



Extracción de macronutrientes en pimiento páprika cv. Papri King en Barranca, Perú

Macronutrients extraction in paprika pepper cv. Papri King in Barranca, Peru

L. A. Gony¹, A. Casas²

<https://doi.org/10.51431/par.v3i1.662>

Resumen

Objetivos: Determinar la extracción de macronutrientes así como el efecto de los niveles de fertilización en el pimiento páprika cv. Papri King en Barranca, Perú. **Metodología:** Se empleó el diseño experimental de bloques completos al azar, con cuatro tratamientos y cuatro bloques, los tratamientos fueron cuatro niveles de fertilización (kg ha⁻¹ de NPK): 0-0-0, 200-100-200, 250-150-250, 300-200-300. Se evaluó el rendimiento de frutos frescos, la acumulación periódica de la materia seca y la extracción de nutrientes. Se realizaron cuatro muestreos a los 42, 77, 112, 147 días después del trasplante, recolectando muestras de hojas, tallos y frutos. **Resultados:** La acumulación de materia seca total fue de manera creciente a medida que la planta aumentaba su crecimiento y el desarrollo de órganos, siendo el tallo el que alcanzó la máxima acumulación. La mayor extracción de nutrientes se dio con el T₄ (300-200-300) continuando en forma decreciente con los demás tratamientos. Todos los nutrientes considerados se extrajeron en cantidades significativas desde el inicio del ciclo de la planta, siendo a partir de los 112 días después del trasplante los elementos N, K y P, los que mostraron su máxima extracción, mientras que a los 147 días después del trasplante los elementos Ca, S y Mg presentaron mayor extracción. Asimismo, el T₄ tuvo mayor rendimiento de frutos con respecto a los demás tratamientos. **Conclusiones:** La extracción de los macroelementos considerados para producir una tonelada de fruto fresco fueron: 11,31; 1,26; 15,06; 8,71; 2,30; 2,72 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg, S, respectivamente, según la respuesta obtenida con el nivel de fertilización 300-200-300.

Palabras clave: Fertilización, extracción de nutrientes, macronutrientes, materia seca, páprika

Abstract

Objectives: To determine the extraction of macronutrients as well as the effect of the fertilization levels in the paprika pepper cv. Papri King in Barranca, Peru. **Methodology:** The experimental design of randomly complete blocks was used, with four treatments and four blocks, the treatments were four levels of fertilization (kg ha⁻¹ of NPK): 0-0-0, 200-100-200, 250-150-250, 300-200-300. The fresh fruit yield, the periodic accumulation of dry matter and the extraction of nutrients were evaluated. Four samplings were carried out at 42, 77, 112, 147 days after transplantation, collecting samples of leaves, stems and fruits. **Results:** The accumulation of total dry matter was increasing as the plant increased its growth and development of organs, being the stem the one that reached the maximum accumulation. The highest extraction of nutrients occurred with treatment 4 (300-200-300), continuing to decrease with the other treatments. All the nutrients considered were extracted in significant quantities from the beginning of the plant cycle, being from 112 days after transplantation the elements N, K and P, which showed their maximum extraction, while at 147 days after the transplant, the elements Ca, S and Mg presented higher extraction. Likewise, treatment 4 had a higher fruit yield compared to the other treatments.

¹ Escuela de Posgrado, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, Perú.

² Departamento de Horticultura, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, Perú.

*Autor para correspondencia: l.goni@gmail.com

Conclusions: The extraction of the macroelements considered to produce a ton of fresh fruit were: 11.31, 1.26, 15.06, 8.71, 2.30, 2.72, kg ha⁻¹ of N, P, K, Ca, Mg, S, respectively, according to the response obtained with the fertilization level 300-200-300.

Keywords: Fertilization, nutrient extraction, macronutrients, dry matter, paprika pepper

Introducción

Los valles del Perú otorgan condiciones adecuadas para la producción de diversidad de especies agrícolas propias originarias del continente americano y en especial de los *Capsicum*, destacando los pimientos (*Capsicum annuum* L.) siendo en los últimos años un atractivo en la gastronomía, con una oferta comercial a los mercados externos y generación de divisas en la economía nacional. Los sistemas de producción del pimiento páprika en la costa central mantienen un nivel de productividad aceptable e incremental, que satisface las necesidades prevalentes y está adaptándose a las necesidades futuras. Sin embargo, las tecnologías agrícolas que conducen a un crecimiento en la capacidad de recuperación han agotado sus posibilidades en muchas áreas irrigadas de alto potencial. Los factores fundamentales que permiten mejorar la producción y calidad de los cultivos son el manejo nutricional, el cual debe ser acorde a cada especie y condición de crecimiento.

Aunque los nutrientes minerales siguen un ciclo a través de todos los organismos (Taiz & Zeiger, 2006). El aporte y la absorción de compuestos químicos necesarios para el crecimiento y el metabolismo es imprescindible para el desarrollo de las plantas, su acción debe ser directa en la nutrición de la planta y no a través de su acción indirecta en el suelo o medio de cultivo (Mengel & Kirby, 2001; Echevarría & García, 2003).

El nitrógeno es uno de los elementos esenciales que en mayor cantidad consumen las plantas y un factor determinante en el desarrollo y crecimiento de los vegetales por tanto, sus efectos en las plantas son precisos y se aprecian rápidamente (Lozano & Jurado, 2018). El transporte de NO₃⁻ es usualmente alto y esto es favorable en bajas condiciones de pH, cuando las plantas absorben altos niveles de NO₃⁻, existirá un aumento del anión orgánico dentro de la síntesis la planta que se asocia con un correspondiente incremento en la acumulación

de cationes inorgánicos (Ca₂⁺, Mg₂⁺, K⁺) (Havlin et al., 1999).

La absorción de H₂PO₄⁻ es fijado a bajo valores de pH, como también el HPO₄²⁻ a altos valores de pH de suelo (Havlin et al., 1999). De esto se desprende que la difusión será de gran importancia en el transporte de fósforo en los suelos (Juárez & Sánchez, 1996).

El ion K⁺ tiene influencia sobre el transporte de electrones en la cadena fotosintética y promueve la translocación de fotosintatos, también es responsable de la movilización de las proteínas almacenadas en hojas y tallos y promoviendo la translocación de compuestos nitrogenados, el potasio es responsable tanto de la carga como la descarga del floema (Mengel & Kirby, 2001).

Las plantas superiores frecuentemente contienen calcio que suelen ser del orden de 0,1 y mayores de 5,0% del peso seco dependiendo del crecimiento, especie vegetal, y órgano vegetal (Marschner, 2012). La absorción de calcio es principalmente un proceso pasivo. Lo mismo que sostiene para la translocación del calcio dentro de la planta, por lo que el calcio en la savia del xilema se transloca en dirección ascendente con la corriente de transpiración (Havlin et al., 1999).

El requerimiento de magnesio para el óptimo crecimiento vegetal está en el rango de 0,15 a 0,36% del peso seco de las plantas vegetativas (Marschner, 2012). La removilización del magnesio desde las hojas maduras reduce la duración del área foliar como se indicó. Aunque altos niveles de nutrición potásica frecuentemente deprimen la absorción total de magnesio, un aumento del suministro de potasio afecta al contenido de magnesio de los diferentes órganos de las plantas (Mengel & Kirby, 2001).

El follaje de plantas sanas contiene generalmente entre 0,1 y 0,5% de azufre en el peso seco de la planta y representa un décimo del contenido de nitrógeno. La removilización

del sulfato es relativamente lenta, puesto que es liberado sólo ante condiciones de estrés prolongado (Echevarría & García, 2003). La absorción del azufre por las raíces, es un proceso que requiere energía y por esto, en condiciones de buena iluminación, se realiza mejor. Sin embargo, el contenido de los nutrientes varía bastante entre los diferentes órganos de la planta (hojas, peciolas, tallos, raíces, etc.), con la edad del tejido (hojas jóvenes o viejas) y con la edad de la planta (Bazán, 1996).

El conocimiento de la tasa de absorción de nutrimentos y la dinámica de éstos en el suelo, así como la producción de materia seca por planta, son de gran utilidad para la realización de los aportes de agua y nutrientes de acuerdo a las exigencias nutrimentales del cultivo durante sus etapas fenológicas (Valentín et al., 2012), y las respuestas de acumulación máxima de materia seca en los *Capsicum annuum* L. ocurre entre los 45 a 120 días después del trasplante, con incrementos ligeros hasta el último muestreo para cultivares de pimiento (Azofeifa & Moreira, 2008; Arteaga, 2012; Urcia, 2012).

Maroto (2002) señala que la mayor acumulación de N, P, K, Mg y Ca, en el pimiento se presentaron entre los 50 y 70 días tras el trasplante, siendo las extracciones totales a los 112 días tras el trasplante, en que se había recolectado 13,4 t ha⁻¹ de frutos, de 111,1 kg de nitrógeno, 17,2 kg de fósforo, 135,6 kg de potasio, 33,1 kg de calcio y 34,0 kg de magnesio. Por otro lado, Azofeifa & Moreira (2008) analizaron la distribución y el orden de extracción de nutrimentos en pimiento, aunque las cantidades de nutrimentos en las distintas partes de la planta variaron durante el ciclo de crecimiento. Al final del ciclo, la planta acumula K, Ca y Mg principalmente en la parte aérea, P y S en la fruta y N en los frutos y la parte aérea. El principal evento fenológico que reguló estas fluctuaciones, fue la fructificación. Arteaga (2012) encontró respuestas de la extracción de macronutrientes en dos cultivares de pimiento y señala que la cantidad de nutrientes extraídos en kg ha⁻¹ por dos cultivares de pimiento fue de N 225,65; P 20,70; K 180; Ca 102,0; Mg 32,01; S 20,66 y de N 207,41; P 26,89; K 290; Ca 116,07; Mg 13,0 y S 24,0 kg ha⁻¹, respectivamente. Salazar & Juárez (2012), sostienen que el

requerimiento macronutricional del cultivo de chile fue de: N de 2,4 a 4,0; P de 0,4 a 1,0; K de 3,4 a 5,29; Ca 0,55 a 1,80; y Mg de 0,28 a 0,49 de kg por tonelada de frutos fresco cosechado. Así mismo, señalan que los valores nutrimentales variaron de acuerdo a la edad de la planta, y al final del ciclo el K, Ca y Mg se acumularon principalmente en la parte aérea, el P y S en los frutos, y el N en los frutos y en la parte aérea. Romero et al. (2017) determinaron en *Capsicum frutescens* L. y *Capsicum chinense* L., las extracciones de N-P-K en fruto y hoja en donde fue mayor las extracciones de N-P-K por tonelada de fruto fresco, por lo que para ambas especies de *Capsicum* guardan misma preferencia de concentración y extracción de nutrientes en hoja: N>K>P y frutos: K>N>P.

Lázaro (2008) determinó las respuestas de los diferentes niveles de fertilización potásica en el rendimiento en cultivares de pimiento páprika, obteniendo para el cultivar Papri King los rendimientos de 19,08; 18,74; 14,47 y 12,89 t ha⁻¹ de fruto fresco con los niveles de fertilización de K₂O (300, 200, 100, 0 kg ha⁻¹). Tesillo (2012) evaluó el rendimiento del cultivar de pimiento páprika tipo Papri King, obteniendo la cantidad de 6,15 t ha⁻¹ en frutos secos y el rendimiento promedio de frutos fresco total de 49,39 t ha⁻¹, empleando el nivel de fertilización de 280–170–450 de kg ha⁻¹ de NPK. Valerio (2016) encontró las respuestas en los rendimientos de tres cultivares de pimiento páprika (*Capsicum annuum* L.) en condiciones de invernadero, determinando, que el cultivar Papri King presentó el mayor rendimiento comercial de frutos secos con 5 847 kg ha⁻¹.

El objetivo del presente trabajo fue establecer las curvas de extracción de macronutrientes en el cultivo de pimiento páprika cv. Papri King bajo las condiciones de la provincia de Barranca e identificar el efecto de los niveles de fertilización en la extracción y distribución de macronutrientes en las diferentes etapas fenológicas, así como la respuesta de la fertilización sobre el rendimiento de frutos frescos.

Metodología

El estudio fue realizado en el sector de Santa Elena sur, distrito y provincia de Barranca, región Lima, Perú, ubicado en las coordenadas LS 10°46'23.1" y LO 77°42'45.9" y altitud de 133 m.s.n.m., durante los meses de septiembre de 2016 a febrero de 2017, correspondiente a la etapa de campo y la etapa de laboratorio se efectuaron en el campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Las características fisicoquímicas del suelo fueron: textura arena franca, de reacción muy ligeramente alcalina (pH 8,14), ligeramente salino (CE 0,99 dS/m), contenido de carbonato de calcio (4,0%) medio, bajo nivel de materia orgánica y con ello de nitrógeno fue bajo (0,81%), medio de fósforo disponible (13,5 ppm), alto en potasio disponible (249 ppm), baja capacidad de intercambio catiónica (8,00 meq/100g suelo). La relación Ca/Mg fue alta, Ca/K ligeramente baja, Mg/K fue baja. Los análisis de agua, presentaron bajo contenido de sales (0,45 dS/m), siendo muy alcalino el pH (8,52) por lo que el agua es de un bajo riesgo de salinidad y de efectos dañinos en las plantas. La proporción relativa del sodio respecto al calcio y magnesio fue muy baja (RAS<6) clasificando esta agua como una C2-S1.

El material vegetal de pimiento páprika empleado fue el cultivar Papri King. La fertilización se realizó con mezclas previamente previstas de acuerdo a los tratamientos correspondientes, utilizándose cuatro niveles de fertilización (Tabla 1). La recolección de las muestras de plantas de pimiento páprika se realizaron durante las diferentes etapas fenológicas evaluadas correspondientes a los 42, 77, 112, 147 días después del trasplante, separando hojas, tallos y frutos (Tabla 2).

Tabla 1

Niveles de fertilización del ensayo (kg ha⁻¹)

Niveles/ Tratamiento	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
T ₁	0	0	0
T ₂	200	100	200
T ₃	250	150	250
T ₄	300	200	300

Tabla 2

Periodos de muestreo foliar (a días del trasplante) en pimiento cv. Papri King

Fecha	Días	Muestreo foliar	Estado Fenológico
12/11/2016	42	Primero	Crecimiento vegetativo
17/12/2016	77	Segundo	Inicio de floración-fructificación
21/01/2017	112	Tercero	Cuajado de fruto
25/02/2017	147	Cuarto	Madurez y cosecha de fruto

Las muestras una vez recolectadas se lavaron y se obtuvieron el peso fresco total de las muestras de tejido vegetal, para su secado en estufa a 70   C por 48 horas, obteniéndose el peso seco constante, estas muestras fueron molidas, embolsadas y etiquetadas para su posterior envi   a Laboratorio de Fertilidad de Suelos y Análisis de Suelos y Tejidos de la UNALM, donde se efectuaron los respectivos procedimientos de los análisis químicos correspondiente para cada elemento macronutriente. Para el nitrógeno, se empleó el proceso de digestión húmeda de la muestra vegetal a través del método de Microkjeldahl para la obtención de las concentraciones del nitrógeno total. Para la obtención de las concentraciones de fósforo y azufre el método del colorímetro y para potasio, calcio y magnesio el método del espectrof  tometro de absorción atómica (Bazán, 1996). Se evaluaron las siguientes variables: rendimiento total de fruto fresco, acumulación periódica de la materia seca y extracción de nutrientes, y se realizó el análisis conjunto para evaluar las respuestas de los rendimientos de los frutos frescos. La obtención del peso seco de los órganos de la planta fue a través de pesado de la materia seca y la extracción de los macronutrientes se realizó a partir del peso seco de cada órgano de la planta (hoja, tallo y fruto) con las respectivas concentraciones de N, P, K, Ca, Mg y S, obtenidas en cada muestreo.

El diseño estadístico empleado fue el Diseño de Bloques Completos al azar, con cuatro repeticiones. Para la comparación de medias se

utilizó la prueba de Tukey ($P < 0,05$). Los datos se procesaron en el programa SAS versión 2015.

Resultados

Rendimiento de frutos frescos

En el presente estudio se observó que el T_4 (300-200-300) mostró el más alto rendimiento de frutos frescos (25 t ha^{-1}) pero no se observaron diferencias significativas con respecto a los tratamientos T_3 (250-150-250) y T_2 (200-100-200) con rendimientos de $21,27 \text{ t ha}^{-1}$ y $19,73 \text{ t ha}^{-1}$, presentando diferencias significativas con el tratamiento T_1 (0-0-0) en $7,74 \text{ t ha}^{-1}$, siendo el más bajo rendimiento entre los tratamientos estudiados (Figura 1). Esta respuesta en rendimiento se aproxima a lo reportado por Lázaro (2008), Tesillo (2012) y Valerio (2016).

Materia seca total

La materia seca total obtenida fue similar a inicios del ciclo del cultivo comprendidos entre los 42 y 77 días del trasplante para todos los tratamientos, por lo que no muestra diferencias significativas, mientras que a los 112 y 147 días, se muestran diferencias significativas entre los tratamientos, siendo los tratamientos T_1 (0-0-0) y T_2 (200-100-200) estadísticamente superiores a los tratamientos T_3 (250-150-250) y T_4 (300-200-300). Por lo tanto, la materia seca acumulada a los 147 días varió entre $41,56 \text{ kg ha}^{-1}$ del tratamiento T_3 (250-150-250) y $47,31 \text{ kg ha}^{-1}$ en el tratamiento T_1 (0-0-0) (Figura 2). Similar tendencia en las respuestas se presentaron en los ensayos realizados por Azofeifa & Moreira (2008), Arteaga (2012) y Urcia (2012) en pimiento.

Figura 1

Rendimiento de fruto fresco (t ha^{-1}) de pimiento p  rika cv. Papri King

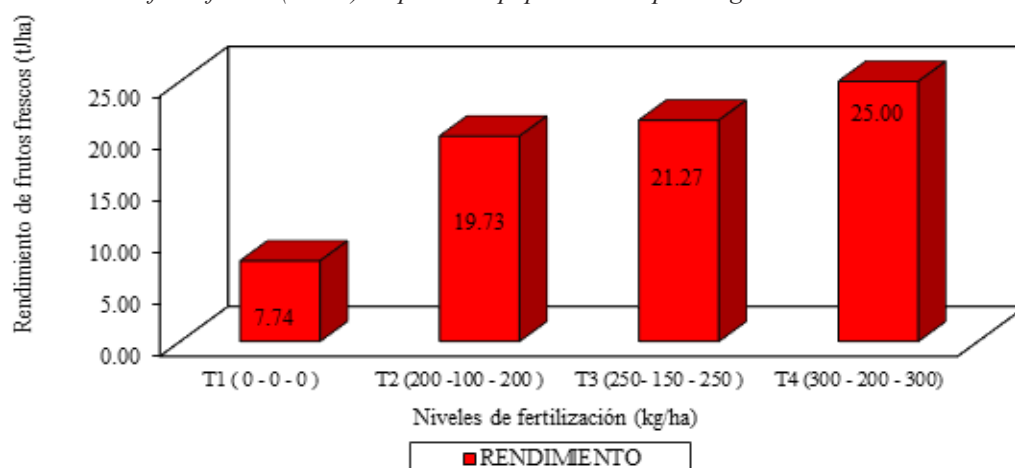
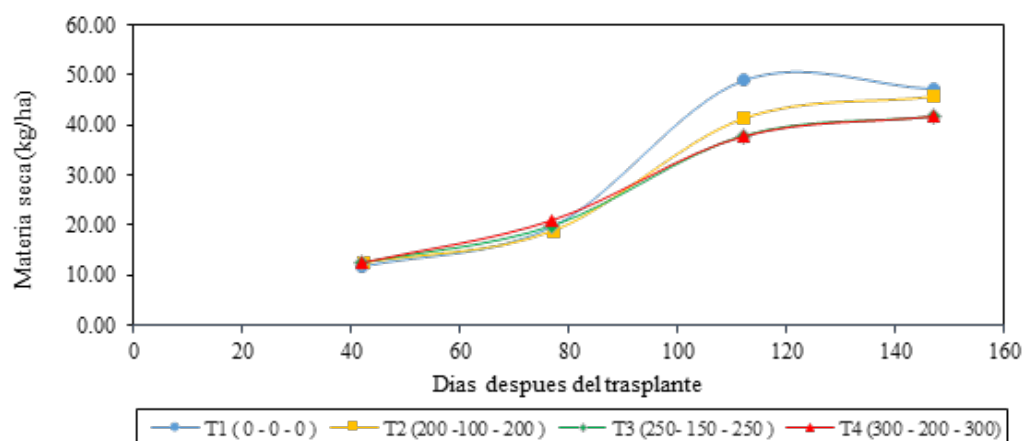


Figura 2

Materia seca total (kg ha^{-1}) en pimiento p  rika (*Capsicum annuum* L.) empleando cuatro niveles de fertilización bajo condiciones de la provincia de Barranca



Acumulación de materia seca en los diferentes órganos de la planta

En los diferentes periodos de muestreo se encontraron para las hojas su máxima acumulación de materia seca total a los 112 días, presentando diferencias significativas en los tratamientos estudiados. Los tallos no presentaron diferencias significativas en el periodo de máxima acumulación periódica de materia seca correspondiente a los 147 días como también en los tratamientos evaluados, los frutos presentaron su máxima acumulación periódica de materia seca a los 147 días; sin embargo, no

presentó diferencias significativas tanto para este periodo de muestreo como en los tratamientos estudiados, siendo similares estadísticamente (Tabla 3 y Figura 3).

Los diferentes órganos de la planta muestran que el incremento sigue una tendencia con diferente magnitud en los primeros 42 días. A partir de los 77 días y hasta los 147 días, sobre todo en las hojas y tallos, hay aparentemente similares respuestas, a diferencia de los frutos cuyos valores comprendidos entre los 77 y 147 días presentaron valores mucho más bajos con respecto a los otros órganos (hoja y tallo),

Tabla 3

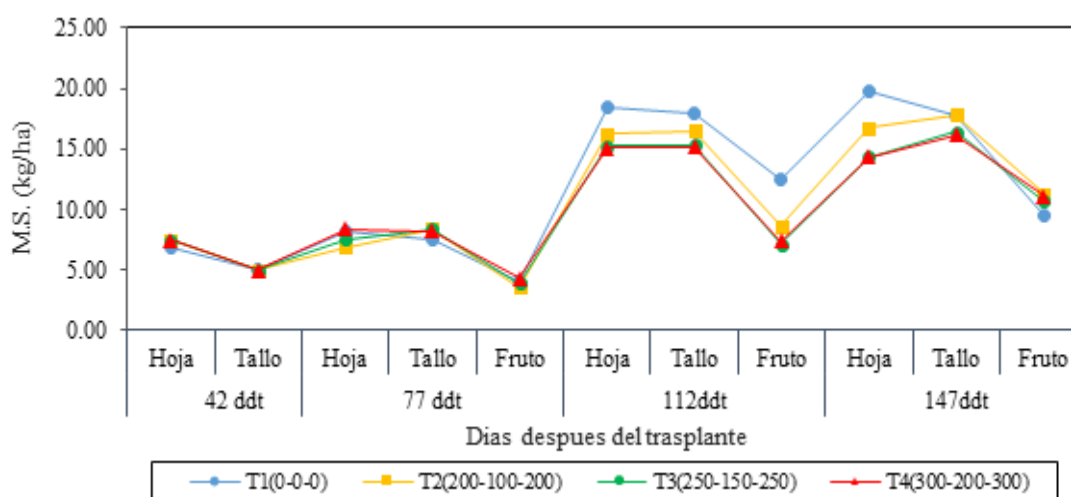
Acumulación de materia seca (kg ha^{-1}) en los diferentes órganos de pimiento páprika bajo condiciones de la provincia de Barranca

Dias	Materia seca (kg ha^{-1})										
	42		77		112			147			
Tratamiento	Hoja	Tallo	Hoja	Tallo	Fruto	Hoja	Tallo	Fruto	Hoja	Tallo	Fruto
T ₁ (0-0-0)	6,87 ^a	4,99 ^a	8,16 ^a	7,58 ^a	4,08 ^a	18,45 ^{aa}	17,97 ^a	12,57 ^a	19,85 ^a	17,87 ^a	9,59 ^a
T ₂ (200-100-200)	7,50 ^a	5,00 ^a	6,93 ^a	8,36 ^a	3,62 ^a	16,29 ^{ab}	16,47 ^{ab}	8,64 ^a	16,75 ^{ab}	17,80 ^a	11,29 ^a
T ₃ (250-150-250)	7,49 ^a	5,01 ^a	7,54 ^a	8,39 ^a	3,95 ^a	15,28 ^{ab}	15,31 ^{ab}	7,13 ^a	14,38 ^{ab}	16,46 ^a	10,72 ^a
T ₄ (300-200-300)	7,50 ^a	4,98 ^a	8,40 ^a	8,26 ^a	4,30 ^a	15,12 ^b	15,16 ^b	7,43 ^a	14,36 ^b	16,19 ^a	11,15 ^a
Promedio	7,34	5,00	7,76	8,15	3,99	16,38	16,23	8,94	16,33	17,08	10,69
C.V. (%)	8,54	0,48	18,64	15,63	16,49	10,23	7,56	28,17	10,42	5,85	10,93
P>F	NS	NS	NS	NS	NS	*	*	*	**	NS	NS

* Significación 0,05; ** Significación 0,01; No significativo NS, C.V. (%) coeficiente de variación.

Figura 3

Acumulación de materia seca (kg ha^{-1}) en los diferentes órganos pimiento páprika bajo condiciones de la provincia de Barranca



siendo estos resultados respaldados por Valentín et al. (2011). La dinámica en la producción de materia seca podría deberse a los aportes de agua y nutrientes en cada etapa del cultivo y frente a cualquier cambio, por lo tanto la variación en la acumulación de materia seca a través de los valores encontrados y su demanda difieren de la fuente y las condiciones externas probablemente hayan influenciado en estas respuestas y esto se vio reflejada para cada estado fenológico por lo que pone en evidencia que la distribución y acumulación puedan estar determinado por los procesos fisiológicos y los cambios estructurales del cultivo.

Extracción de macronutrientes

Nitrógeno

En los diferentes periodos de muestreo de los órganos de la planta y niveles de fertilización (Tabla 4), para las hojas a los 112 días fue el tratamiento T_3 (250–150–250) con 30,47 kg ha⁻¹ de N superior a los demás tratamientos estudiados, sin embargo no mostró diferencias significativas a T_2 (200–100–200) que obtuvo 28,64 kg ha⁻¹ de N y T_4 (300–200–300) con 29,71 kg ha⁻¹ de N, en contraste si presentó significancia estadística con T_1 (0–0–0) con 15,08 kg ha⁻¹ de N extraído, los tallos alcanzó

su máxima extracción a los 147 días y con el tratamiento T_4 (300–200–300) con 23,61 kg ha⁻¹ de N, siendo superior a los otros tratamientos evaluados; T_1 (0–0–0), T_2 (200–100–200) y T_3 (250–150–250) con las cantidades extraídas de 10,92, 14,53 y 19,05 kg ha⁻¹ de N, aunque sin diferencias significativas para todos los niveles de fertilización estudiados, en los frutos se logró obtener su máxima extracción a los 112 días siendo el tratamiento T_2 (200–100–200) con 83,46 kg ha⁻¹ de N extraído, mostrando similar significancia estadística con el T_3 (250–150–250) con 75,12 kg ha⁻¹ de N, sin embargo no hubo diferencias significativas en la extracción con el T_4 (300–200–300) y T_1 (0–0–0) con las cantidades extraídas de 64,41 y 45,45 kg ha⁻¹ de N respectivamente. La extracción de nitrógeno es el resultado del aumento progresivamente con la edad de la planta, alcanzando el máximo contenido a los 112 días con 188,11 kg ha⁻¹ de nitrógeno respectivamente y en el último muestreo a los 147 días, tiene una disminución ya que la planta empieza su senescencia (Figura 4). Bertsch (2003), Arteaga (2012) y Lozano & Jurado (2018), sostienen similares tendencias en las respuestas con 207,41 y 225,65 kg ha⁻¹ de nitrógeno extraído en los pimientos.

Tabla 4

Extracción de nutrientes para los tratamientos evaluados en pimiento *páprika* bajo condiciones de la provincia de Barranca

Tratamiento ¹	Rendimiento fruto seco (t ha ⁻¹)	Materia Seca (kg ha ⁻¹)	Extracción de Macronutrientes					
			N	P	K	Ca	Mg	S
T_4	25,00 ^a	112,71 ^b	282,81 ^a	31,46 ^a	376,53 ^a	21,80 ^a	57,42 ^a	68,09 ^a
T_3	21,27 ^a	111,66 ^b	253,55 ^a	29,70 ^a	337,37 ^a	202,40 ^a	54,67 ^a	67,32 ^a
T_2	19,73 ^a	118,65 ^{ab}	231,22 ^a	25,19 ^a	279,62 ^b	163,13 ^a	47,30 ^{ab}	50,82 ^a
T_1	7,74 ^b	127,98 ^a	150,04 ^b	17,93 ^a	174,46 ^c	119,57 ^a	33,66 ^b	45,43 ^a
C.V. (%)	16,71	11,46	24,55	34,45	28,82	33,61	26,45	35,10
Promedio P>F	18,43	117,75	229,46	26,07	292,05	175,78	48,29	57,97
**		*	*	NS	**	NS	*	NS

** Significación al 0,01; * significación al 0,05; NS No significativo.

¹ T_4 (300-200-300), T_3 (250-150-250), T_2 (200-100-200), T_1 (0-0-0).

Fósforo

La extracción de fósforo para las hojas alcanzaron su máxima extracción a los 147 días y con el tratamiento T_4 (300–200–300) logrando extraer 2,81 kg ha⁻¹ de P, teniendo un comportamiento estadísticamente similar con el tratamiento T_3 (250–150–250) con 2,08 kg ha⁻¹ de P, aunque mostró diferencias significativas con los tratamientos T_1 (0–0–0) y T_2 (200–100–200) que obtuvieron extracciones menores de 1,32 y 1,27 kg ha⁻¹ de P, los tallos obtuvieron su máxima extracción con el tratamiento T_4 (300–200–300) y en el último muestreo (147 días) alcanzó los 2,30 kg ha⁻¹ de P siendo superior a los demás tratamientos estudiados quienes alcanzaron para el T_1 (0–0–0) con 1,44 kg ha⁻¹ de P, el T_2 (200–100–200) con 1,92 kg ha⁻¹ de P y el T_3 (250–150–250) con 2,08 kg ha⁻¹ de P, sin embargo no mostraron diferencias significativas para los niveles de fertilización, los frutos mostraron su máxima extracción a los 112 días y fue con el tratamiento T_3 (250–150–250) con 12,44 kg ha⁻¹ de P siendo el más representativo estadísticamente con el T_4 (300–200–300) quien extrajo 12,11 kg ha⁻¹ de P en los frutos, aunque no se mostró diferencias significativas con el T_2 (200–100–200) que obtuvo 10,80 kg ha⁻¹ de fósforo, aunque sí hubo diferencias significativas con el tratamientos T_1 (0–0–0) con 6,98 kg ha⁻¹ de P extraído en comparación a los otros niveles de fertilización evaluados. Estos resultados (Figura 4) presentan similar tendencia con lo obtenido por Salazar & Juárez (2012) y las condiciones del medio que mencionan Havlin et al. (1999).

Potasio

La máxima extracción de potasio del pimiento p  rika en las hojas se obtuvo a los 147 días con el tratamiento T_4 (300–200–300) con 48,14 kg ha⁻¹ de potasio extraído y el T_3 (250–150–250) con 45,55 kg ha⁻¹ de potasio extraído, siendo los más representativos estadísticamente, mostrando diferencias significativas con el T_2 (200–100–200) que obtuvo la cantidad de 18,04 kg ha⁻¹ de potasio. Para los tallos la máxima extracción de potasio alcanzó a los 147 días con el tratamiento T_4 (300–200–300) obteniendo el valor más alto de extracción con 46,83 kg ha⁻¹ de potasio, siendo superior a los otros tratamientos estudiados T_3 (250–150–250), T_2 (200–100–

200) y T_1 (0–0–0) con las cantidades de 41,51; 26,90 y 19,93 kg ha⁻¹ de potasio extraído, en los frutos se encontró alta significación estadística en la extracción de potasio, obteniéndose a los 112 días, los tratamientos más representativos estadísticamente fueron T_3 (250–150–250) y T_4 (250–150–250) con 86,39 y 81,35 kg ha⁻¹ de potasio extraído (Tabla 4). Los   rganos de la planta de pimiento p  rika tienen un incremento en la extracción de potasio desde los 42 hasta los 112 días disminuyendo en la etapa final del cultivo. El mayor valor se presentó a los 112 días equivalente a 132,07 kg ha⁻¹, (Figura 4) valores similares obtenidos por Maroto (2002) y Salazar & Juárez (2012).

Calcio

La máxima extracción de calcio se obtuvo para las hojas a los 147 días aunque no presentaron diferencias significativas para este periodo para todos los tratamientos evaluados, por otro lado entre los niveles de fertilización si se encontraron diferencias significativas, los tallos presentaron su máxima extracción de calcio a los 147 días y se obtuvo con el tratamiento T_4 (300–200–300) con 33,67 kg ha⁻¹ de Ca extraído, siendo superior a los tratamientos T_3 (250–150–250), T_2 (200–100–200) y T_1 (0–0–0) con 31,53, 23,95 y 20,24 kg ha⁻¹ de Ca extraído, sin embargo fueron similares estadísticamente para todos los niveles de fertilización, para los frutos se obtuvo su máxima extracción de calcio a los 112 días con el tratamiento T_3 (250–150–250) con 10,42 kg ha⁻¹ de Ca, siendo superior a los demás tratamientos estudiados; T_4 (300–200–300), T_2 (200–100–200) y T_1 (0–0–0) con 7,43; 7,47 y 4,62 kg ha⁻¹ de Ca extraído, aunque no se encontraron diferencias significativas para el periodo de muestreo, sin embargo conservan similitudes estadísticas en todos los niveles de fertilización (Tabla 4). Estos resultados coinciden con los reportados por Rincón et al. (1993), esta tendencia responde a la curva de extracción en las hojas que fue creciente hasta los 147 días, donde alcanzó la máxima extracción, la acumulación de calcio en el tallo se incrementó gradualmente y de manera progresiva desde los 42 días hasta el último muestreo correspondiente a la madurez fisiológica de la planta, la extracción de los frutos presentó un valor bajo de extracción de calcio, en comparación a los otros órganos de

la planta, aunque se destacó por su incremento a partir de los 77 hasta los 112 días, etapa en que alcanzó su máxima extracción y para luego presentar un descenso en la última etapa del ciclo del cultivo (Figura 4).

Magnesio

La extracción de magnesio se obtuvo para las hojas a los 147 días mostrando una alta diferencia significativa para este periodo de muestreo siendo el tratamiento T_3 (250–150–250) con 11,87 kg ha⁻¹ de Mg extraído y el T_4 (300–200–300) con 11,85 kg ha⁻¹ de Mg extraído, siendo los más representativos estadísticamente, aunque no presentaron diferencias significativas, sin embargo hubo diferencias significativas con el T_2 (200–100–200) y T_1 (0–0–0) con valores mucho menores de 5,76 y 5,58 kg ha⁻¹ de Mg extraído con respecto a los demás tratamientos estudiados, los tallos presentaron la máxima extracción a los 147 días no encontrando diferencias significativas para este periodo de muestreo, sin embargo mostró similar respuestas estadísticas para todos los tratamientos estudiados, siendo el T_4 (300–200–300) con 11,92 kg ha⁻¹ de Mg superior en la extracción en los tallos con respecto a los T_3 (250–150–250), T_2 (200–100–200) y T_1 (0–0–0) quienes obtuvieron las extracciones de 10,47; 9,21 y 8,82 kg ha⁻¹ de Mg, los frutos presentaron su máxima extracción a los 112 días presentando alta significación estadística para este periodo de muestreo siendo los tratamientos T_3 (250–150–250) y el T_4 (300–200–300) los más representativos estadísticamente con valores extraídos de 6,37 y 5,55 kg ha⁻¹ de Mg, aunque T_2 (200–100–200) con 4,95 kg ha⁻¹ de Mg extraído presentó similar respuesta, sin embargo hubo diferencias significativas con T_1 (0–0–0) que fue la menor cantidad de 3,18 kg ha⁻¹ de Mg extraído en los frutos con respecto a los otros niveles de fertilización. La extracción total de magnesio a lo largo del ciclo del cultivo se obtuvo a los 147 días. Se puede observar que la extracción aumenta a partir de los 42 días y continúa conforme transcurre el ciclo de la planta. Las curvas demuestran que existe una misma tendencia aunque en diferente grado, en particular la extracción en el fruto al final del ciclo disminuye (Figura 5). La mayor cantidad de magnesio extraído se presentó a los 147

días equivalente a 20,35 kg ha⁻¹; sin embargo, Azofeifa & Moreira (2008), Arteaga (2012) y Salazar & Juárez (2012) obtuvieron valores de 7,3; 13,0 y 12,25 kg ha⁻¹ de extracción de magnesio, siendo muy bajos las cantidades de magnesio extraído en pimientos.

Azufre

La extracción de azufre en los diferentes niveles de fertilización y periodos de muestreo (Tabla 4), alcanzó la máxima extracción para las hojas a los 147 días, aunque no se encontró diferencias significativas para el periodo de máxima extracción de azufre pero si existió similar respuestas estadística para los tratamientos estudiados, siendo superior en cuanto a la extracción de azufre en las hojas el T_4 (300–200–300) con 16,22 kg ha⁻¹ en comparación a los otros tratamientos, los tallos presentaron la máxima extracción de azufre a los 147 días, en este periodo de muestreo no hubo diferencias significativas, sin embargo hubo respuestas estadísticamente similares para todos los tratamientos evaluados, siendo el T_4 (300–200–300) con 13,59 kg ha⁻¹ de azufre, superior a los tratamientos T_3 (250–150–250), T_1 (0–0–0) y T_2 (200–100–200) con 11,72; 9,65 y 9,35 kg ha⁻¹ de azufre extraído en los tallos, los frutos no presentaron diferencias significativas en su máxima extracción de azufre (112 días); sin embargo, mostró similar significancia estadística para todos los tratamientos estudiados, siendo superior en la extracción de azufre en los frutos el T_3 (250–150–250) con 11,53 kg ha⁻¹, con respecto a los otros tratamientos T_4 (300–200–300), T_2 (200–100–200) y T_1 (0–0–0) con 8,78; 8,39 y 6,10 kg ha⁻¹, respectivamente.

Las curvas de extracción en todos los órganos demuestran que existe una misma tendencia, aunque en diferente grado, excepto los frutos que es el órgano que se extrae en menor cantidad en la última etapa del periodo fenológico. La extracción total de azufre alcanzó el mayor incremento hasta el último periodo del ciclo de la planta correspondiente a los 147 días, siendo la máxima cantidad absorbida de 25,88 kg ha⁻¹ de azufre (Figura 5), estos valores son superiores a los encontrados por Azofeifa & Moreira (2008) y Arteaga (2012).

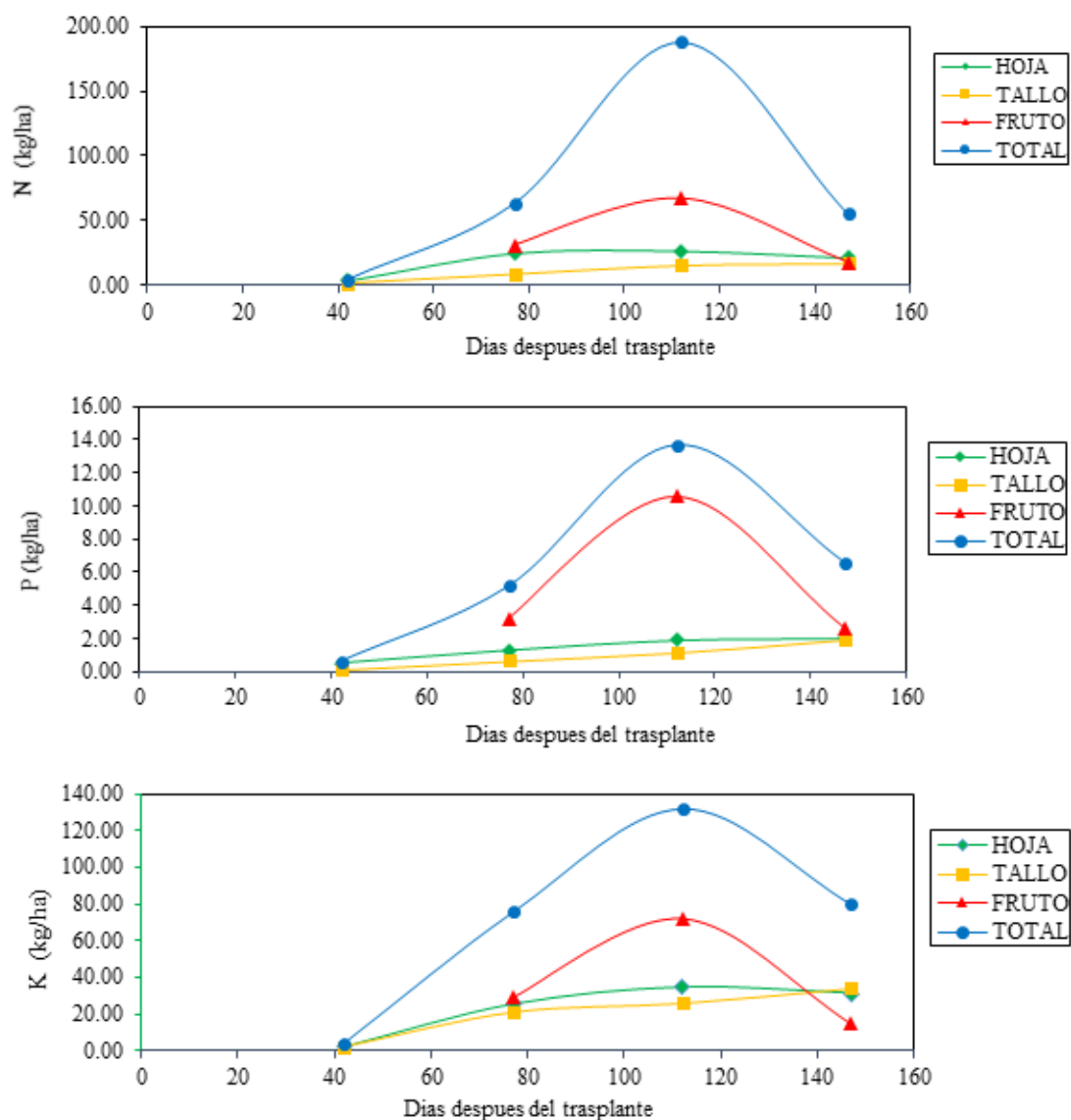
Extracción total de Macronutrientes

La extracción total de los macronutrientes (Tabla 4) se aprecia que el elemento con mayor extracción es el potasio, seguidos por nitrógeno, calcio, azufre, magnesio y fósforo, estas extracciones son obtenidas para una producción individual de cada tratamiento. Resultados similares son reportados por Maroto (2002), Salazar & Juárez (2012) y Romero et al. (2017). Los resultados de las distintas acciones que existe en el suelo y de las respuestas de la

planta de pimiento páprika y que las curvas de respuestas de los macronutrientes se encuentran influenciados por factores externos e internos de intensidad y capacidad de los iones en la soluci3n suelo y que a través de estas condiciones que poseen los elementos minerales probablemente disponibles como medio fuente por lo que, puedan haber determinado la demanda de la planta y que de alguna forma favoreci3 en la capacidad de extracci3n y acumulaci3n de los nutrientes sobre los distintos 3rganos de la planta en las distintas etapas del ciclo del cultivo.

Figura 4

Extracci3n del nitr3geno, f3sforo, potasio y calcio en los diferentes 3rganos de la planta (kg ha^{-1}) de páprika cv. Papri King en la provincia de Barranca



Extracción de macronutrientes en pimiento Paprika

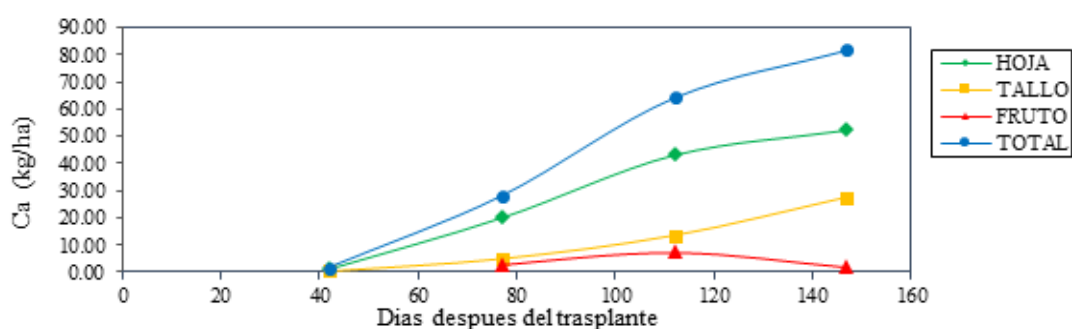
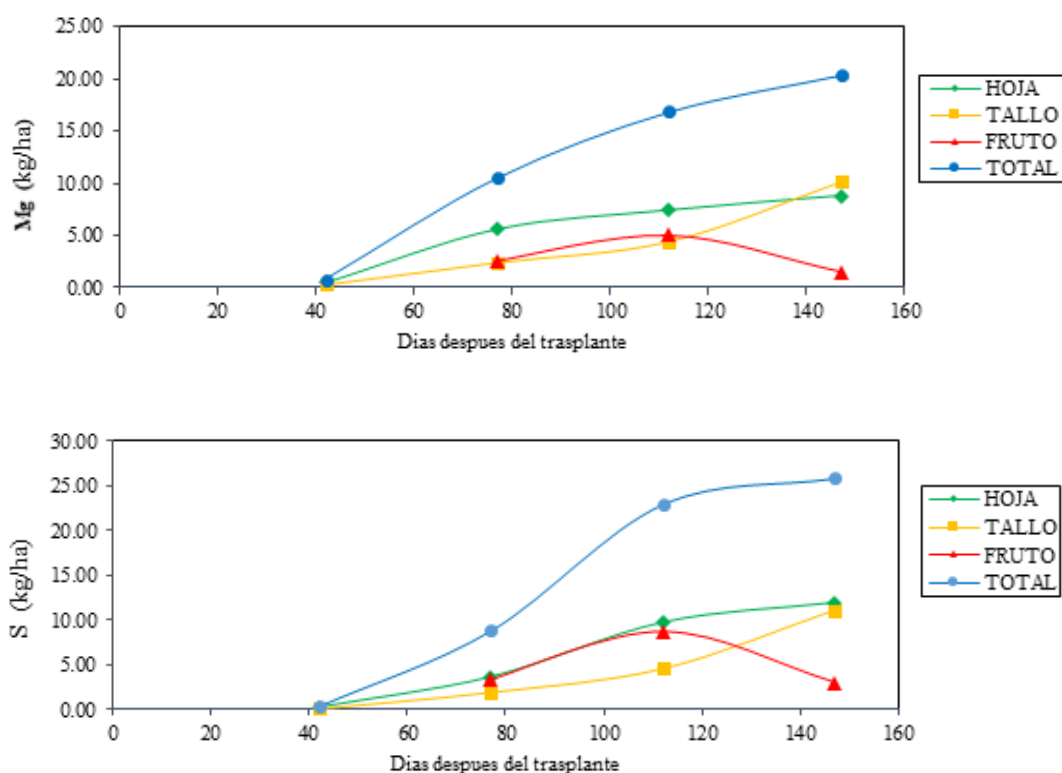


Figura 5

Extracción de magnesio y azufre en los diferentes órganos de la planta (kg ha^{-1}) de pimiento páprika cv. Papri King bajo condiciones de la provincia de Barranca



Conclusions

Para las condiciones agroecológicas de Barranca, se establece que la máxima respuesta a la extracción de macronutrientes, resultó ser con el tratamiento T_4 ($300\text{N}-200\text{P}_2\text{O}_5-300\text{K}_2\text{O}$) kg ha^{-1} ; los niveles de fertilización presentaron efectos variables en los diferentes órganos de la planta e influyó en las respuestas favorables a los suministros, disponibilidad y extracción del potasio y n  tr  geno, asimismo hubo un efecto leve depresivo en la extracción del fósforo,

además que las plantas lograron movilizar cantidades notables de calcio y azufre existente en el medio. Sin embargo, con magnesio no hubo efecto sobre la extracción.

La mayor respuesta a los rendimientos de frutos frescos de pimiento Papri King se alcanzó con el tratamiento T_4 ($300-200-300 \text{ kg ha}^{-1}$ de $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$) con 25 t ha^{-1} . En general, la variación en el contenido de nutrientes y su extracción en los distintos órganos de la planta de pimiento Papri King no se relaciona con la cantidad requerida para los procesos fisiológicos

y cubrir las necesidades en este cultivar, por lo que el aporte de los fertilizantes dentro de un plan de fertilización constituye en un elemento indispensable para el conjunto de procesos demandados por el cultivo.

Referencias

- Álvarez, R.; Rubio, G.; Álvarez, C.; Lavado, R. (2012). *Fertilidad de suelos: Caracterización y manejo en la región Pampeana*. UBA Agronomía-Argentina.
- Arteaga, A. (2012). *Determinación de la curva de extracción y de la hoja a muestrear para análisis de macronutrientes en pimiento (Capsicum annuum L.)*. [tesis de maestría, no publicada, Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Azofeifa, A. & Moreira, M. (2008). Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile Jalapeño (*Capsicum annuum* L.). *Agronomía Costarricense*, 32 (1): 19-29. <https://www.redalyc.org/pdf/436/43632104.pdf>
- Bazán, R. (1996). *Manual para análisis químico de suelos, aguas y plantas*. FDA-Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Bertsch, F. (2003). Absorción de nutrimentos por los cultivos. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo (ACCS).
- Echevarría, H.; García, F. (2003). *Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos*. INPOFOS-INTA Balcarce.
- Havlin, J.; Beatón, J.; Tisdale, S.; Nelson, W. (1999). *Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management*. Prentice Hall Inc.
- Juárez, M. & Sanchez, J. (1996). *Fósforo en agricultura*. Universidad de Alicante.
- Lázaro, W. (2008). *Producción y calidad de tres cultivares de pimiento paprika (Capsicum annuum L.) bajo diferentes niveles de potasio en el valle de Chancay*. [tesis de maestría, no publicada, Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Lozano, F. & Jurado, B. (2018). *Gestión de cultivos*. Editorial Síntesis S.A.
- Maroto, J. (2002). *Horticultura Herbácea Especial*. Mundi-Prensa SA.
- Marschner, P. (2012). *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press, Elsevier.
- Mengel, K.; Kirby, E. (2001). *Principles of plant nutrition*. Kluwer Academic Publishers Science Business.
- Rincón, L.; Sáenz, J.; Balsalobre, E.; Pellicer, M. (1993). Nutrición del pimiento grueso de invernadero. *Hortofruticultura*, 5(1), 37-41.
- Romero, M.; Puentes, Y. & Menjivar, J. (2017). Extracción de nutrientes minerales en hojas y frutos de ají (*Capsicum* sp.) y su influencia en el rendimiento. *Revista Colombiana de ciencias hortícolas*, 11(1), 114-121. <https://doi.org/10.17584/rcch.2017v11i1.5809>
- Salazar, F.; Juárez, P. (2012). Requerimiento macronutricional en plantas de chile (*Capsicum annuum* L.). *Revista Biociencias Xalisco*, 2(2), 27-34. <http://aramara.uan.mx:8080/handle/123456789/724>
- Taiz, L. & Zeiger, E. (2006). *Fisiología vegetal*. Universitat Jaume I Publicacions.
- Tesillo, E. (2012). *Evaluación de diez cultivares de pimiento paprika (Capsicum annuum L.) bajo las condiciones del valle de Casma*. [tesis de pregrado, no publicada, Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Urcia, P. (2012). *Extracción de micronutrientes en dos cultivares de pimiento (Capsicum annuum L.) bajo las condiciones del valle de Casma*. [tesis de maestría, no publicada, Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Valentín, M., Castro-Brindis, R., Rodríguez-Pérez, J. & Pérez-Gruajales, M. (2011). Extracción de Macronutrientes del chile de agua (*Capsicum annuum* L.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 19 (4), 71-78, <http://www.scielo.org.mx/pdf/rcsh/v19n4/v19n4a6.pdf>
- Valerio, R. (2016). *Efecto de la concentración de ácido giberélico en el crecimiento y rendimiento de tres cultivares de pimiento paprika (Capsicum annuum L.)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional UNALM. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2686/F04-V3467-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>