



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

Sede Santo Domingo

FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E INDUSTRIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Informe del trabajo experimental para la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

**CURVAS DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES EN EL CULTIVO DE PIMIENTO
(*Capsicum annuum*) DE LA VARIEDAD NATHALIE**

Autor

RUBÉN DARÍO HERNÁNDEZ NÚÑEZ

Director

Ing. RODRIGO ALBERTO SAQUICELA ROJAS, MsC.

Santo Domingo de los Tsáchilas – Ecuador

Diciembre – 2017

CURVAS DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES EN EL CULTIVO DE PIMIENTO
(*Capsicum annuum*) DE LA VARIEDAD NATHALIE.

Ing. Rodrigo Saquicela, *MSc.*

DIRECTOR(A)

APROBADO

Dr. Marco Acosta, *MSc.*

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Wilson Rivas, *MSc.*

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. José Luis Cedeño, *MSc.*

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Santo Domingo, de de 2017

Autor: **RUBÉN DARÍO HERNÁNDEZ NÚÑEZ**

Institución: **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

Título: **CURVAS DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES EN EL
CULTIVO DE PIMIENTO (*Capsicum annuum*) DE LA
VARIEDAD NATHALIE.**

Fecha: **DICIEMBRE, 2017**

El contenido del presente trabajo está bajo la responsabilidad del autor y no ha sido plagiado.



Rubén Darío Hernández Núñez
C.I. 1724277882

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
Sede Santo Domingo

INFORME DEL DIRECTOR

Santo Domingo, 30 de noviembre del 2017

Señor Doctor
Marco Acosta Jácome
**COORDINADOR DE LA CARRERA
DE INGENIERÍA AGROPECUARIA UTE SD**
Presente.-

Señor Coordinador:

Mediante la presente tengo a bien informar que el trabajo investigativo realizado por el estudiante *RUBÉN DARÍO HERNÁNDEZ NÚÑEZ*, cuyo título es *“CURVAS DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES EN EL CULTIVO DE PIMIENTO (*Capsicum annuum*) DE LA VARIEDAD NATHALIE”*; ha sido elaborado bajo mi supervisión y revisado en todas sus partes, *el mismo que no ha sido plagiado* por lo cual autorizo su respectiva presentación.

Particular que informo para fines pertinentes.

Cordialmente,



Ing. Rodrigo Saquicela, MsC.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Dedicatoria

Si estuvieras libre de todo temor, sabes lo que ocurriría. Harías exactamente lo que quieres hacer.

J. Kristinamurti.

Exactamente esta frase es el vivo sentir de las personas que sentimos la tierra, el campo, el aire, las plantas como nuestro elemento. Es por ello que dedico este trabajo a las personas que algún día con su sudor con su esfuerzo con su abnegación, con su amor, humildad y sencillez me enseñaron que el trabajo menos reconocido por la sociedad es quizás el más importante y el único cuya paga no necesariamente debe ser monetaria ya que el llevarse y brindar con alguien un bocado producido por nuestras manos es la mayor paga posible. Gracias abuelitos, Padres y Maestros por llevarme por este camino.

Agradecimiento

Si estuvieras libre de todo temor, sabes lo que ocurriría. Harías exactamente lo que quieres hacer.

J. Kristinamurti.

Un agradecimiento primordial a mis padres que en todo momento tendieron su mano para levantarme, su apoyo fue incondicional, gracias por todas esas veces que entre risas no querían saber nada de mis locuras y experimentos, pero al mismo tiempo esas risas luego se transformaban en orgullo si cumplía satisfactoriamente lo que me proponía o ánimo si fallaba.

También un agradecimiento importante para que dar nombres a todos los maestros que tuve en mi vida si no se puede negar que, a pesar de existir diferencias con ellos, siempre habrá algo que estos dejen en nuestra vida y todos esos aportes nos permiten alcanzar metas como estas.

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO**PROYECTO DE TITULACIÓN**

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1724277882
APELLIDO Y NOMBRES:	Rubén Darío Hernández Núñez
DIRECCIÓN:	Urb. Santa Rosa
EMAIL:	ruben21_hernandez @live.com
TELÉFONO FIJO:	2745229
TELÉFONO MOVIL:	0996706348

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Curvas de absorción de nutrientes en el cultivo de pimiento (<i>Capsicum annuum</i>) de la variedad Nathalie
AUTOR O AUTORES:	Rubén Darío Hernández Núñez
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Diciembre 2017
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Ing. Rodrigo Saquicela, <i>MSc.</i>
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO AGROPECUARIO
RESUMEN: Máximo 250 palabras	El desconocimiento del balance nutricional del cultivo de pimiento conlleva a una merma severa del potencial productivo del mismo. El objetivo fue generar herramientas para combatir dicho desconocimiento, por ello se realizó el cálculo de las curvas de absorción de nutrientes para este cultivo, variedad Nathalie a lo largo de su ciclo fisiológico, complementándolo con un plan de dosificación acoplado a las necesidades reales. Para ello se estableció una gran parcela con 480 plantas donde cada fase fenológica en estudio disponga de tres repeticiones o parcelas. Se analizó el

	<p>contenido de macro y micronutrientes de los órganos de importancia de cada una de las 5 fases de campo y de una fase previa al trasplante, el peso seco de los órganos muestreados se multiplicó por la concentración hallada y así se obtuvo la cantidad de nutrientes absorbido por las fases y órganos. La mayor exportación la llevaron a cabo el N y el K con 29,55 y 29,49 kg ha⁻¹ respectivamente, a la par en micronutrientes tenemos al Fe y Mn con 159,19 y 90,22 g ha⁻¹. Los órganos de mayor producción de MS y exportación de nutrientes son las hojas 194,340 kg MS ha⁻¹. En la fase fenológica de maduración se debe suplir todos los nutrientes en grandes cantidades con excepción del B. Los principales puntos de translocación se evidencian en fase de Séptima Hoja donde se movilizaron el K, Ca y Mg desde sus raíces y en la fase de maduración donde el B dejó las hojas.</p>
PALABRAS CLAVES:	<p>Materia Seca (MS), exportación de nutrientes, nutrientes, translocación, concentración porcentual, fase fenológica, pimiento, variedad.</p>
ABSTRACT:	<p>The lack of knowledge of the nutritional balance of the pepper crop leads to a severe decrease in this potential production. The objective in this work was to generate tools to fight against this ignorance, so the calculation of the nutrient absorption curves for this crop in the Nathalie variety throughout its physiological cycle, was carried out and it was complemented with a plan of Dosage adapted to real needs. For this purpose, a large plot with 480 plants was established where each phase phenological in study has three repetitions or plots. It was analyzed the macro and micronutrient content of the organs of importance of each of the 5 phases of field and a phase prior to transplantation, the dry weight of the sampled organs was multiplied by the concentration found and so the amount of nutrients was obtained sucked by phases and organs.</p>

	<p>The largest export was carried out by the N and the K with 29,55 and 29,49 Kg ha⁻¹ respectively and at the same time in micronutrients we have to Fe and Mn with 159,19 and 90,22 g ha⁻¹. the organs with the highest production of MS and export of nutrients are the leaves 194,340 Kg dm ha⁻¹. In the phenological phase of maturation, all the nutrients must be supplied in large quantities except for B. The main translocation points are shown in the seventh leaf phase where the K, Ca and Mg were mobilized from their roots and in the maturation phase where the B left the leaves.</p>
KEYWORDS	<p>Dry matter (MS), nutrient exportation, nutrients, translocation, percentage concentration, phenological phase, pepper, variety.</p>

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.



RUBÉN DARÍO HERNÁNDEZ NÚÑEZ
C.I. 1724277882

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **RUBÉN DARÍO HERNÁNDEZ NÚÑEZ**, CI. 1724277228 autor del proyecto titulado: **Curvas de absorción de nutrientes en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*) de la variedad Nathalie** previo a la obtención del título de **INGENIERO AGROPECUARIO** en la Universidad Tecnológica Equinoccial.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad Tecnológica Equinoccial a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Santo Domingo, 04 de diciembre de 2017



RUBÉN DARÍO HERNÁNDEZ NÚÑEZ
C.I. 1724277228

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido	Pág.
Portada	I
Ssutentación y aprobación de los integrantes del tribunal.....	II
Responsabilidad del autor.....	III
Informe del director	IV
Dedicatoria.....	V
Agradecimiento	VI
Formulario de registro bibliográfico	VII
Declaración y autorización.....	X
Índice de contenido.....	XI
Índice de tablas	XII
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MATERIALES Y MÉTODOS	3
2.1. Sitio del estudio	3
2.2. Diseño del experimento	3
2.3. Medición de variables.....	4
2.4. Análisis estadístico	6
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	7
3.1. Macronutrientes	7
3.2. Micronutrientes.....	14
3.3. Materia Seca	19
3.4. Fases Fenológicas	30
3.5. Plan de Fertilización	41
IV. CONCLUSIONES.....	43
V. REFERENCIAS	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Dosificación de macronutrientes utilizados en la investigación de curvas de absorción de nutrientes en (<i>Capsicum annuum</i>) variedad Nathalie en Santo Domingo, Ecuador y su distribución porcentual a través de la fenología del cultivo.....	5
Tabla 2.	Órganos a muestrearse por etapa fenológica en el cultivo de pimiento variedad Nathalie (Yzarra y López, sf).	5
Tabla 3.	Promedios \pm error estándar ($n = 3$) de la exportación de macronutrientes (kg ha^{-1}) de la variedad Nathalie de (<i>Capsicum annuum</i>) a lo largo de su ciclo fenológico en Santo Domingo, Ecuador.	20
Tabla 4.	Promedios \pm error estándar ($n = 3$) de la exportación de micronutrientes (g ha^{-1}) y producción de materia seca total (kg ha^{-1}) de la variedad Nathalie de (<i>Capsicum annuum</i>) a lo largo de su ciclo fenológico en Santo Domingo, Ecuador.....	22
Tabla 5.	Movimientos de macronutrientes (kg ha^{-1}) de los diversos órganos dentro de las plantas de la variedad Nathalie (<i>Capsicum annuum</i>) y producción de materia seca total (kg ha^{-1}) por órganos en Santo Domingo, Ecuador.	24
Tabla 6.	Movimientos de micronutrientes (g ha^{-1}) de los diversos órganos dentro de las plantas de la variedad Nathalie (<i>Capsicum annuum</i>) en Santo Domingo, Ecuador.....	26
Tabla 7.	Exportación total de macronutrientes (kg ha^{-1}) de los órganos, requerimiento para la producción integral de 1 t de fruto kg t^{-1} (4415 plantas) y constitución porcentual en MS de órganos por macronutrientes	28
Tabla 8.	Exportación total de micronutrientes (g ha^{-1}) de los órganos, requerimiento para la producción integral de 1 t de fruto (g t^{-1}) (4415 plantas) y constitución porcentual en MS de órganos por micronutrientes.....	29
Tabla 9.	Concentración de Macronutrientes (%) de fases fenológicas y órganos de (<i>Capsicum annuum</i>) variedad Nathalie en Santo Domingo, Ecuador.	35
Tabla 10.	Concentración de Micronutrientes (ppm) de fases fenológicas y órganos de (<i>Capsicum annuum</i>) variedad Nathalie y la acumulación Ms por fase (Kg ha^{-1}).....	36

Tabla 11.	Observaciones fenológicas realizadas a (<i>Capsicum annuum</i>) variedad Nathalie para determinar los momentos de recolección de muestras.....	37
Tabla 12.	Distribución porcentual de la exportación total de macronutrientes en las distintas fases fenológicas e equivalencia de las mismas (kg ha ⁻¹) de (<i>Capsicum annuum</i>) variedad Nathalie, en Santo Domingo, Ecuador.....	38
Tabla 13.	Distribución porcentual de la exportación total de micronutrientes en las distintas fases fenológicas e equivalencia de las mismas (g ha ⁻¹) de (<i>Capsicum annuum</i>) variedad Nathalie, en Santo Domingo, Ecuador.	38
Tabla 14.	Requerimiento de macronutrientes (kg), Dosis recomendada (kg) de los mismos y moléculas comerciales que los contengan y que se acoplen al requerimiento de producción de 1 t de pimientos total y solo de frutos de la variedad Nathalie.....	39
Tabla 15.	Distribución porcentual a través de la fenología de las cantidades de macronutrientes a aplicarse para producir una tonelada total de pimiento variedad Nathalie, utilizando moléculas comerciales, en Santo Domingo, Ecuador.....	39
Tabla 16.	Dosis de fertilizantes recomendados (kg) para la producción de 1 t total de (<i>Capsicum annuum</i>) variedad Nathalie en Santo Domingo Ecuador, distribuidos a través de la fenología del cultivo.	40
Tabla 17.-	Requerimiento de micronutrientes (g) y moléculas comerciales (ml) que los contengan y se acoplen al requerimiento de producción de 1 t de pimientos total y solo de frutos de la variedad Nathalie, en Santo Domingo, Ecuador..	40
Tabla 18.	Dosis de fertilizantes recomendados (ml) para la producción de 1 t total de (<i>Capsicum annuum</i>) variedad Nathalie en Santo Domingo Ecuador, distribuidos a través de la fenología del cultivo.	41

I. INTRODUCCIÓN

Un correcto plan de fertilización del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*) puede significar el suministro de todos los nutrientes esenciales en proporciones balanceadas y a dosificaciones adecuadas siguiendo la curva de crecimiento del mismo para maximizar su rendimiento potencial. El balance de los nutrientes en los diferentes tejidos en cada fase fenológica es un factor preponderante para poder evidenciar el potencial de esta especie principalmente en producción y calidad, además de otros factores que sustentan su acción en una correcta nutrición.

Hidalgo (2015) informa que en Ecuador hay 1148 ha en producción de esta solanácea, con una producción nacional de 5517 t y un rendimiento promedio de 4,8 t ha⁻¹. Este rendimiento registrado puede considerarse bajo con respecto a los reseñados por los países de la región. Estos índices productivos bajos se deben a la utilización de variedades poco productivas, ineficiente distribución geográfica y climática del germoplasma de esta especie, manejo empírico del cultivo sin adopción de herramientas tecnológicas y la falta de programas balanceados de fertilización para este cultivo para sus diversas variedades y para las regiones que garantizan la explotación sustentable de esta especie.

Agroes (sf) evidencia los siguientes requerimientos nutricionales para producir pimiento con un rendimiento base de 60 t ha⁻¹: nitrógeno 180 a 270 kg ha⁻¹, fósforo de 70 a 100 kg ha⁻¹ y potasio de 330 a 360 kg ha⁻¹. En cambio, las exportaciones para los mismos macronutrientes son: nitrógeno de 110 a 160 kg ha⁻¹, fósforo de 35 a 60 kg ha⁻¹ y potasio de 180 a 220 kg ha⁻¹ valores que varían según el tipo de siembra y la variedad.

Berrios, Arredondo y Tjalling (2007) detallan que el desequilibrio o desconocimiento del balance nutricional del cultivo de pimiento conllevan una merma severa en el potencial productivo de la planta. Estos desequilibrios deben su apareamiento usualmente a malos cálculos en la dosificación de los nutrientes de interés fisiológico pudiendo excederse o rebajarse en dichas dosis.

Bertsch (2003) señala que el estudio y trazado de las curvas de absorción de nutrientes de impacto productivo de un cultivo se constituyen en el método más completo para afinar las dosis ha registrase dentro de un programa nutricional para los cultivos que satisfaga las

necesidades y maximice las producciones. Buscándose en esta investigación aplicar a la perfección el método antes descrito y conseguir resultados que permitan trascender positivamente a los productos de pimiento de nuestra región. El cultivo de pimiento genera mucha rentabilidad cuando es manejado de manera integral y responsable en todas sus fases fenológicas, es necesario aportar mediante la investigación herramientas prácticas y modernas que mejoren considerablemente la producción y mejoren el manejo de los cultivos. El no elaborar un programa adecuado de nutrición del cultivo de pimiento provoca los bajos rendimientos por hectárea de este producto hortícola, además de la baja calidad y problemas con la producción obtenida, es así que se desmotiva el impulso de este cultivo en la región y hace que se encarezca el producto en la región ya que la producción local no abastece nuestro mercado.

Bertsch (2005) indica que la información que se genera con estas investigaciones es la cantidad de nutrientes de interés fisiológico que son absorbidas por la planta a lo largo de su ciclo fenológico, esto se consigue cuantificando por diagnósticos de laboratorio la cantidad de cada elemento sea puro o en molécula que necesitara cálculos para expresarse como puro depositada en los diversos órganos y tejidos de la planta en cada etapa fisiológica, para finalmente relacionar la absorción de nutrientes obtenida con la producción y rendimiento del cultivo. Basándonos en la información obtenida a través de las curvas de absorción de nutrientes que son la mejor herramienta de recolección de información, es posible generar un compendio nutricional del cultivo de pimiento para la variedad Nathalie que responda satisfactoriamente a las necesidades de este en todas sus fases fenológicas en nuestra región y permita dar un impulso al mismo.

Por tanto, el objetivo preponderante de esta investigación es trazar las curvas de absorción de nutrientes de interés fisiológico para el cultivo de pimiento variedad Nathalie a lo largo de su ciclo fisiológico, y a partir de estos resultados encausarnos en otras actividades complementarias que podrían ser el cálculo de dosis óptimas que aporten a la maximización productiva del cultivo. La identificación de ciertos fenómenos en cuanto al accionar de los nutrientes suministrados en nuestra investigación como pueden ser la translocación y reciclaje. Finalmente se pretende con este trabajo realizar recomendaciones puntuales en cuanto al manejo nutricional del cultivo mencionado en la región en base a las experiencias obtenidas en este trabajo.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Sitio del estudio

El experimento vio luz en el cantón Santo Domingo de los Colorados, Ecuador. Específicamente en la parroquia rural de San José de Alluriquín, recinto Piso Tanti. La zona matriz de esta investigación tiene una altitud promedio de 739 msnm, una sensación térmica correspondiente a un rango de entre 19 °C y 23 °C, el experimento se realizó entre el final de la época lluviosa e inicio de la temporada seca (mayo-julio). La zona de vida del sector está clasificada como Bosque Húmedo Tropical (Jiménez, 1980). El suelo empleado puede ser caracterizado como un Andisol de textura franca arenosa con las siguientes propiedades químicas: pH, 5,55; materia orgánica, 3,86 %; Ca, 8,21 cmol(+) kg⁻¹; Mg, 1,23 cmol(+) kg⁻¹; K, 0,17 cmol(+) kg⁻¹ ; suma de bases, 9,61 cmol(+) kg⁻¹; N, 37,38 mg kg⁻¹ ; P, 9,92 mg kg⁻¹; S, 28,31 mg kg⁻¹ (medio); Fe, 146 mg kg⁻¹ (alto); Zn, 16,20 mg kg⁻¹; Mn, 38,60 mg kg⁻¹ ; Cu, 4,40 mg kg⁻¹ y B, 0,50 mg kg⁻¹.

2.2. Diseño del experimento

El ensayo se realizó en una propiedad cuya extensión asciende a 16 ha, de las cuales cerca del 85% se dedican a la actividad ganadera y el área restante a la actividad agrícola, el agua de riego se obtuvo de una vertiente propia de la finca destacándose como un agua medianamente dura, aunque al coincidir las fechas con cierta parte de la época lluviosa el riego estuvo supeditado a la manifestación e incidencia milimétrica de las precipitaciones y a los requerimientos hídricos del cultivo. El área fue preparada en el mes de abril donde se realizaron actividades de acondicionamiento del terreno y cercado del mismo para evitar la invasión de animales domésticos existentes en el predio, previamente se realizó un análisis de suelo del espacio destinado a la investigación en el mes de enero donde pudimos determinar las características del suelo y en base a eso realizar los cálculos posteriores en cuanto a la nutrición de nuestro cultivo.

El proyecto de elaboración de curvas de absorción de nutrientes del cultivo de pimiento variedad Nathalie se manejó en un área de (15 x 21,5) m, resultándonos un área total de 322,5 m² la cual incluye 112,5 m² de bordes y cercado, el área neta de cultivo fue de 210 m² la cual se subdividió en 15 parcelas de (4 x 3,5) m, resultando parcelas de 14m², cada una de estas parcelas represento una fase fenológica así tuvimos tres parcelas por fase que

se distribuyeron al azar en el sitio. Trabajamos con 3 repeticiones por cada una de las 5 fases fenológicas principales del cultivo para hallar valor estadístico (Bertsch, 2003). Existió una separación de 1 m entre parcelas, las plantas fueron trasplantadas a una densidad de siembra de 1m entre surcos por 0,50 m entre plantas (32 plantas por parcela). Cabe destacar que se muestreo una fase inicial, analizándose las plantas al llegar es decir sin haber sido trasplantadas aún de esta manera obtuvimos el punto origen de nuestras curvas.

El cultivo se estableció en todas las parcelas con plantas de una edad similar de vivero alrededor de entre 25 y 30 días, al momento de su implementación en el campo se estableció una nueva edad de 0 días. Para ingresar al campo las plantas cumplieron una evaluación visual debieron tener una altura promedio de entre 12 a 15 cm y la presencia mínima de 4 hojas verdaderas y una apariencia sana que se tradujo en una buena respuesta inmunológica a posibles problemas fisiolo-patogénicos en campo (CEDEPAS, 2003).

Tras estas operaciones de establecimiento el cultivo se manejó en base a un paquete tecnológico que incluyo manejo fitosanitario representado por aplicaciones de agentes fúngicos como Carbendazin y Propineb, agentes insecticidas como Benfucarb y Cipermetrina. Como labores agrícolas se realizaron chapeas periódicas, aporques, podas y en especial el manejo del tutorado que se realizó en la fase de botón floral. El trabajo más importante aparte del muestro fue la fertilización periódica del cultivo basados en un programa balanceado y los cálculos realizados así se dosifico de la siguiente manera: Se realizó un cálculo de los requerimientos de macro y micronutrientes basándonos en la cantidad que tenía el suelo y las exportaciones para 100t de rendimiento descritas por (Berrios, et al 2007), así tenemos los siguientes requerimientos para 480 plantas (Tabla 1).

2.3. Medición de variables

Se eligió por muestreo sistemático el número de plantas pertinentes descartando las de los bordes que en conjunto permitieran reunir 5g de materia seca por órgano para que el laboratorio realice los análisis. Se muestreo 3 parcelas por cada fase de las cuales se sacrificaron un número de plantas en promedio de 12 por parcela muestrearemos los siguientes órganos (Tabla 2).

Tabla 1. Dosificación de macronutrientes utilizados en la investigación de curvas de absorción de nutrientes en (*Capsicum annuum*) variedad Nathalie en Santo Domingo, Ecuador y su distribución porcentual a través de la fenología del cultivo.

Nutriente	Dosis(kg)	Producto Comercial utilizado	Distribución porcentual por etapas fenológicas		
			Hasta Botón Floral	De Botón Floral a Fructificación	De Fructificación a Maduración
N	12,23	DAP	17	40	43
P	11,05	DAP	34	33	33
K	44,98	KCl	15	40	45
Ca	15,40	Oxido	20	40	40
Mg	18,38	Oxido			
	9,90	Sulfato de Magnesio	20	45	35

Los valores correspondientes a la última fase solo se dosificaron en su tercera parte debido a que solo se muestreo la primera cosecha.

Tabla 2. Órganos a muestrearse por etapa fenológica en el cultivo de pimiento variedad Nathalie (Yzarra y López, sf).

Fase	Órganos a muestrear	Edad aparente
Emergencia	raíz, tallo, hojas.	Depende del proveedor
Séptima hoja	raíz, tallo, hojas.	15 días pos trasplante
Botón Floral	raíz, tallo, hojas, botones florales.	40 días de pos trasplante.
Floración	raíz, tallo, hojas, flores.	50 días pos trasplante
Fructificación	raíz, tallo, hojas, flores, frutos.	50 - 60 días pos trasplante.
Maduración	raíz, tallo, hojas, frutos.	60 a los 90 días pos trasplante.

Cabe destacar que, al no tener datos exactos en días de cambio de fase fenológica, se trabajó con observaciones en campo y al percatarse de una incidencia del 80% en la aparición de un órgano que marque el inicio de una fase se procedió a toma de muestras.

Las plantas a sacrificar fueron pesadas en húmedo y según los protocolos limpiadas, diseccionadas en los órganos presentes según la fase y enfundadas para ser trasladados al laboratorio, allí se analizó la materia seca y el contenido de los nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Mn, B, Zn y Fe de cada órgano. (Bertsch, 2003); (Faithfull, 2002).

El peso seco de los órganos en las fases se multiplico por la concentración de los nutrientes y así se obtuvo la cantidad de nutrientes absorbido por las fases y órganos. El peso de los órganos se registrará con una balanza electrónica.

La concentración de N, P, K, Ca y Mg de los tejidos se analizó por el método de digestión húmeda con ácido nítrico y perclórico relación 2:1. El P se determinó por colorimetría, el N por el método Kjeldhal, el K, Ca y Mg con el espectrómetro de absorción atómica (Román, 2013). El Cu, B, Mn, Fe y Zn se determinaron después de la destrucción de la materia orgánica por medio de una digestión ácida para luego medirse la concentración con la espectrofotometría de absorción atómica. El B se analizó por el método de valoración colorimétrica con azometina-H (McKean, 1993).

2.4. Análisis estadístico

Se realizó el análisis de regresión y correlación para el trazado de las curvas de cada órgano con el error estándar, usando el programa Infostat versión 2016 para el análisis estadístico (Di renzo et al., 2016).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Macronutrientes

En cuanto a la absorción de macronutrientes se puede evidenciar que las cantidades son diferentes entre los diferentes órganos y de igual manera las cantidades absorbidas difieren a lo largo de las diversas etapas fenológicas, encontrándose picos en el tiempo de mayor absorción de tal o cual nutriente.

Nitrógeno

En el cultivo de pimiento *Capsicum annuum* variedad Nathalie, la curva de absorción que denota el nutriente nitrógeno presenta algunas particularidades tales como, que el órgano con mayor cantidad de N exportado fueron las hojas con una cantidad de 12,09 kg ha⁻¹ ya que estos órganos tienen incidencia en todas las fases fenológicas muestreadas como precursores de procesos fisiológicos importantes, esta cantidad exportada es parte de los 194,34 kg ha⁻¹ de MS producida por las hojas y representa el 6,221% de su estructura. Este nutriente fue el más absorbido de manera integral por el cultivo, arrojando un valor de absorción total de 29,550 kg ha⁻¹ (Tabla 7).

Por otra parte, en cuanto a las fases fenológicas el punto de mayor absorción de N en general tomando la planta con todos sus órganos se encontró en la fase de maduración representando el 45,6176% del N total exportado por el cultivo (Tabla 12), ya que en este punto convergen una de las menores exportaciones por parte de las hojas con 1,25 kg ha⁻¹ y al mismo tiempo se hacen presente la mayor cantidad de elemento exportado por parte de las flores, los frutos inmaduros y frutos maduros en todo el ciclo con valores de 0,08; 6,6 y 6,43 kg ha⁻¹ respectivamente (Tabla 5).

El punto de mayor absorción de N converge en la intersección de la curva que describen los frutos inmaduros y el tiempo de la fase de maduración con un valor de 6,6 kg ha⁻¹ (Tabla 5).

El órgano que porcentualmente fue mayormente constituido por N fueron los botones florales. De los 7,58 Kg ha⁻¹ que estos órganos produjeron en MS, la cantidad de 7,784% de este valor es N (Tabla 7), debido a que este elemento es un gran componente de los ácidos nucleicos que se sintetizan para guardar la información genética dentro de las células germinales encerradas por estos órganos, otro factor que explique esta importante

constitución porcentual es que el amonio acelera el momento de la floración y coadyuva en una mayor producción de flores ya que cambia el nivel de las fitohormonas y en especial de las citoquininas desencadenantes de procesos de división celular (Navarro y Navarro, 2013).

Ramírez (2008) afirma que una tonelada de pimiento exporta 5 Kg ton^{-1} de N, nuestra investigación necesita $5,067 \text{ Kg}$ de N en forma integral es decir abarcando el periodo vegetativo y productivo para la producción de 1 t de pimiento (Tabla 7), un dato que es muy similar al encontrado por este autor peruano pero inferior al hallado por (Inpofos, sf) $6,8 \text{ Kg de N t}^{-1}$ frutos producida. El dato del N necesario por cosecha adicional encontrado por (Ramírez, 2008) fue de 2 Kg . Lipinski (1995) encontró un valor similar de $1,87 \text{ Kg}$, en conjunto son datos un tanto mayores a los $1,420 \text{ Kg}$ necesarios en nuestra investigación, esto se puede traducir en que nuestro cultivo es quizás más eficiente produciendo MS en frutos con menos N o quizás el bajo % de nitratos utilizados en la nutrición de nuestro cultivo lo cohibió de más absorción de N (Berrios et al, 2007).

Los diversos tejidos que conformaron nuestro cultivo a lo largo de las diferentes etapas fenológicas muestreadas y analizadas dieron en promedio un valor de $4,875 \%$ de N en MS (Tabla 9), el cual puede ser considerado dentro del rango alto de concentración de N en MS propuesto por (Haifa, sf) el cual va de 4 a 5% . Por ende, la variedad utilizada requiere una mayor cantidad de N para que forme parte de sus proteínas y clorofila esta última que se hizo muy presente por la fuerte coloración verde de muchos de los órganos que muestreamos.

Fosforo

Las cantidades de exportación total y por distintas fases de este nutriente fueron las más bajas con respecto al resto de macronutrientes en estudio. Los órganos que mayor cantidad de P absorbieron fueron los frutos maduros con un valor de $0,880 \text{ kg ha}^{-1}$, dicho P represento el 0.560% de la composición total de estos órganos. La exportación total de P en el cultivo de pimiento variedad Nathalie se situó en $2,500 \text{ kg ha}^{-1}$ (Tabla7).

Proyectando la absorción de P al tiempo estudiado la mayor absorción converge en la fase de maduración con $61,200\%$ del P total absorbido por el cultivo (Tabla 12), a pesar de que los órganos tallos y hojas en esta fase dejan de exportar P traslocando $0,03$ y $0,02 \text{ kg ha}^{-1}$ respectivamente a los órganos comerciales (Tabla 5), esto se podría explicar por la baja

concentración del P en la solución del suelo por la rápida reacción de los fosfatos que forman compuestos menos solubles ya que forman pares iónicos con el Al y en nuestro caso principalmente con el Fe desencadenando un proceso de precipitación y debido al poco movimiento del P en el suelo y el alto requerimiento del mismo en etapa de maduración la planta ve necesaria la difusión de este hasta las zonas de menor concentración (Stauder,2009).

La mayor absorción de P emerge en un punto terminal de la investigación representado por los frutos inmaduros en la fase fenológica de maduración con un valor de $0,79 \text{ kg ha}^{-1}$ (Tabla 5).

Los órganos más eficaces exportando P fueron los botones florales ya que son los órganos que se hayan mayormente constituidos por este elemento con un valor de 0,9235% de su MS (Tabla 7), esto se da gracias a la relación directa entre los niveles de CYT y la absorción de fosforo estas fitohormonas potencian la absorción del macronutriente y lo integran a la producción de flores (Berrios et al., 2007).

Según Ramírez (2008) una tonelada de pimiento integralmente exporta 0,7 kg de P, según nuestra perspectiva una tonelada de pimiento que abarque todos los requerimientos del cultivo necesita para ser producida 0,378 kg de P (Tabla 7), valores que se encuentran un poco distantes. Inpofos (sf) encontró un valor superior integralmente la t de pimiento exporta para ellos 1,12 kg.

Por cosecha extra de 1t se necesitan 0,194 kg de P en nuestra investigación valor inferior a los 0.13 kg detallados por (Ramírez 2008) y los 0,29 kg que reseña (Lipinski, 1995). Podríamos decir que nuestro cultivo sufrió una deficiencia de P explicable por estos valores, pero se dio el efecto contrario ya que dicha deficiencia debió manifestarse en frutos reducidos en cuanto a su diámetro y longitud y principalmente la cosecha tendría que retrasarse, ninguno de estos fenómenos se manifestó por ende esta variedad fue muy eficiente transformando P en MS (Tabla 11) (Berrios et al., 2007).

Los análisis foliares periódicos realizados a las diversas estructuras fisiológicas de nuestro cultivo dan como resultado que la absorción promedio de P es de 0,511% en MS (Tabla 9). Haifa (sf) corrobora este valor y lo ubica dentro del rango alto que va desde 0,4% a 0,6%.

Potasio

El K fue el segundo macronutriente más exportado por el cultivo en estudio, la absorción total de este nutriente fue de 29,490 kg ha⁻¹. Los órganos que a lo largo del cultivo más cantidad de K exportaron fueron las hojas con un valor de 10,79 kg ha⁻¹ representando este potasio el 5,55 % del peso total de la MS de las hojas de este cultivo (Tabla 7), ya que este elemento tiene un gran porcentaje de incidencia en el proceso fotosintético y en el transporte de glúcidos desde estos hacia órganos comerciales (Berrios et al, 2007).

La fenología estudiada dejó aspectos muy interesantes como que este nutriente es el menos requerido por las plantas de pimiento variedad Nathalie durante la fase maduración para el mantenimiento y generación de nuevas estructuras el cultivo tan solo absorbe el 44,0827% del total de K requerido durante esta fase (Tabla 12), valor que está por debajo al 50% que señalo (Berrios et al,2017), es por esta baja concentración en esta fase que por ejemplo la conversión de nitratos a proteína fue baja y por ello nuestro cultivo exporta menos N en frutos.

En la etapa fenológica de Séptima hoja en general se deja de absorber K y se liberan 0,02 kg ha⁻¹ por parte de las raíces presumiblemente a la parte aérea de la planta. Los tallos en la etapa de maduración donan 0,17 kg ha⁻¹ de K que los constituye para colaborar en el proceso de maduración (Tabla 5). El punto de mayor absorción de K converge en la fase de maduración en los frutos con un valor de 5,98 kg ha⁻¹ (Tabla 5), debido a la acumulación de asimilados.

Los órganos que en % fueron mayormente constituidos por K fueron los tallos con 6,1404 % de los 63,48 Kg ha⁻¹ de MS que estos producen (Tabla 7), presumiblemente por un transporte activo de azúcares a los frutos ya que se muestreo el tallo de forma integral hasta su punto más elevado ramas que conectaban hojas con los frutos.

Según Ramírez (2008) una tonelada de pimiento exporta 7 kg de K de forma integral, valor algo elevado a los 5,234 kg de requerimiento que agrupa nuestro cultivo como aporte necesario a lo largo de su ciclo fenológico para alcanzar esa producción (Tabla 7). El valor adicional a aportarse por t extra en nuestra investigación es de 1.572 kg de K valor comparable a los 2 kg encontrados por el autor antes mencionado y los 2,3 que detalla (Ciampitti y García 2010), estos valores inferiores en comparación a otras investigaciones pueden sustentarse en que, por ejemplo se dio la manifestación de un fenómeno llamado

consumo de lujo que consiste en una sobre absorción que excede a lo que realmente requiere la planta para el cumplimiento de sus actividades fisiológicas esto conlleva a una acumulación del nutriente en la planta sin repercutir esto en la cosecha, este fenómeno ocurre frecuentemente en K (Navarro y Navarro 2013).

El promedio de concentración de K en MS de los diversos tejidos analizados en nuestro cultivo fue de 4,631 % (Tabla 9). Haifa (sf) según sus niveles críticos agruparía este valor al rango alto que va de 4,5 a 5,5 % K en MS, esta alta concentración se traduce por ejemplo en un eficiente uso del agua por el cultivo lo que logramos observar en la fase de maduración donde ya casi sin lluvias no fue necesario grandes tasas de riego, gracias al mantenimiento del potencial osmótico por el K (Berrios et al, 2007).

Calcio

La exportación total de Ca del cultivo de pimiento variedad Nathalie fue de 17,910 kg ha⁻¹. Los mayores exportadores de Ca fueron las hojas con 7,07 kg ha⁻¹, al mismo tiempo fueron las hojas los órganos en los cuales el Ca representa un mayor porcentaje en su composición con un 3,6380% de los 134,94 kg ha⁻¹ de MS de hojas de este cultivo (Tabla 7), el éxito de las hojas en la acumulación de Ca radica en que este nutriente se transporta de preferencia por flujo transpiratorio y estos tejidos foliares son los principales responsables del proceso de transpiración (Berrios et al, 2007).

En cuanto al tiempo el 55,55% del total del Ca exportado por el cultivo de pimiento debe ser suministrado en la fase de maduración (Tabla 12), el punto de mayor absorción de Ca converge en la fase de maduración en los frutos con un valor de 3,80 kg ha⁻¹ (Tabla 5), pese a que no debería acumularse más del 15% total del Ca de la planta en los frutos no sucede esto ya que en ocasiones los frutos que se forman presentan la particularidad de cortezas muy gruesas y el 90% del Ca conforma dichas paredes por ende el aumento y en ocasiones también los frutos se vuelven eficientes en cuanto a la transpiración por ende aumentan la disponibilidad del Ca en el extremo distal de los mismos previniendo así la patología conocida como VER y elevando sus niveles de Ca (Berrios et al, 2007).

Producir una tonelada de pimiento variedad Nathalie bajo las especificaciones de nuestra investigación requiere de manera integral 3,424 kg de Ca (Tabla 7). Berrios et al (2007) detalla que para cumplir con el mismo objetivo se debe cumplir un requerimiento de 2,294 kg. Para la producción extra de 1 t es necesario aportar 0,943 kg de Ca en nuestro trabajo

un valor elevado respecto al que reseñan (Ciampitti y García 2010) de 0,12 kg, ya que la mayoría de recomendaciones de aplicación de Ca que se hacen son para corregir y prevenir problemas quizás no es muy tomado en cuenta su suministro (Stauder,2009). Esta investigación si lo suministro y el acompañamiento por días soleados se combinaron su rápida y gran absorción, un problema que puede ocurrir es que esta sobreacumulación se traduzca en la inhibición de Mg y B (Stauder,2009).

El promedio de concentración de Ca en MS de los diversos tejidos analizados en nuestro cultivo fue de 2,348% (Tabla 9), según Haifa (sf) el rango medio de 1,5 al 2% y el rango alto inicia en 5% por ende la concentración de Ca de nuestro cultivo estuvo equilibrada. Se exporto grandes cantidades en fruto y el nivel de concentración tan solo es medio algo contradictorio, pero quizás explicable en que por el tamaño de los frutos el movimiento del mineral fue hacia allá y se descuidó otros tejidos como los tallos y las hojas esto se evidencia en campo por ejemplo por la pérdida de frutos pequeños por exceso de peso y falta de resistencia de los tejidos de sostén.

Magnesio

La exportación total de Mg que produjo el cultivo fue de 2,755 kg ha⁻¹. Los órganos que más depende del Mg en su constitución son las flores con un valor de 0,6667% de la MS que producen. En cuanto a cantidad los mayores exportadores de Mg son las hojas con un total de 1,16 kg ha⁻¹ (Tabla 7), por lo que se descarta casi por completo la posible existencia de deficiencia de este elemento en nuestro cultivo ya que la misma se manifiesta en forma de una clorosis intervenal que no se manifestó y aparte el nivel alto de concentración en MS reafirman lo equilibrada que estuvo esta absorción (Berrios et al, 2007)

Llevando la exportación al terreno de la fenología del cultivo de pimiento variedad Nathalie pudimos conocer que el 47,55% del requerimiento total debe ser suministrado en el lapso de tiempo correspondiente a la maduración (Tabla 12), el punto de mayor absorción de Mg se da en la fase de maduración con los frutos inmaduros con un valor de 0,52 kg ha⁻¹ (Tabla 5), existen dos puntos donde ciertas estructuras de las plantas paralizaron la exportación de Mg, estos puntos son hallados en la curva que describen las raíces a la edad de séptima hoja y en la curva de los tallos a la edad de maduración (Tabla 5), estos puntos donde se paraliza la exportación se pueden deber a momentos donde el

lavado de Mg intercambiable fue muy alto por cuestiones de precipitación y por ser muy importante como núcleo de la clorofila y ente principal de la actividad ribosomal la planta se vio obligada a transportar mucho Mg a las hojas (Stauder, 2009).

La producción integral de 1 t de pimienta en nuestra investigación tiene un costo de 0,493 kg de Mg (Tabla 7). Se lo puede comparar con los 0,5 kg que reseña (Ramírez, 2008), los 0,392 kg encontrados por (Berrio et al, 2007) al promediar los requerimientos de diversos investigadores, acoplándose nuestro valor plenamente a las experiencias de estos investigadores que nos antecedieron. Aunque todos estos valores se hallan muy por debajo de lo reseñado por (Inpofos, sf) 2,13 kg. Por t extra producida para nuestras condiciones se debe compensar 0,113 kg de Mg valor inferior al reseñado por (Ciampitti y García 2010) de 0,20 Kg y similar del encontrado por (Lipinski,1995) de 0,13 kg, esta adecuada exportación descarta el posible efecto adverso del Ca en el ciclo del Mg en la planta.

El promedio de concentración de Mg en MS de los diversos tejidos analizados en nuestro cultivo fue de 0,546% (Tabla 9). Basados en los valores críticos de (Haifa, sf) nuestra concentración recae en un nivel alto que va desde 0,4 a 0,6%.

Azufre

La exportación total de este macronutriente arrojó un valor de 2,525 kg ha⁻¹. En cantidad los mayores exportadores de S fueron las hojas con un valor de 0,95 kg ha⁻¹, mientras que los órganos más dependientes del S son los tallos ya que el 0,5326% del total de su MS está representado por este nutriente (Tabla 7), el punto de mayor exportación es aquel donde intersecan 0,49 kg ha⁻¹ de S exportado por los frutos maduros con la edad correspondiente a la maduración (Tabla 5) que las hojas y los frutos lideren estos puntos era previsible ya que una de las principales funciones del S dentro del cultivo de pimienta es ser componente de aceites o pigmentos que le dan ese olor característico a esta solanácea (Stauder, 2009).

La fase fenológica que mayor absorción de S tiene es la de maduración en este lapso de tiempo hay que suministrar el 47,46% del total de S que requiere este cultivo para su mantenimiento y producción (Tabla 12), la etapa fenológica de séptima hoja suspende la absorción de S para sus hojas (Tabla 5), al coincidir esta etapa con una alta incidencia pluviométrica la lixiviación del ion sulfato del suelo fue alta por ende no compenso lo requerido por las plantas para toda su estructura (Navarro y Navarro, 2013).

La producción integral de 1 t de pimiento en nuestra investigación se traduce a un requerimiento de 0,467 kg de S (Tabla 7), un valor muy similar al que encontró (Ramírez, 2008) de 0,5 kg. Una tonelada solo de frutos exporta 0,126 kg según nuestra experiencia.

El promedio de concentración de S en MS de los diversos tejidos analizados en nuestro cultivo fue de 0,387% (Tabla 9). Existen pocos datos para comparar debido a la creencia de que todas las fuentes de S acidifican el suelo algo que es erróneo (Stauder, 2009).

3.2. Micronutrientes

Cobre

El Cu fue el micronutriente menos exportado por el cultivo de pimiento, su absorción total arrojó un valor de 12,060 g ha⁻¹ durante todo el periodo de esta investigación. Al ser el órgano que más materia seca produjo las hojas son los órganos que más Cu exportaron con un valor 4,49 g ha⁻¹, alcanzando este nutriente a ser 0,002% de la composición de la MS de estas hojas, esto es explicable ya que este micronutriente es un componente esencial de la plastocianina, proteína involucrada en la actividad fotosintética (Stauder, 2009). El órgano que en porcentaje mayormente está integrado por Cu son los botones florales con un 0,0030% de los 7,58 kg ha⁻¹ que estos órganos germinativos producen en MS (Tabla 8).

Cronológicamente hablando el Cu registra su pico de exportación en la fase de maduración con el 55,8872% del total de la cantidad absorbida por el cultivo (Tabla 13), ya que aquí confluyen los picos de absorción en diversos órganos como son los frutos maduros, los frutos en desarrollo y las hojas con valores de 2,51; 2,02 y 1,65 g ha⁻¹ respectivamente (Tabla 6).

Estos resultados nos indican que los órganos más eficientes en el uso del Cu para la producción de materia seca total fueron las hojas, los órganos que en menor medida necesitaron del Cu fueron los tallos que apenas integraron cobre a un porcentaje de 0,0013 del total de su MS producida, ya que en estos órganos no se realizan procesos característicos en los que interviene el Cu como son procesos de óxido-reducción, fotosintéticos y transferencia de energía (Stauder, 2009).

Según Pellicer et al, (2008) a una edad correspondiente al periodo de maduración (139 días), comparable con nuestro último muestreo las hojas en ese momento exportaron un valor de 18,5 mg kg⁻¹ y los frutos un valor de 14 mg kg⁻¹, valores que se encuentran por

debajo de los encontrados por esta investigación que en promedio dieron para las hojas un valor de 23,00 y los frutos 17,66 mg kg⁻¹ (Tabla 10), esto a pesar de que se evidencio en pequeñas cantidades síntomas de deficiencia de Cu encrespamiento hacia arriba y dentro de los bordes de las hojas (Berrios et al, 2007).

Una tonelada de pimientos producida en esta investigación exporta 2,217 g valor muy por debajo del encontrado por (Ramírez, 2008) de 7 g t⁻¹, por ende, nuestra variedad es algo deficiente en el proceso de integración del Cu a la MS (Tabla 8), esto puede tener razón a una elevada exportación de K que inhibe en cierta forma la absorción del Cu (Stauder, 2009).

Según Haifa(sf) y sus niveles críticos de Cu en el cultivo de pimiento, estas plantas presentan en un rango medio valores de 15 a 20 ppm en la materia seca y el rango alto se encuentra sobre las 24 ppm por lo que el valor de 23 ppm obtenido en esta investigación aun no puede ser considerado como un exceso de Cu exportado por el cultivo (Tabla 10).

Boro

Fue el segundo micronutriente menos exportado a través del cultivo por sus diversas estructuras anatómicas, su absorción total fue de 21,780 g ha⁻¹. El órgano que más B exporto en cantidad son las hojas con 7,25 g ha⁻¹, lo que corresponde al 0,0037 % del total de materia seca que exportaron las hojas en el ciclo de cultivo. Los órganos que en composición porcentual aglutino la mayor cantidad de B son las flores con un 0,0056% de la MS que produjeron (Tabla 8), esto es claramente presumible por la gran influencia del B en la conformación del tubo polínico (Stauder, 2009).

En cuanto a las fases fenológicas el lapso de maduración exporto más B que el resto de fases con un valor de 40,5418% de la absorción total del cultivo (Tabla 12), pero al mismo tiempo este nutriente se constituyó en el de menor absorción porcentual por esta fase. Un valor importante se encuentra en la floración donde se exporto el 35,1699% del total y es el B el micronutriente más absorbido en esta fase de reproducción (Tabla 12), la fuerte influencia de este micronutriente en ambas fases se sustenta en su conformación de las flores formación de complejos con azúcares, por su actividad de desarrollo meristemático y ya que el mismo integra la pared celular (Navarro y Navarro, 2013).

El punto de máxima absorción se encuentra en la curva de las hojas en el punto de la fase de floración con un valor de 5,44 g ha⁻¹. También se encuentran dos puntos de

translocación de B que se dan en la fase de maduración en los tallos y las hojas con un valor de pérdida de 0,01 y 0,44 g ha⁻¹ respectivamente los cuales presumiblemente fueron a formar parte de la cantidad de B que los frutos exportaron en total 5,16 g ha⁻¹ (Tabla 6), existe una íntima relación del Ca con B a altos niveles de estos dos elementos fortalecen la pared celular y permiten al cultivo sobreponerse a la incidencia de BER, pero eso no exhibe de culpa a que en ocasiones el Ca en exceso inmoviliza al B formando boratos los cuales son insolubles y provocan que la planta deba translocar B (Stauder, 2009).

Según Pellicer et al, (2008) en la etapa de maduración, las hojas exportan un valor de 38,00 mg kg⁻¹ y los frutos una cantidad de 17,5 mg kg⁻¹, valores que se encuentran muy similares en el caso de las hojas que en promedio dieron un valor de 37,22 mg kg⁻¹ de B exportado y muy por debajo en los frutos ya que en esta investigación los frutos absorben en promedio 34,097 mg kg⁻¹ (Tabla 10).

Ramírez (2008) destaca que una tonelada de pimiento exporta 9 g t⁻¹ de B, nuestra investigación aporta el dato de que una tonelada que produjimos exporto 3,941 g t⁻¹ de B (Tabla 8), un valor bajo que se explica a que nosotros tomamos este dato con el principio de la fase de maduración no continuamos con el muestreo de la concentración de B en las distintas cosechas del ciclo vital de este cultivo.

Los valores encontrados en la presente investigación se ajustan a los niveles medios que (Haifa, sf) detallo de 40 a 60 mg kg⁻¹ de B en % MS de manera integral en todo el ciclo del cultivo y en todos sus órganos, el valor de exportación de los diversos tejidos que conformaron nuestro cultivo fue de 46,682 mg kg⁻¹ de B en % MS (Tabla 10).

Hierro

Se constituyó en el micronutriente más exportado por el cultivo con un valor de 159,190 g ha⁻¹ (Tabla 8), dentro de este valor los órganos más activos en cuanto a la absorción de Fe fueron las hojas con un valor total de absorción de 62,91 g ha⁻¹ correspondiendo al 0,0324% de la MS que representaron, ya que el Fe interviene en la síntesis de clorofila y es parte importante de los citocromos. (Stauder, 2009). Porcentualmente el órgano mayormente constituido por Fe son las raíces con 0,0527% de los 50,56 kg ha⁻¹ de MS que produjeron estos órganos (Tabla 8), esto presumiblemente se debe a la fácil absorción de hierro en su forma reducida Fe²⁺ adhiriéndose fácilmente a las raíces (Navarro y Navarro, 2013).

En el tiempo la fase de maduración fue en la que más se absorbió Fe con un valor de 45,9263% del total, además el Fe es el micronutriente más absorbido en las fases de Séptima Hoja, Botón Floral y Fructificación con valores de 1,7149%; 20,1080% y 28,2932% del respectivo valor total de absorción de Fe (Tabla 13).

El punto de mayor absorción de Fe se halla en el momento de la cosecha de esta investigación con un valor de 27,25 g ha⁻¹ (Tabla 6). Se encuentra un momento de translocación en las hojas en la etapa de floración donde se envía Fe a otros órganos en una cantidad de 4,18 g ha⁻¹ por un alto requerimiento de este micronutriente por flores y frutos en formación (Tabla 6).

Pellicer et al (2008) en su investigación encontró valores de exportación de Fe para hojas y frutos de 90 mg kg⁻¹ y 44 mg kg⁻¹ respectivamente, correspondientes solo a la fase de maduración. Estos valores están significativamente bajos para los que nuestra investigación halló de 325 mg kg⁻¹ y 196 mg kg⁻¹ para hojas y tallos respectivamente en etapa de maduración (Tabla 10).

Según Ramírez (2008) para la producción de una t de pimiento es necesario exportar 70 g t⁻¹ de Fe, el dato obtenido por nuestra investigación aporta que para la misma producción necesitamos 31,215 g t⁻¹ de Fe, aunque este dato abarca las exportaciones de las estructuras vegetativas y reproductivas de la planta y los frutos propiamente dichos en una t exportan 6,791 g t⁻¹ (Tabla 8), estos valores inferiores se pueden explicar por una acción combinada del K y en especial en Mn los cuales al tener una absorción elevada por la variedad que probamos inhibieron en cierta escala la absorción de Fe (Stauder, 2009).

Según Haifa (sf) los valores integrales de ppm de Fe en MS en plantas de pimiento en su rango alto van de 300 a 500 ppm MS, nuestra investigación se acopla con este dato ya que nuestro cultivo a lo largo de todo su ciclo mantuvo una exportación promedio de 336,049 ppm % MS (Tabla 10).

Zinc

Los órganos más exportadores de Zn en el cultivo fueron las hojas con 20,72 g ha⁻¹, representando el 0,0107% de los 194,34 kg MS ha⁻¹ que estas estructuras producen. La absorción total de este nutriente se situó en 48,140 g ha⁻¹ (Tabla 8).

En cuanto a la fenología la fase que se encargó de exportar mayor cantidad de Zn fue la de maduración con un valor 51,1633% del total del Zn absorbido por el cultivo (Tabla 10), por ejemplo, por la gran acción de la hormona AIA y la posible manifestación de antocianinas pigmentos rojos en frutos sobre madurados (Stauder, 2009).

Hallamos la mayor absorción de Zn al instante de la cosecha del lapso de tiempo que duro esta investigación con una cantidad exportada de 7,60 g ha⁻¹ por los frutos maduros (Tabla 6).

Pellicer et al (2008) para las exportaciones de Zn en mg kg⁻¹ en fase de maduración para los órganos hojas y frutos entrega valores de 97 y 20 respectivamente, los valores obtenidos en nuestro proceso investigativo son mayores para esta fase las hojas exportaron 109,66 mg kg⁻¹ de Zn y los frutos 57,66 mg kg⁻¹ de Zn (Tabla 10).

Ramírez (2008) afirma que para producir una t de pimiento es necesario desgastar la cantidad de 66 g de Zn siendo este el segundo valor más alto de requerimientos de micronutrientes que hallo el en su investigación. Los datos que nosotros encontramos son más bajos a los de este autor, así integralmente para producir dicha tonelada se necesitan 9,027 g para el desarrollo vegetativo y la producción y hablando solamente de los frutos tenemos que los mismos exportan en 1 t 1,991 g de Zn (Tabla 8), esta baja exportación puede presumirse por la inhibición que provoca el K y principalmente por la falta de fosfatos y sulfatos en el suelo que se asocien con el Zn y lo vuelvan más soluble (Stauder, 2009).

Haifa (sf) ubica en un nivel alto de concentración de Zn en la MS a valores de 60 y 200 mg kg⁻¹. Por ende, los valores encontrados en esta investigación recalcan en este nivel ya que integralmente el cultivo a lo largo de su ciclo vegetativo y de producción en promedio mantuvo en concentración en MS un valor de 70,310 mg kg⁻¹ (Tabla 10).

Manganeso

Se consolido como el segundo micronutriente más exportado con un valor total de 90.220 g ha⁻¹. Un altísimo porcentaje de esta cantidad lo corresponde a las hojas que fueron las estructuras más exportadoras de Mn con un valor de 49,630 g ha⁻¹ correspondiendo al 0,026% de la MS total producida por las mismas (Tabla 8), debido a que en las hojas se desencadenan reacciones oxido-reducción donde el Mn es primordial (Navarro y Navarro, 2013).

La fase de mayor absorción de Mn fue la de maduración con el 53,4582% del total exportado (Tabla 13). El punto de mayor absorción coincide en esta fase, pero se manifiesta en estructuras que no son de cosecha como son las hojas con un valor de 20,76 g ha⁻¹ los cuales se pueden reciclar al sistema o ciclo de este elemento (Tabla 6).

Pellicer et al, (2008) encontró para la fase de maduración valores de exportación de 77 mg kg⁻¹ Mn y 16,5 mg kg⁻¹ Mn para las hojas y frutos respectivamente. Las cantidades exportadas en nuestra investigación son superiores a las antes detalladas así las hojas absorbieron 255,33 mg kg⁻¹ Mn y los frutos 89,00 mg kg⁻¹ Mn (Tabla 10).

Ramírez (2008) en sus requerimientos nutricionales para la producción de una tonelada de pimiento afirma que es necesario exportar 18 g de Mn. Esta investigación aporta datos que la exportación integral para la producción de 1 t de pimiento se encuentra en 18,388 g y la exportación solo de los frutos esta alrededor de 3,047 g (Tabla 8), esta alta exportación inhibió la exportación de Fe en el mismo cultivo (Stauder, 2009).

Haifa (sf) en su clasificación de valores críticos de la concentración en MS de los micro elementos detalla al rango entre valores de 80 y 120 mg kg⁻¹ y el intervalo alto empieza con 140 mg kg⁻¹, entonces el dato integral de la concentración en MS a lo largo de nuestro cultivo para Mn puede ser agrupado dentro del rango normal ya que se obtuvo un valor de 123,631 mg kg⁻¹ (Tabla 10).

3.3. Materia Seca

La producción total de Ms de nuestro cultivo fue de 581,190 kg ha⁻¹ para un valor de 20000 plantas, dentro de este valor los órganos con la mayor y menor producción fueron las hojas y las flores con 194,340 kg ha⁻¹ y 3,720 kg ha⁻¹ respectivamente (Tabla 8).

Las fases más productoras de MS son la maduración con 313,2 kg ha⁻¹ y fructificación con 116 kg ha⁻¹ (Tabla 10). (Maynard y Hochmuth, 2007), coloca a los frutos con un valor de humedad del 94% valor muy similar a los 96,5 % que esta investigación obtuvo.

La producción de MS por metro cuadrado en nuestro cultivo se situó en 58,11 g. Valor inferior al reportado por (Romero, Rodríguez, Vidal, Amado, Rodríguez 1996) que fue obtenido en condiciones de invernadero y a una edad superior cercana a 100 días este valor fue de 200 g m⁻².

Tabla 3. Promedios \pm error estándar ($n = 3$) de la exportación de macronutrientes (kg ha^{-1}) de la variedad Nathalie de (*Capsicum annuum*) a lo largo de su ciclo fenológico en Santo Domingo, Ecuador.

Fase Fenológica	Macronutrientes (kg ha^{-1})					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	Raíz					
Emergencia	$0,03 \pm 0,00079$	$0,01 \pm 0,00025$	$0,06 \pm 0,0011$	$0,02 \pm 0,00023$	$0,01 \pm 0,00015$	$0,0041 \pm 0,00042$
Séptima Hoja	$0,07 \pm 0,0028$	$0,01 \pm 0,0011$	$0,04 \pm 0,002$	$0,04 \pm 0,01$	$0,01 \pm 0,0014$	$0,01 \pm 0,00039$
Botón Floral	$0,44 \pm 0,16$	$0,03 \pm 0,01$	$0,37 \pm 0,15$	$0,28 \pm 0,1$	$0,05 \pm 0,01$	$0,03 \pm 0,01$
Floración	$0,44 \pm 0,07$	$0,05 \pm 0,01$	$0,62 \pm 0,14$	$0,35 \pm 0,06$	$0,06 \pm 0,01$	$0,04 \pm 0,01$
Fructificación	$1,18 \pm 0,1$	$0,08 \pm 0,01$	$0,75 \pm 0,08$	$0,77 \pm 0,06$	$0,1 \pm 0,02$	$0,12 \pm 0,02$
Maduración	$1,44 \pm 0,38$	$0,12 \pm 0,04$	$1,4 \pm 0,37$	$1,76 \pm 0,48$	$0,16 \pm 0,04$	$0,21 \pm 0,06$
	Tallo					
Emergencia	$0,02 \pm 0,0011$	$0,003 \pm 0,00023$	$0,05 \pm 0,0029$	$0,02 \pm 0,0015$	$0,0042 \pm 0,00037$	$0,004 \pm 0,00011$
Séptima Hoja	$0,05 \pm 0,01$	$0,01 \pm 0,00065$	$0,05 \pm 0,01$	$0,03 \pm 0,0012$	$0,01 \pm 0,00087$	$0,01 \pm 0,00097$
Botón Floral	$0,92 \pm 0,24$	$0,06 \pm 0,02$	$1,32 \pm 0,41$	$0,41 \pm 0,11$	$0,08 \pm 0,02$	$0,06 \pm 0,01$
Floración	$1,96 \pm 0,48$	$0,17 \pm 0,04$	$3,31 \pm 0,87$	$0,92 \pm 0,2$	$0,22 \pm 0,05$	$0,2 \pm 0,04$
Fructificación	$2,11 \pm 0,24$	$0,2 \pm 0,02$	$4,09 \pm 0,5$	$1,77 \pm 0,14$	$0,33 \pm 0,04$	$0,33 \pm 0,01$
Maduración	$2,2 \pm 0,34$	$0,17 \pm 0,02$	$3,92 \pm 0,56$	$2,13 \pm 0,37$	$0,33 \pm 0,04$	$0,34 \pm 0,04$
	Hojas					
Emergencia	$0,03 \pm 0,00058$	$0,01 \pm 0,00078$	$0,06 \pm 0,0025$	$0,02 \pm 0,00082$	$0,01 \pm 0,00038$	$0,01 \pm 0,00026$
Séptima Hoja	$0,12 \pm 0,03$	$0,01 \pm 0,0035$	$0,06 \pm 0,01$	$0,05 \pm 0,01$	$0,02 \pm 0,0036$	$0,01 \pm 0,00072$
Botón Floral	$2,71 \pm 0,48$	$0,17 \pm 0,04$	$2,73 \pm 0,79$	$1,2 \pm 0,33$	$0,23 \pm 0,05$	$0,18 \pm 0,05$
Floración	$6,04 \pm 1,45$	$0,31 \pm 0,07$	$6,01 \pm 1,37$	$2,15 \pm 0,57$	$0,5 \pm 0,13$	$0,45 \pm 0,1$
Fructificación	$10,84 \pm 1,03$	$0,46 \pm 0,04$	$10,14 \pm 0,84$	$4,73 \pm 0,48$	$0,86 \pm 0,07$	$0,76 \pm 0,05$
Maduración	$12,09 \pm 4,94$	$0,44 \pm 0,18$	$10,79 \pm 4,41$	$7,07 \pm 2,88$	$1,16 \pm 0,48$	$0,95 \pm 0,4$
	Botón Floral					
Botón Floral	$0,15 \pm 0,04$	$0,02 \pm 0,01$	$0,08 \pm 0,03$	$0,05 \pm 0,01$	$0,01 \pm 0,004$	$0,01 \pm 0,0024$
Floración	$0,11 \pm 0,02$	$0,01 \pm 0,0021$	$0,06 \pm 0,01$	$0,03 \pm 0,01$	$0,01 \pm 0,0013$	$0,01 \pm 0,0008$
Fructificación	$0,26 \pm 0,03$	$0,03 \pm 0,0036$	$0,13 \pm 0,01$	$0,08 \pm 0,01$	$0,02 \pm 0,0017$	$0,01 \pm 0,0013$
Maduración	$0,07 \pm 0,01$	$0,01 \pm 0,0007$	$0,04 \pm 0,0029$	$0,02 \pm 0,0018$	$0,01 \pm 0,00037$	$0,0038 \pm 0,00031$

Table 3 (cont.)

			Flores			
Floración	$0,08 \pm 0,02$	$0,01 \pm 0,003$	$0,07 \pm 0,02$	$0,04 \pm 0,01$	$0,01 \pm 0,0023$	$0,0042 \pm 0,001$
Fructificación	$0,04 \pm 0,01$	$0,01 \pm 0,0018$	$0,03 \pm 0,01$	$0,02 \pm 0,01$	$0,0048 \pm 0,0014$	$0,0022 \pm 0,00063$
Maduración	$0,08 \pm 0,02$	$0,01 \pm 0,0036$	$0,07 \pm 0,02$	$0,04 \pm 0,01$	$0,01 \pm 0,0029$	$0,0046 \pm 0,0013$
			Frutos inmaduros			
Fructificación	$1,3 \pm 0,24$	$0,15 \pm 0,02$	$1,14 \pm 0,15$	$0,47 \pm 0,09$	$0,1 \pm 0,01$	$0,08 \pm 0,005$
Maduración	$6,6 \pm 1,39$	$0,79 \pm 0,13$	$5,78 \pm 0,97$	$2,4 \pm 0,47$	$0,52 \pm 0,09$	$0,41 \pm 0,08$
			Frutos maduros			
Maduración	$6,43 \pm 2,45$	$0,88 \pm 0,28$	$7,12 \pm 2,59$	$4,27 \pm 1,63$	$0,51 \pm 0,19$	$0,57 \pm 0,24$

Tabla 4. Promedios \pm error estándar ($n = 3$) de la exportación de micronutrientes (g ha^{-1}) y producción de materia seca total (kg ha^{-1}) de la variedad Nathalie de (*Capsicum annuum*) a lo largo de su ciclo fenológico en Santo Domingo, Ecuador.

Fase fenológica	Micronutrientes (g ha^{-1})					kg MS ha^{-1}
	Cu	B	Fe	Zn	Mn	
	Raiz					
Emergencia	0,04 \pm 0,00058	0,04 \pm 0,00022	0,53 \pm 0,01	0,05 \pm 0,00084	0,09 \pm 0,00076	1,51 \pm 0,02
Septima Hoja	0,08 \pm 0,0047	0,15 \pm 0,01	1,66 \pm 0,18	0,13 \pm 0,03	0,4 \pm 0,04	2,47 \pm 0,26
Botón Floral	0,47 \pm 0,15	0,41 \pm 0,16	8,45 \pm 2,83	0,7 \pm 0,27	1,46 \pm 0,56	11,48 \pm 3,83
Floración	0,49 \pm 0,11	0,74 \pm 0,16	10,64 \pm 1,5	1,54 \pm 0,12	1,86 \pm 0,26	16,67 \pm 2,77
Fructificación	1,05 \pm 0,11	1,09 \pm 0,07	14,28 \pm 1,56	1,93 \pm 0,29	2,68 \pm 0,15	25,9 \pm 3,14
Maduración	1,46 \pm 0,39	1,92 \pm 0,53	26,63 \pm 7,16	4,7 \pm 1,34	6,82 \pm 1,41	50,56 \pm 13,45
	Tallo					
Emergencia	0,02 \pm 0,00049	0,05 \pm 0,01	0,19 \pm 0,01	0,03 \pm 0,002	0,05 \pm 0,0037	1,42 \pm 0,08
Septima Hoja	0,02 \pm 0,0016	0,13 \pm 0,01	0,69 \pm 0,09	0,07 \pm 0,01	0,11 \pm 0,02	2,22 \pm 0,3
Botón Floral	0,28 \pm 0,08	0,81 \pm 0,19	5,21 \pm 1,19	1,03 \pm 0,26	1,92 \pm 0,64	18,76 \pm 4,9
Floración	0,6 \pm 0,01	2,55 \pm 0,59	11,79 \pm 1,96	4,02 \pm 0,67	5,03 \pm 1,03	43,49 \pm 9,33
Fructificación	0,78 \pm 0,13	2,95 \pm 0,36	15,23 \pm 1,24	4,18 \pm 0,47	8,01 \pm 1,05	61,12 \pm 4,95
Maduración	0,86 \pm 0,23	2,94 \pm 0,36	18,61 \pm 2,77	5,66 \pm 0,78	11,68 \pm 1,58	63,84 \pm 9,09
	Hojas					
Emergencia	0,02 \pm 0,00081	0,07 \pm 0,01	0,37 \pm 0,01	0,08 \pm 0,0034	0,24 \pm 0,01	1,05 \pm 0,03
Septima Hoja	0,03 \pm 0,01	0,18 \pm 0,03	1,47 \pm 0,32	0,14 \pm 0,03	0,32 \pm 0,07	2,29 \pm 0,45
Botón Floral	0,81 \pm 0,27	1,52 \pm 0,35	21,75 \pm 5,03	3,73 \pm 1,13	6,73 \pm 2,37	49,05 \pm 12,71
Floración	1,81 \pm 0,65	6,96 \pm 1,68	17,57 \pm 2,76	8,71 \pm 1,69	14,37 \pm 3,47	87,04 \pm 20,56
Fructificación	2,84 \pm 0,33	7,69 \pm 0,9	51,12 \pm 3,32	15,36 \pm 1,37	28,87 \pm 3,16	151,59 \pm 13,03
Maduración	4,49 \pm 1,95	7,25 \pm 3,01	62,91 \pm 25,82	20,72 \pm 8,34	49,63 \pm 20,42	194,34 \pm 80,06
	Botón Floral					
Botón Floral	0,06 \pm 0,02	0,09 \pm 0,02	0,42 \pm 0,12	0,14 \pm 0,05	0,25 \pm 0,09	1,92 \pm 0,57
Floración	0,04 \pm 0,01	0,07 \pm 0,01	0,32 \pm 0,05	0,1 \pm 0,02	0,18 \pm 0,04	1,42 \pm 0,2
Fructificación	0,1 \pm 0,01	0,16 \pm 0,02	0,74 \pm 0,1	0,24 \pm 0,03	0,41 \pm 0,05	3,32 \pm 0,36
Maduración	0,03 \pm 0,0019	0,05 \pm 0,01	0,21 \pm 0,02	0,07 \pm 0,01	0,11 \pm 0,01	0,92 \pm 0,08

Table 4 (cont.)

	Flores					
Floración	0,03 ± 0,01	0,08 ± 0,02	0,3 ± 0,07	0,09 ± 0,02	0,16 ± 0,04	1,43 ± 0,34
Fructificación	0,02 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,16 ± 0,04	0,05 ± 0,01	0,08 ± 0,02	0,75 ± 0,21
Maduración	0,04 ± 0,01	0,09 ± 0,02	0,33 ± 0,09	0,1 ± 0,03	0,17 ± 0,05	1,54 ± 0,41
	Frutos inmaduros					
Fructificación	0,4 ± 0,04	0,78 ± 0,16	3,51 ± 0,59	1,42 ± 0,2	1,35 ± 0,19	20,54 ± 3,75
Maduración	2,02 ± 0,28	3,93 ± 0,84	17,8 ± 3,38	7,25 ± 1,37	6,93 ± 1,4	103,91 ± 20,48
	Frutos maduros					
Maduración	2,91 ± 1,31	5,16 ± 1,67	30,76 ± 11,64	9,02 ± 3,38	13,8 ± 4,94	157,24 ± 59,91

Tabla 5. Movimientos de macronutrientes (kg ha^{-1}) de los diversos órganos dentro de las plantas de la variedad Nathalie (*Capsicum annum*) y producción de materia seca total (kg ha^{-1}) por órganos en Santo Domingo, Ecuador.

Fase Fenológica	Órgano	MACRONUTREINTES (Kg ha^{-1})						Kg MS ha^{-1}
		N	P	K	Ca	Mg	S	
Emergencia		0,03	0,01	0,06	0,02	0,01	0,0041	1,51
Septima Hoja		0,04	0	-0,02	0,02	0	0,0059	0,96
Boton Floral		0,37	0,02	0,33	0,24	0,04	0,02	9,01
Floración	Raíz	0	0,02	0,25	0,07	0,01	0,01	5,19
Fructificación		0,74	0,03	0,13	0,42	0,04	0,08	9,23
Maduración		0,26	0,04	0,65	0,99	0,06	0,09	24,66
	Total	1,44	0,12	1,4	1,76	0,16	0,21	50,56
Emergencia		0,02	0,003	0,05	0,02	0,0042	0,004	1,42
Septima Hoja		0,03	0,007	0	0,01	0,0058	0,006	0,8
Boton Floral		0,87	0,05	1,27	0,38	0,07	0,05	16,54
Floración	Tallo	1,04	0,11	1,99	0,51	0,14	0,14	24,73
Fructificación		0,15	0,03	0,78	0,85	0,11	0,13	17,63
Maduración		0,09	-0,03	-0,17	0,36	0	0,01	2,72
	Total	2,2	0,17	3,92	2,13	0,33	0,34	63,84
Emergencia		0,03	0,01	0,06	0,02	0,01	0,01	1,05
Septima Hoja		0,09	0	0	0,03	0,01	0	1,24
Boton Floral	Hojas	2,59	0,16	2,67	1,15	0,21	0,17	46,76
Floración		3,33	0,14	3,28	0,95	0,27	0,27	37,99
Fructificación		4,8	0,15	4,13	2,58	0,36	0,31	64,55
Maduración		1,25	-0,02	0,65	2,34	0,3	0,19	42,75
	Total	12,09	0,44	10,79	7,07	1,16	0,95	194,34
Boton Floral		0,15	0,02	0,08	0,05	0,01	0,01	1,92
Floración	Boton Floral	0,11	0,01	0,06	0,03	0,01	0,01	1,42
Fructificación		0,26	0,03	0,13	0,08	0,02	0,01	3,32
Maduración		0,07	0,01	0,04	0,02	0,01	0,0038	0,92
	Total	0,59	0,07	0,31	0,18	0,05	0,0338	7,58

Table 5 (cont.)

Floración		0,08	0,01	0,07	0,04	0,01	0,0042	1,43
Fructificación	Flores	0,04	0,01	0,03	0,02	0,0048	0,0022	0,75
Maduración		0,08	0,01	0,07	0,04	0,01	0,0046	1,54
	Total	0,2	0,03	0,17	0,1	0,0248	0,011	3,72
	Total Flores	0,79	0,1	0,48	0,28	0,0748	0,0448	11,3
Fructificación	Frutos	1,3	0,15	1,14	0,47	0,1	0,08	20,54
Maduración	Inmaduros	6,6	0,79	5,78	2,4	0,52	0,41	103,91
	Total	6,6	0,79	5,78	2,4	0,52	0,41	103,91
Maduración	Frutos	5,13	0,73	5,98	3,80	0,41	0,49	136,70
	Maduros							
	Total	6,43	0,88	7,12	4,27	0,51	0,57	157,24
	Total Frutos	13,03	1,67	12,90	6,67	1,03	0,98	261,15
	Total Final	29,55	2,50	29,49	17,91	2,7548	2,5248	581,19

Tabla 6. Movimientos de micronutrientes (g ha^{-1}) de los diversos órganos dentro de las plantas de la variedad Nathalie (*Capsicum annuum*) en Santo Domingo, Ecuador.

Fase Fenológica	Órgano	MICRONUTRIENTES (g ha^{-1})				
		Cu	B	Fe	Zn	Mn
Emergencia		0,04	0,04	0,53	0,05	0,09
Séptima Hoja		0,04	0,11	1,13	0,08	0,31
Boton Floral		0,39	0,26	6,79	0,57	1,06
Floración	Raíz	0,02	0,33	2,19	0,84	0,4
Fructificación		0,56	0,35	3,64	0,39	0,82
Maduración		0,41	0,83	12,35	2,77	4,14
	Total	1,46	1,92	26,63	4,7	6,82
Emergencia		0,02	0,05	0,19	0,03	0,05
Septima Hoja		0	0,08	0,5	0,04	0,06
Botón Floral		0,26	0,68	4,52	0,96	1,81
Floración	Tallo	0,32	1,74	6,58	2,99	3,11
Fructificación		0,18	0,4	3,44	0,16	2,98
Maduración		0,08	-0,01	3,38	1,48	3,67
	Total	0,86	2,94	18,61	5,66	11,68
Emergencia		0,02	0,07	0,37	0,08	0,24
Septima Hoja		0,01	0,11	1,1	0,06	0,08
Boton Floral		0,78	1,34	20,28	3,59	6,41
Floración	Hojas	1	5,44	-4,18	4,98	7,64
Fructificación		1,03	0,73	33,55	6,65	14,5
Maduración		1,65	-0,44	11,79	5,36	20,76
	Total	4,49	7,25	62,91	20,72	49,63
Boton Floral		0,06	0,09	0,42	0,14	0,25
Floración	Boton Floral	0,04	0,07	0,32	0,1	0,18
Fructificación		0,1	0,16	0,74	0,24	0,41
Maduración		0,03	0,05	0,21	0,07	0,11
	Total	0,23	0,37	1,69	0,55	0,95

Table 6 (cont.)

Floración		0,03	0,08	0,3	0,09	0,16
Fructificación	Flores	0,02	0,04	0,16	0,05	0,08
Maduración		0,04	0,09	0,33	0,1	0,17
	Total	0,09	0,21	0,79	0,24	0,41
	Total Flores	0,32	0,58	2,48	0,79	1,36
Fructificación	Frutos Inmaduros	0,4	0,78	3,51	1,42	1,35
Maduración		2,02	3,93	17,8	7,25	6,93
	Total	2,02	3,93	17,8	7,25	6,93
Maduración	Frutos Maduros	2,51	4,38	27,25	7,60	12,45
	Total	2,91	5,16	30,76	9,02	13,8
	Total Frutos	4,93	9,09	48,56	16,27	20,73
	Total Final	12,06	21,78	159,19	48,14	90,22

Tabla 7. Exportación total de macronutrientes (kg ha^{-1}) de los órganos, requerimiento para la producción integral de 1 t de fruto kg t^{-1} (4415 plantas) y constitución porcentual en MS de órganos por macronutrientes

Órgano	N			P			K			Ca			MS (kg/ha)
	kg ha^{-1}	kg t^{-1}	%	kg ha^{-1}	kg t^{-1}	%	kg ha^{-1}	kg t^{-1}	%	kg ha^{-1}	kg t^{-1}	%	
Raiz	1,440	0,318	2,848	0,120	0,026	0,237	1,400	0,309	2,769	1,760	0,389	3,481	50,560
Tallo	2,200	0,486	3,446	0,170	0,038	0,266	3,920	0,865	6,140	2,130	0,470	3,336	63,840
Hojas	12,090	2,669	6,221	0,440	0,097	0,226	10,790	2,382	5,552	7,070	1,561	3,638	194,340
Botones Florales	0,590	0,130	7,784	0,070	0,015	0,923	0,310	0,068	4,090	0,180	0,040	2,375	7,580
Flores	0,200	0,044	5,376	0,030	0,007	0,806	0,170	0,038	4,570	0,100	0,022	2,688	3,720
Frutos Inmaduros	6,600	-	6,352	0,790	-	0,760	5,780	-	5,563	2,400	-	2,310	103,910
Frutos	6,430	1,420	4,089	0,880	0,194	0,560	7,120	1,572	4,528	4,270	0,943	2,716	157,240
TOTAL	29,550	5,067	-	2,500	0,378	-	29,490	5,234	-	17,910	3,424	-	581,190

Órgano	Mg			S			MS (kg/ha)
	kg ha^{-1}	kg t^{-1}	%	kg ha^{-1}	kg t^{-1}	%	
Raiz	0,160	0,035	0,316	0,210	0,046	0,415	50,560
Tallo	0,330	0,073	0,517	0,340	0,075	0,533	63,840
Hojas	1,160	0,256	0,597	0,950	0,210	0,489	194,340
Botones Florales	0,050	0,011	0,660	0,034	0,007	0,446	7,580
Flores	0,025	0,005	0,667	0,011	0,002	0,296	3,720
Frutos Inmaduros	0,520	-	0,500	0,410	-	0,395	103,910
Frutos	0,510	0,113	0,324	0,570	0,126	0,363	157,240
TOTAL	2,755	0,493	-	2,525	0,467	-	581,190

Tabla 8. Exportación total de micronutrientes (g ha^{-1}) de los órganos, requerimiento para la producción integral de 1 t de fruto (g t^{-1}) (4415 plantas) y constitución porcentual en MS de órganos por micronutrientes.

Órgano	Cu			B			Fe			MS (Kg/ha)
	g ha^{-1}	g t^{-1}	%	g ha^{-1}	g t^{-1}	%	g ha^{-1}	g t^{-1}	%	
Raíz	1,460	0,322	0,003	1,920	0,424	0,004	26,630	5,879	0,053	50,560
Tallo	0,860	0,190	0,001	2,940	0,649	0,005	18,610	4,109	0,029	63,840
Hojas	4,490	0,991	0,002	7,250	1,601	0,004	62,910	13,889	0,032	194,340
Botones Florales	0,230	0,051	0,003	0,370	0,082	0,005	1,690	0,373	0,022	7,580
Flores	0,090	0,020	0,002	0,210	0,046	0,006	0,790	0,174	0,021	3,720
Frutos Inmaduros	2,020	-	0,002	3,930	-	0,004	17,800	-	0,017	103,910
Frutos Maduros	2,910	0,642	0,002	5,160	1,139	0,003	30,760	6,791	0,020	157,240
TOTAL	12,060	2,217	-	21,780	3,941	-	159,190	31,215	-	581,190

Órgano	Zn			Mn			MS (Kg/ha)
	g ha^{-1}	g t^{-1}	%	g ha^{-1}	g t^{-1}	%	
Raíz	4,700	1,038	0,009	6,820	1,506	0,013	50,560
Tallo	5,660	1,250	0,009	11,680	2,579	0,018	63,840
Hojas	20,720	4,574	0,011	49,630	10,957	0,026	194,340
Botones Florales	0,550	0,121	0,007	0,950	0,210	0,013	7,580
Flores	0,240	0,053	0,006	0,410	0,091	0,011	3,720
Frutos Inmaduros	7,250	-	0,007	6,930	-	0,007	103,910
Frutos Maduros	9,020	1,991	0,006	13,800	3,047	0,009	157,240
TOTAL	48,140	9,027	-	90,220	18,388	-	581,190

3.4. Fases Fenológicas

Emergencia

Esta fase es la única que puede ser calificada como pre trasplante, Puede ser considerado como el día cero de vida en el campo. Para esta investigación se utilizó la variedad Nathalie plantas de ciclo vegetativo acelerado procedentes de la ciudad de Ambato. Antes de la siembra se tomaron tres muestras de plantas de 30,35 y 35 plantas cada una para analizar el contenido de macro y micro nutrientes en raíces, hojas y tallos. Dichas muestras ingresaron al laboratorio el 12 de mayo del 2017 (Tabla 11).

A nivel de macronutrientes esta no es la fase en la que se debe suministrar la menor cantidad de estos elementos a excepción del N que en la fase siguiente de séptima hoja su aporte es mayor, por ejemplo, en esta fase se debe aportar el 0,9200% de P; 0,5765% de K; 0,8785% de Mg y 0,7169% de S valores superiores a los que exige la fase fenológica consiguiente.

Los porcentajes de la absorción total de micronutrientes a aportarse en esta fase son los menores en todos estos nutrientes con excepción del Cu que en este lapso de tiempo requiere la suministración de 0,6633% de la dosis total valor que es superior al de la fase siguiente.

Séptima Hoja

El muestreo fenológico correspondiente a esta fase vio su advenimiento un 13 de mayo fecha que coincide con el trasplante y establecimiento de la investigación. El clímax de esta fase coincidiría con la manifestación en el 80% de las plantas vivas de 7 hojas verdaderas funcionales en cada planta muestreada. Esta meta se alcanzó 10 días después del trasplante, con un 83,8709% de manifestación en las parcelas propias de esta fase y un 85,2301% de manifestación en todas las parcelas en general (Tabla 11), con una mortalidad de 15 plantas en todo el ensayo. Se recolecto 3 muestras de 16,17 y 20 plantas respectivamente para el análisis de las raíces, tallos y hojas.

En esta fase se dio la manifestación de algunas particularidades, como la paralización de la exportación de K por el cultivo en este lapso de tiempo se pierden 0,2 Kg ha⁻¹ (Tabla 5), la exportación de P en esta fase también disminuye respecto a su antecesora apenas corresponde a un 0,2800% de la absorción total. La absorción del resto de macronutrientes

si se incrementa consiguientemente la planta se dedica a la formación de tejidos que poco a poco la irán llevando del crecimiento vegetativo a la formación de estructuras reproductivas. Todos los micronutrientes en esta fase crecen en su requerimiento exceptuando el Cu que en este punto requiere menos que en el muestreo anterior 0,4146% (Tabla 13).

Ramírez (2008) propone para el trazado de sus curvas de absorción de nutrientes en pimiento valores %MS para los macronutrientes con los cuales nuestra investigación en algunos casos los supera y en otros no, así nuestros 3,257 % MS de N son menores a los 4,76% que halló este autor esta diferencia puede radicar en que los datos peruanos fueron tomados a los 26 días una edad superior a los que en nuestro caso se manifestó la fase. Los puntos que describen el Ca y el Mg a esta edad en nuestras curvas si son mayores a las encontradas en el país vecino así tenemos una diferencia a nuestro favor de 1,312% MS de Ca y 0,412% MS de Mg (Tabla 9).

Los % encontrados para micronutrientes en esta fase son superiores a los propuestos por (Ramírez, 2008), salvando el caso del B nuestra variedad concentró a esta edad en sus tejidos 66,840 ppm valor por debajo de las 95 ppm de la investigación predecesora. El resto de concentraciones en ppm fueron 19,778; 541; 48,22 y 116,33 para Cu, Fe, Zn y Mn respectivamente (Tabla 10).

Botón Floral

Esta fase comenzó a manifestar síntomas a la edad de 14 días pos trasplante con el proceso de hinchamiento de las primeras yemas reproductivas con un % de incidencia de 25, 53. Con la edad de 31 días se alcanzó el % deseado de incidencia con 96,02%, se recogieron botones hasta los 42 días de edad cuando se enviaron las muestras al laboratorio (Tabla 11), en las parcelas correspondientes a esta fase no se registró muertes en el lapso de tiempo descrito. Se enviaron al laboratorio tres muestras de 12,11 y 12 plantas respectivamente, la cantidad de botones enviados fue de 378, 512 y 388 aclarando que para este órgano se muestreo mayor cantidad de plantas ya que el peso de estos órganos en MS es muy bajo y no es suficiente para realizar las pruebas por ende la muestra uno se extrajo de 46 plantas la dos de 30 y la 3 de 46 plantas.

En esta fase el K vuelve a ser exportado con un 14,7508% del gran total, además se registra una considerable exportación de Ca 10,1669% de la absorción total unos 1,82 kg

ha⁻¹ (Tabla 12), la absorción de micronutrientes se halla en acenso respecto a la etapa anterior, el Fe es el elemento perteneciente a esta categoría más absorbido a esta edad con 32,0100 g ha⁻¹ (Tabla 13).

Las concentraciones en MS para los macronutrientes hallados por nuestra investigación para esta fase son superiores a las que evidencia (Ramírez, 2008), por ejemplo, nuestros 5,588% MS de N son muy superiores a los 3,95% del autor, el Ca es el nutrimento donde la diferencia se torna más clara así nuestra concentración es de 2,380 % (Tabla 9) y la del autor consultado apenas alcanza el 0,35%. En cuanto a los micronutrientes nuestro cultivo presento ciertos déficits en cuanto a la absorción de B, Cu y Fe respecto a los datos de Perú. Así en nuestro cultivo se dejó de absorber 22,666 ppm de Cu; 4,203 ppm de B y 53,750 ppm de Fe, Zn y Mn presenta superávit de absorción respecto a lo encontrado por este investigador (Tabla 10).

Floración

El primer muestreo para esta fase se dio a la edad de campo de 35 días con un 11,94% de manifestación, el mayor apogeo de esta fase se encontró a la edad de 41 días con un 64,53 % de manifestación (Tabla 11), de ahí para adelante se iniciaron a recolectar muestras cabe destacar que no se esperó a llegar a los 80% por la razón que la velocidad de conversión de flores adultas a ovarios fecundados era altísima. Las parcelas correspondientes a esta fase en este periodo de muestreo registraron una mortalidad de 2 plantas. Por ende, se enviaron al laboratorio 3 muestras de material vegetativo de 14,11 y 14 plantas respectivamente para el análisis de macro y micro elementos de raíces, tallos, hojas y flores, se recolectaron flores hasta la edad de 53 días.

El porcentaje exportado en esta fase en cuanto a los macronutrientes es el tercer mayor en todos los elementos con la excepción del Ca en la cual el 8,9336% de la absorción total es inferior al porcentaje de la fase anterior (Tabla 12), los micronutrientes se comportaron de maneras muy distintas en este periodo de tiempo la absorción de hierro decayó a un 3,2728% del gran total, el B alcanza su segundo punto más alto de exportación con una cantidad de 7,66 g ha⁻¹, el Zn y el Mn ascendieron en cuanto a la absorción legando a porcentajes de 18,6955% y 12,7355% respectivamente de la absorción total de los mismos (Tabla 13).

Las concentraciones integrales halladas por nuestro cultivo en cuanto a los macronutrientes fueron superiores a las que calculo (Ramírez, 2008), la % MS de K es la más similar nuestro dato es 5,333% y la del autor 5,02; las concentraciones de N y Ca de esta fase decrecieron respecto a la fase anterior % MS de N 5,463 y % MS de Ca 2,310 (Tabla 9), el B importante en esta fase registro un valor muy inferior a las 109 ppm que este autor encontró apenas nuestro cultivo alcanzo las 58,122 ppm, el Fe y el Cu de nuestro cultivo 313,267 ppm y 23,0 ppm respectivamente fueron inferiores a sus similares datos peruanos 55 y 654 ppm (Tabla 10).

Las concentraciones foliares de Ca y Mg 2,437 % MS y 0,567 %MS respectivamente son inferiores al promedio que encontraron (Schroeder y Martínez 2003) durante sus tres años de investigación 3,75% MS de Ca y 2,36% MS de Mg (Tabla 9).

Fructificación

El primer muestreo para analizar la incidencia de esta fase coincidió con el porcentaje de incidencia base del 80% que se evidencia a la edad de campo de 44 días de ahí se recolectaron frutos primordios hasta la edad de 60 días donde se enviaron tres muestras al laboratorio de 11,12 y 11 plantas respectivamente para el análisis respectivo de órganos como raíz, tallo, hojas y frutos inmaduros (Tabla 11).

En todos los macronutrientes estudiados esta etapa representa el segundo % más alto de absorción a lo largo de la fenología del cultivo, así de la absorción total para cada nutriente en esta fase toca suplir las siguientes cantidades: 24,6701 % N; 16,00 % P; 21,4988 % K; 24,6790 % Ca; 23,0494 % Mg y 24,2427 % S (Tabla 12).La exportación de B y Zn recae respecto a la fase anterior encontrando estos valores 11,2948% y 18,5085% respectivamente, el resto de micronutrientes incrementaron su concentración en el cultivo de acuerdo con el aumento de la edad del mismo (Tabla 13).

Las concentraciones % MS de los macro elementos respecto a la inmediata fase inferior crecieron con excepción del K que recayó de 5,333 % MS a 5,083 % MS (Tabla 9) y además esta concentración de K en época de fructificación es menor a la encontrada por (Ramirez,2008) a una edad similar de 68 días 5,36% MS de K respecto a los 5,083% antes descritos, el N hallado en nuestra investigación supera en 0,929% MS al descrito por el autor antes citado.

Las concentraciones de micronutrientes que encontramos son menores a las que describe (Ramirez,2008) exceptuando al Zn 74,889 ppm la mayor diferencia se encuentra en el Fe nuestro dato 291,444 ppm MS se halla muy por debajo de las 487 ppm que el evidencio (Tabla10).

Maduración

Las muestras para realizar los análisis se recolectaron a una edad 77 días pos trasplante (Tabla 11), se enviaron tres muestras de 9,12 y 11 plantas respectivamente, se enviaron 25, 17 y 11 frutos maduros respectivamente para las muestras. En esta fase además del fin productivo se muestreo las raíces, tallos y hojas.

En esta fase se debe suministrar la mayor parte de todos los macronutrientes el elemento que más se halla concentrado en esta fase es el P que a este tiempo representa el 61,20% del total del P absorbido (Tabla 12). En cuanto a los micronutrientes el que requiere de mayor compensación para esta fase es el Cu con 55,8872% del total absorbido por el cultivo y el que menor compensación requiere en este lapso de tiempo es el B con 40,5418% (Tabla 13).

Las concentraciones integrales en MS de macronutrientes en esta fase son inferiores a las de la fase interior con la salvedad de lo presentado por el P y el Ca 0,597 %MS y 2,736 % MS respectivamente (Tabla 9), valores que también son superiores a los descritos por (Ramirez,2008) para una edad similar 0,30 % MS de P y 1,48 %MS de Ca, este autor encontró valores superiores a los nuestros en las concentraciones de K y Mg 6,36% y 0,56% respecto a 5,024 %MS de K y 0,508% MS de Mg. Las ppm 22,143; 43,091; 277,714 y 138,048 de Cu, B, Fe y Mn respectivamente son inferiores a las calculadas por este autor 33; 50; 535; 209 para los micro elementos antes mencionados (Tabla 10).

Comparando las concentraciones en MS de dos órganos hojas y frutos durante esta fase con otro estudio encontramos valores superiores para todos los macronutrientes en los frutos, nuestros valores tan solo son inferiores en la % MS de P y Mg en las hojas 0,233 % y 0,597% respectivamente en comparación con lo hallado por (Pellicer et al, 2008) 0,29% y 0,89% para el P y Mg respectivamente.

Tabla 9. – Concentración de Macronutrientes (%) de fases fenológicas y órganos de (*Capsicum annuum*) variedad Nathalie en Santo Domingo, Ecuador.

FASE FENOLÓGICA	ORGANO	%MS N	%MS P	%MS K	%MS Ca	%MS Mg	%MS S
Emergencia	Raíz	2,163	0,360	3,953	1,460	0,477	0,270
	Tallo	1,387	0,213	3,817	1,437	0,293	0,283
	Hojas	2,440	1,300	5,443	2,203	1,097	0,623
	Promedio Fase	1,997	0,624	4,404	1,700	0,622	0,392
Septima Hoja	Raíz	2,713	0,273	1,480	1,547	0,540	0,293
	Tallo	2,093	0,263	2,157	1,560	0,557	0,297
	Hojas	4,963	0,577	2,873	2,270	0,860	0,300
	Promedio Fase	3,257	0,371	2,170	1,792	0,652	0,297
Boton Floral	Raíz	3,797	0,277	3,057	2,447	0,417	0,240
	Tallo	4,920	0,293	6,857	2,213	0,437	0,353
	Hojas	5,733	0,340	5,497	2,420	0,463	0,360
	Boton floral	7,900	0,843	4,040	2,440	0,630	0,407
	Promedio Fase	5,588	0,438	4,863	2,380	0,487	0,340
Floración	Raíz	2,617	0,297	3,660	2,067	0,350	0,253
	Tallo	4,460	0,393	7,470	2,097	0,500	0,453
	Hojas	6,923	0,357	6,933	2,437	0,567	0,517
	Boton floral	7,900	0,843	4,040	2,440	0,630	0,407
	Flores	5,413	0,743	4,560	2,510	0,640	0,297
	Promedio Fase	5,463	0,527	5,333	2,310	0,537	0,385
Fructificación	Raíz	4,607	0,293	2,900	3,013	0,400	0,453
	Tallo	3,433	0,323	6,667	2,893	0,543	0,540
	Hojas	7,143	0,303	6,697	3,110	0,570	0,500
	Boton floral	7,900	0,843	4,040	2,440	0,630	0,407
	Flores	5,413	0,743	4,560	2,510	0,640	0,297
	Frutos inmaduros	6,300	0,767	5,637	2,310	0,510	0,400
	Promedio Fase	5,799	0,546	5,083	2,713	0,549	0,433
Maduración	Raíz	2,843	0,240	2,770	3,463	0,313	0,410
	Tallo	3,440	0,263	6,140	3,317	0,527	0,543
	Hojas	6,297	0,233	5,597	3,683	0,597	0,480
	Boton floral	7,900	0,843	4,040	2,440	0,630	0,407
	Flores	5,413	0,743	4,560	2,510	0,640	0,297
	Frutos inmaduros	6,300	0,767	5,637	2,310	0,510	0,400
	Frutos maduros	4,090	0,583	4,590	2,710	0,330	0,353
	Promedio Fase	5,518	0,597	5,024	2,736	0,508	0,409
	Promedio Cultivo	4,604	0,517	4,480	2,272	0,559	0,376

Tabla 10. Concentración de Micronutrientes (ppm) de fases fenológicas y órganos de (*Campsicum annuum*) variedad Nathalie y la acumulación Ms por fase (Kg ha⁻¹)

FASE FENOLÓGICA	ORGANO	ppm Cu	ppm B	ppm Fe	ppm Zn	ppm Mn	MS
Emergencia	Raíz	28,667	24,213	350,000	32,333	62,667	3,98
	Tallo	11,667	32,267	133,667	18,333	38,333	
	Hojas	20,667	67,120	354,667	78,333	224,333	
	Promedio Fase	20,333	41,200	279,444	43,000	108,444	
Septima Hoja	Raíz	33,000	60,437	672,000	51,667	162,333	3,0
	Tallo	11,000	59,860	313,000	32,333	48,667	
	Hojas	15,333	80,223	638,000	60,667	138,000	
	Promedio Fase	19,778	66,840	541,000	48,222	116,333	
Boton Floral	Raíz	41,333	34,627	735,333	59,333	121,667	74,2
	Tallo	15,000	43,660	282,333	55,333	98,667	
	Hojas	16,000	31,280	449,333	74,667	131,333	
	Boton floral	29,000	49,620	222,000	72,667	124,333	
Floración	Promedio Fase	25,333	39,797	422,250	65,500	119,000	70.7
	Raíz	29,000	44,020	644,667	96,000	112,667	
	Tallo	14,000	58,247	276,333	94,333	116,000	
	Hojas	19,667	79,823	210,333	102,333	165,000	
Fructificación	Boton floral	29,000	49,620	222,000	72,667	124,333	116
	Flores	23,333	58,900	213,000	63,333	109,000	
	Promedio Fase	23,000	58,122	313,267	85,733	125,400	
	Raíz	40,667	42,550	553,000	74,000	105,000	
Fructificación	Tallo	12,667	48,000	250,333	68,000	130,000	116
	Hojas	18,667	50,757	338,667	101,333	189,667	
	Boton floral	29,000	49,620	222,000	72,667	124,333	
	Flores	23,333	58,900	213,000	63,333	109,000	
Fructificación	Frutos inmaduros	20,000	37,703	171,667	70,000	66,667	116
	Promedio Fase	24,056	47,922	291,444	74,889	120,778	
	Raíz	29,000	37,757	525,333	92,000	138,667	
	Tallo	13,000	46,343	291,000	88,667	183,333	
Fructificación	Hojas	23,000	37,220	325,000	109,667	255,333	313
	Boton floral	29,000	49,620	222,000	72,667	124,333	
	Flores	23,333	58,900	213,000	63,333	109,000	
	Frutos inmaduros	20,000	37,703	171,667	70,000	66,667	
Fructificación	Frutos maduros	17,667	34,097	196,000	57,667	89,000	313
	Promedio Fase	22,143	43,091	277,714	79,143	138,048	
	Promedio Cultivo	22,440	49,495	354,187	66,081	121,334	

Tabla 11. Observaciones fenológicas realizadas a (*Capsicum annuum*) variedad Nathalie para determinar los momentos de recolección de muestras.

Fase Fenológica	Síntomas de muestreo	Plantas a muestrearse		Edad postransplante y Fecha de aparición			
		Propias fase	Total ensayo	≥ 80% (incidencia)	Fecha	Totalidad	Fecha
Emergencia	Altura promedio de entre 12 y 15 cm y presencia de mínimo 4 hojas verdaderas.	100	-	0	12/05/17	0	12/05/17
Séptima Hoja	Aparecimiento de la séptima hoja verdadera.	93	276	10	23/05/17	12	25/05/17
Botón Floral	Brotación del primer botón floral.	95	307	31	12/06/17	42	23/06/17
Floración	Aparecimiento de flores abiertas y maduras.	88	178	41	22/06/17	53	04/07/17
Fructificación	Emergencia de los primeros frutos (inmaduros).	88	137	44	25/06/17	60	11/07/17
Maduración	Frutos maduros de la forma, color, tamaño y peso de la variedad estudiada.	-	-	-	-	77	28/07/17

En la Fase de maduración ya se habían sacrificado casi el total de las plantas por ende el muestreo fenológico se paralizó.

Tabla 12. Distribución porcentual de la exportación total de macronutrientes en las distintas fases fenológicas e equivalencia de las mismas (kg ha⁻¹) de (*Capsicum annuum*) variedad Nathalie, en Santo Domingo, Ecuador.

FASE	N		P		K		Ca		Mg		S	
	(%)	Kg ha ⁻¹	(%)	Kg ha ⁻¹	(%)	Kg ha ⁻¹	(%)	Kg ha ⁻¹	(%)	Kg ha ⁻¹	(%)	Kg ha ⁻¹
Emergencia	0,270	0,08	0,92	0,023	0,576	0,17	0,335	0,06	0,878	0,024	0,716	0,018
Septima Hoja	0,541	0,16	0,28	0,007	-0,067	-0,02	0,335	0,06	0,573	0,015	0,471	0,011
Total	0,812	0,24	1,20	0,03	0,508	0,15	0,67	0,12	1,452	0,04	1,188	0,030
Boton Floral	13,468	3,98	10,00	0,25	14,750	4,35	10,161	1,82	11,979	0,33	9,901	0,250
Floración	15,431	4,56	11,60	0,29	19,159	5,65	8,933	1,60	15,972	0,44	17,197	0,434
Total	28,90	8,54	21,60	0,54	33,909	10,00	19,095	3,42	27,951	0,77	27,099	0,684
Fructificación	24,67	7,29	16,00	0,40	21,498	6,34	24,679	4,42	23,043	0,634	24,247	0,612
Maduración	45,617	13,48	61,20	1,53	44,082	13	55,555	9,95	47,553	1,31	47,465	1,198
Total	70,287	20,77	77,20	1,93	65,581	19,34	80,234	14,37	70,596	1,944	71,712	1,810
TOTAL	100	29,55	100	2,50	100	29,49	100	17,91	100	2,754	100	2,524

Tabla 13. Distribución porcentual de la exportación total de micronutrientes en las distintas fases fenológicas e equivalencia de las mismas (g ha⁻¹) de (*Capsicum annuum*) variedad Nathalie, en Santo Domingo, Ecuador.

FASE	Cu(%)	Cu g	B(%)	B g	Fe(%)	Fe g	Zn(%)	Zn g	Mn(%)	Mn g
Emergencia	0,663	0,08	0,734	0,16	0,684	1,09	0,332	0,16	0,421	0,38
Septima Hoja	0,414	0,05	1,377	0,3	1,714	2,73	0,373	0,18	0,498	0,45
Total	1,077	0,13	2,112	0,46	2,399	3,82	0,706	0,34	0,920	0,83
Boton Floral	12,354	1,49	10,881	2,37	20,108	32,01	10,926	5,26	10,563	9,53
Floración	11,691	1,41	35,169	7,66	3,2728	5,21	18,695	9	12,735	11,49
Total	24,046	2,90	46,051	10,03	23,380	37,22	29,621	14,26	23,298	21,02
Fructificación	18,988	2,29	11,294	2,46	28,293	45,04	18,508	8,91	22,323	20,14
Maduración	55,887	6,74	40,541	8,83	45,926	73,11	51,163	24,63	53,458	48,23
Total	74,875	9,03	51,836	11,29	74,219	118,15	69,671	33,54	75,781	68,37
TOTAL	100,00	12,06	100,00	21,78	100,00	159,19	100,00	48,14	100,00	90,22

Tabla 14. Requerimiento de macronutrientes (kg), Dosis recomendada (kg) de los mismos y moléculas comerciales que los contengan y que se acoplen al requerimiento de producción de 1 t de pimientos total y solo de frutos de la variedad Nathalie.

Nutriente	Requerimiento		Dosis		Fertilizante	Composición	Dosis	
	Total	Frutos	Total	Frutos			Total	Frutos
N	5,067	1,420	7,238	2,028	KNO ₃	(13,5%N , 45% K ₂ O)	13,762	3,566
P	0,378	0,194	1,890	0,970	DAP	(18%N , 46%P ₂ O ₅)	9,415	4,832
K	5,234	1,572	6,543	1,965	CA (NO ₃)	(15,5%N, 26,5% CaO)	20,503	2,897
Ca	3,424	0,943	6,848	1,886	(CaO) y (MgO)	(46%CaO , 5%MgO)	9,019	4,067
Mg	0,493	0,113	0,704	0,161	MgSO ₄ ·7H ₂ O	(16%MgO , 13%S)	4,478	0,394
S	0,467	0,126	1,167	0,315	K ₂ SO ₄	(52% K ₂ O , 18%S)	3,250	1,467
					(NH ₄)(NO ₃)	(33,5%N)	1,513	0,684

Tabla 15. Distribución porcentual a través de la fenología de las cantidades de macronutrientes a aplicarse para producir una tonelada total de pimiento variedad Nathalie, utilizando moléculas comerciales, en Santo Domingo, Ecuador.

Nutriente	Producto	Hasta Séptima Hoja	Botón Floral y Floración	Fructificación y Maduración
N	DAP	0,28	5,06	18,08
	KNO ₃	0,17	11,08	14,42
	Ca (NO ₃)	0,52	14,78	28,60
	(NH ₄) (NO ₃)			7,00
P	DAP	1,20	21,60	77,20
K	KNO ₃	0,51	33,91	44,14
	K ₂ SO ₄			21,44
Ca	Ca (NO ₃)	0,67	19,09	36,93
	CaO y MgO			43,40
Mg	MgSO ₄ 7 H ₂ O	1,45	27,95	31,96
	CaO y MgO			38,64
S	MgSO ₄ 7 H ₂ O	1,18	22,72	25,97
	K ₂ SO ₄			50,13

Tabla 16. - Dosis de fertilizantes recomendados (kg) para la producción de 1 t total de (*Capsicum annuum*) variedad Nathalie en Santo Domingo Ecuador, distribuidos a través de la fenología del cultivo.

Fertilizante	Hasta Séptima Hoja	Botón Floral y Floración	Fructificación y Maduración
KNO ₃	0,09	5,94	7,73
DAP	0,11	2,03	7,27
CA (NO ₃)	0,24	6,90	13,35
(CaO)(MgO)	-	-	9,019
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0,11	2,04	2,33
K ₂ SO ₄	-	-	3,250
(NH ₄)(NO ₃)	-	-	1,513

Tabla 17. - Requerimiento de micronutrientes (g) y moléculas comerciales (ml) que los contengan y se acoplen al requerimiento de producción de 1 t de pimientos total y solo de frutos de la variedad Nathalie, en Santo Domingo, Ecuador.

Nutriente	Requerimiento		Fertilizante	Composición	Dosis	
	Total	Frutos			Total	Frutos
Cu	2,217	0,642	Quelato Cu	(%p/p= 5) (d=1,1 Kg L ⁻¹)	40	12
B	3,941	1,139	Boro Liquido	(%p/p= 10) (d=1,3 Kg L ⁻¹)	30	8,76
Fe	31,215	6,791	Quelato Fe	(%p/p= 5) (d=1,1 Kg L ⁻¹)	567	123
Zn	9,027	1,991	Quelato Zn	(%p/p= 7) (d=1,2 Kg L ⁻¹)	107	24
Mn	18,388	3,047	Quelato Mn	(%p/p= 5) (d=1,2 Kg L ⁻¹)	306	51

Tabla 18. Dosis de fertilizantes recomendados (ml) para la producción de 1 t total de (*Campsicum annuum*) variedad Nathalie en Santo Domingo Ecuador, distribuidos a través de la fenología del cultivo.

Fertilizante	Hasta Séptima Hoja	Botón Floral y Floración	Fructificación y Maduración
Quelato Cu	0,43	9,62	29,95
Boro	0,63	13,81	15,55
Liquido			
Quelato Fe	13,60	132,57	420,82
Quelato Zn	0,75	31,69	74,55
Quelato Mn	2,81	71,29	231,89

3.5. Plan de Fertilización

Se detalló el requerimiento para la producción de 1 t total de pimiento variedad Nathalie que incluye la nutrición del cultivo en todas sus fases fenológicas y además el requerimiento que representan solo los frutos dentro de la misma tonelada, la dosis está calculada en base a las eficiencias con las que se trabaja en nuestra zona está sujeta a cambios en posibles experiencias de réplica de esta investigación. Las eficiencias utilizadas fueron las siguientes N: 70%, P:20%, K: 80%, Ca: 50%, Mg: 70%, S: 40%. Los macronutrientes se hallan distribuidos en tres etapas importantes ya que previamente se ha calculado como se distribuyeron las exportaciones en el tiempo de esta manera no se aglutinan elementos que no se necesitan en mucha cantidad en tal o cual fase y se prioriza su suministración en los momentos de mayor necesidad.

Se recomienda la utilización de nitratos en este caso de K y Ca y de amonio ya que es la forma en que la planta de pimiento presenta menos dificultades en su absorción aparte no es volátil y permite la absorción de otros cationes, otra de sus ventajas es que su conversión en aminoácidos se realiza en las hojas y no en las raíces como el amonio por ende se ahorra energía en este proceso. Para nuestra región con una elevada pluviosidad es necesario también aplicar amonio ya que el nitrato es susceptible a la lixiviación, se recomienda que la relación sea de 4 a 1 entre nitrato y amonio (Berrios et al, 2007), pero por nuestra zona se puede disminuir el margen, en este plan propuesto el nitrato representa el 73,07% del total del N. La fuente de fosforo usada se justifica en el aporte de amonio al cultivo y además de que el poder neutralizante de pH de este abono no es tan grande por ello se recomienda para suelos con pH de 6 – 7,5 (Berrios et al, 2007).

El uso de nitrato reemplazando al cloruro en combinación con el Cl se debe a que en etapas de crecimiento vegetativo el cultivo de pimiento es sensible a altas concentraciones de cloro en su zona radicular causando competencia en la absorción de aniones principalmente nitrato, El nitrato de potasio es de absorción rápida por ende puede ser suministrado en todas las etapas mientras que el sulfato de potasio por su baja solubilidad se lo reserva para la etapa final (Berrios et al, 2007).

El Ca y Mg irán de la mano se utilizará sulfato heptahidratado que presenta propiedades de solubilidad fascinantes y ya que el M y el Ca no pueden ir de la mano por la formación de Yeso se recomienda un producto combinado que presente los dos ácidos en su composición para evitar este problema.

En cuanto a las recomendaciones de micronutrientes se trabajó con productos quelatantes dosificándose en ml de producto lo necesario para cumplir con el requerimiento de g de estos nutrientes para producir una t de producto de manera integral, para ellos es necesario conocer la concentración p/p y la densidad del producto, la utilización de productos quelatantes se justifica en que en su clase orgánica su absorción total apenas requiere un par de horas (Stauder, 2009).

Cabe destacar que estas dosificaciones y cálculos solo cubren las exportaciones del cultivo para un mayor ajuste el agricultor deberá apoyarse de la metodología que utilice para análisis de suelo y elaboración de plan nutricional por ende estas dosis están sujetas a cambios.

IV. CONCLUSIONES

La variedad de (*Capsicum annuum*) Nathalie presento sus mayores exportaciones en macronutrientes para el N y el K con 29,550 y 29,490 kg ha⁻¹ respectivamente las menores exportaciones en esta categoría por el S y P con 2,525 y 2,500 kg ha⁻¹. Los micronutrientes que más absorbieron fueron el Fe y Mn con 159,190 y 90,220 g ha⁻¹ respectivamente y el de menor absorción fue el Cu con 12,060 g ha⁻¹.

La organografía se comportó de manera variada en esta investigación, así las hojas son las mayores productoras de MS con 194,340 kg ha⁻¹ y se encuentra encabezando la exportación de N, K, Ca, Mg y S, en cuanto a los micronutrientes representa el mayor rubro de absorción en todos los casos.

La fase fenológica que más absorbió fue la de maduración, todos los macronutrientes se deben aportar de mayor manera en esta fase, el principal es el P que a este tiempo representa el 61,20% de su exportación total. Con los micronutrientes se da un caso particular con excepción del B donde si combinamos las fases de Botón Floral y Floración superan a la fase en cuestión en cuanto a exportación de este nutriente con un valor de 46,0514%.

Al elaborar las recomendaciones de fertilización se encontró que el macronutriente más requerido para la producción de 1 t de pimiento que incluya todas las absorciones es el nitrógeno con 7,238 kg seguido del Ca con 6,848 kg y el menos necesario fue el Mg 0,704 kg, en cuanto a los micronutrientes el más requerido es el hierro con 31,215 g y el menos necesario el Cu con 2,217 g.

Se evidenció algunas translocaciones y paralizaciones en cuanto a la absorción de estos nutrientes: P en la fase de maduración se transloca de los tallos y hojas valores de 0,03 y 0,02 Kg ha⁻¹ respectivamente, el K se transloca de las raíces en etapa de Séptima Hoja a razón de 0,02 Kg ha⁻¹, esta misma fase paraliza la absorción de P y Mg en sus raíces y de P y K en sus hojas, el N paraliza su exportación en las raíces en etapa de Floración. En la etapa de maduración se transloca B de tallo y hojas 0,01 y 0,44 g ha⁻¹, otro microelemento que se transloca es el Fe a edad de Floración son 4,18 g ha⁻¹ los que se van de las hojas a otros órganos.

V. REFERENCIAS

- Agro.es (sf). Abonado del pimiento, extracciones y dosis de nutrientes para fertilización con N, P y K. <http://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-huerta-horticultura/pimiento/504-pimiento-dosis-de-nutrientes-para-abonar-cultivo>.
- Bertsch, F (2003). Absorción de nutrimentos por los cultivos. 1 ed. San José (Costa Rica). ACCS. (pp. 12-15).
- Bertsch, F (2005). Estudio de absorción de nutrientes como apoyo a las recomendaciones de fertilización. [http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/76A0E12D2DF131AB05256FF200587B24/\\$file/Estudios+de+absorci%C3%B3n+de+nutrientes+como+apoyo.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/76A0E12D2DF131AB05256FF200587B24/$file/Estudios+de+absorci%C3%B3n+de+nutrientes+como+apoyo.pdf).
- Berrios, M; Arredondo, C; Tjalling, H. (2007). Guía de Manejo de Nutrición Vegetal de Especialidad Pimiento. http://www.sqm.com/Portals/0/pdf/cropKits/SQM-Crop_Kit_Pepper_L-ES.pdf.
- CEDEPAS, (2003). Cultivo de pimientos y ajíes. (pp. 22).
- Ciampitti, A; García, F. (2010). Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. IPNI. Buenos Aires. [http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/0B0EE369040F863003257967004A1A41/\\$FILE/AA%2012.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/0B0EE369040F863003257967004A1A41/$FILE/AA%2012.pdf).
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., y Robledo, Y. C. (2016). InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Consultado el 12 de enero de 2016, de <http://www.in-fostat.com.ar>.
- Di Faithfull, N.T. (2002). Methods in agricultural chemical analysis. A practical handbook. United Kingdom: CABI Publishing.
- Duque, G; Oña, L. (2007). Respuesta del cultivo de pimiento a dos fertilizantes de preparación artesanal aplicados al suelo en cuatro dosis en la granja experimental de la ECAA. Tesis (PUCE Ibarra). <http://dspace.pucesi.edu.ec/bitstream/11010/229/1/T71858.pdf>.

Haifa (sf). Nutritional recommendations for pepper. <http://www.haifa-group.com/files/Guides/Pepper/Pepper.pdf>.

Hidalgo, A. (2015). Estudio de la aplicación de biofertilizantes orgánicos en el desarrollo agronómico del cultivo de pimiento (*capsicum annum l.*) en la zona de Mocache, Ecuador durante la época seca del año 2013. (Tesis inédita de grado) (UTEQ). Quevedo, Ecuador. <http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/11/1/T-UTEQ-0002.pdf>.

Infopos. (sf). Absorción de nutrientes por las plantas. Agrolab. http://www.agrolab.com.mx/sitev002/sitev001/assets/absorcion_nutrientes_plantas.pdf.

Jiménez S., H. (1980). Anatomía del sistema de clasificación de Holdridge. CATIE: Turrialba, Costa Rica.

Lipinski, V. (1995). Fertilización de los principales cultivos hortícolas en la región de Cuyo. INTA.

Maynard, D; Hochmuth, G. (2007). Knotts handbook for vegetable growers. (5 ed). University of Florida.

Navarro, G; Navarro, S. (2013). Química Agrícola. (Ed 3). (pp. 261-447). Madrid. Mundiprensa.

Pellicer, C; Pérez, A; Rincón, L; Abadía, A; Sáez, J. (2008). Balance de agua y nutrientes del cultivo de pimiento de carne gruesa con fertilización ecológica. https://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/publicaciones-online/2009/eventos-seae/cds/congresos/actas-bullas/seae_bullas/verd/posters/9%20P.%20FER/9.pdf.

Pérez, M; Contreras, P. (2016). Fertilización adaptada a las necesidades de los cultivos/ Curvas de absorción de nutrientes. (Producción Agraria). (pp. 1-12). Almería (España). <http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa/contenidoAlf?id=41f0ff7b-410c-4817-9dbd-3833e462ecd2>.

Ramírez, F. (2008). Requerimientos nutricionales y Curvas de absorción de nutrientes. <https://es.scribd.com/doc/149935182/Requerimientos-Nutricionales-y-Curvas-de-Absorcion-de-Nutrientes>.

Román C. (2013). Asociación entre la absorción de nutrientes y la acumulación y distribución de biomasa en las hojas y tallos de Cinco variedades del género *Brachiaria*. (Tesis de grado). Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador.

Romero, E; Rodríguez, J; Vidal, J; Amado, M; Rodríguez, C. (1996). Evolución de Materia Seca de estructuras vegetativas, reproductivas y totales de pimiento cultivado en invernadero en Tucumán. <http://www.faz.unt.edu.ar/images/stories/pdfs/pva/0331.pdf>

Schroeder, A; Martínez, G (2003). Concentraciones foliares de microelementos en pimientos. *Agrotecnia*. (pp. 17-21). <http://redbiblio.unne.edu.ar/opac/cgi-bin/pgopac.cgi?VDOC=63.118225>.

Schroeder, A; Martínez, G (2003). Concentraciones foliares de Ca y Mg en pimiento (*Capsicum annuum* L). Universidad Nacional del Nordeste. <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/2003/comunicaciones/05-Agrarias/A-073.pdf>.

Stauder, N. (2009). Guía para diseñar programas efectivos de fertilización. Guatemala. Mosaic.

Yzarra, W, Lopez, F. (sf). Manual de Observaciones Fenológicas. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Lima (Perú). (pp.34).