mg/kg)					
Completo	a 1716.00	a 339.00	a 1446.00	a 1064.00	a 210.00
-P	b 380.00	b 78.30	b 266.00	b 182.00	b 38.00
-K	c 47.20	d 1.6	c 30.10	c 18.10	c 5.26
-N	d 9.66	c 3.81	d 14.60	c 14.20	d 3.22

Medias con diferentes letras dentro de las columnas, son estadísticamente diferentes, Tukey ($P < 0.05$).

Efecto de dosis de fertilización ante la concentración de nutrientes en la parte aérea del tomate, para lo cual el análisis de varianza ADEVA reportó que existe significancia estadística ($P < 0.05$) y la prueba de Tukey registró diferencias estadísticas siendo el tratamiento completo superior a los demás con promedios para Nitrógeno, Fosforo, Potasio, Calcio y magnesio de 1716.00, 339.00, 1446.00, 1064.00 y 210.00 mg/kg, difiriendo con el tratamiento sin nitrógeno que consiguió los menores promedios de 9.66, 3.81, 14.60, 14.20 y 3.22 mg/kg en su orden. Relacionándolo con lo expuesto por Zhang, menciona que una óptima aplicación de K es favorable para un adecuado manejo de los nutrientes en la agricultura, en ese sentido la dosis alta de K fomentó la acumulación de N en las hojas (*Zhang et al.*, 2010).

Conclusiones

Se concluye que la aplicación de una dosis completa de nutrientes para la fertilización de tomate en las variables de respuestas vegetativas aéreas indicó que tiene mayores resultados por unidad de tiempo como la velocidad crecimiento y producción en la altura, número de hojas, peso fresco aéreo y seco.

Con relación a las variables vegetativas de raíz se determinó que el tratamiento completo influye en el volumen, área, longitud, diámetro de raíz, peso fresco de raíz y seco está condicionado por la carga equilibrada de nutrientes y en función a la unidad de tiempo.

Con respecto a la variable productiva se comparó que el diámetro del fruto está ajustado al tipo de dosis de fertilización y en función a la unidad de tiempo evaluado, sin embargo, se puede obtener mayores promedios con una reformulación de la dosis.

Con afinidad a la concentración de los nutrientes tanto en la parte de raíz como aérea se distinguió fuertemente las densidades de cada elemento determinado en el tratamiento (completo) evaluado. Así como también el -N reporta las concentraciones más bajas en la experimentación.

Referencias

- Álvarez, T., Bravo, E., y Armendaris, E. (2012). Soberanía alimentaria y acceso a semillas hortícolas en el Ecuador. *La Granja*, 16(2), 23–47.
- Armenta, A. D., Baca, G. A., Alcántar, G., Kohashi, J., Valenzuela, J. G., y Martínez, A. (2001). Relaciones De Nitratos Y Potasio En Fertirriego Sobre La Producción, Calidad Y Absorción Nutricional De Tomate. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, VII(01), 61–68. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.1999.11.073>
- Bennett, W. F. (1993). *Nutrient Deficiencies y Toxicities in Crop Plants* (W. F. Bennett (ed.); 1er ed.). Amer Phytopathological Society.
- Barros-Bastidas, C., & Turpo, O. (2020). La formación en investigación y su incidencia en la producción científica del profesorado de educación de una universidad pública de Ecuador. *Publicaciones*, 50(2), 167–185. doi:10.30827/publicaciones.v50i2.13952
- Barros, C., & Turpo, O. (2017). La formación en el desarrollo del docente investigador: una revisión sistemática. *Revista Espacios*, 38(45).
- Boudet, A., Boicet, T., Santos, R., y Medina, Y. (2017). Efecto sobre el tomate (*Solanum lycopersicum* L.) de diferentes dosis de abono orgánico bocashi en condiciones agroecológicas. *Centro Agrícola*, 44(4), 31–42. <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v44n4/cag06417.pdf>
- Bugarín, M. R., Galvis, S. A., Sánchez, G. P., y García, P. D. (2002). Daily Accumulation of Aboveground Dry Matter and Potassium in Tomato. *Terra Latinoamericana*, 20 (004), 401–409.
- Cabezas, M., Botía, T., y Medina, L. (2002). Determinación de síntomas por deficiencia inducida de nutrimentos en lulo (*Solanum quitoense* Lamb). *IV Seminario Nacional de Frutales de Clima Frío Moderado*, 176–181.
- Cabezas, Marco, y Sánchez, C. A. (2008). Effect of nutrient elements deficiencies on the dry matter partitioning in nursery plants of curuba (*Passiflora mollissima* Bailey). *Agronomía Colombiana*, 26(2), 197–204.
- Calderón, F. (1995). Concepción moderna de la nutrición vegetal. In *Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riego*. 2a ed. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Bogotá (2da ed.). Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo.
- Cerón, L. E., y Aristizábal, F. A. (2012). Nitrogen and phosphorus cycles dynamics in soils. *Revista Colombiana de Biotecnología*, XIV(1), 285–295.

- Coutinho, E. L., Orioli, J. V., Silva, E. J. da, Coutinho, N. A., y Cardoso, S. S. (2014). Nutrición, producción y calidad de frutos de tomate para procesamiento en función de la fertilización con fósforo y potasio. *Agrociencia - Sitio En Reparación*, 18(2), 40–46.
- De Oliveira, R. H., Lima, M. J. S., De Assis Pereira, H., Rebouças, T. N. H., Morais, O. M., Guimarães, B. V. C., y Nolasco, C. A. (2009). Characterization of visual symptoms of micronutrient deficiencies of “salada” group tomato plants. *Semina: Ciências Agrárias*, 30(SUPPL. 1), 1093–1100. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2009v30n4sup1p1093>
- Delgado, C., Olías, R., Jiménez, J. C., y Clemente, A. (2016). Aspectos de las legumbres nutricionales y beneficiosos para la salud humana. *Arbor*, 192(779), a313. <https://doi.org/10.3989/arbor.2016.779n3003>
- Dorais, M., Demers, D.-A., Papadopoulos, A. P., y Van Ieperen, W. (2004). Greenhouse tomato fruit cuticle cracking. *Horticultural Reviews*, 30, 163–184.
- Epstein, E., y Bloom, A. (2003). *Mineral nutrition of plants: principles and perspectives*. John Wiley y Sons.
- Franco, C. F., Prado, R. de M., Brachirolli, L. F., y Rozane, D. E. (2007). Curva de crecimiento e marcha de absorção de macronutrientes em mudas de goiabeira. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, 31(6), 1429–1437. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832007000600020>
- Garg, R., y Singh, K. (1975). Primary nutrient deficiencies in cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). *Progressive Hort*, 7(2), 53–58.
- Gómez, M. I. (2006). *Manual técnico de fertilización de cultivos*. Microfertisa S.A. Produmedios.
- Gutiérrez, E., Gutiérrez, C., y Ortiz, C. (2015). *Manejo integrado de nutrientes en sistemas agrícolas intensivos: revisión * Integrated nutrient management in intensive agricultural systems: a review Resúmen Introducción*. 6, 201–215.
- Hernández, M. I., Chailloux, M., Moreno, V., Igarza, A., y Ojeda, A. (2014). Niveles referenciales de nutrientes en la solución del suelo para el diagnóstico nutricional en el cultivo protegido del tomate. *Idesia*, 32(2), 79–88. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292014000200011>
- Jensen, M. (2002). *Agricultura en ambiente controlado en desiertos, trópicos y regiones templadas-una revisión mundial*.
- Johnston, A. E., y Milford, G. F. J. (2012). *Potassium and nitrogen interactions in crops*.

- Lopez, P., Cano, A., Rodriguez, G., Torres, N., Rodriguez, S., y Rodriguez, R. (2011). Efecto de diferentes concentraciones de potasio y nitrógeno en la productividad de tomate en cultivo hidropónico. *Tecnociencia Chihuahua*, V(2), 98–104.
- Mahecha, J., Castellanos, L., y Céspedes, N. (2019). *Incidencia y severidad de los síntomas de deficiencia de fósforo en el cultivo de fresa en las condiciones de Pamplona, Colombia*. 46(March), 58–61.
- Malvi, U. R. (2011). Interaction of micronutrients with major nutrients with special reference to potassium. *Karnataka J. Agric. Sci*, 24(1), 106–109.
- Martínez, F. E., Sarmiento, J., y Fischer, G. (2008). *efecto de deficiencia N P K Ca Mg B*. 26(3), 389–398.
- Mengel, K., y Kirkby, E. (2001). *Principles of Plant Nutrition* (5th ed.). Kluwer Academic Publishers.
- Mixquitillas, G., y Villegas, Ó. G. (2016). Importancia de los fosfatos y fosfitos en la nutrición de cultivos. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 2(3), 55–61.
- Murrell, T. S. (2005). Indicadores Visuales De La Deficiencia De Potasio En Maiz. *Informaciones Agronómicas*, 94(1975), 14–15. [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/C996599CFEEAB2A3852579A0006A1FF2/\\$FILE/Indicadores visuales de la deficiencia de potasio en maiz.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/C996599CFEEAB2A3852579A0006A1FF2/$FILE/Indicadores%20visuales%20de%20la%20deficiencia%20de%20potasio%20en%20maiz.pdf)
- Navarro, G. G., y Navarro, S. G. (2013). *Química agrícola: química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas*. Mundi-Prensa.
- Pérez, E., y Rodríguez, D. (2017). Estudio físico-químico para la formulación de un fertilizante líquido de composición completa. In *Pensamiento Actual* (Vol. 17, Issue 29, pp. 51–68). <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/pensamiento-actual/article/view/31551>
- Pinedo, H., y Pérez, F. (2020). *Desarrollo, producción y la composición de capsaicina de ají charapita (Capsicum frutescens L.) cultivados en solución nutritiva con diferentes niveles de nitrógeno en Pucallpa*. *Development, production and capsaicin composition of Charapita chili peppe*. 10(1), 273–285.
- R Development Core Team. (2011). *R: a language and environment for statistical computing* (4.1.3). R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
- Ramírez, C. H., Magnitskiy, S., Melo, S. E., y Melgarejo, L. M. (2018). Efecto de dosis de nitrógeno, fósforo y potasio sobre el crecimiento del tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) en etapa vegetativa. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(1), 31–40. <https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i1.7469>

- Rodríguez, H. J. M., Danés, A. A. G., López, P. J., Olguin, J. L. L., y de Coss, A. L. (2012). Forraje verde hidropónico de maíz amarillo (*Zea maíz L.*) con diferente concentración de solución nutritiva. *Abanico Veterinario*, 2(3), 20–28.
- Samra, J. S., y Arora, Y. K. (1997). *Mineral nutrition* (R. E. Litz (ed.)). CAB International.
- Sepúlveda, Y. L., Díez, M. C., Osorio, N. W., Moreno, F. H., y León, J. D. (2014). Caracterización de los síntomas visuales de deficiencias nutricionales de plántulas del roble andino en invernadero. *Agronomía Costarricense*, 38(1), 161–173. <https://doi.org/10.15517/rac.v38i1.15164>
- Silva, A. Z., Wamser, A. F., Nowaki, R. H., Cecílio Filho, A. B., y Mendoza-Cortez, J. W. (2017). Symptoms of Macronutrients Deficiency in Sweet Pepper (*Capsicum annum L.*). *Agrociencia-Uruguay*, 21(2), 31–43. <http://hdl.handle.net/11449/163816>
- Uscola, M. M. (2009). *Crecimiento y concentración de nutrientes en plántulas de Quercus ilex y Pinus halepensis cultivadas con diferentes fuentes de nitrógeno*. Universidad Alcalá.
- Velasco, V. (1999). Role of Mineral Nutrition on Plant Disease Tolerance. *Terra*, 17, 193–200.
- Villegas, D. A., Dussán, S. L., y Miranda, D. (2016). Efecto de la deficiencia de N, P, K, Mg, Ca y B sobre la acumulación y distribución de la masa seca en plantas de guayaba (*Psidium guajava L.*) var. Ica Palmira II en fase de vivero. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 10(1), 40–52. <https://doi.org/10.17584/rcch.2016v10i1.4277>
- von Feigenblatt, Otto Federico (2007). *Japan and Human Security: 21st Century ODA Policy Apologetics and Discursive Co-optation* (2nd ed.). Delray Beach: Academic Research International.
- von Feigenblatt, Otto Federico (2009a). Anomie, Racial Wage, and Critical Aesthetics: Understanding the Negative Externalities of Japanese and Thai Social Practices. *Journal of Asia Pacific Studies*, 1(1), 69-75.
- Wild, A., y Jones. (1992). *Nutrición mineral de las plantas cultivadas* (A. Wild (ed.)). Ediciones Mundi-Prensa.
- Zhang, F., Niu, J., Zhang, W., Chen, X., Li, C., Yuan, L., y Xie, J. (2010). Potassium nutrition of crops under varied regimes of nitrogen supply. *Plant and Soil*, 335(1), 21–34. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0323-4>