

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA



**“ELABORACIÓN DE LA CURVA DE EXTRACCIÓN DE
NUTRIENTES DE PIMIENTO (*Capsicum annum* L.) MEDIANTE
FERTILIZACIÓN VÍA RIEGO POR GOTEÓ, ICA”**

Presentada por:

GIANCARLO ANTONIO LUNA HUAMÁN

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

Lima - Perú

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

**“ELABORACIÓN DE LA CURVA DE EXTRACCIÓN DE
NUTRIENTES DE PIMIENTO (*Capsicum annuum* L.) MEDIANTE
FERTILIZACIÓN VÍA RIEGO POR GOTEÓ, ICA”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE**

Presentada por:

GIANCARLO ANTONIO LUNA HUAMÁN

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Mg.Sc. Gilberto Rodríguez Soto
PRESIDENTE

Dr. Oscar Loli Figueroa
PATROCINADOR

Mg. Sc. Andrés Casas Díaz
MIEMBRO

Dr. Hugo Soplín Villacorta
MIEMBRO

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES EN LAS PLANTAS	3
2.2. LOS NUTRIENTES NO MINERALES.....	3
2.3. LOS NUTRIENTES MINERALES	3
2.3.1 Macronutrientes primarios.....	4
a) Nitrógeno.....	4
a.1) Dinámica del Nitrógeno en el suelo	9
a.2) Síntomas de deficiencia de nitrógeno.....	10
a.3) Síntomas de exceso de nitrógeno.....	10
b) Fósforo.....	11
b.1) Dinámica del Fosforo.....	15
c) Potasio	16
c.1) Dinámica del Potasio.....	19
2.3.2. Nutrientes secundarios y microelementos	20
a) Calcio.....	20
b) Magnesio	23
c) Zinc	27
d) Boro	28
2.4 ELEMENTOS Y FERTILIZACIÓN.....	29
2.5 ABSORCIÓN DE NUTRIENTES	30
2.6 GENERALIDADES DEL CULTIVO DEL PIMIENTO	31
2.6.1 Aspectos Botánicos.....	32
a) Taxonomía	32

b) Nombres comunes.....	32
c) Descripción botánica	33
c.1) Tipo De Planta.....	33
c.2) Semilla.....	33
c.3) Raíz	33
c.4) Tallo.....	33
c.5) Hojas.....	33
c.6) Flores	34
c.7) Fruto.....	34
2.6.2 Etapas Fenológicas de Desarrollo del Género <i>Capsicum</i>	35
a) Germinación y emergencia	35
b) Crecimiento de la plántula	35
c) Crecimiento vegetativo rápido	36
d) Floración y fructificación.....	36
2.6.3 Requerimientos Agroecológicos.....	37
2.6.4 Ritmo de Absorción de Nutrientes	38
2.6.5 Densidad de siembra	40
2.6.6 Rendimientos.....	40
2.7 CURVA DE EXTRACCION DE NUTRIENTES	41
2.7.1 Factores Internos.....	41
2.7.2 Factores Externos.....	41
a) Método para elaborar una curva de absorción de nutrientes	41
b) Importancia y utilidad de las curvas de absorción de nutrientes	42
III. MATERIALES Y MÉTODOS	44
3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN.....	44

3.2 MATERIALES	44
3.2.1 Material de Campo	44
3.2.2 Equipos y Material de Laboratorio.....	44
3.2.3 Tratamientos en Estudio	45
3.3 METODOLOGÍA	46
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
4.1 EXTRACCION DE NITROGENO EN LA PLANTA.....	48
4.1.1 Extracción de Nitrógeno en Hojas.....	48
4.1.2 Extracción de Nitrógeno en Tallo.....	49
4.1.3 Extracción de Nitrógeno en Raíz.....	50
4.2 EXTRACCION DE FOSFORO	51
4.2.1 Extracción de Fosforo en Hojas	51
4.2.2 Extracción de Fosforo en Tallo.....	52
4.2.3 Extracción de Fosforo en Raíz	53
4.3 EXTRACCION DE POTASIO	55
4.3.1 Extracción de Potasio en Hojas.....	55
4.3.2 Extracción Total de Potasio en Tallo	56
4.3.3 Extracción Total de Potasio en Raíz	57
4.4 NITRÓGENO EN FRUTOS	59
4.4.1 Nitrógeno en Fruto Verde.....	59
4.4.2 Nitrógeno en Fruto Rojo	60
4.5 FOSFORO EN FRUTOS	61
4.5.1 Fosforo en Fruto Verde	61
4.5.2 Fosforo en Fruto Rojo	62
4.6 POTASIO EN FRUTOS	64
4.6.1 Potasio en Fruto Verde.....	64

4.6.2 Potasio en Fruto Rojo	66
4.7 CALCIO EN FRUTOS	68
4.7.1 Calcio en Fruto Verde	68
4.7.2 Calcio en Fruto Rojo	69
4.8 MAGNESIO EN FRUTOS.....	71
4.8.1 Magnesio en Fruto Verde	71
4.8.2 Magnesio en Fruto Rojo	72
4.9 ZINC EN FRUTOS	74
4.9.1 Zinc en Fruto Verde.....	74
4.9.2 Zinc en Fruto Rojo.....	75
4.10 BORO EN FRUTOS.....	76
4.10.1 Boro en Fruto Verde.....	76
4.10.2 Boro en Fruto Rojo.....	77
V. CONCLUSIONES.....	80
VI. RECOMENDACIONES	81
VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	82
VIII. ANEXOS	87

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Principales fuentes de macronutrientes secundarios y micronutrientes.	4
Cuadro 2: Efectos a corto y largo plazo de los fertilizantes nitrogenados en relación a la acidez.	8
Cuadro 3: Compuestos más comunes de fósforo en el suelo.	12
Cuadro 4: Los fertilizantes fosforados comúnmente disponibles.	14
Cuadro 5: Los fertilizantes potásicos comúnmente disponibles.	19
Cuadro 6: Tratamiento I (NPK 1).	45
Cuadro 7: Tratamiento II (NPK 2).	45
Cuadro 8: Tratamiento III (NPK 3).	46
Cuadro 9: Días Después del Trasplante (DDT).	46
Cuadro 10: Valor de la extracción total de Nitrógeno en hojas (kg/ha) en pimiento (<i>Capsicum annum</i>) empleando tres niveles de fertilización.	49
Cuadro 11: Valor de la extracción total de Nitrógeno en tallo (kg/ha) en pimiento (<i>Capsicum annum</i>) empleando tres niveles de fertilización.	50
Cuadro 12: Valor de la extracción total de Nitrógeno en raíz (kg/ha) en pimiento (<i>Capsicum annum</i>) empleando tres niveles de fertilización.	51
Cuadro 13: Valor de la extracción total de Fosforo en hojas (kg/ha) en pimiento (<i>Capsicum annum</i>) empleando tres niveles de fertilización.	52
Cuadro 14: Valor de la extracción total de Fosforo en tallo (kg/ha) en pimiento (<i>Capsicum annum</i>) empleando tres niveles de fertilización.	53
Cuadro 15: Valor de la extracción total de Fosforo en raíz (kg/ha) en pimiento (<i>Capsicum annum</i>) empleando tres niveles de fertilización.	54
Cuadro 16: Valor de la extracción total de Potasio (<i>Capsicum annum</i>) en hojas (kg/ha) en pimiento empleando tres niveles de fertilización.	56
Cuadro 17: Valor de la extracción total de Potasio en tallo (kg/ha) en pimiento (<i>Capsicum annum</i>) empleando tres niveles de fertilización.	57
Cuadro 18: Valor de la extracción total de Potasio en raíz (kg/ha) en pimiento (<i>Capsicum annum</i>) empleando tres niveles de fertilización.	58
Cuadro 19: Porcentaje de nitrógeno en fruto verde para dos cosechas en pimiento (<i>Capsicum annum</i>) empleando tres fuentes NPK – Ica, 2010.	60

Cuadro 20: Porcentaje de nitrógeno en fruto rojo para dos cosechas en pimiento (<i>Capsicum annum</i>) empleando tres fuentes NPK – Ica, 2010.	61
Cuadro 21: Porcentaje de fosforo en fruto verde para dos cosechas en pimiento (<i>Capsicum annum</i>) empleando tres fuentes NPK – Ica, 2010.	62
Cuadro 22: Porcentaje de fosforo en fruto rojo para dos cosechas en pimiento (<i>Capsicum annum</i>) empleando tres fuentes NPK – Ica, 2010.	63
Cuadro 23: Porcentaje de potasio en fruto verde para dos cosechas en pimiento (<i>Capsicum annum</i>) empleando tres fuentes NPK – Ica, 2010.	65
Cuadro 24: Porcentaje de potasio en fruto rojo para dos cosechas en pimiento (<i>Capsicum annum</i>) empleando tres fuentes NPK – Ica, 2010.	67
Cuadro 25: Porcentaje de calcio en fruto verde para dos cosechas en pimiento (<i>Capsicum annum</i>) empleando tres fuentes NPK – Ica, 2010.	69
Cuadro 26: Porcentaje de calcio en fruto rojo para dos cosechas en pimiento (<i>Capsicum annum</i>) empleando tres fuentes NPK – Ica, 2010.	70
Cuadro 27: Porcentaje de magnesio en fruto verde para dos cosechas en pimiento (<i>Capsicum annum</i>) empleando tres fuentes NPK – Ica, 2010.	72
Cuadro 28: Porcentaje de magnesio en fruto rojo para dos cosechas en pimiento (<i>Capsicum annum</i>) empleando tres fuentes NPK – Ica, 2010.	73
Cuadro 29: Contenido de zinc (ppm) en fruto verde para dos cosechas en pimiento (<i>Capsicum annum</i>) empleando tres fuentes NPK – Ica, 2010.	74
Cuadro 30: Contenido de zinc (ppm) en fruto rojo para dos cosechas en pimiento (<i>Capsicum annum</i>) empleando tres fuentes NPK – Ica, 2010.	76
Cuadro 31: Contenido de boro (ppm) en fruto verde para dos cosechas en pimiento (<i>Capsicum annum</i>) empleando tres fuentes NPK – Ica, 2010.	77
Cuadro 32: Contenido de boro (ppm) en fruto rojo para dos cosechas en pimiento (<i>Capsicum annum</i>) empleando tres fuentes NPK – Ica, 2010.	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Curvas de la extracción de Nitrógeno en hojas (kg/ha) en pimiento (<i>Capsicum annum</i>) empleando tres niveles de fertilización (T: I-II-III).	48
Figura 2: Curvas de la extracción de Nitrógeno en tallo (kg/ha) en pimiento (<i>Capsicum annum</i>) empleando tres niveles de fertilización (T: I-II-III).	49
Figura 3: Curvas de la extracción de Nitrógeno en raíz (kg/ha) en pimiento (<i>Capsicum annum</i>) empleando tres niveles de fertilización (T: I-II-III).	50
Figura 4: Curvas de la extracción de Fosforo en hojas (kg/ha) en pimiento (<i>Capsicum annum</i>) empleando tres niveles de fertilización (T: I-II-III).	52
Figura 5: Curvas de la extracción de Fosforo en tallo (kg/ha) en pimiento (<i>Capsicum annum</i>) empleando tres niveles de fertilización (T: I-II-III).	53
Figura 6: Curvas de la extracción de Fosforo en raíz (kg/ha) en pimiento (<i>Capsicum annum</i>) empleando tres niveles de fertilización (T: I-II-III).	54
Figura 7: Curvas de la extracción de Potasio en hojas (kg/ha) en pimiento (<i>Capsicum annum</i>) empleando tres niveles de fertilización (T: I-II-III).	56
Figura 8: Curvas de la extracción de Potasio en tallo (kg/ha) en pimiento (<i>Capsicum annum</i>) empleando tres niveles de fertilización (T: I-II-III).	57
Figura 9: Curvas de la extracción de Potasio en raíz (kg/ha) en pimiento (<i>Capsicum annum</i>) empleando tres niveles de fertilización (T: I-II-III).	58
Figura 10: Porcentaje de nitrógeno en frutos verdes obtenidos en cada tratamiento en estudio.	59
Figura 11: Porcentaje de nitrógeno en frutos rojos obtenidos en cada tratamiento en estudio.	60
Figura 12: Porcentaje de fosforo en frutos verdes obtenidos en cada tratamiento en estudio.	62
Figura 13: Porcentaje de fosforo en frutos rojos obtenidos en cada tratamiento en estudio.	63
Figura 14: Porcentaje de potasio en frutos verdes obtenidos en cada tratamiento.	65
Figura 15: Porcentaje de potasio en frutos rojos obtenidos en cada tratamiento.	66
Figura 16: Porcentaje de calcio en frutos verdes obtenidos en cada tratamiento en estudio.	68
Figura 17: Porcentaje de calcio en frutos rojos obtenidos en cada tratamiento.	69
Figura 18: Porcentaje de magnesio en frutos verdes obtenidos en cada tratamiento en estudio.	71
Figura 19: Porcentaje de magnesio en frutos rojos obtenidos en cada tratamiento.	72
Figura 20: Contenido de zinc (ppm) en frutos verdes obtenidos en cada tratamiento en estudio. ...	74
Figura 21: Contenido de zinc (ppm) en frutos rojos obtenidos en cada tratamiento en estudio.	75
Figura 22: Contenido de boro (ppm) en frutos verdes obtenidos en cada tratamiento en estudio. ..	77
Figura 23: Contenido de boro (ppm) en frutos rojos obtenidos en cada tratamiento en estudio.	78

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Datos, resultados del ANVA y Prueba de Tukey para las variables frutos en porcentaje de Nitrógeno aplicando el software estadístico SAS.....	87
ANEXO 2: Datos, resultados del ANVA y Prueba de Tukey para las variables frutos en porcentaje de Fosforo aplicando el software estadístico SAS.	92
ANEXO 3: Datos, resultados del ANVA y Prueba de Tukey para las variables frutos en porcentaje de Potasio aplicando el software estadístico SAS.	98
ANEXO 4: Datos, resultados del ANVA y Prueba de Tukey para las variables frutos en porcentaje de Calcio aplicando el software estadístico SAS.	103
ANEXO 5: Datos, resultados del ANVA y Prueba de Tukey para las variables frutos en porcentaje de Magnesio aplicando el software estadístico SAS.	108
ANEXO 6: Datos, resultados del ANVA y Prueba de Tukey para las variables frutos en porcentaje de Zinc aplicando el software estadístico SAS.	114
ANEXO 7: Datos, resultados del ANVA y Prueba de Tukey para las variables frutos en porcentaje de Boro aplicando el software estadístico SAS.....	116
ANEXO 8: Análisis de agua de pozo.....	122

RESUMEN

Se determinó las curvas de extracción de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, B y Zn) para tres dosis del cultivo de pimiento bajo condiciones de invernadero: Tratamiento I: 500, 475, 500, 450, 100, 0, 0; Tratamiento II: 320, 385, 330, 310, 80, 0, 0; Tratamiento III: 410, 400, 410, 360, 100, 0, 0; respectivamente. La extracción de los macronutrientes primarios a nivel de hoja y tallo al inicio mostró un incremento, luego tuvo una reducción, y posteriormente presentó un nuevo incremento en la etapa final. El nitrógeno y potasio a nivel de la raíz tuvieron una concentración del 50% menor en relación con el tallo y la hoja, observándose en la última etapa una mayor concentración, en el caso del fósforo de la raíz en la primera etapa tiene una disminución significativa para luego tener una tendencia creciente hasta el final. En lo referente a los frutos, en cuanto a la concentración de nitrógeno, fosforo, magnesio y zinc no hay diferencia significativa en frutos verdes y rojos. El potasio tiene una diferencia significativa con el tratamiento I, en calcio existe una diferencia significativa con el tratamiento III y en boro se observa una diferencia significativa a los 120 días en fruto verde. También se puede observar que el tratamiento I tiende a sobresalir con respecto a los demás tratamientos.

Palabras claves: Curva de extracción, invernadero, macro y micronutrientes, pimiento.

ABSTRACT

The nutrient extraction curves (N, P, K, Ca, Mg, B and Zn) were determined for the different doses of the pepper crop under greenhouse conditions: Treatment I: 500, 475, 500, 450, 100, 0, 0; Treatment II: 320, 385, 330, 310, 80, 0, 0; Treatment III: 410, 400, 410, 360, 100, 0, 0; respectively. The extraction of the macronutrients at leaf and stem level at the beginning produced an increase, then it had a reduction, and later presented a new increase in the final stage. Nitrogen and potassium at the root level, it had a 50% lower concentration in relation to the stem and the leaf, observing in the last stage a greater concentration, in the case of the phosphorus of the root the first stage has a significant decrease to then have a growing trend to the end. Regarding the fruits; as for the concentration of nitrogen, phosphorus, magnesium and zinc there is no significant difference in green and red fruits. In the case of potassium there is a significant difference with treatment I and in calcium there is a significant difference with treatment III and in boron a significant difference is observed at 120 days in green fruit. It can also be observed that the treatment I tends to excel with respect to the other treatments.

Key words: Extraction curve, greenhouse, macro and micronutrients, pepper.

I. INTRODUCCION

El cultivo del pimiento no sólo es de gran importancia a nivel local, sino que por tratarse justamente de producción de nuevos híbridos, toma importancia y trascendencia a nivel mundial. En el auge de las exportaciones ha permitido colocar al Perú como uno de los principales proveedores de las variedades de la especie *Capsicum annuum* a nivel mundial, siendo sus principales competidores China, India y España.

La producción de semillas es un rubro importante en la zona de Ica, existen empresas establecidas con años de producción y últimamente se vienen ampliando las áreas de producción, juntamente con la aparición de nuevas empresas que se desarrollan en este tipo de producción.

La producción de todo cultivo se encuentra relacionado con la capacidad nutricional que este presenta y las características de la planta para extraer nutrientes, tanto las características presentadas por los suelos, como las desarrolladas por la planta en la extracción son influenciadas por el factor climático, de allí que esta característica va a variar de acuerdo a las condiciones medio ambientales existentes.

Por ello, el presente trabajo experimental se encuentra enfocado en colaborar con determinar los nutrientes necesarios requeridos por la planta de pimiento para su completo desarrollo en condiciones del valle de Ica en la época de verano bajo riego por goteo.

Objetivo general es Determinar la absorción de los macro y micro nutrientes en el cultivo de pimiento durante sus diferentes fases fenológicas bajo condiciones de invernadero en el valle de Ica. Objetivos específicos. Determinar las curvas de extracción en unidades por área de los macronutrientes primarios en hojas, tallo y raíz del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de invernadero en el valle de Ica.

Determinar el porcentaje de extracción de macronutrientes primarios y secundarios, y de dos micronutrientes en frutos verde y rojo del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de invernadero en el valle de Ica.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES EN LAS PLANTAS

En el momento actual esta suficientemente demostrado y admitido que los elementos esenciales para el desarrollo de todas las plantas son dieciséis y cuatro esenciales sólo para algunas (Navarro y Navarro, 2003).

Estos elementos están divididos en dos grandes grupos: minerales y no minerales.

2.2. LOS NUTRIENTES NO MINERALES

Son el carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O), estos nutrientes se encuentran en el agua y en la atmósfera y son usados en la fotosíntesis de la siguiente manera



2.3. LOS NUTRIENTES MINERALES

Son los que provienen del suelo están divididos en nutrientes primarios, secundarios y micro nutrientes (Inpofos, 1997). Los nutrientes primarios, generalmente son los primeros en ser deficientes en el suelo, debido a que las plantas usan cantidades relativamente altas de estos nutrientes. Son el Nitrógeno (N), el Fósforo (P) y el Potasio (K).

Los nutrientes secundarios, el Calcio (Ca), Magnesio(Mg) y Azufre (S) y los micronutrientes Boro (B), Cloro (Cl), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Molibdeno (Mo) y Zinc (Zn) son por lo general menos deficientes en el suelo y las plantas lo utilizan en pequeñas cantidades. Sin embargo éstos son tan importantes como los nutrientes primarios y la planta debe de tenerlos al alcance cuando los necesita (Inpofos, 1997).

Algunas plantas utilizan cantidades relativamente pequeñas de Sodio (Na), Silicio (Si), Cobalto (Co), Vanadio (V) (Navarro y Navarro, 2003).

El Rubidio (Rb), el Estroncio (Sr), Aluminio (Al) y Bario (Ba) aunque no son considerados como esenciales se aceptan hoy en día como beneficiosos para el desarrollo de determinados cultivos por que se considera que estimulan la absorción o transporte de otros elementos esenciales que se encuentran en proporción limitada, o bien inhibir la absorción de otros que se encuentren en exceso (Navarro y Navarro, 2003).

La esencialidad del silicio es una cuestión muy discutida. A este respecto, los resultados de gran número de investigaciones han hecho pensar en tal posibilidad, ya que el silicio se presenta en el vegetal como componente constante y en notable proporción (Navarro y Navarro, 2003).

Hay muchas fuentes de elementos que son usadas para corregir deficiencias de elementos secundarios y de micro-nutrientes, como se muestra en la Cuadro 1 (Paliwal et al, 2001).

Cuadro 1: Principales fuentes de macronutrientes secundarios y micronutrientes.

Elementos	Fuentes
Boro	Bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$); Ácido bórico (H_3BO_3)
Cobre	Quelato de cobre (CuEDTA); Sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)
Hierro	Sulfato de hierro ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$); Quelato de hierro (FeEDTA)
Magnesio	Carbonato de magnesio (dolomita); Quelato de magnesio (MgEDTA)
Manganeso	Sulfato de maganeso ($\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$); Óxido de manganeso (MnO); Quelato de manganeso (MnEDTA)
Molibdeno	Molibdato de sodio ($\text{Na}_2\text{Mo}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$); Peróxido de molibdeno (MoO_3)
Azufre	Sales de sulfatos de Ca, Mg, NH_4 or K; Azufre elemental
Zinc	Óxido de zinc (ZnO); Sulfato de zinc ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$); Quelato de zinc (ZnEDTA y ZnHDTA)

2.3.1 Macronutrientes primarios

a) Nitrógeno

Después del agua el nitrógeno es el componente mas importante en el desarrollo de la planta dada su abundancia en las principales biomoléculas de la materia viva (Ascon-Bieto y Talón, 2001).

El nitrógeno es un componente del trifosfato de adenosina (ATP), un transportador de energía para la respiración por lo que influye en el rápido crecimiento, aumenta la producción de hojas en la planta, interviene en la utilización de los carbohidratos para formar protoplasma y más células mejorando la calidad de las hortalizas y aumentando el contenido de proteínas (Camasca, 1984).

A excepción de las leguminosas y algunos otros organismos vegetales muy concretos, capaces de fijar el nitrógeno molecular atmosférico por la vía simbiótica microbiana y las pequeñas cantidades de amoníaco gaseoso que las partes aéreas de las plantas pueden fijar de la atmósfera en determinados momentos es en el suelo donde la mayor parte de las plantas cultivadas encuentran el nitrógeno que le es necesario (Navarro y Navarro, 2003)

El contenido de N del suelo es muy variable y depende del contenido de materia orgánica. En general los suelos pueden contener entre 0.01 y más de 0.4 por ciento del nitrógeno total (Quevedo y Villagarcía, 1986).

El nitrógeno las plantas lo absorben en forma de iones amonio (NH_4^+) o nitrato (NO_3^-). Algo de urea se absorbe directamente por las hojas y pequeñas cantidades de N se obtienen de materiales como aminoácidos solubles en agua. Con excepción del arroz la mayoría de plantas absorben la mayoría de N como ión (NO_3^-) sin embargo estudios han demostrado que las plantas absorben cantidades apreciables de NH_4^+ si este está presente en el suelo. Ciertos híbridos de maíz tienen un alto requerimiento de NH_4^+ y la absorción de esta forma de N ayuda a incrementar el rendimiento de grano (Inpofos, 1997).

La forma de asimilación del nitrógeno (nitrato o amoniacal) depende en gran manera de la edad de la planta y de la especie; y también del pH del suelo, de su composición, e incluso de la pluviometría anual (Navarro y Navarro, 2003)

Para que el nitrógeno absorbido bajo la forma de nitrato sea absorbido por la planta es necesario su reducción hasta la forma amoniacal, esto se realiza en dos etapas ninguna de las cuales requiere ATP, ni compuestos de carbono. En una primera fase el nitrato se reduce a nitrito en una reacción que implica dos electrones y está catalizada por la enzima nitrato reductasa. Después el nitrito se reduce a amoníaco en una reacción que implica seis electrones y catalizada por nitrito reductasa (Navarro y Navarro, 2003)

En la mayoría de especies vegetales ambos raíces y vástagos son capaces de la reducción del nitrato, y las raíces pueden reducir entre un 5 y 95% del nitrato tomado. La proporción de la reducción llevada a cabo en las raíces y vástagos depende de varios factores, que incluyen el nivel del suministro de nitrato, de la especie vegetal, de la edad vegetal, y tiene importantes consecuencias para la nutrición mineral y la economía del carbono vegetal. En general, cuando el suministro externo de nitrato es bajo, una alta proporción del nitrato es reducida en las raíces. Con un suministro creciente de nitrato, la capacidad para la reducción del nitrato en las raíces se vuelve un factor limitante y una proporción creciente del nitrógeno total es translocada a los vástagos en la forma de nitrato (Marschner, 1986).

La mayoría del amonio tiene que ser incorporado en compuestos orgánicos en las raíces, mientras que el nitrato es rápidamente movilizado en el xilema y puede también ser almacenado en las vacuolas de las raíces, vástagos, y órganos de almacenamiento. La acumulación de nitrato en las vacuolas puede ser de considerable importancia para el balance catión-anión, para la osmorregulación, particularmente en las llamadas especies “nitrofilicas” como *Chenopodium album* y *Urtica dioica* y para la calidad de verduras y plantas forrajeras (Marschner, 1986).

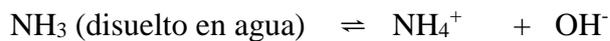
Para una especie dada, la proporción de nitrato reducida en las raíces se incrementa con la temperatura y la edad vegetal. La tasa de toma del catión acompañante también afecta esta proporción. Con potasio como catión acompañante, es rápida la translocación a los vástagos de ambos potasio y nitrato; correspondientemente, la reducción de nitrato en las raíces es relativamente baja. En contraste, cuando el calcio ó el sodio es el catión acompañante, la reducción del nitrato en las raíces es considerablemente mayor (Marschner, 1986).

El sitio preferencial de reducción del nitrato, raíces ó vástagos, puede tener un impacto importante en la economía del carbono en plantas, y probablemente también tenga consecuencias ecológicas para la adaptación vegetal a condiciones de baja y alta luminosidad. La reducción y asimilación del nitrato tiene un alto requerimiento de energía y son procesos altamente costosos cuando son llevados en las raíces (Marschner, 1986).

La máxima actividad de la enzima nitrato reductasa se presenta cuando la tasa de expansión foliar es máxima (Marschner, 1986).

En las hojas verdes existe una estrecha correlación entre la intensidad lumínica y la reducción del nitrato. La tasa de reducción foliar del nitrato es afectada por la luz en varias formas. En plantas con una reducción preferencial del nitrato en las hojas, las fluctuaciones diurnas en la actividad nitrato reductasa pueden conducir a una notable disminución en el contenido de nitratos durante el periodo lumínico. Independiente de este efecto de la luz el contenido de nitratos en los pecíolos de la espinaca como en aquellas otras especies vegetales acumuladoras de nitrato, es mayor que aquel en las láminas foliares. Las plantas cultivadas permanentemente bajo condiciones de poca iluminación (en invernaderos durante el invierno) pueden contener concentraciones de nitrato que son varias veces mayores que las de aquellas plantas cultivadas bajo condiciones de alta iluminación (en campo abierto durante el verano) (Marschner, 1986).

Mientras que el nitrato puede ser almacenado en las vacuolas sin efectos perjudiciales, el amonio y en particular su equilibrio junto con el amoniaco son tóxicos a



concentraciones bastante bajas. La formación de aminoácidos, amidas y compuestos relacionados es la principal vía de detoxificación de cualquiera de los iones amonio tomados por las raíces ó del amoniaco derivado de la reducción del nitrato o de la fijación del N_2 . Mientras que las concentraciones de amonio (NH_4^+) en el citoplasma están usualmente debajo de $15 \mu\text{M}$ hay evidencia de que cantidades considerables de amonio pueden ser almacenadas en las vacuolas donde el bajo pH evita la formación de amoniaco (Marschner, 1986).

A pesar de los diferentes sitios de asimilación del amoniaco (raíces, nódulos radicales, y hojas) las enzimas clave involucradas son en cada caso la glutamina sintetasa y la glutamato sintasa. Ambas enzimas se han encontrado en raíces, en cloroplastos, y en microorganismos fijadores de N_2 (Marschner, 1986).

Aproximadamente se considera que el Nitrógeno constituye el 2 por ciento en peso seco de las plantas (Navarro y Navarro, 2003).

Los mayores contenidos de nitrógeno en las plantas se encuentran en los tejidos jóvenes. En estos, el porcentaje suele oscilar entre 5'5 y 6'5 % en peso seco. A medida que la planta avanza en edad, la proporción de celulosa aumenta, el porcentaje de nitrógeno disminuye y se eleva la relación C/N. Las hojas suelen ser más ricas en nitrógeno, pero su valor disminuye durante la floración. De todas las especies, las leguminosas son las que están mejor provistas de nitrógeno (Navarro y Navarro, 2003).

Las formas mas tradicionales de nitrógeno comercial y sus efectos a corto y largo plazo en lo que hace a la acidez se describen en la Cuadro 2. Los fertilizantes que producen una importante acidez residual presentan desventajas cuando son aplicados a suelos ácidos pero presentan ventajas en los suelos alcalinos porque los fertilizantes con una base amoniacal reducen el pH del suelo al liberar iones H en el proceso de nitrificación por el cual el (NH₄⁺) es convertido en NO₃⁻ + 4H⁺. Viceversa, los nitratos de sodio, potasio y calcio, siendo iones básicos, elevan el pH del suelo. (Paliwal *et al*, 2001).

Se necesitarán de 4 a 8 Kg de equivalente de carbonato de calcio para neutralizar la acidez resultante de la aplicación de cada Kg de nitrógeno de esos fertilizantes (Paliwal *et al.*, 2001).

Cuadro 2: Efectos a corto y largo plazo de los fertilizantes nitrogenados en relación a la acidez.

Fertilizante	Efecto inmediato o a corto plazo	N por ciento	Otros componentes importantes por ciento	Efectos a largo plazo
Nitrato de amonio	Ninguno	33,5-34,0	50 NH ₄ y 50 NO ₃	Moderadamente ácido
Sulfato de amonio	Ninguno	20,5		Muy ácido
Fosfato diamónico	Básico, libera una molécula de NH ₄ ⁺	18-21	20-23 P	Moderadamente ácido
Urea	Ligeramente básico	45-46	-	Moderadamente ácido
Nitrato de sodio	Escaso	16	-	Básico
Nitrato de calcio	Escaso	15,5	-	Básico
Nitrato de potasio	Escaso	13,5	38 K	Básico

Fuente: Basado en Aldrich y Leng, 1974.

a.1) Dinámica del Nitrógeno en el suelo

El nitrógeno presente en suelos cultivables procede de materiales diversos: restos de cultivos, abonos verdes, estiércol, fertilizantes comerciales y nitratos aportados por lluvias, así como por la fijación del nitrógeno atmosférico realizada por ciertos microorganismos.

La dinámica del nitrógeno en el suelo está, pues, altamente influenciada por tres grandes procesos, cada uno de los cuales depende, a su vez, de un conjunto de secuencias íntimamente ligadas entre sí. La distribución de estos procesos puede resumirse en la forma siguiente: (Navarro y Navarro, 2003).

Ganancias de nitrógeno por el suelo.

- Fijación del nitrógeno atmosférico por microorganismos que viven libremente en el suelo.
- El nitrógeno en el suelo.
- Fijación del nitrógeno atmosférico por *Rhizobium* u otras bacterias simbióticas
- Aportes por el agua de lluvia y nieve.
- Aportaciones de nitrógeno en fertilizantes. estiércol y plantas verdes

Transformaciones del nitrógeno en el suelo.

- Aminificación, o degradación bioquímica de las proteínas y otros compuestos complejos nitrogenados en aminoácidos y aminas.
- Amonificación, o transformación bioquímica de los aminoácidos. aminas en amoníaco.
- Nitrificación, u oxidación bioquímica del amoníaco a ácido nítrico.
- Síntesis proteicas de los microorganismos del suelo, a partir de los compuestos que se originan en el transcurso de los anteriores procesos.

Perdidas de nitrógeno en el suelo.

- Desnitrificación, o reducción bioquímica de los nitratos bajo condiciones anaeróbicas.
- Reacciones químicas de los nitritos bajo condiciones aeróbicas.

- Pérdidas por volatilización del amoníaco, principalmente en suelos alcalinos, cálidos y húmedos.
- Lixiviación de los nitratos.
- Asimilación de los nitratos por las plantas superiores.
- Fijación del amonio por las arcillas con entramado en expansión y en suelos con alto contenido en materia orgánica.

a.2) Síntomas de deficiencia de nitrógeno

La deficiencia de nitrógeno en la planta produce clorosis de las hojas, que se inicia en las hojas más viejas y luego se traslada a las hojas más jóvenes a medida que la deficiencia se torna más severa. Son también síntomas de deficiencia de nitrógeno las plantas pequeñas y de crecimiento lento. Pocas hojas, bajo contenido de proteínas en las semillas, frutos y partes vegetativas (Inpofos, 1997).

La forma más corriente de remediar una deficiencia de nitrógeno es por aplicación de nitratos que penetran rápidamente en la zona radicular de la planta, con tal de que haya suficiente humedad del suelo. La urea es un fertilizante nitrogenado muy adecuado para aplicarlo rápidamente por pulverización foliar. Generalmente, el efecto inicial del nitrógeno de la urea aplicado por vía foliar es más rápido, mayor y de más corta duración que los tratamientos comparables de nitrógeno por el suelo. La urea se utiliza al 0'9 % sin mojante y conteniendo menos del 0'25 % de biuret (Navarro y Navarro, 2003).

a.3) Síntomas de exceso de nitrógeno

La abundancia nitrogenada en la planta presenta signos contrarios a la deficiencia. Cantidades excesivas originan plantas muy suculentas, con pocas partes leñosas, disminución muy marcada en el desarrollo de las raíces y con un amplio desarrollo vegetal aéreo. Las hojas toman un color verde muy oscuro y la maduración se retrasa. En muchos cereales alarga el periodo de crecimiento, lo que trae consigo un mayor contenido en paja con relación al grano. Y en muchos cultivos, especialmente en ciertos granos y frutos, como cebada y melocotones, la calidad desciende notablemente (Navarro y Navarro, 2003).

El exceso de nitrógeno puede incrementar el desarrollo vegetativo, reducir el cuajado del fruto y afectar severamente la calidad. Sin embargo en la mayoría de los casos el retraso en la madurez es causado por la deficiencia de otros nutrientes, antes que por el exceso de nitrógeno (Inpofos, 1997).

b. Fósforo

El fósforo juega un papel muy importante en la fisiología de las plantas es constituyente de muchos compuestos esenciales como ácidos nucleicos azúcares fosforados, núcleo - proteínas, enzimas, vitaminas y fosfolípidos. Una de las principales funciones está relacionada con los procesos energéticos dentro de la planta (Calbaceta, 1997).

El fósforo en el suelo está casi exclusivamente como ortofosfatos, es decir como derivados del ácido orto fosfórico. Estos ortofosfatos del suelo pueden clasificarse como inorgánicos y orgánicos. Los primeros proceden generalmente de las rocas ígneas, sin embargo los depósitos sedimentarios son los mas importantes económicamente estos depósitos constituyen los depósitos de fosforita o roca fosfatada (Quevedo y Villagarcia, 1986).

El fósforo no esta sometido a pérdidas por lixiviación en el suelo. (Aldrich y Leng, 1974). El fósforo tiene una distribución similar a la del nitrógeno, salvo que una mayor proporción de los requerimientos del cultivo son absorbidos después de la floración. (Inpofos, 1997).

El contenido de fósforo en los suelos es relativamente bajo pero variable (0.012 a 0.2 por ciento (Quevedo y Villagarcia, 1986).

El fósforo inorgánico es casi siempre predominante, excepto en los suelos donde la materia orgánica se halla en una gran proporción. El orgánico suele ser mayor en las capas superficiales que en el subsuelo, debido a la acumulación de materia orgánica en las mismas. Debe indicarse también, en cuanto al contenido total, que generalmente suele ser más alto en los suelos jóvenes vírgenes y en las áreas donde las lluvias no son excesivas. En los suelos cultivados, debido a que poco de este elemento se pierde por lixiviación, y de que las eliminaciones por cosechas son generalmente pequeñas, tiende a acumularse en las capas superficiales (Navarro y Navarro, 2003).

Son muy numerosos los compuestos inorgánicos que se encuentran en los suelos. Pero la mayor parte pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- 1º) Los que contienen calcio;
- 2º) Los que contienen hierro y aluminio.

Los primeros son los que verdaderamente predominan y los que, bajo un punto de vista agronómico, tienen mayor importancia. En el cuadro 3 se expone una relación de los más comunes en cada grupo (Navarro y Navarro, 2003).

Cuadro 3: Compuestos más comunes de fósforo en el suelo.

Compuestos que contienen calcio	Compuestos que contienen hierro y aluminio
Flúor apatita: $(P_0_4)_2Ca_3.F_2Ca$	Variscita: $P_0_4Al_2.H_2O$
Carbonato apatita: $(P_0_4)_2Ca_3.CO_3Ca$	Stremgita: $P_0_4Fe_2.H_2O$
Hidroxi-apatito: $(P_0_4)_2Ca_3.Ca(OH)_2$	Vivianita: $(P_0_4)_2Fe_3.8H_2O$
Oxi-apatito: $(P_0_4)_2Ca_3.CaO$	Dufrenita: $P_0_4Fe_2(OH)_3$
Fosfato tricálcico: $(P_0_4)_2Ca_3$	Wavellita: $(P_0_4)_2Al_3(OH)_3.5H_2O$
Fosfato bicálcico: $P_0_4H_2Ca.2H_2O$	Taranaklta: $(P_0_4)_8H_6Al_5K_3.18H_2O$
Fosfato monocálcico: $(P_0_4H_2)_2Ca.H_2O$	

Entre los fosfatos de calcio, el flúor-apatito es el más insoluble del grupo y, por consiguiente, el que contiene el fósforo en forma menos aprovechable. Sólo los fosfatos mono y di cálcico son fácilmente asimilables por las plantas; pero excepto en suelos recientemente fertilizados, estos compuestos están presentes en cantidades extremadamente pequeñas, ya que con facilidad se transforman en compuestos más insolubles. Los fosfatos de hierro y aluminio son fosfatos hidroxilados extremadamente insolubles y muy estables en suelos ácidos. Es posible que estos fosfatos de hierro y aluminio aparezcan en muchos suelos en forma de películas de pequeño grosor, retenidas en la superficie de los cristales de arcilla (Navarro y Navarro, 2003).

El fósforo orgánico que ha sido identificado específicamente en el suelo se encuentra, sobre todo, bajo tres formas más o menos degradadas: fosfolípidos, ácidos nucleicos, fitina y derivados. Constituyen, junto a otros compuestos no identificados, entre el 20 y 80 % del fósforo total del suelo, pero su proporción en la disolución del suelo es probablemente pequeña (Navarro y Navarro, 2003).

La mayor parte de fósforo que la planta necesita continuamente es absorbida por las raíces en forma de los compuestos químicos H_2PO_4^- y HPO_4^{2-} , pequeñas cantidades se absorben en la forma orgánica, es decir en las formas que quedan después de la muerte de los organismos vivientes (Aldrich y Leng, 1974).

La mayor parte lo absorben las plantas en forma de $\text{P}(\text{O})_3\text{H}^-$ y en menor proporción como $\text{P}(\text{O})_4\text{H}^{2-}$. De hecho, la absorción del primero es diez veces más rápida que la del segundo, aunque hay que tener en cuenta que en ello influye notablemente el pH del suelo. Otras formas por las que el fósforo puede ser, posiblemente, absorbido por las plantas son: $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$ y PO_3^- , así como ciertos fosfatos orgánicos solubles (Navarro y Navarro, 2003).

Contrario al nitrato y sulfato, el fosfato no es reducido en las plantas sino que permanece en su forma oxidada más alta. Después de la toma, -a pH fisiológico principalmente como H_2PO_4^- cualquiera de los dos permanece como fosfato inorgánico (P_i) ó es ésterificado a través de un grupo hidroxilo a una cadena de carbono ($\text{C}-\text{O}-\text{P}$) como un simple fosfoéster (como azúcar-fosfato) ó se adhiere a otro fosfato por un enlace pirofosfato rico en energía $\text{P}-\text{P}$ (ATP) (Marschner, 1986). El fósforo se encuentra en todos los tejidos de la planta en una concentración variable según la parte del aparato vegetativo que se considere el valor medio expresado en P_2O_5 puede situarse entre 0.5 y 1 por ciento de materia seca (Navarro y Navarro, 2003).

Bajo la forma de fosfatos, principalmente de potasio y magnesio, se le encuentra en pequeña proporción. Mayoritariamente se halla formando parte de una gran variedad de combinaciones orgánicas integradas en los grupos: fosfolípidos, fosfoprotidos y fosfoglúcidos (Navarro y Navarro, 2003).

La cantidad de fósforo asimilable depende del pH del suelo (entre 5.5 y 7.0), la cantidad de materia orgánica, la profundidad de las raíces del cultivo, la estructura del subsuelo (Aldrich y Leng, 1974).

La aplicación de otros nutrientes puede estimular la absorción de fósforo. El Calcio en suelos ácidos y el Azufre en suelos alcalinos parecen incrementar la disponibilidad de Fósforo igual que lo hace el amonio. Sin embargo la fertilización con Zinc en un cultivo que esta al borde de una deficiencia de Fósforo, parece restringir aun más la absorción de Fósforo (Inpofos, 1997).

La acidez afecta la solubilidad del fósforo ya que bajo condiciones ácidas los fosfatos de hierro y aluminio son altamente insolubles en agua, mientras que en condiciones alcalinas los compuestos del fósforo con el magnesio, el calcio y el sodio son también insolubles. A medida que pasa el tiempo, el fósforo en esos compuestos recién formados se adhiere más firmemente. El mejor pH para la solubilidad del fósforo está entre 5,5 y 7,0 (Paliwal *et al.*, 2001).

Los fertilizantes comerciales más comúnmente disponibles tienen un contenido de P₂O₅ de 19 a 54 por ciento y su solubilidad en agua y ácido cítrico se presenta en el cuadro 4. El contenido de fósforo es descrito como soluble en agua, soluble en citrato, insoluble en citrato, disponible y total.

Cuadro 4: Los fertilizantes fosforados comúnmente disponibles.

Fertilizante	Total P ₂ O ₅		% Solubilidad		Otros elementos importantes
	(%)	Agua	Ácido cítrico 2 %		
Superfosfato simple	18-21	14-18	16-18		-
Superfosfato triple	42-46	38-40	40-44		-
Fosfato de amonio	50-54	46-50	48-52		11-12 por ciento N
Fosfato diamónico	42-46	38-40	40-44		18 por ciento N
Fosfatos naturales	20-30	-	8-20		-

El fósforo soluble en citrato es el fósforo no soluble en agua y es extraído con citrato de amonio. La solubilidad del fósforo en agua de los diferentes transportadores del fósforo es tan variable como su solubilidad en el ácido cítrico. La suma de ambas solubilidades se conoce como fósforo disponible para las plantas y constituye la forma normal por la cual esos fertilizantes son evaluados. La fracción conocida como insoluble en ácido cítrico es el residuo que queda después de la extracción con agua y ácido cítrico. La suma de las tres fracciones es conocida como el contenido total de fósforo del fertilizante. (Paliwal *et al.*, 2001).

b.1) Dinámica del Fosforo

- **Síntomas de Deficiencia de Fósforo**

No solo se retarda la tasa de crecimiento caulinar por limitación por fósforo sino también la formación de los órganos reproductivos. Se retrasa la iniciación floral, disminuye el número de flores, y en particular se limita la formación de semillas. La senescencia prematura de las hojas es otro factor que limita el rendimiento de semilla en plantas deficientes en fósforo (Marschner, 1986).

Presentan manchas intervenales irregulares en las hojas bajas, de color marrón tabaco, fundamentalmente por el envés. La carencia se mueve de las hojas inferiores a las superiores, tal como en el caso del nitrógeno. Puede también aparecer en invierno, como consecuencia de las bajas temperaturas, o como consecuencia excesiva de la aplicación excesiva de sulfato de potasio. Las plantas presentan un crecimiento radicular reducido y pobre floración (Ramírez, 1998).

- **Síntomas de Exceso de Fósforo**

Las alteraciones por exceso de fósforo se observan experimentalmente sólo en cultivos en medio líquido. En ciertos suelos enriquecidos fuertemente por aportaciones masivas y repetidas de fertilizantes fosforados solubles, son frecuentes clorosis férricas por la insolubilización que sufre el hierro ante dichos excesos (Navarro y Navarro, 2003).

El Fósforo exceso determina, al contrario que en el caso del nitrógeno, un gran desarrollo de raíces en relación con la parte aérea lo que determina una baja proporción parte aérea-raíz (Ascon-Bieto y Talón, 2001).

c. Potasio

Después del nitrógeno, el potasio es el nutriente mineral requerido en mayor cantidad por las plantas. El requerimiento del potasio para el óptimo crecimiento vegetal está en el rango de 2-5% del peso seco vegetal de partes vegetativas, frutos carnosos, y tubérculos (Marschner, 1986).

El potasio es un catión univalente con un radio iónico hidratado de 0.331 nm y energía de hidratación de 324 J mol^{-1} . Su toma es altamente selectiva y estrechamente acoplada a la actividad metabólica (Sección 2.4). Se caracteriza por una alta movilidad vegetal en todos los niveles –dentro de células individuales, dentro de tejidos, y en el transporte xilemático y floemático a larga distancia. El potasio es el catión mas abundante en el citoplasma y el K^+ y sus aniones acompañantes hacen una gran contribución al potencial osmótico de células y tejidos de especies vegetales glicófitas. Por varias razones (ver abajo) el K^+ tiene un rol sobresaliente en las relaciones agua planta. El potasio no es metabolizado y este solo forma complejos débiles donde es fácilmente intercambiable. Por lo tanto, el K^+ no compite fuertemente por centros de ligamiento que requieren cationes divalentes (e.g., Mg^{2+}). Por otro lado, debido a sus altas concentraciones en el citosol y cloroplasto este neutraliza aniones macromoleculares solubles (e.g., aniones ácidos orgánicos y aniones inorgánicos) é insolubles y estabiliza el pH entre 7 y 8 en estos compartimentos, el óptimo para la mayoría de reacciones enzimáticas (Marschner, 1986).

Se puede considerar que aproximadamente el 1-2 % de la cantidad total de este elemento en un suelo mineral medio es asimilable. En esta situación se encuentra en la disolución del suelo o como intercambiable adsorbido a los coloides. La mayor parte (un 90 %) está en forma intercambiable, y sólo un 10% en la disolución. Estas dos formas de potasio rápidamente asimilables mantienen un equilibrio relativamente estable. Cuando las raíces absorben este elemento el equilibrio se rompe, y para su restablecimiento, parte del potasio intercambiable se desplaza a la disolución, y el equilibrio se restablece de nuevo. También puede ocurrir que al agregar fertilizantes potásicos solubles se incremente el contenido del elemento en la disolución, produciéndose en este caso el efecto inverso, es decir, aumento de la retención coloidal. Se puede establecer por tanto:

K intercambiable \rightarrow K disolución (Absorción por la planta)

K intercambiable \leftarrow K disolución (Aporte fertilizantes potásicos)

K intercambiable \leftrightarrow K disolución (Equilibrio restablecido)

Sin embargo, no debe deducirse de lo dicho que sea preciso que el potasio esté en la disolución del suelo para que tenga lugar su absorción por las plantas. Una absorción directa desde las superficies coloidales se supone también que ocurre (absorción por intercambio), e indudablemente esto juega un papel vital en la nutrición de muchas plantas (Navarro y Navarro, 2003).

El potasio es absorbido por las raíces bajo la forma de K^+ , y es un elemento siempre importante cuantitativamente en las cenizas vegetales, bajo la forma de óxido potásico (Navarro y Navarro, 2003).

El Potasio participa en casi todos los procesos, respiración, fotosíntesis, aparición de clorofila, pero no tiene un papel específico. Se le confiere una participación muy activa en la regulación osmótica e hídrica de la planta, en el mantenimiento de la electro neutralidad celular y en la permeabilidad de las membranas. Actúa como activador de una gran cantidad de enzimas de la síntesis proteica y del metabolismo de carbohidratos y está involucrado muy diferente en el transporte de azúcares vía floema. Puede ser parcialmente sustituido por el Na y el Rb (Bertsch, 1998).

El potasio es requerido para la síntesis proteica en mayores concentraciones que para la activación enzimática. El rol del K^+ en la síntesis proteica no solo se refleja en la acumulación de compuestos nitrogenados solubles (e.g., aminoácidos, amidas y nitrato) en plantas deficientes de potasio (Marschner, 1986).

En plantas superiores el potasio afecta la fotosíntesis a varios niveles. El potasio es el contra ión dominante al flujo de H^+ inducido por luz a través de la membrana tilacoidal y para el establecimiento del gradiente de pH transmembranal necesario para la síntesis de ATP (fotofosforilación), en analogía a la síntesis de ATP en la mitocondria (Marschner, 1986).

En ausencia de estrés por sequía ó salinidad, con suministro inadecuado de K^+ y correspondientemente menores contenidos foliares, es menor la tasa de fotosíntesis (Marschner, 1986).

Cuando es limitado el suministro de agua del suelo, la pérdida de turgor y marchitamiento son síntomas típicos de la deficiencia de potasio. La menor sensibilidad de plantas suficientes de potasio al estrés por sequía está relacionado con varios factores: (a) el rol del K^+ en la regulación estomatal, que es el principal mecanismo que controla el régimen hídrico en plantas superiores y (b) la importancia del K^+ para el potencial osmótico vacuolar, manteniendo un alto contenido tisular de agua aún bajo condiciones de sequía. La menor sensibilidad al estrés por sequía en términos de producción de biomasa y rendimiento también puede ser el resultado de mayores concentraciones de K^+ en el estroma y correspondientemente mayores tasas de fotosíntesis ó menores niveles de ABA en las plantas (Marschner, 1986).

Las plantas que reciben un suministro inadecuado de potasio son frecuentemente más susceptibles al daño por heladas, lo que a nivel celular, esta relacionado en algún aspecto con deficiencia hídrica (Marschner, 1986).

Un alto potencial osmótico en el estele radical es un prerrequisito para el transporte xilemático de solutos conducido por presión-turgor y para el balance hídrico vegetal. En principio, a nivel de células individuales ó en ciertos tejidos, el mismo mecanismo es responsable de la extensión celular y de varios tipos de movimientos. El potasio, como el soluto inorgánico más prominente, juega un rol clave en estos procesos.

El potasio tiene funciones importantes tanto en la carga de sacarosa, como en la asa de transporte de solutos conducidos por flujo másico en los tubos cribosos (Marschner, 1986).

En la compensación de cargas, el K^+ es el catión dominante para contrabalancear aniones inmóviles en el citoplasma, cloroplastos, y también bastante frecuentemente para aniones móviles en vacuolas, xilema y floema. La acumulación de aniones ácidos orgánicos en tejidos vegetales es frecuentemente consecuencia del transporte de K^+ sin anión acompañante hacia el citoplasma (e.g., células radicales ó guarda). El rol del K^+ en el balance catión–anión se refleja también en el metabolismo del nitrato, en donde el K^+ es

frecuentemente el contra ión dominante para el NO_3^- en su transporte xilemático a larga distancia así como para su almacenamiento vacuolar (Marschner, 1986).

Algunos de los fertilizantes potásicos más comunes se presentan en la Cuadro 5. Los abonos orgánicos son otra fuente de este elemento; pueden contener de 0,5 a 2,5 por ciento de potasio, dependiendo del tipo de animal, de su alimentación, del almacenamiento y manejo y proporcionan de dos a 25 Kg. de potasio por tonelada. (Paliwal et al, 2001).

Cuadro 5: Los fertilizantes potásicos comúnmente disponibles.

Fertilizantes	% K_2O Total	K^a	Otros elementos presentes	
			(%)	
Cloruro de potasio (muriato), KCl	60-62	49,8-51,5	2,5	cloro
Nitrato de potasio, KNO_3	44	38,7	13,8	nitrógeno
Sulfato de potasio, K_2SO_4	50-52	41,5	18	azufre
Sulfato de potasio-magnesio, $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4$	22	18,3	11	magnesio +
			22	azufre

c.1) Dinámica del Potasio

- **Síntomas de deficiencia de potasio.**

En plantas deficientes de potasio se presentan algunos cambios químicos gruesos, incluyendo una acumulación de carbohidratos solubles, una disminución en el contenido de almidón, y una acumulación de compuestos nitrogenados solubles (Marschner, 1986).

Los cambios en la actividad enzimática y compuestos orgánicos que se presentan durante la deficiencia de potasio son en parte responsables de la mayor susceptibilidad de plantas deficientes de potasio a los ataques fúngicos. Estos cambios en la composición también afectan la calidad nutricional y tecnológica (procesamiento) de los productos cosechados. Esto es más obvio en frutos carnosos y tubérculos con alto requerimiento de potasio. En frutos de tomate, por ejemplo, la incidencia de los llamados desordenes de maduración (“hombros verdes”) se incrementan con el inadecuado suministro de potasio y en tubérculos de papa se afecta todo un rango de criterio de calidad por el contenido tisular de potasio en el tubérculo (Marschner, 1986).

El síntoma general más característico de la deficiencia de K es la aparición de un moteado de manchas cloróticas, seguido por el desarrollo de zonas necróticas en la punta y bordes de las hojas. Estos síntomas suelen aparecer primero en las hojas maduras debido a la gran movilidad del K en la planta. En general una deficiencia de Potasio produce en la planta un aspecto achaparrado debido al acortamiento de los entrenudos (Bertsch, 1998).

Se presenta clorosis y necrosis de las hojas viejas. Menor calidad de la cosecha (Ramírez, 2000).

- **Síntomas de exceso de potasio**

La aplicación de altas dosis de K^+ en el suelo puede producir una deficiencia de magnesio, en el que hay un pobre crecimiento de raíces. En el segundo caso causa que las hojas con unas fajas amarillentas a lo largo de las hojas, mientras que las venas permanecen verdes. (Inpofos, 1997).

Al incrementar el suministro radical de potasio es relativamente fácil incrementar el contenido de potasio en varios órganos excepto en granos y semillas, que mantienen un contenido de potasio relativamente constante 0.3% del peso seco. Cuando el suministro de potasio es abundante se presenta frecuentemente el “consumo de lujo” de potasio, lo que merece atención por su posible interferencia con la toma y disponibilidad fisiológica del magnesio y calcio (Marschner, 1986).

2.3.2. Nutrientes secundarios y microelementos

Los nutrientes secundarios y los micro nutrientes a diferencia del N, P, K presentan insuficiencias en regiones y suelos específicos en vez de ser requeridos en forma de fertilizantes en casi todos los suelos (Aldrich y Leng, 1974).

a) Calcio

El estudio ha mostrado categóricamente el papel fundamental del calcio, no sólo en la estructura del suelo en su conjunto, sino también en la mecánica química del complejo adsorbente, y su influencia sobre la asimilabilidad de otros elementos también esenciales para la planta (Navarro y Navarro, 2003).

Absorbido fundamentalmente bajo la forma de Ca^{+2} es, después del potasio, el elemento básico más abundante que existe en las plantas. En proporciones mucho menores, también es absorbido mediante un intercambio directo entre los pelos radiculares y el complejo coloidal al que se encuentra adsorbido (Navarro y Navarro, 2003).

El calcio se encuentra en la planta tanto en forma mineral soluble: sulfato cálcico (SO_4Ca), como insoluble: fosfato ($(\text{PO}_4)_2\text{Ca}_3$) y carbonato (CO_3Ca) cálcicos. Asimismo, se le encuentra bajo forma orgánica especialmente en plantas como leguminosas, crucíferas y remolacha azucarera, como oxalatos y pectinatos cálcicos. El oxalato cálcico es el más abundante (Navarro y Navarro, 2003).

En las plantas jóvenes se encuentra preferentemente en el protoplasma y en las membranas celulares, mientras que en las adultas se halla en las vacuolas, principalmente bajo la forma de oxalato. En los granos, tubérculos y rizomas se encuentra como constituyente de la fitina, sal cálcico-magnésica del éster exafosfórico del inositol (Navarro y Navarro, 2003).

Este elemento se halla presente en mayor proporción en las hojas y tallos que en las semillas. Se ha comprobado que su contenido medio en cereales viene a ser de 0.09 % en el grano, frente al 0.59 % en la paja. Pero en diferentes muestras de una misma especie vegetal su contenido es variable, ya que depende mucho de la cantidad de calcio asimilable presente en el suelo. Por ejemplo, se ha observado que en la col aumenta desde un 4'12 % al 7'40 % al incrementar las aplicaciones de cal (Navarro y Navarro, 2003).

En hojas de plantas que reciben altos niveles de calcio durante el crecimiento ó cultivadas bajo condiciones de alta intensidad lumínica, existe una gran proporción de material péctico como pectato de calcio. Esto hace al tejido altamente resistente a la degradación por poligalacturonasa. También es importante la proporción de pectato de calcio en las paredes celulares para la susceptibilidad del tejido a infecciones fungosas y bacterianas y para la maduración de los frutos. Como mostró Rigney & Wills (1981) en experimentos con tejido de pericarpio de tomate durante el desarrollo del fruto, el contenido de calcio de las paredes celulares se incrementa en la etapa inmadura completamente desarrollada, pero esto es seguido por una caída en el contenido y cambio en la forma de ligamiento del calcio en el tejido justo antes de la maduración ("ablandamiento" del tejido). De acuerdo con esto, en un tomate mutante que no madura permanece alto el contenido de calcio

enlazado y baja la actividad poligalacturonasa en todo el crecimiento del fruto. Al incrementar el contenido de calcio en los frutos, por ejemplo, mediante varias aspersiones con sales de calcio durante el desarrollo del fruto ó por baño poscosecha en solución de CaCl_2 , conduce a un aumento en la firmeza del fruto y retrasa ó hasta evita la maduración del fruto. Sin embargo, puede que no siempre se presenten correlaciones entre la disminución de calcio enlazado y la maduración del fruto como por ejemplo, durante la degradación de la lamela media por metilésterasa se forman además nuevos centros de ligamiento para calcio (Marschner, 1986).

La mayoría de las funciones del calcio como componente estructural de macromoléculas están relacionadas con su capacidad para la coordinación, por lo cual proporciona ligamientos intermoleculares estables pero reversibles, predominantemente en las paredes celulares y en las membranas plasmáticas. El calcio puede suplirse a altas concentraciones y puede alcanzar más del 10% del peso seco, por ejemplo en hojas maduras, sin síntomas de toxicidad ó inhibición seria del crecimiento vegetal, por lo menos en especies vegetales calcícolas (Marschner, 1986).

El Ca influye sobre la economía acuosa de la planta, sobre los carbohidratos proteicos y otros procesos fisiológicos y en pequeñas dosis cubre la demanda del vegetal, constituyente de las membranas celulares, desempeña un importante papel en el desarrollo radicular. Es un elemento poco móvil por lo que los síntomas de deficiencia se manifiestan en las hojas más jóvenes y cerca de los puntos de crecimiento de tallos y raíces. Su exceso puede bloquear a otros elementos, produciendo déficit de K, Fe e inmovilización de Zn, Cu, B y P. (Schodoeder y Martinez, 2003).

Aunque una parte considerable del calcio presente en las plantas está bajo forma soluble en el agua, este elemento no se desplaza fácilmente en el interior de las mismas, y de aquí que tienda a acumularse en los órganos viejos. Esto explica el por qué los síntomas deficitarios empiezan a manifestarse en los extremos de los tallos (Navarro y Navarro, 2003).

En tejidos deficientes de calcio el deterioro de la integridad membranal conduce a incrementadas tasas de respiración que están relacionadas con una realzada filtración de sustratos respiratorios desde la vacuola hacia enzimas respiratorias en el citoplasma. Por lo tanto el tratamiento con calcio en tejidos deficientes disminuye las tasas de respiración;

además realza la tasa de síntesis proteica neta. Estas características en la deficiencia de calcio son similares a las relacionadas con la senescencia (Marschner, 1986).

La deficiencia, en general, se manifiesta desde la germinación. Provoca clorosis y detiene el desarrollo radicular, originándose raíces cortas, gruesas y con una coloración parda. Las hojas se arrollan, a veces con necrosis en los bordes. Los síntomas aparecen casi siempre en las hojas jóvenes, y la planta en su conjunto disminuye su crecimiento (Navarro y Navarro, 2003).

Se recomienda asimismo adicionar calcio en especial durante la etapa de fructificación del cultivo de páprika con la finalidad de evitar los problemas de desórdenes Fisiológicos, para ello se recomienda adicionar de 60 Kg. CaO/ha, la fuente recomendada es el nitrato de calcio (15,50-0-26por ciento CaO) (Ramírez, 2005).

No se considera fácil tampoco un exceso de calcio como tal, pero sí son bastante frecuentes otras consecuencias indirectas de un exceso de cal. Esto se suele dar en suelos calizos, con elevado pH, y en donde la falta de asimilabilidad de muchos elementos es bien conocida. El exceso de carbonato calcico puede provocar deficiencia de potasio motivada por una insuficiente absorción de éste, debido al antagonismo Ca-K, inducir a la clorosis férrica e inmovilizar el cinc, cobre y fósforo, provocando la deficiencia de estos elementos (Navarro y Navarro, 2003).

El exceso de calcio puede presentarse también en las plantas por otras causas: empleo de aguas de riego ricas en calcio; excesiva aplicación al suelo de yeso; aplicaciones amplias de azufre a suelos calizos; empleo abusivo del nitrato cálcico y de otros fertilizantes que contengan calcio; y por el encalado excesivo de suelos ácidos (Navarro y Navarro, 2003).

b) Magnesio

El magnesio es un elemento muy abundante en la corteza terrestre. Según diversas estimaciones, su contenido medio puede situarse en un 2'3 por ciento. En los suelos se encuentra como constituyente de numerosos minerales, mayoritariamente silicatos. Entre ellos, y como más frecuentes, merecen sealarse: biotina ($\text{Si}_3\text{O}_{10}\text{AlK}(\text{MgFe})_3(\text{OH})_2$), serpentina ($\text{Si}_2\text{O}_9\text{Mg}_3\text{H}_4$) y olivino (SiO_4FeMg). También se encuentra formando parte de

otros silicatos como clorita, vermiculita, illita y montmorillonita. Algunos suelos contienen magnesio como magnesita (CO_3Mg) y dolomita ($\text{CO}_3\text{Ca} \cdot \text{CO}_3\text{Mg}$). En los suelos de regiones áridas o semiáridas pueden encontrarse notables cantidades bajo la forma sulfato (SO_4Mg) (Navarro y Navarro, 2003).

En la descomposición de estos minerales, y también en la degradación de la materia orgánica que se incorpora al suelo como residuos diversos de animales y vegetales, el magnesio pasa en parte al estado de sales solubles: cloruros, sulfatos, etc.; y en este estado, al igual que ocurre con el calcio, puede tener distintos destinos: perderse por lixiviación, absorbido por los organismos del suelo, adsorbido o fijado por los coloides, o reprecipitado como compuestos magnésicos secundarios, principalmente en regiones áridas (Navarro y Navarro, 2003).

En este último aspecto, la aplicación de altas proporciones de fertilizantes potásicos puede provocar una relación potasio cambiante/magnesio cambiante muy alta, debido al desplazamiento del poco magnesio adsorbido en el complejo coloidal por el potasio. Las plantas que vegeten en estos suelos tendrán una fuerte tendencia fisiológica a absorber más potasio que magnesio (antagonismo K/Mg), y en ellos suelen aparecer síntomas claros de deficiencia de magnesio. El proceso para el calcio es similar, aunque menos acentuado. Un ejemplo de estos antagonismos K/Mg y K/Ca puede observarse en la figura 8.5. (Véase tema 8. "Los elementos químicos y la vida vegetal"). Las cantidades de magnesio y calcio disminuyen en la planta al aumentar en el medio la concentración de potasio, y ello requiere la aplicación de fertilizantes magnésicos, o bien disminuir la adición de los potásicos (Navarro y Navarro, 2003).

Otra razón que también se sugiere es que el potasio aumenta los rendimientos, y por tanto se incrementan paralelamente las necesidades de magnesio. El sodio y el calcio, al igual que el potasio, dificultan también en gran proporción la absorción del magnesio, existiendo unos antagonismos similares Na/Mg y Na/Ca (Navarro y Navarro, 2003).

Normalmente, los citados antagonismos no suelen presentarse cuando los cationes fijados al coloide guardan una debida proporción (70-75 me Ca^{+2} , 8-15 me Mg^{+2} y 2'-5 me K^{+}). Cuando las relaciones K/Mg y K/Ca, expresadas en mili equivalentes, son superiores a la

unidad, y la Ca/Mg es superior a diez, es frecuente que aparezcan (Navarro y Navarro, 2003).

En los suelos de textura fina, y en los ubicados en regiones áridas, los procesos anteriormente expuestos no llegan a provocar deficiencias de magnesio. Aquí se encuentra normalmente precipitado en el perfil del suelo, incluso a veces en gran proporción (Navarro y Navarro, 2003).

Teniendo en cuenta, por tanto, el origen en el suelo del magnesio, se deduce fácilmente que la mayor parte del mismo se encuentra bajo formas inutilizables por las plantas. En consecuencia, y bajo el punto de vista de su aprovechamiento por la planta, el magnesio presenta una notable similitud con el potasio, ya que se encuentra distribuido en el suelo como magnesio lentamente asimilable, asimilable y rápidamente asimilable. Estas tres formas se hallan en equilibrio dinámico (Navarro y Navarro, 2003).

El magnesio es absorbido por la planta como Mg^{+2} , y en ella se halla normalmente un contenido total medio del orden del 0'5 % en peso seco (Navarro y Navarro, 2003).

En la planta, el magnesio es un constituyente metálico de excepción en la molécula de clorofila, pigmento este esencial para que las plantas verdes puedan llevar a cabo el proceso de la fotosíntesis. Cuantitativamente, sin embargo, el magnesio clorofílico sólo representa, aproximadamente, alrededor del 10-12 % del total contenido en la planta. Las semillas son generalmente ricas en magnesio (Navarro y Navarro, 2003).

El magnesio tiene también una función esencial como elemento puente en la agregación de subunidades ribosómicas, un proceso que es necesario para la síntesis proteica. Cuando el nivel de magnesio libre (Mg^{2+}) es deficiente, ó en la presencia de niveles excesivos de K^+ , las subunidades se disocian y la cesa síntesis proteica. El magnesio también es requerido por las RNA polimerasas y por lo tanto en la formación de RNA en el núcleo. Este último rol puede estar relacionado ambos como puente entre hebras individuales de DNA y en la neutralización de las proteínas ácidas de la matriz nuclear (Marschner, 1986).

El Mg es uno de los constituyentes de la clorofila y activador de numerosos procesos enzimáticos. Es antagónico con el K de tal forma que el exceso de uno provoca carencias

en el otro. Las deficiencias aparecen sobre todo en suelos ácidos arenosos, deficientes también en Ca. (Schodoeder y Martinez, 2003).

A diferencia del calcio, el magnesio es muy móvil en el floema (un 70 % se considera como difusible), y puede trasladarse fácilmente de las hojas viejas a las jóvenes en caso de deficiencia. Por ello, cuando ésta se presenta, los primeros síntomas aparecen en primer lugar en las hojas adultas (Navarro y Navarro, 2003).

La deficiencia de magnesio ha sido puesta de manifiesto en muchos cultivos, si bien hay que señalar que casi siempre el estado alcanzado no llega a ser crítico. Generalmente son deficiencias débiles, más bien provocadas involuntariamente por el agricultor, que por falta de elemento en el suelo. Un excesivo aporte de fertilizantes potásicos, falta de un suministro adecuado de nitrógeno y acumulación de fósforo como resultado de un empleo amplio de superfosfatos o fosfatos varios, se consideran causas que pueden contribuir en gran medida a la deficiencia de magnesio, debida a las interacciones nitrógeno-potasio (Navarro y Navarro, 2003).

Entre las plantas cultivadas hay algunas que son particularmente sensibles a la falta más o menos grande de magnesio. En este aspecto, los árboles frutales son los más afectados, y muy concretamente el manzano. Con menor intensidad también suele aparecer en viña, maíz, remolacha azucarera, diversas leguminosas y en plantas de tomate y patata (Navarro y Navarro, 2003).

Los síntomas más típicos aparecen en primer lugar en las hojas, corrientemente en verano, y presentan tres características generales que permiten una identificación relativamente fácil (Navarro y Navarro, 2003).

1º) Clorosis en algunas zonas del limbo, dispuestas con bastante simetría respecto al nervio principal, o a lo largo de los bordes. Los tejidos cloróticos se necrosan con rapidez, y ello puede suponer la primera manifestación visible.

2º) Los síntomas se observan en primer lugar en las hojas más viejas, transmitiéndose después a las más jóvenes. En ambos casos pueden aparecer en ellas coloraciones púrpuras y brillantes. El hecho se debe a la gran movilidad que el magnesio tiene en la planta, lo que

le permite trasladarse desde los órganos adultos a los más jóvenes cuando éstos lo requieren.

3º) Las hojas alteradas suelen desprenderse prematuramente, quedando solo con hojas las partes terminales de las ramas. Por esta razón, los alemanes llaman a esta deficiencia "enfermedad del pincel". Todos los síntomas señalados son bastante característicos. No obstante, pueden prestarse a confusión cuando empiezan, sobre todo con las deficiencias de manganeso, hierro, cobre y cinc. Sólo la evolución posterior de las alteraciones producidas puede permitir entonces su caracterización definitiva (Navarro y Navarro, 2003).

El requerimiento de magnesio para el óptimo crecimiento vegetal está en el rango de 0.15–0.35% del peso seco de las partes vegetativas. La clorosis en hojas completamente expandidas es el síntoma visible obvio de deficiencia de magnesio. De acuerdo con la función del magnesio en la síntesis proteica, se deprime la proporción de nitrógeno proteico y se incrementa la de nitrógeno no proteico en hojas deficientes en magnesio. Calculada en base a ambas unidad de área foliar y unidad de clorofila, la tasa de fotosíntesis es inferior en hojas de plantas deficientes en magnesio (retroregulación negativa) y se acumulan carbohidratos (Marschner, 1986).

Alteraciones por exceso de magnesio son poco conocidas. Sólo cuando el magnesio se aplica abundantemente en suelos pobres en calcio podría producirse. Ensayos con disoluciones nutritivas muestran como síntomas concretos necrosis, deformaciones en las hojas jóvenes y síntomas claros de daños a las raíces (Navarro y Navarro, 2003). Como fuente de magnesio se tiene el sulfato de magnesio (16 por ciento MgO y 13 por ciento S) (Navarro y Navarro, 2003).

c) **Zinc**

El zinc es absorbido por la planta como Zn^{+2} , o como quelato por vía radicular o foliar. En ella, su movilidad no es grande, hallándose preferentemente acumulado en los tejidos de la raíz cuando encuentra un suministro adecuado en el suelo. Los frutos presentan siempre las mínimas cantidades (Navarro y Navarro, 2003).

No está claro todavía si el proceso de absorción del zinc (Zn^{+2}) es activo o pasivo. Generalmente se acumulan en la corteza de la raíz por absorción mediante un proceso de cambio de bases hasta el punto de que el 90 por ciento del zinc contenido en las raíces se halla en esta forma (Domínguez, 1984).

Los contenidos son bajos, y oscilan normalmente entre 20 y 100 ppm en peso seco. Estos valores son función de sus pequeños requerimientos, pero pueden variar dentro de los límites citados según la especie, variedad y condiciones de crecimiento. Las malas hierbas parecen ser mejor acumuladoras de zinc que las plantas cultivadas. La alfalfa es también un extractor potente de zinc, y puede constituir una valiosa especie protectora de huertos que padecen deficiencias de este oligoelemento. Digno de ser señalado es el hecho de que las plantas jóvenes presentan siempre contenidos más altos que las adultas. El maíz es una de las plantas más sensibles a la falta de zinc (Navarro y Navarro, 2003).

El Zinc se encuentra más disponible en los suelos ácidos que en los básicos. Con frecuencia se observan deficiencias de zinc en suelos ricos en fosfatos, en materia orgánica, resultando especialmente con abonos animales (Loué, 1998).

El Zinc, activa las enzimas alcohol deshidrogenasa, ácido láctico deshidrogenasa, ácido glutámico deshidrogenasa y carbopeptidasa. Es preciso para la formación de la hormona del ácido indolacético (Resh, 2001).

El Zinc es deficiente cuando el pH del suelo es superior a 6, debido a la baja solubilidad de sus componentes (Thompson y Troeh, 1980).

d) Boro

El boro es absorbido por la planta en distintas formas del ácido bórico: $B_4C_7^{-2}$, BO_3^{-3} , BO_3H^{-2} ó $BO_3H_2^{-}$, bien mediante su aparato radicular o por vía foliar (Navarro y Navarro, 2003).

Las cantidades requeridas son pequeñas, aunque varían dentro de ciertos límites. Así, en la cebada su contenido es bajo (2-4 ppm en peso seco), mientras que en la remolacha los valores pueden situarse entre 40 y 75 ppm. En general, en los tubérculos y leguminosas se encuentran los contenidos más altos, seguidos de frutales y hortalizas; los cereales son los

más pobres. Estos valores, al igual que ocurre con otros oligoelementos, pueden variar considerablemente en plantas de la misma especie, incluso cuando crecen próximas entre sí, en el mismo suelo. Las hojas y los órganos reproductores presentan siempre los contenidos máximos (Navarro y Navarro, 2003).

El boro es un elemento que presenta una escasa movilidad en la planta. Esta característica se pone de manifiesto cuando se aplican disoluciones de sales de boro directamente por pulverización; el elemento queda fijado preferentemente en las hojas tratadas (Navarro y Navarro, 2003).

También está comprobado que las plantas jóvenes absorben el boro más intensamente que las adultas, y que la movilidad del elemento de los tejidos viejos a los jóvenes es pequeña. Incluso es frecuente que una hoja particular pueda contener suficiente boro, o exceso del mismo, mientras otra hoja del mismo tallo puede ser deficiente. Esto justifica la tendencia de la brotación a secarse cuando la planta no obtiene un suministro adecuado de este elemento. Otra particularidad interesante, y también observada, es que por lavado la planta puede perder hasta un 80 % del boro de sus hojas. De esta forma, la planta se auto defiende contra una toxicidad provocada por una absorción excesiva (Navarro y Navarro, 2003).

La toma de boro está estrechamente relacionada con el pH y con la concentración externa de boro en un amplio rango de concentraciones. Su distribución en las plantas está principalmente gobernada por la corriente de transpiración aunque también es móvil en el floema y puede ser retranslocado en cantidades considerables (Marschner, 1986).

El boro es esencial para la germinación de los granos de polen, el crecimiento del tubo polínico y para la formación de semillas y paredes celulares. Forma también complejos borato-azúcar que están asociados con la translocación de azúcares y es importante en la formación de proteínas (Inpofos, 1997).

2.4 ELEMENTOS Y FERTILIZACIÓN.

Los elementos nutritivos son absorbidos por la planta, generalmente desde la solución del suelo y a través de la raíz por procesos y mecanismos que aún no están completamente aclarados. La absorción de elementos nutritivos presenta unas características muy

específicas como la selectividad de los elementos químicos y la entrada de elementos en la planta cuando la concentración interna es muy superior a la externa o la carga eléctrica es contraria. Esto es, la absorción se hace en contra de gradientes de concentración o eléctricos, lo que necesariamente exige el consumo de energía para superar estas barreras físicas. Los elementos carbono, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno y azufre son constituyentes de compuestos orgánicos básicos en el metabolismo de la planta. También participan activamente en las reacciones bioquímicas básicas del metabolismo. El carbono y el oxígeno formando parte del grupo carboxílico, el nitrógeno en grupos amino y amidas principalmente y el azufre como grupo sulfhídrico. En todos ellos participa el hidrógeno. El fósforo participa en todas las reacciones de la planta en las que hay intercambio de energía, siendo el compuesto más importante en este aspecto, el trifosfato de adenosina (ATP). Los cationes calcio, magnesio, potasio y el anión cloro, regulan los potenciales osmóticos, la permeabilidad de la membrana y la conductividad. Además, pueden enlazarse con enzimas, modificando principalmente en reacciones de óxido-reducción. Entre los compuestos orgánicos importantes, hay que destacar la clorofila, que es la base de la fotosíntesis, al ser capaz de emitir electrones, cuando es excitada por la luz. Este complejo orgánico tiene integrado en su estructura un átomo de magnesio enlazado por cuatro átomos de nitrógeno. (Domínguez, 1984).

2.5 ABSORCIÓN DE NUTRIENTES

Con respecto a la absorción, el autor manifiesta que, el nitrógeno es absorbido, tanto en la forma nítrica (ión nitrato), como en forma amoniacal (ión amonio), siendo ambos metabolizados por la planta. Sin embargo, es la forma nítrica la que es absorbida preferentemente, con actividad metabólica, es decir con consumo de energía. La absorción del fósforo es activa metabólicamente; las formas absorbidas de fósforo son los iones fosfato mono y dibásico, creyéndose que sólo el primero lo es activamente. Con respecto al potasio, las membranas celulares tienen baja permeabilidad para el potasio, pese a lo cual es absorbido fácilmente y en cantidades considerables. La absorción, como en los demás casos, es activa metabólicamente, especialmente a las bajas concentraciones de potasio normales en la solución del suelo. La velocidad de absorción es controlada por la concentración interna de potasio que está gobernada por la turgencia de la célula. Una vez absorbidos los iones potasio, pasan a través de las células corticales hacia el xilema, siendo transportado principalmente hacia los tejidos jóvenes en crecimiento. (Domínguez, 1984).

La absorción de los elementos nutritivos por las plantas se efectúa mayoritariamente por medio de las raíces jóvenes, al nivel de los pelos radiculares. Durante el período de la actividad de la planta se desarrollan de una manera continua, y están continuamente renovándose, ya que su vida es muy corta, tan solo de varios días. Además manifiestan que el mecanismo de absorción de los elementos nutritivos en las fases sólida y líquida del suelo, puede explicarse mediante dos teorías: 1ª) La teoría del intercambio por contacto; y 2ª) La teoría del intercambio del ácido carbónico. Ambas han sido ampliamente criticadas, pero continúan siendo entre otras, las más aceptadas por las posibilidades que presentan teniendo en cuenta los conocimientos que se tienen del suelo y de la planta en su conjunto. (Navarro y Navarro, 2003).

Las plantas requieren ciertas sales inorgánicas, que fueron necesariamente absorbidas desde el suelo, que la solución suelo esta muy diluida, que muchas plantas absorben grandes cantidades de agua del suelo, y que mucha de esta agua se evapora de las hojas; esto parece una lógica perfecta a concluir que la mayor parte de agua se pierde por la hojas determinando la mayor solución y de allí las sales absorbidas, así como también la distribución después de la absorción (Curtis, 1935).

2.6 GENERALIDADES DEL CULTIVO DEL PIMIENTO

Con respecto al pimiento manifiestan, que todas las formas de pimiento, chile o ají usadas por el hombre pertenecen al género *Capsicum*. Cuyo nombre científico deriva del griego: según algunos autores *kapsa* (picar) y según otros autores *kapsakes* (cápsula). Este género se incluye en la extensa familia de las Solanáceas. La taxonomía dentro del género *Capsicum* es compleja, debido a la gran variabilidad de formas existentes en las especies cultivadas y a la diversidad de criterios utilizados en la clasificación. (Nuez *et al.*, 2003).

El pimiento pertenece a la familia de las Solanáceas, pero existe una gran complejidad taxonómica en torno a ella. El nombre *Capsicum annum* L. es el mas extendido para referirse a la especie a la que pertenecen la mayoría de las plantas cultivadas. Es una planta anual herbácea que llega a ser vivaz en condiciones adecuadas. (Fernández, 1999).

2.6.1 Aspectos Botánicos

a) Taxonomía

Reino	: Plantae.....	Planta
Sub reino	: Tracheobionta.....	Planta Vascular
Super división	: Spermatophyta.....	Plantas reproducidas por semillas
División	: Magnoliophyta.....	Plantas que producen flores
Clase	: Magnoliopsida.....	Dicotiledonea
Subclase	: Asteridae	
Orden	: Solanales	
Familia	: Solanaceae.....	Familia de la papa
Genero	: <i>Capsicum</i>	
Especie 1	: <i>Capsicum annuum</i> L.....	Cayene pepper
Variedad 1	: <i>annuum</i>	
Variedad 2	: <i>glabriusculum</i>	
Especie 2	: <i>Capsicum baccatum</i> L.....	Locoto
Especie 3	: <i>Capsicum chinense</i> Jacq.	Aji Especie 4
	: <i>Capsicum pubescens</i> Ruiz & Pavón	Rocoto

b) Nombres comunes

Aaprika rocna	(Eslovaco)
Ají, chile dulce, chile morrón, pimiento, pebrotera	(Castellano)
Aji dulce	(Venezuela)
Bruhi	(Sánscrito)
Chili	(Alemán)
Guindilla	(Castellano)
Hocico de buey	(Castellano)
La-chiao	(Chino)
Marchu	(Híndi)
Marichiphalam	(Sánscrito)
Mirchi	(Hindi)
Peppers, sweet pepper, green pepper	(Inglés)
Pi-po-li	(Chino)
Piment, poivron	(Francés)
Pippala	(Sanskrito)
Paprika schote	(Alemán)
Pepperone	(Italiano)
Pimentão	(Portugués)

c) Descripción botánica

c.1) Tipo De Planta

La planta semiarbusto de forma variable y alcanza entre 0.60 m a 1.50 m de altura, dependiendo principalmente de la variedad, de las condiciones climáticas y del manejo. La planta de Chile es monoica, tiene los dos sexos incorporados en una (Nuez *et al.*, 2003). misma planta, y es autógena, es decir que se autofecunda; aunque puede experimentar hasta un 45 por ciento de polinización cruzada, es decir, ser fecundada con el polen de una planta vecina. Por esta misma razón se recomienda sembrar semilla híbrida certificada cada año.

c.2) Semilla

La semilla se encuentra adherida a la planta en el centro del fruto. Es de color blanco crema, de forma aplanada, lisa, reniforme, cuyo diámetro alcanza entre 2.5 y 3.5 mm. El porcentaje de germinación generalmente es alta y puede mantenerse por 4 a 5 años bajo buenas condiciones de conservación.

c.3) Raíz

El pimiento tiene una raíz pivotante, que luego desarrolla un sistema radicular lateral muy ramificado que puede llegar a cubrir un diámetro de 0.90 a 1.20 m, en los primeros 0.60 m de profundidad del suelo.

c.4) Tallo

El tallo puede tener forma cilíndrica o prismática angular, glabro, erecto y con altura variable, según la variedad. Esta planta posee ramas dicotómicas o pseudo dicotómicas, siempre una más gruesa que la otra (la zona de unión de las ramificaciones provoca que éstas se rompan con facilidad). Este tipo de ramificación hace que la planta tenga forma umbelífera (de sombrilla).

c.5) Hojas

Hojas simples, Alternas, pequeñas, con limbo oval lanceolado de bordes, lisos, color verde oscuro, aovadas, enteras, glabras y pecíolos comprimidos.

c.6) Flores

Las flores son actinomorfas, hermafroditas, con cáliz de 6 sépalos, Corola color blanco verdusco o blanco amarillento y pedicelos generalmente múltiples, de 6 pétalos y 6 estambres insertos en la garganta de la corola, el estigma generalmente está nivel de las anteras, lo que facilita la auto polinización. La polinización cruzada por los insectos es de un 80 por ciento por lo que las variedades pierden su pureza genética rápidamente. Tiene ovario súpero. Están localizadas en los puntos donde se ramifica el tallo o axilas, encontrándose en número de una a cinco por cada ramificación. Generalmente, en las variedades de fruto grande se forma una sola flor por ramificación, y más de una en las de frutos pequeños.

c.7) Fruto

El fruto es una baya, con dos a cuatro lóbulos, con una cavidad entre la placenta y la pared del fruto, siendo la parte aprovechable de la planta. Tiene forma globosa, rectangular, cónica o redonda. Existe una diversidad de formas y tamaños en los frutos, pero generalmente se agrupan en alargados y redondeados y tamaño variable, su color es verde al principio y luego cambia con la madurez a amarillo o rojo púrpura en algunas variedades. La constitución anatómica del fruto está representada básicamente por el pericarpio y las semillas.

La mayor parte de las plantas se originan de semillas, las cuales, después de la germinación, dan lugar a plántulas con raíz, tallos y hojas. La planta crece, extendiendo su sistema radicular en el suelo y sus tallos y hojas hacia la atmósfera. Después de algún tiempo se forman las flores, tiene lugar la fertilización y las semillas comienzan a desarrollarse y a madurar, las semillas normalmente ofrecen un contraste bioquímico muy característico en relación con la planta que las produce. En primer lugar, las semillas con relativamente secas y comúnmente sólo contienen del 10 al 20 por ciento de humedad en su madurez. La siguiente diferenciación es que mientras la mayor parte del material de la semilla está presente como uno más de los tipos comunes de polímero, los polímeros de las semillas son ciertamente diferentes de los de la planta que los origina. La cantidad de proteína enzimática es baja, consistiendo la mayor parte, seguramente en unas cuantas proteínas relativamente insolubles, cuya composición aminoácido es bastante restringida. A éstas, comúnmente se les llama proteínas almacenables. Por su forma compacta, la

mayor parte de éstas casi no necesitan grandes cantidades de materiales estructurales mientras que, por otra parte su función como plantas no fotosintéticas en condición latente requiere una reserva diferente de material rico en energía, fácilmente digerible, que pueda proporcionar materia prima y energía para que la germinación se produzca. Los cambios morfológicos y bioquímicos que acompañan la maduración de la semilla, son de particular interés, puesto que conducen a la identificación de los factores involucrados en el control del rendimiento y la composición de la semilla al cosecharse. Los hechos iniciales que siguen a la fertilización son similares en la mayor parte de las plantas de flor. El polen germina sobre el estigma formando un tubo polínico, que penetra el estilo y lleva los dos núcleos masculinos al saco embrionario. Un núcleo masculino se fusiona con el núcleo de la célula del huevo formando el cigote. El segundo núcleo gamético masculino penetra en la célula central y se une con los dos núcleos polares para formar el núcleo del endospermo primario. El desarrollo posterior del cigote y del endospermo difiere considerablemente en diferentes grupos de plantas. En casos de polinización insuficiente se obtienen frutos deformes (Duffus y Slaughter, 1985).

2.6.2 Etapas Fenológicas de Desarrollo del Género *Capsicum*

a) Germinación y emergencia

El período de preemergencia varía entre 8 a 12 días, y es más rápido cuando la temperatura es mayor durante el período entre la germinación y la emergencia de la semilla emerge primeramente una raíz pivotante y las hojas cotiledonales, luego el crecimiento de la parte aérea procede muy lentamente, mientras que se desarrolla la raíz pivotante. Casi cualquier daño que ocurra durante este período tiene consecuencias letales y es la etapa en la que se presenta la mortalidad máxima (Nuez *et al.*, 2003).

b) Crecimiento de la plántula

Luego del desarrollo de las hojas cotiledonales, inicia el crecimiento de las hojas verdaderas, que son alternas y más pequeñas que las hojas de una planta adulta. De aquí en adelante, se detecta un crecimiento lento de la parte aérea, mientras la planta sigue desarrollando el sistema radicular, es decir, alargando y profundizando la raíz pivotante y empezando a producir algunas raíces secundarias laterales. La tolerancia de la planta a los daños empieza a aumentarse, pero todavía se considera que es muy susceptible.

c) Crecimiento vegetativo rápido

A partir de la producción de la sexta a la octava hoja, la tasa de crecimiento del sistema radicular se reduce gradualmente; en cambio la del follaje y de los tallos se incrementa, las hojas alcanzan el máximo tamaño, el tallo principal se bifurca (9-12 Hojas), después que el brote ha terminado por una flor o vástago floral (botón floral). Y a medida que la planta crece, ambas ramas se sub ramifican (después que el crecimiento del brote ha producido un número específico de órganos florales, vuelve a iniciarse una continuación vegetativa del proceso. Este ciclo se repite a lo largo del período de crecimiento. Se trata de un crecimiento simpodial. En este período la planta puede tolerar niveles moderados de defoliación. La tolerancia se incrementa a medida que la planta crece y siempre, que no haya otros factores limitantes la pérdida de follaje se compensan rápidamente. En el botoneo, la planta absorbe (necesita), niveles altos de N y K.

d) Floración y fructificación

Al iniciar la etapa de floración, el ají dulce produce abundantes flores terminales en la mayoría de las ramas, aunque debido al tipo de ramificación de la planta, parece que fueran producidas en pares en las axilas de las hojas superiores.

Cuando los primeros frutos empiezan a madurar, se inicia una nueva fase de crecimiento vegetativo y de producción de flores. De esta manera, el cultivo de ají dulce tiene ciclos de producción de frutos que se traslapan con los siguientes ciclos de floración y crecimiento vegetativo. Este patrón de fructificación da origen a frutos con distintos grados de madurez en las plantas, lo que usualmente permite cosechas semanales o bisemanales durante un período que oscila entre 6 y 15 semanas, dependiendo del manejo que se dé al cultivo.

El mayor número de frutos y los frutos de mayor tamaño se producen durante el primer ciclo de fructificación, aproximadamente entre los 90 y 100 días. Los ciclos posteriores tienden a producir progresivamente menos frutos o frutos de menor tamaño, como resultado del deterioro y agotamiento de la planta.

Esta etapa es muy susceptible a plagas y enfermedades pues estos afectan al producto a cosechar. Los ciclos posteriores tienden a producir progresivamente menos frutos o frutos de menor tamaño, como resultado del deterioro y agotamiento de la planta.

2.6.3 Requerimientos Agroecológicos

Temperaturas inferiores a 15 °C retrasan o bloquean el desarrollo, siendo las temperaturas diurnas óptimas entre 23-25 °C y las nocturnas entre 18-20 °C, con un diferencial térmico día –noche entre 8-8 °C. las altas temperaturas conducen a las caídas de flores y frutos recién cuajados (Thompson y Nelly, 1957). Las temperaturas sobre los 32 °C ocasionan que el pistilo crezca más largo que los estambres antes que haya abierto las anteras (heterostilia), fenómeno que provoca la polinización cruzada (Valadez, 1994).

El requerimiento hídrico estimado se calcula que esta entre los 800 y 10000 m³ /ha, esto para un sistema de riego por gravedad (Zapata y Bañon, 1992), mientras que para un sistema de riego localizado de alta frecuencia se tiene un gasto de 5251 m³ /ha (Lozada, 1990).

El óptimo de humedad relativa para pimiento se sitúa entre 50-70 por ciento (Maroto, 2000).

La luminosidad tiene un efecto marcado en el desarrollo del cultivo, ante la deficiencia de este produce una etiolación o ahilamiento en el tallo, con alargamiento de los entrenudos con poco soporte posterior para la carga abundante de frutos (Zapata y Bañon, 1992).

Zapata y Bañon (1992), señalan que la planta de pimiento no se desarrolla bien en suelos arcillosos, prefiriendo aquellos con textura areno-limoso. En cualquier caso se debe drenar el suelo perfectamente, ya que el exceso de humedad genera fácilmente una afixia radicular y el desarrollo de enfermedades fungosas. El pH óptimo para su cultivo se sitúa entre 6.5 y 7.0 además, considera que es un cultivo susceptible a alta salinidad del suelo y su influencia se da sobre la calidad de la cosecha.

Robles (1997), señala que si bien es cierto que el pimiento no tolera alta salinidad, la calidad de agua a usarse por el sistema de riego nos permite mantener libre de sales el bulbo de riego, existiendo así un buen desarrollo del cultivo. Chepote (1998), refiere que el cultivo prefiere suelos sueltos, con baja conductividad eléctrica bien aireado y sobre todo con un buen drenaje.

2.6.4 Ritmo de Absorción de Nutrientes

Crecimiento en términos de producción de materia seca es muy lento hasta los 30 días después del transplante (ddt). Luego es muy rápido entre los 45 y 105 ddt. Finalmente es menor, debido principalmente a una reducción en la materia seca de las hojas por la caída de las hojas (Ramirez, 1998)

El trabajo de tesis “Estudio del ritmo de absorción de macro y microelementos en el cultivo de páprika (*Capsicum annuum* L.) bajo riego por goteo en Villacur” concluye lo siguiente:

- a. Las condiciones imperantes durante el periodo vegetativo fueron bastante apropiadas para el crecimiento y desarrollo del cultivo.
 - b. Los elementos de mayor extracción fueron el calcio con 496.32 Kg/ha, seguido por el potasio con 335.72 Kg/ha y el nitrógeno con 323.84 Kg/ha.
 - c. El fósforo a pesar de ser considerado como un macroelemento, sólo se absorbió 30.36 Kg./Ha, siendo superado por el magnesio, azufre y el hierro.
 - d. Dentro del grupo de los microelementos el mas extraído por la planta fue el hierro con 34.32 Kg/ha, seguido por el boro con 12.76 Kg/ha, superando al manganeso, zinc y cobre.
 - e. Los elementos mas concentrados en el tejido foliar en la primera etapa (30 ddt) fueron el nitrógeno y el fósforo, mientras que en la segunda etapa (60 ddt) fueron el potasio y el cobre.
 - f. En la tercera etapa (90 ddt), el azufre y el manganeso estuvieron en mayor concentración; mientras que en la cuarta etapa (120 ddt) los elementos mas altamente concentrados corresponden al magnesio, hierro y boro.
 - g. En la última etapa (150 ddt) tenemos al calcio, sodio y zinc concentrados en mayor cantidad.
- (Castañeda y Romero, 2003).

El trabajo “Estudio sobre la capacidad de asimilación de macro y micro nutrientes en el cultivo de espárrago (Var. UC – 157)”, se llevo a cabo en la empresa Athos. Sobre la producción de biomasa se observa un incremento sustancial, en la etapa de crecimiento de baya (a los 63 días del desarrollo del cultivo), obteniéndose una cantidad de 24 286.97

kg/ha de materia seca. Sobre concentración de nutrientes en las raíces analizamos que la mayor concentración en la primera etapa lo tiene el elemento sodio, debido a la alta presencia de este elemento en la solución suelo; en la segunda etapa los elementos más concentrados fueron el potasio, calcio, cobre, zinc. Para la tercera etapa se dio el elemento azufre, en la cuarta etapa el elemento más concentrado es el boro. En la quinta etapa se observa una mayor concentración de los elementos nitrógeno, fósforo y magnesio y en la sexta etapa están en mayor concentración el hierro y manganeso. En el follaje se observa que la tercera etapa es crucial, debido a la fuerte absorción de la mayoría de los elementos, con excepciones de nitrógeno, sodio y hierro; debido posiblemente a la máxima expansión vegetativa y mayor producción de biomasa de las plantas (Bendezú y Cuadros, 2007).

Según Rincón et al, mencionados por Nuez *et al.* (2003), la cantidad de nutrientes extraídos por tonelada de pimiento fresco son los siguientes: 2.3 kg de nitrógeno, 0.74 Kg de Fósforo, 4.5 Kg de Potasio, 1.69 Kg de calcio y 1.07 Kg de Magnesio.

Zapata y Bañón (1992), refieren que una tonelada de fruto producido extrae las siguientes cantidades 3.72 Kg de nitrógeno, 1.0 Kg de Fósforo, 4.98 Kg de Potasio, 2.96 Kg de Calcio y 0.75 Kg de Magnesio.

Miraval (1994), al estudiar el efecto de la fertirrigación NPK bajo RLAF: exudación en el rendimiento del tomate, obtuvo el mayor rendimiento promedio (78.81 t/ha) con la fertilización completa 240-120-240 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O. Conteras (1962) En un suelo franco arcilloso concluyó que el Nitrógeno, Fósforo y Potasio aplicados separadamente no aumentan los rendimientos. La interacción NxP aumenta significativamente la producción en 10 tn/ha con respecto al testigo. Las cantidades aplicadas fueron 50 a 150 kg/ha, provocaron también aumentos estadísticos en el tamaño de plantas y la producción.

Higa (2001) evaluó el efecto de la fertilización nitrogenada, fosforada y potasita en tres cultivares de pimiento dulce con las dosis de 80-40-60, 160-80-120, 240-120-180 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O y un testigo no fertilizado en cultivares Capristano, Amazonia y Resistant. El rendimiento máximo fue de 66.27 t/ha para la tercera dosis. En lo referente a los cultivares el mayor rendimiento lo obtuvo Amazonia con 51.92 t/ha.

Knave (1977), mencionado por Maroto (2000), probó distintos niveles de fertilización nitrogenada en el cultivo del pimiento Yolo Gonder en invernadero, llegando a la conclusión que la máxima respuesta productiva se obtuvo con un nivel de 155 kg de N/ha.

Huanco (2003), evaluó el efecto de la fertilización Nitrogenada Potásica con y sin micronutrientes en el cultivo pimiento Piquillo con 4 tratamientos T1 (60 kg/ha N-80 kg/ha K₂O), T2 (120 kg/ha N-160 kg/ha K₂O), T3 (180 kg/ha N-240 kg/ha K₂O) y T4 (240 kg/ha N-320 kg/ha K₂O), así como la evaluación de el efecto comparativo de dos tratamientos uno con y otro sin la aplicación de micronutrientes (Fe, Mn, Zn y B) quelatinizados al suelo aplicados mediante fertirrigación. Los resultados mostraron que el mayor rendimiento alcanzado fue 21.32 t/ha a nivel del tratamiento cuatro (T4), así mismo cuando se aplican micronutrientes se obtiene un rendimiento de 18.29 t/ha que responde a un incremento de 7.3 por ciento respecto al tratamiento sin micronutrientes.

Ugas, *et al.* (2000) recomienda una fertilización de 160-80-100 de N-P-K para los suelos de la costa, dependiendo de algunas características particulares. Se recomienda fertilizar bajo condiciones de costa q una dosis de 240-120-180 kg de N-P₂O₅-K₂O/ha, para obtener un rendimiento de 30 40 t/ha bajo condiciones de manejo de suelos y agua de riego (Peto Seed, 1999).

2.6.5 Densidad de siembra

La siembra recomendada es a un distanciamiento de 0.70 m entre surcos y 0.50 m entre plantas teniendo una densidad de 28.571 plantas por ha a una hilera por surco en sistema de riego por gravedad (Ugas *et al.*, 2000).

2.6.6 Rendimientos

Los rendimientos más altos (49.207 kg/ha) de pimiento dulce se obtuvo a una densidad de siembra de 60.000 plantas por hectárea resultado de la siembra directa en tresbolillo, con golpes entre planta de 33 cm y con un metro de separación entre las cintas de riego, mientras que por otro lado la población de 30000 plantas por hectárea se registran los rendimientos más bajos (31.219 kg/ha) (Lozada, 1990).

2.7 CURVA DE EXTRACCION DE NUTRIENTES

Una curva de extracción es la representación gráfica de la extracción de un nutriente y representa las cantidades de este elemento extraídas por la planta durante su ciclo de vida. La extracción de nutrientes depende de diferentes factores tanto internos como externos, los más sobresalientes son:

2.7.1 Factores Internos

El potencial genético de la planta.- Es decir determinar la curva de extracción para cada cultivar. Edad de la planta, o estado de desarrollo de la misma. La curva necesariamente debe reflejar los cambios nutricionales dependientes de la fenología de la planta. Con esto se pueden asociar puntos de máxima absorción con puntos claves de desarrollo como prefloración, floración, fructificación, etc.

2.7.2 Factores Externos

Los factores externos son aquellos relacionados con el ambiente donde se desarrolla la planta como la temperatura, humedad, brillo solar, etc.

a) Método para elaborar una curva de absorción de nutrientes

1. Seleccionar el cultivar a estudiarse (es importante no mezclar plantas genéticamente diferentes en una misma curva).
2. Seleccionar plantas tipo para el muestreo secuencial de biomasa.
Estas plantas deben estar desarrollándose en condiciones ideales de suelo y manejo.
3. Definir las etapas fenológicas más importantes del ciclo de cultivo. Cada una de estas etapas fenológicas debe estar representada en el muestreo.
Generalmente se las determina en días después de la siembra o trasplante.
4. Tomar por lo menos tres muestras en cada etapa fenológica previamente determinada.
5. Dividir las plantas muestreadas en sus diferentes tejidos morfológicos (raíz, tallo, hojas, peciolo, frutos etc.). Esto depende de la minuciosidad del experimento.
6. Medir el peso fresco de las muestras y enviarlas al laboratorio para la determinación de peso seco, humedad y contenido de nutrientes.
7. Calcular el peso seco promedio y el contenido promedio de nutrientes de las plantas muestreadas y determinar la cantidad de biomasa acumulada y las cantidades de

nutrientes extraídas por el cultivo en gramos por planta. Conociendo la población por área se puede calcular la extracción en kg/ha.

8. Graficar la curva de crecimiento (materia seca acumulada en cada estado de muestreo) y la curva de absorción (cantidades extraídas de cada elemento en cada estado de muestreo).

b) Importancia y utilidad de las curvas de absorción de nutrientes

La Importancia y utilidad de las curvas de absorción radica en que conociendo el comportamiento de las curvas de absorción se determinan las épocas de mayor absorción de nutrientes durante el ciclo de crecimiento. Esto a su vez permite definir las épocas de aplicación de los fertilizantes en los programas de fertilización, que generalmente deberán ocurrir una dos semanas antes de este pico de alto requerimiento de nutrientes. Con esto se logra maximizar el aprovechamiento de los fertilizantes.

Las curvas de absorción permiten también conocer la calidad nutritiva, en cuanto a contenidos de nutrientes, de las partes de la planta de consumo humano o animal.

Cantidad estimada de extracción de nutrientes para producir una tonelada de fruto en capsicum N 5 kg, P 0.7 kg, K 7 kg, Ca 0.8 kg, Mg 0.5 kg, S 0.5 kg Fe 70 gr, Cu 7 gr, Mg 0.5 gr, B 9 gr (Ramirez, 2005).

Se analizó la absorción y distribución de los nutrimentos durante el ciclo de cultivo en plantas de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. cv. Hot), en Alajuela, Costa Rica. Se determinó el peso seco y se analizó el contenido de N, P, K, Ca, Mg, y S, en cada sección de la planta. Con base en el peso seco y la concentración de nutrimentos, se estimó la absorción de los elementos por cada tejido y en toda la planta. Se calculó la extracción de los nutrimentos con una densidad de siembra de 20 833 [plantas.ha.sup.-1] y un rendimiento de 15 [t.ha.sup.-1] de fruta comercial fresca. El orden de extracción de nutrimentos fue K>N>Ca>S>P y Mg con valores de 79,3, 60, 31,7, 8,2, 7,6 y 7,3 [kg.ha.sup.-1], respectivamente. Las cantidades de nutrimentos en las distintas partes de la planta variaron durante el ciclo de crecimiento. Al final del ciclo, la planta acumula K, Ca y Mg principalmente en la parte aérea, P y S en la fruta y N en los frutos y la parte aérea.

El principal evento fenológico que reguló estas fluctuaciones fue la fructificación. (Azoiefa y Moreira, 2005).

Se realizó el ensayo Crecimiento y extracción de N-P-K por plantas de pimentón (*Capsicum annuum* L.) abonadas con estiércol de pollo en el campo experimental del INIA en Quibor, estado Lara, Venezuela, para esto se utilizó el híbrido Enterprise, el cual se trasplantó a una distancia de 0,35 m entre plantas y 1,20 m entre hileras. Cada parcela estuvo constituida por 4 hileras de 11 plantas cada una. Las parcelas fueron repetidas seis veces. El crecimiento inicial, expresado como altura y peso seco de las plantas, fue lento y el mismo aumentó rápidamente a partir de los 45 días después de la siembra (dds) mostrando un comportamiento normal en este cultivo. Se detectó una tendencia general al incremento de la concentración de N y K en el tejido vegetal durante el ciclo de crecimiento. A los 90 dds la mayor concentración de N y K existió en las hojas (41,7 y 39,3 mg.g⁻¹), mientras que la mayor concentración de P se encontró en los frutos (3,7 mg.g⁻¹). Cada planta extrajo, en promedio, 1,749 g N, 0,137 g P y 1,725 g K, reflejando similares niveles de extracción para el nitrógeno y el potasio, pero mucho menores para el fósforo. La proporción de extracción fue de 12:1:12 para el N:P:K, respectivamente. (Escalona y Pire, 2008).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo se realizó en el Fundo La Colmena de la empresa PIGA S.A., ubicado en el distrito de Pueblo Nuevo, Provincia y departamento de Ica.

3.2 MATERIALES

3.2.1 Material de Campo

- Plantines de pimiento.
- Sistema de riego por goteo.
- Fertilizantes: Big N, nitrato de calcio, sulfato de potasio, fosfato monoamonico, magnekling, acido borico.
- Libreta de campo, lápiz.
- Bolsas de recolección de muestras.
- Tarjetas de identificación, plumón.

3.2.2 Equipos y Material de Laboratorio

- Conductímetro.
- Estufa.
- Balanza.
- Cámara fotográfica.
- Inyector Amiad.
- Reactivos de laboratorio para los diferentes elementos.

3.2.3 Tratamientos en Estudio

Los tratamientos fueron instalados en la variedad 4P109, línea 4P591. Se tuvo 3 tratamientos con diferentes dosis de fertilización NPK, cada tratamiento constara de 5 camas de siembra, ubicadas dentro de uno de los módulos de producción de semilla del fundo La Colmena. Asimismo, se realizaron 5 repeticiones, teniendo de este modo un Diseño Completamente al Azar (DCA); para obtener información estadística en los análisis correspondientes a semillas y frutos; en lo que respecta a los datos obtenidos para los análisis de raíz, tallo y hojas.

Cuadro 6: Tratamiento I (NPK 1).

Periodo Vegetativo	Días /Etapas	TOTAL DIAS	Litros	ppm				
				N	P	K	Ca	Mg
POSTRASPLANTE	01 a 30	30	4	50	50	50	50	
FLORACION	31-41	10	5	100	100	100	100	50
POLINIZACION	41-65	26	6	100	100	100	100	50
DESARROLLO FRUTOS	66-100	34	8	150	150	150	100	
MADURACION-COSECHA	101-150	50	7	100	75	100	100	
Total				500	475	500	450	100

Cuadro 7: Tratamiento II (NPK 2).

Periodo Vegetativo	Días /Etapas	TOTAL DIAS	Litros	ppm				
				N	P	K	Ca	Mg
POSTRASPLANTE	01 a 30	30	4	30	60	30	30	
FLORACION	31-41	10	5	80	120	80	80	40
POLINIZACION	41-65	26	6	80	120	80	100	40
DESARROLLO FRUTOS	66-100	34	8	100	85	100	100	
MADURACION-COSECHA	101-150	50	7	30	0	40	0	
Total				320	385	330	310	80

Cuadro 8: Tratamiento III (NPK 3).

Periodo Vegetativo	Días /Etapas	TOTAL DIAS	Litros	ppm				
				N	P	K	Ca	Mg
POSTRASPLANTE	01 a 30:30	30	4	50	50	0	50	
FLORACION	31-41:10	10	5	80	100	80	80	30
POLINIZACION	41-65:25	26	6	80	100	80	80	40
DESARROLLO FRUTOS	66-100:35	34	8	150	100	150	100	30
MADURACION- COSECHA	101-150:50	50	7	50	50	100	50	
Total				410	400	410	360	100

Cuadro 9: Días Después del Trasplante (DDT).

Periodo Vegetativo	Dias /Etapas
POSTRASPLANTE	01 a 30:30 = 30DDT
FLORACION	31-41:10 = 40 DDT
POLINIZACION	41-65:25 = 60 DDT
DESARROLLO FRUTOS	66-100:35 = 100 DDT: 90DDT (20 de marzo)
MADURACION- COSECHA	101-150:50 =150 DDT: 120DDT (21 de abril) - 150DDT (24 de mayo)

3.3 METODOLOGÍA

El método aplicado fue establecer una disposición experimental en invernadero bajo el diseño completo al azar con tres tratamientos que fueron dosis de NPK en cinco repeticiones, luego fue medido la extracción de nutrientes, para lo que respecta a los análisis de semillas y frutos. En cada tratamiento se extrajo del campo una planta en cada estado fenológico, donde se evaluó mediante análisis químico los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, zinc y boro, en las diferentes partes de la planta. La metodología se describe a continuación:

- a. Germinación y trasplante, aquí se tomarán 10 plantas de almácigo, antes del trasplante, donde se hará el análisis a la raíz, de tallo y hoja, como punto inicial de referencia.

- b. Post-trasplante o desarrollo de planta, una vez en campo definitivo se extraerá una planta entera de cada tratamiento donde se hará el análisis de la raíz, tallo y hoja.
- c. Floración, aquí se extraerá una planta entera de cada tratamiento y se harán los análisis correspondientes a la raíz, tallo, hoja y fruto.
- d. Polinización, al igual que las anteriores una planta entera de cada tratamiento será extraída y se hará su respectivo análisis de raíz, tallo, hoja y fruto.
- e. Desarrollo de frutos, se continuará extrayendo una planta entera de cada tratamiento y el análisis corresponderá a la raíz, tallo, hoja, fruto y semilla. Sin embargo, en esta etapa se tendrán 5 repeticiones de fruto y semilla.
- f. Maduración y cosecha, en la última etapa igualmente se seguirá recolectando de campo una planta entera de cada tratamiento y se analizará a la raíz, tallo, hoja, fruto y semilla. A la vez, en esta etapa se tendrán 5 repeticiones de fruto y semilla.

En total se efectuaron 114 análisis para los tres tratamientos en sus seis estados fenológicos.

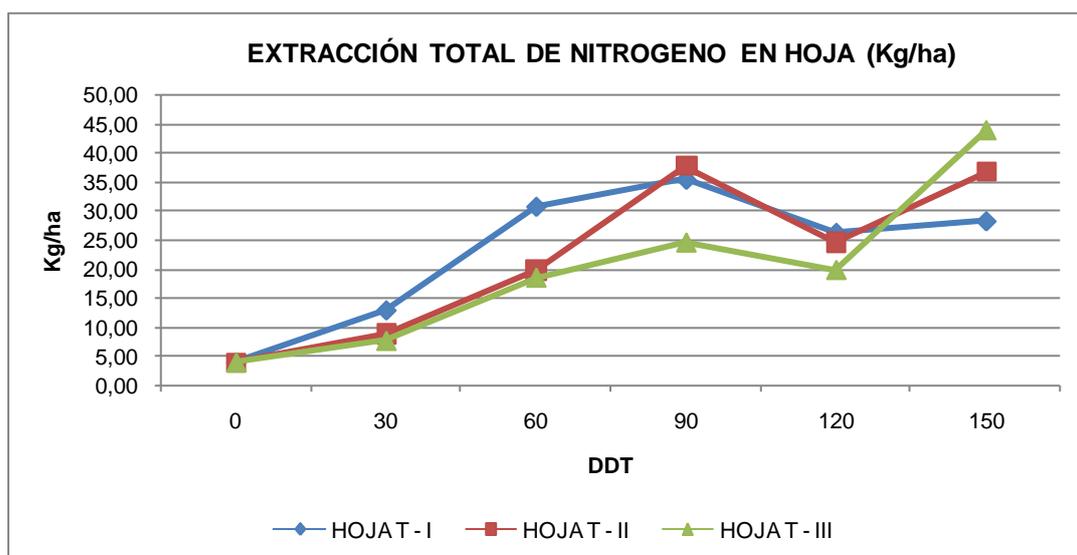
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 EXTRACCION DE NITROGENO EN LA PLANTA

4.1.1 Extracción de Nitrógeno en Hojas

En la figura 1 y cuadro 10, se observan las curvas de extracción total de Nitrógeno en hojas (kg/ha) bajo los tres niveles de fertilización empleados (T-I,II,III). Se aprecia una tendencia ascendente para los tres niveles hasta los 90 días después del trasplante (DDT) donde los niveles T-I y T-II se ubican en un promedio de 10 kg/ha mayor al nivel T-III. Posterior a este periodo las curvas se desincrementan a los 120 DDT; apreciándose luego un crecimiento para los 150 DDT, destacándose el nivel T-III con mayor extracción de nitrógeno (43.9 kg/ha) logra superar al final del cultivo a los dos niveles que al principio lo superaban.

Figura 1: Curvas de la extracción de Nitrógeno en hojas (kg/ha) en pimiento (*Capsicum annum*) empleando tres niveles de fertilización (T: I-II-III).



Cuadro 10: Valor de la extracción total de Nitrógeno en hojas (kg/ha) en pimiento (*Capsicum annum*) empleando tres niveles de fertilización.

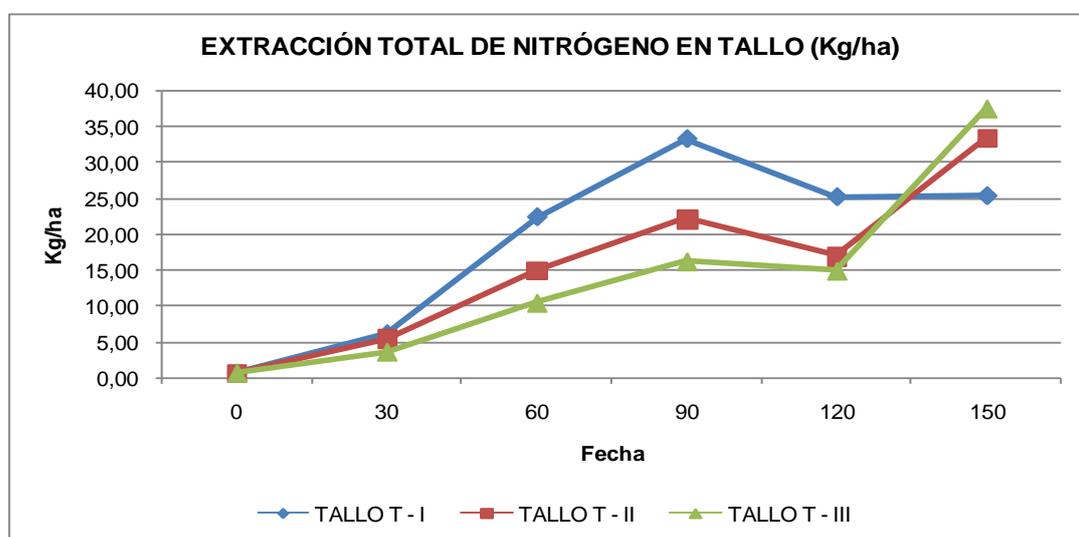
NIVELES	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE (DDT)					
	0	30	60	90	120	150
T- I	3,97	12,92	30,80	35,46	26,30	28,29
T-II	3,97	8,94	19,87	37,82	24,66	36,89
T-III	3,97	7,70	18,58	24,62	19,90	43,94

T-I, T-II y T-III: Niveles de fertilización en investigación.

4.1.2 Extracción de Nitrógeno en Tallo

En la figura 2 y cuadro 11, se observan las curvas de extracción total de Nitrógeno en tallos (kg/ha) bajo los tres niveles de fertilización empleados. Se aprecia una tendencia ascendente para los tres niveles hasta los 90 días después del trasplante (DDT), pero a los 60 y 90 DDT se diferencian, ubicándose el T-I en mayor extracción a los niveles T-II y T-III. Luego, las curvas decaen a los 120 DDT; apreciándose posteriormente para los 150 DDT, un incremento de los niveles T-II y T-III con mayor extracción de nitrógeno en promedio de 35 kg/ha que logran superar al final del cultivo al nivel T-I que se mantiene luego del descenso en un promedio de 25 kg/ha.

Figura 2: Curvas de la extracción de Nitrógeno en tallo (kg/ha) en pimiento (*Capsicum annum*) empleando tres niveles de fertilización (T: I-II-III).



Cuadro 11: Valor de la extracción total de Nitrógeno en tallo (kg/ha) en pimiento (*Capsicum annum*) empleando tres niveles de fertilización.

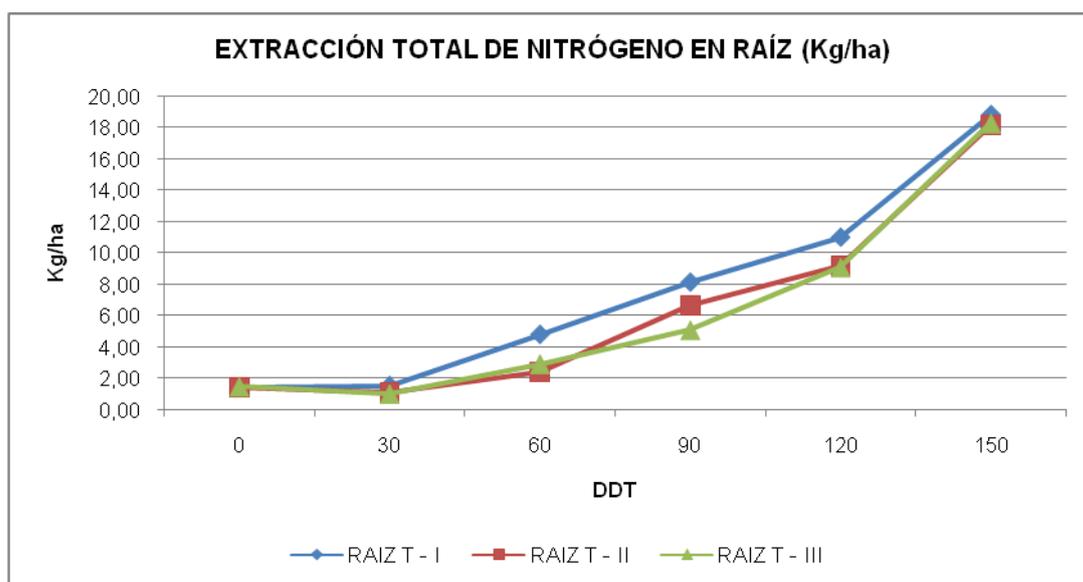
NIVELES	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE (DDT)					
	0	30	60	90	120	150
T- I	0,76	6,21	22,46	33,30	25,24	25,38
T-II	0,76	5,56	14,98	22,20	17,02	33,46
T-III	0,76	3,70	10,52	16,29	15,00	37,61

T-I, T-II y T-III: Niveles de fertilización en investigación.

4.1.3 Extracción de Nitrógeno en Raíz

En la figura 3 y cuadro 12, se observan las curvas de extracción total de Nitrógeno en raíz (kg/ha) bajo los tres niveles de fertilización empleados. Se aprecia una tendencia constante hasta los 30 DDT, recién hacia los 60 DDT los tres niveles T-I, T-2 y T-3 mantienen un ascenso con promedios similares en kg/ha no significativos entre ellos, así mantienen un incremento a los 90, 120 DDT y finalmente a los 150 DDT alcanzan un promedio similar de 18 kg/ha de extracción total de nitrógeno.

Figura 3: Curvas de la extracción de Nitrógeno en raíz (kg/ha) en pimiento (*Capsicum annum*) empleando tres niveles de fertilización (T: I-II-III).



Cuadro 12: Valor de la extracción total de Nitrógeno en raíz (kg/ha) en pimiento (*Capsicum annum*) empleando tres niveles de fertilización.

NIVELES	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE (DDT)					
	0	30	60	90	120	150
T- I	1,46	1,53	4,79	8,12	10,99	18,82
T-II	1,46	1,10	2,42	6,64	9,20	18,16
T-III	1,46	1,00	2,91	5,08	9,09	18,31

T-I, T-II y T-III: Niveles de fertilización en investigación.

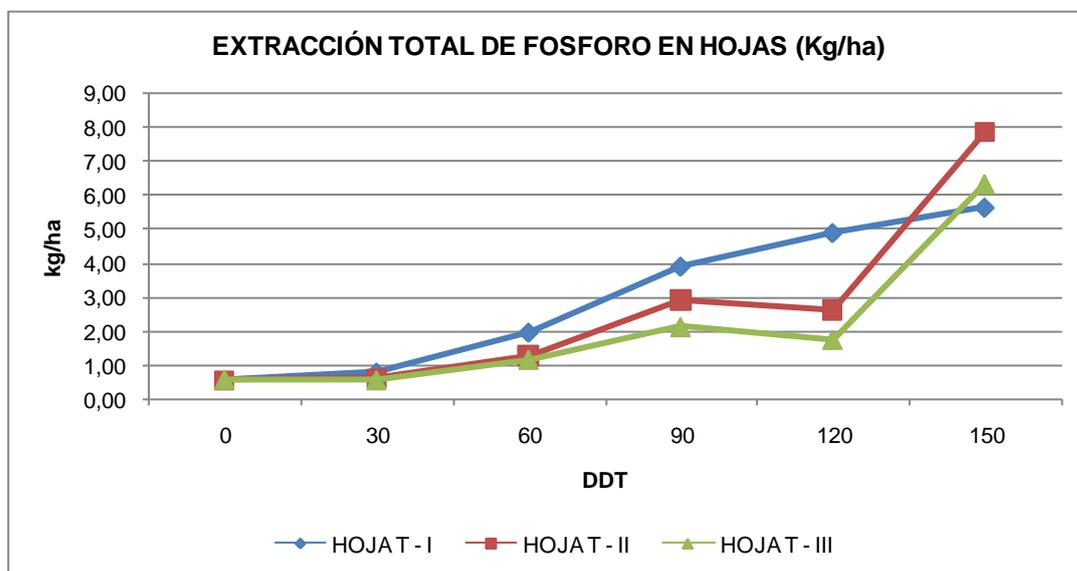
Se apreció una distribución similar en pimientos y otros tipos de *Capsicum*, donde inicialmente se producen un incremento lento seguido de una etapa de acumulación rápida, finalmente ocurre una depresión de la producción de materia seca, porque obviamente, todas las funciones biológicas llegan a un óptimo y luego declinan a medida que aumenta una sobresaturación de factores (Arteaga 2012, Urcia 2012, Castillo 2014); en la presente investigación dichas acepciones se muestran en la extracción total de nitrógeno en hojas y tallos, mientras que en la extracción total de nitrógeno en raíces la tendencia es ascendente.

4.2 EXTRACCION DE FOSFORO

4.2.1 Extracción de Fosforo en Hojas

En la figura 4 y cuadro 13, se observan las curvas de extracción total de Fosforo en hojas (kg/ha) bajo los tres niveles de fertilización empleados (T-I,II,III). Se aprecia una tendencia constante hasta los 30 DDT, recién hacia los 60 DDT los tres niveles T-I, T-2 y T-3 mantienen un ascenso con promedios similares en kg/ha no significativos entre ellos, así mantienen un incremento pero a los 90 DDT hay una diferencia promedio de un kg/ha entre ellos, a los 120 DDT el T-1 se incrementa mientras que los otros dos tratamientos se mantienen constante, pero al tramo final de los 150 DDT se destaca el T-2 superando por un promedio de 2 kg/ha a los tratamientos T-3 y T-1 que alcanzan un promedio similar de 6 kg/ha de extracción total de fosforo.

Figura 4: Curvas de la extracción de Fosforo en hojas (kg/ha) en pimiento (*Capsicum annuum*) empleando tres niveles de fertilización (T: I-II-III).



Cuadro 13: Valor de la extracción total de Fosforo en hojas (kg/ha) en pimiento (*Capsicum annuum*) empleando tres niveles de fertilización.

NIVELES	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE (DDT)					
	0	30	60	90	120	150
T- I	0,58	0,80	1,98	3,92	4,91	5,66
T-II	0,58	0,62	1,30	2,94	2,66	7,89
T-III	0,58	0,57	1,17	2,13	1,76	6,36

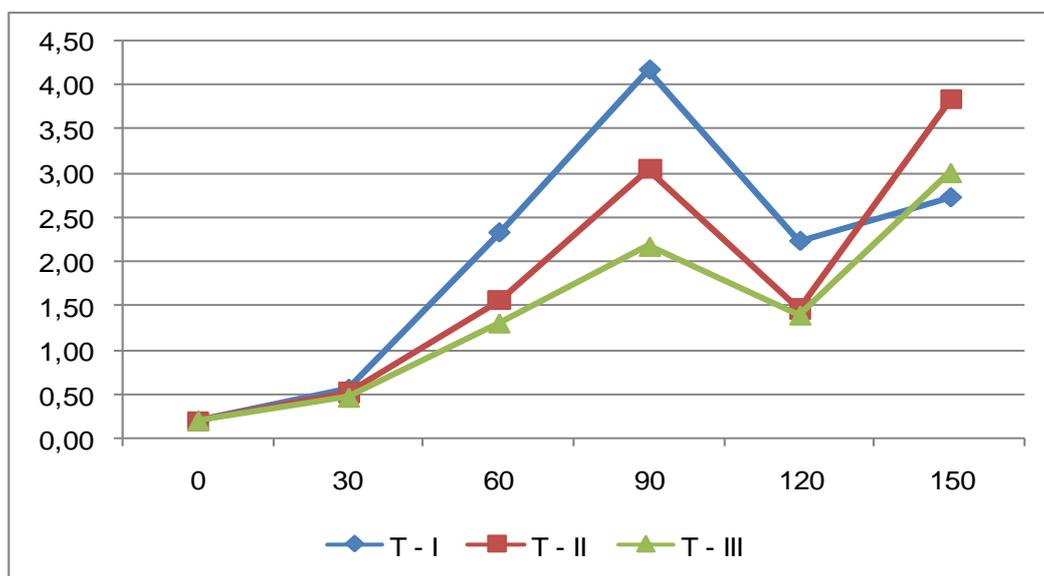
T-I, T-II y T-III: Niveles de fertilización en Investigación.

4.2.2 Extracción de Fosforo en Tallo

En la figura 5 y cuadro 14, se observan las curvas de extracción total de Fosforo en tallos (kg/ha) bajo los tres niveles de fertilización empleados. Se aprecia una tendencia ascendente para los tres niveles hasta los 90 días después del trasplante (DDT), pero el T-1 desde los 60 y hasta 90 DDT se diferencia ubicándose con mayor extracción y el pico mas alto respecto a los niveles T-II y T-III en 2do y 3er lugar respectivamente. Luego, las curvas decaen a los 120 DDT pero el T-1 se mantiene superior; apreciándose posteriormente para los 150 DDT, un incremento del nivel T-II con mayor extracción de

Fosforo en un promedio de 1 kg/ha logrando superar al final del cultivo a los niveles T-I y T-3.

Figura 5: Curvas de la extracción de Fosforo en tallo (kg/ha) en pimiento (*Capsicum annum*) empleando tres niveles de fertilización (T: I-II-III).



Cuadro 14: Valor de la extracción total de Fosforo en tallo (kg/ha) en pimiento (*Capsicum annum*) empleando tres niveles de fertilización.

NIVELES	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE (DDT)					
	0	30	60	90	120	150
T- I	0,19	0,56	2,32	4,16	2,23	2,72
T-II	0,19	0,52	1,55	3,04	1,46	3,82
T-III	0,19	0,46	1,30	2,17	1,39	3,01

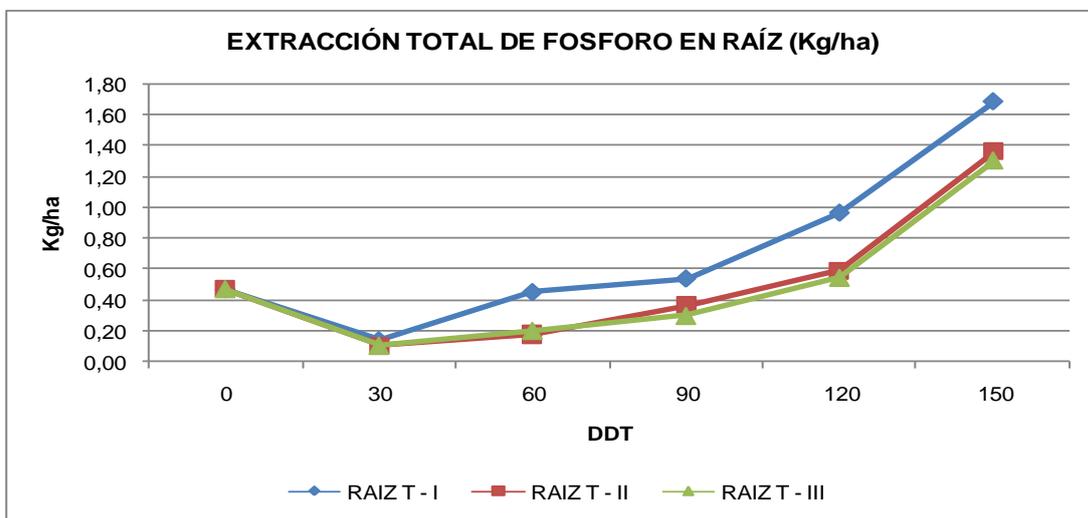
T-I, T-II y T-III: Niveles de fertilización en Investigación.

4.2.3 Extracción de Fosforo en Raíz

En la figura 6 y cuadro 15, se observan las curvas de extracción total de Fosforo en raíz (kg/ha) bajo los tres niveles de fertilización empleados. Se aprecia una disminución de los tres niveles hacia los 30 DDT (de 0.47 a 0.12 kg/ha), a partir de los 60 DDT el nivel T-I mantiene un ascenso con promedio superior en 0.30 kg/ha significativos respecto a los otros dos tratamientos, así se mantiene con un incremento paralelo a los 90, 120 y

finalmente a los 150 DDT alcanzando un promedio de 1.70 kg/ha de extracción total de fosforo en raíz respecto a T-2 y T-3 que logran en promedio 1.35 kg/ha.

Figura 6: Curvas de la extracción de Fosforo en raíz (kg/ha) en pimiento (*Capsicum annum*) empleando tres niveles de fertilización (T: I-II-III).



Cuadro 15: Valor de la extracción total de Fosforo en raíz (kg/ha) en pimiento (*Capsicum annum*) empleando tres niveles de fertilización.

NIVELES	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE (DDT)					
	0	30	60	90	120	150
T- I	0,47	0,14	0,45	0,54	0,97	1,69
T-II	0,47	0,11	0,18	0,37	0,59	1,36
T-III	0,47	0,10	0,20	0,30	0,55	1,31

T-I, T-II y T-III: Niveles de fertilización en Investigación.

Se aprecia en las figuras y cuadros del análisis de fosforo en las tres partes de la planta, que la extracción de fosforo para los tres tratamientos de fertilización tienen una tendencia creciente en las etapas iniciales del cultivo hasta llegar a su máxima concentración a los 90 DDT etapa de inicio del desarrollo de frutos, para luego disminuir en el órgano de tallos en los 120 DDT etapa de desarrollo de fruto y nuevamente se incrementan constantemente hasta el final del ciclo del cultivo; pero en hojas y raíces el incremento es ascendente simplemente con una ligera estabilidad en hojas entre 90 y 120 DDT que es lógico por la translocación de fotosintatos para el

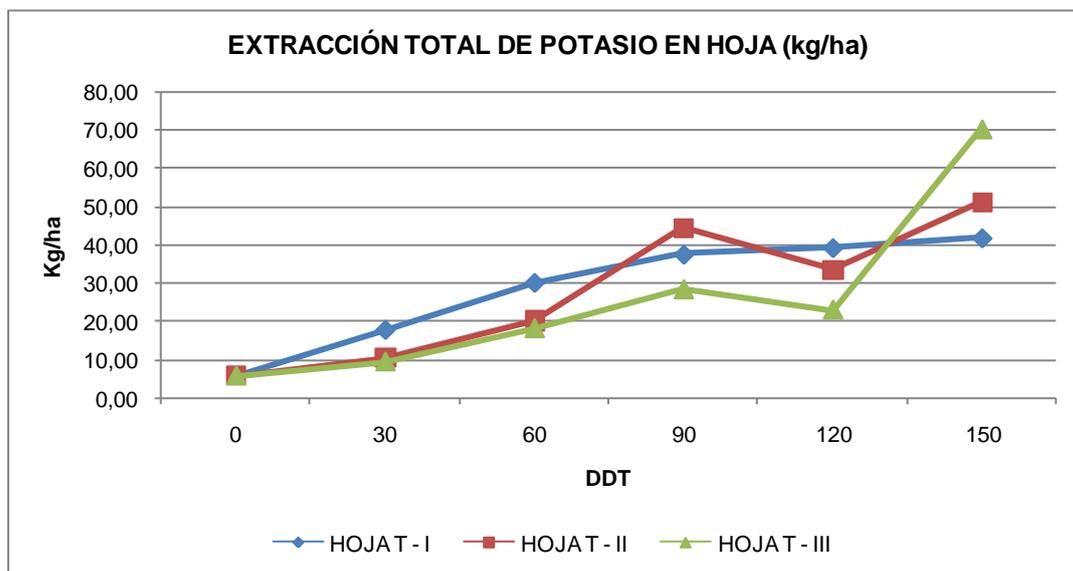
desarrollo de los frutos, en raíces el ascenso es constante en toda las etapas. Castillo (2014) reporta resultados similares para los niveles de fertilización completa y media, con el incremento de este nutriente más estable con solo una ligera disminución a los 90 DDT etapa de llenado y producción, pero que luego recupera y su disminución es menos acelerada conforme finaliza el ciclo del cultivo. Los rangos de concentración se consideran dentro de lo normal según Nuez *et al.* (2003) y Cadahía (1988), quienes mencionan que la concentración de fosforo en hojas de pimiento es de 0.3 a 0.7%. Al analizar los niveles de fertilización podemos ver que no existe diferencia significativa entre ellos.

4.3 EXTRACCION DE POTASIO

4.3.1 Extracción de Potasio en Hojas

En la figura 7 y cuadro 16, se observan las curvas de extracción total de Potasio en hojas (kg/ha) bajo los tres niveles de fertilización empleados (T-I,II,III). Se aprecia una tendencia ascendente para los tres niveles hasta los 90 días después del trasplante (DDT) donde los niveles T-I y T-II se ubican en un promedio de 10 kg/ha mayor al nivel T-III. Posterior a este periodo los Niveles T-2 y T-3 disminuyen ligeramente también en un promedio de 10 kg/ha a los 120 DDT, mientras que el T-1 se mantiene constante con 40 kg/ha al llegar a los 150 DDT, pero para esta etapa final se destacó el nivel T-III superando con mayor extracción de potasio de 70 kg/ha en hojas respecto al nivel T-2 que alcanzó 50 kg/ha.

Figura 7: Curvas de la extracción de Potasio en hojas (kg/ha) en pimiento (*Capsicum annum*) empleando tres niveles de fertilización (T: I-II-III).



Cuadro 16: Valor de la extracción total de Potasio (*Capsicum annum*) en hojas (kg/ha) en pimiento empleando tres niveles de fertilización.

NIVELES	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE (DDT)					
	0	30	60	90	120	150
T- I	0,58	0,80	1,98	3,92	4,91	5,66
T-II	0,58	0,62	1,30	2,94	2,66	7,89
T-III	0,58	0,57	1,17	2,13	1,76	6,36

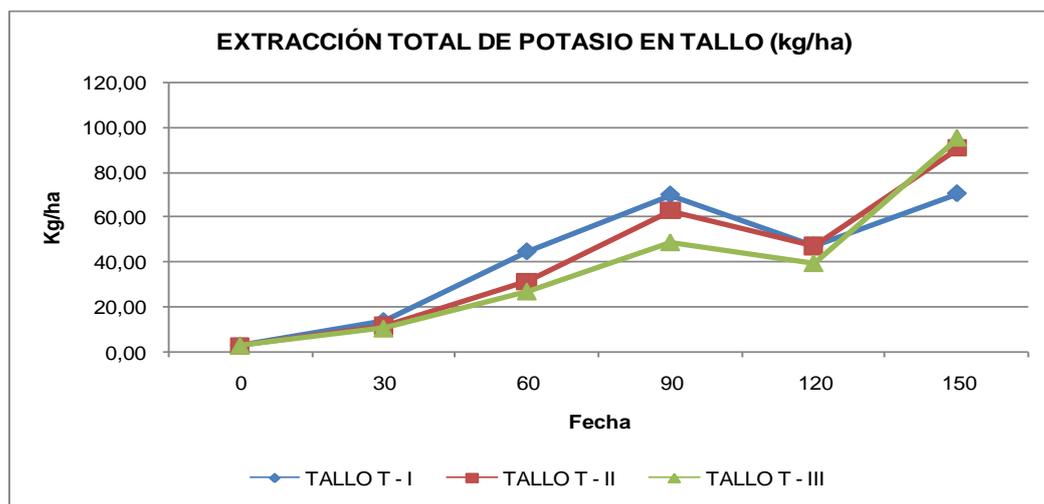
T-I, T-II y T-III: Niveles de fertilización en Investigación.

4.3.2 Extracción Total de Potasio en Tallo

En la figura 8 y cuadro 17, se observan las curvas de extracción total de Potasio en tallos (kg/ha) bajo los tres niveles de fertilización empleados. Se aprecia una tendencia ascendente para los tres niveles hasta los 90 días después del trasplante (DDT), pero en los 90 DDT se diferencian, ubicándose el T-I y T-2 con mayor extracción respecto al nivel T-III. Luego, las curvas decaen a los 120 DDT; apreciándose posteriormente para los 150 DDT un incremento de los niveles T-II y T-III con una mayor extracción de

Potasio en un promedio de 90 kg/ha logrando superar al final del cultivo al nivel T-I que alcanza los 70 kg/ha.

Figura 8: Curvas de la extracción de Potasio en tallo (kg/ha) en pimiento (*Capsicum annuum*) empleando tres niveles de fertilización (T: I-II-III).



Cuadro 17: Valor de la extracción total de Potasio en tallo (kg/ha) en pimiento (*Capsicum annuum*) empleando tres niveles de fertilización.

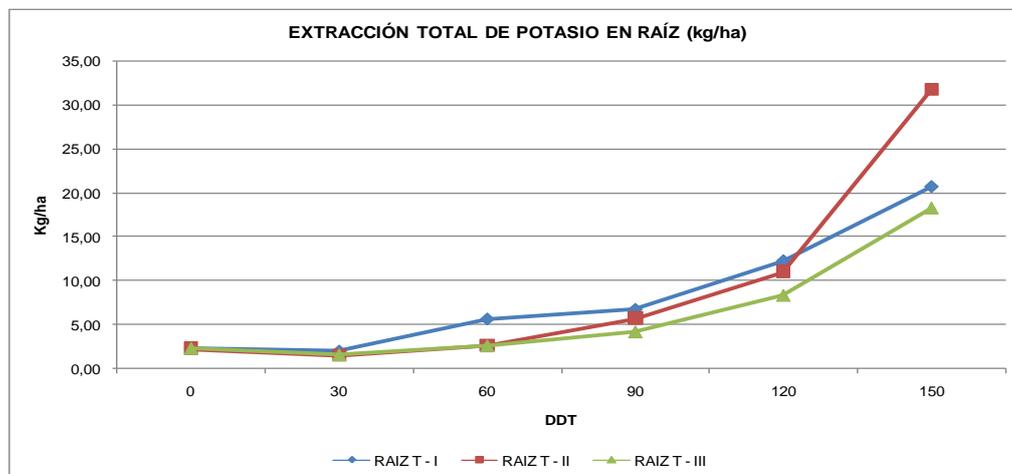
NIVELES	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE (DDT)					
	0	30	60	90	120	150
T- I	0,19	0,56	2,32	4,16	2,23	2,72
T-II	0,19	0,52	1,55	3,04	1,46	3,82
T-III	0,19	0,46	1,30	2,17	1,39	3,01

T-I, T-II y T-III: Niveles de fertilización en Investigación.

4.3.3 Extracción Total de Potasio en Raíz

En la figura 9 y cuadro 18, se observan las curvas de extracción total de Potasio en raíz (kg/ha) bajo los tres niveles de fertilización empleados. Se aprecia una tendencia similar hasta los 30 DDT, luego hacia los 60 DDT los tres niveles T-I, T-2 y T-3 mantienen un ascenso con promedios similares en kg/ha no significativos entre ellos, así mantienen un incremento a los 90 y 120 DDT, pero a los 150 DDT el tratamiento T-2 alcanza en promedio 32 kg/ha de extracción total de Potasio superior a los tratamientos T-1 y T-3 con un promedio de 24 kg/ha.

Figura 9: Curvas de la extracción de Potasio en raíz (kg/ha) en pimiento (*Capsicum annuum*) empleando tres niveles de fertilización (T: I-II-III).



Cuadro 18: Valor de la extracción total de Potasio en raíz (kg/ha) en pimiento (*Capsicum annuum*) empleando tres niveles de fertilización.

NIVELES	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE (DDT)					
	0	30	60	90	120	150
T- I	0,47	0,14	0,45	0,54	0,97	1,69
T-II	0,47	0,11	0,18	0,37	0,59	1,36
T-III	0,47	0,10	0,20	0,30	0,55	1,31

T-I, T-II y T-III: Niveles de fertilización en Investigación.

La extracción de potasio no fue similar en las hojas que en los tallos a pesar de que el peso de éstos fue considerablemente mayor que el de las hojas; esto ocurrió como consecuencia de que las hojas mostraron moderadas concentraciones de este elemento; por tanto el tallo tuvo una extracción mayor y las raíces presentaron valores muy bajos. La extracción de nutrientes por parte de la raíz fue varias veces inferior a lo extraído por el tallo, lo cual se atribuye a que el método utilizado para la obtención de las raíces no habría permitido recuperar la totalidad de ellas en el suelo (Escalona y Pire, 2008). Ramírez (2000) corrobora que la mayor absorción de nutrientes ocurre en las primeras 8 a 14 semanas de crecimiento y nuevamente después de la primera cosecha. Por ello, altos niveles de nitrógeno son requeridos durante el estado inicial de crecimiento de la planta, con aplicaciones suplementarias después del estado inicial de fructificación; la

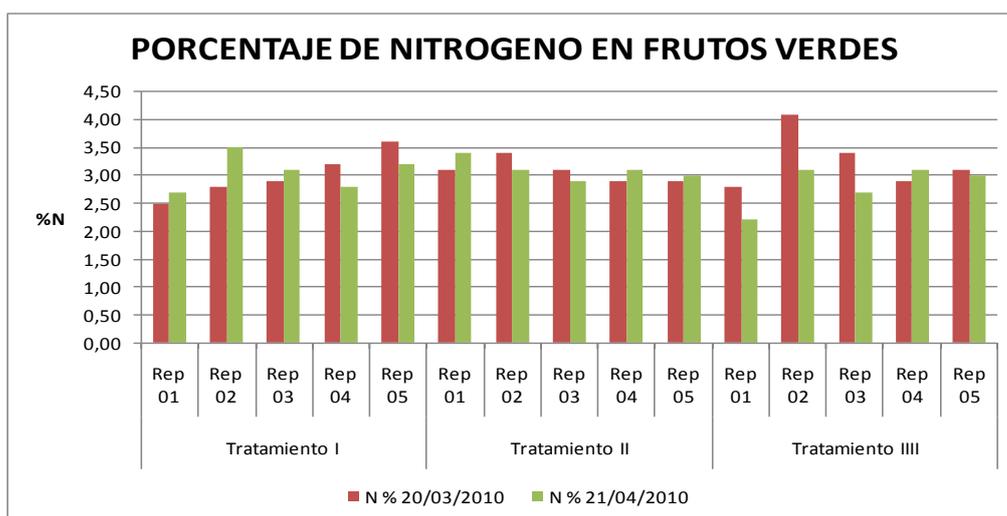
misma tendencia ocurre con el potasio, es por ello que el fraccionamiento del mismo es adecuado para lograr un abastecimiento constante de estos nutrientes.

4.4 NITRÓGENO EN FRUTOS

4.4.1 Nitrógeno en Fruto Verde

En la figura 10 y cuadro 19, se presentan los resultados y promedios de los porcentajes de nitrógeno en frutos verdes de pimiento para la primera cosecha (90 DDT: FV1raC-20 de marzo) y segunda cosecha (120 DDT: FV2daC-21 de abril) obtenidos en los tres tratamientos.

Figura 10: Porcentaje de nitrógeno en frutos verdes obtenidos en cada tratamiento en estudio.



Se observa (cuadro 19), que no se obtuvo diferencias estadísticas significativas entre las dosis de tratamientos NPK empleados según la prueba de Tukey al 5 %.

Cuadro 19: Porcentaje de nitrógeno en fruto verde para dos cosechas en pimiento (*Capsicum annuum*) empleando tres fuentes NPK – Ica, 2010.

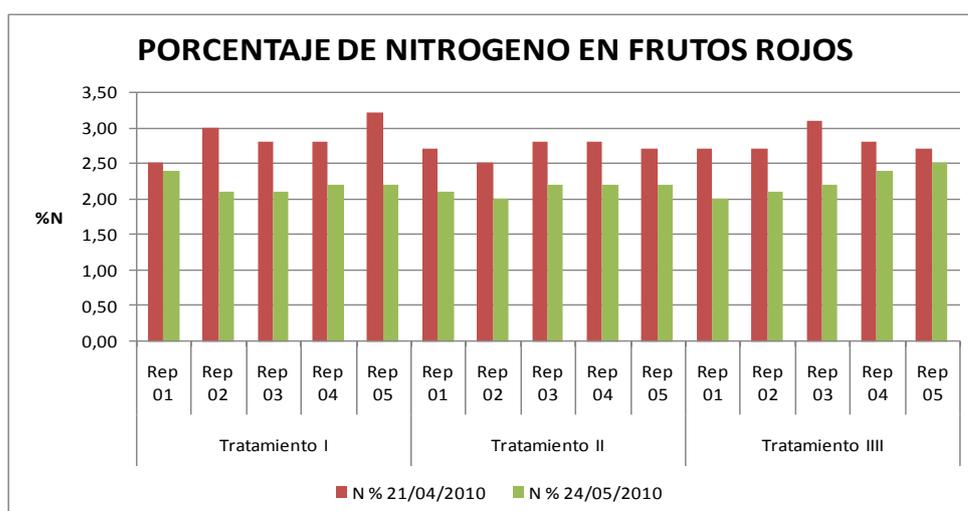
Tratamientos	Fruto Verde (% N)	
	90 DDT	120 DDT
NPK1	3.00 a	3.06 a
NPK2	3.08 a	3.10 a
NPK3	3.26 a	2.82 a
Media General	3.11	2.99
CV (%)	12.98	10.30
ANVA	ns	ns

DDT: Días después del transplante. **a:** Medias según la prueba de Tukey (0.05).

4.4.2 Nitrógeno en Fruto Rojo

En la figura 11 y cuadro 20, se presentan los resultados y promedios de los porcentajes de nitrógeno en los frutos rojos para la tercera cosecha (120 DDT: %NFR3raC:21 de abril) y cuarta cosecha (150 DDT: %NFR4taC-24 de mayo) obtenidas en los diferentes tratamientos.

Figura 11: Porcentaje de nitrógeno en frutos rojos obtenidos en cada tratamiento en estudio.



Se observa (cuadro 20) que no se obtuvo diferencias estadísticas significativas entre las dosis de tratamientos NPK empleados según la prueba de Tukey al 5 %.

Cuadro 20: Porcentaje de nitrógeno en fruto rojo para dos cosechas en pimiento (*Capsicum annum*) empleando tres fuentes NPK – Ica, 2010.

Tratamientos	Fruto Rojo (% N)	
	120 DDT	150 DDT
NPK1	2.86 a	2.20 a
NPK2	2.70 a	2.14 a
NPK3	2.80 a	2.24 a
Media General	2.79	2.19
CV (%)	6.96	6.76
ANVA	ns	ns

DDT: Días después del trasplante. **a:** Medias según la prueba de Tukey (0.05).

Al iniciar la fructificación, etapa de cuajado y llenado de frutos (90 DDT), el contenido de nitrógeno fue estadísticamente igual en los tres tratamientos con valores que van de 3.0 a 3.26 %. En términos de producción comercial a 120 DDT las concentraciones fueron también estadísticamente iguales entre los tratamientos en investigación con valores que oscilan entre 2.82 y 3.10 % (cuadro 19) para frutos verdes. A los 120 DDT de inició de la segunda evaluación de frutos rojos se observa en disminución del contenido de nitrógeno, pero sin significación estadística (Tukey a 0.05) entre los tratamientos de los frutos verdes y rojos (cuadros 19 y 20), estos resultados son similares a la investigación de Valle (2010) “en términos de la producción comercial a 105 ddt las concentraciones fueron estadísticamente iguales con valores que oscilaron entre 2.5 y 3%”, y a los citados por él a Piggott (1988), quien reporta para especies de *Capsicum annum* de 3.09 % al inicio de la fructificación y 2.35 % al final del ciclo.

4.5 FOSFORO EN FRUTOS

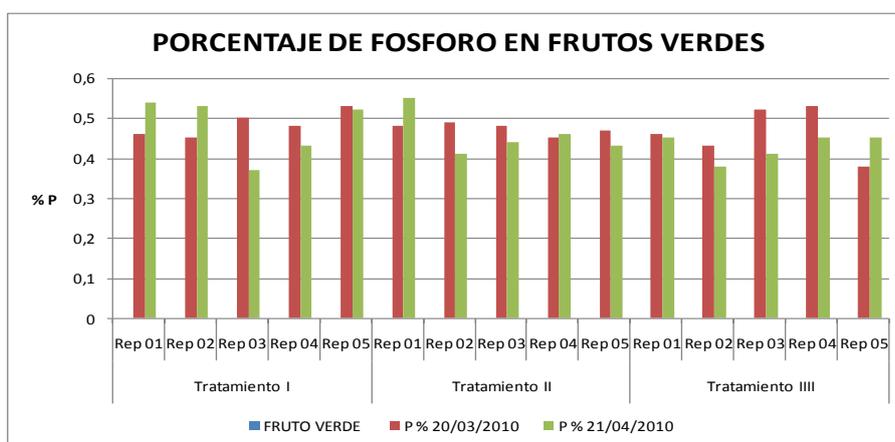
4.5.1 Fosforo en Fruto Verde

En la figura 12 y cuadro 21, se presentan los resultados y promedios de los porcentajes de fosforo en frutos verdes de pimiento para la primera cosecha (90 DDT: %PFV1raC-

20 de marzo) y segunda cosecha (120 DDT: %PFV2daC-21 de abril) obtenidas en los tres tratamientos.

Se observa (cuadro 21) que no se obtuvo diferencias estadísticas significativas entre las dosis de tratamientos NPK empleados según la prueba de Tukey al 5 %.

Figura 12: Porcentaje de fósforo en frutos verdes obtenidos en cada tratamiento en estudio.



Cuadro 21: Porcentaje de fósforo en fruto verde para dos cosechas en pimiento (*Capsicum annum*) empleando tres fuentes NPK – Ica, 2010.

Tratamientos	Fruto Verde (% P)	
	90 DDT	120 DDT
NPK1	0.484 a	0.478 a
NPK2	0.474 a	0.458 a
NPK3	0.464 a	0.428 a
Media General	0.474	0.455
CV (%)	8.77	12.42
ANVA	ns	ns

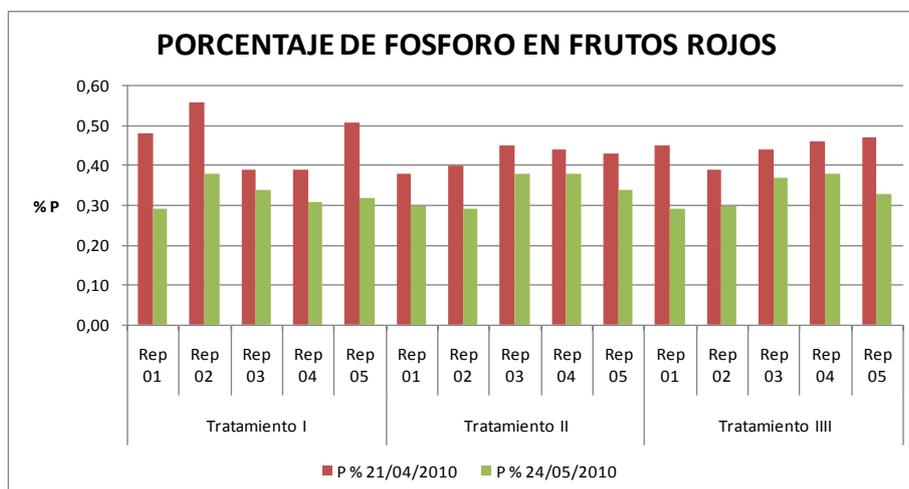
DDT: Días después del trasplante. **a:** Medias según la prueba de Tukey (0.05).

4.5.2 Fósforo en Fruto Rojo

En la figura 13 y cuadro 22, se presentan los resultados y promedios de los porcentajes de fósforo en los frutos rojos para la tercera cosecha (120 DDT: %PFR3raC:21 de abril)

y cuarta cosecha (150 DDT: %PFR4taC-24 de mayo) obtenidas en los diferentes tratamientos.

Figura 13: Porcentaje de fósforo en frutos rojos obtenidos en cada tratamiento en estudio.



Se observa (cuadro 22) que no se obtuvo diferencias estadísticas significativas entre las dosis de tratamientos NPK empleados según la prueba de Tukey al 5 %.

Cuadro 22: Porcentaje de fósforo en fruto rojo para dos cosechas en pimiento (*Capsicum annum*) empleando tres fuentes NPK – Ica, 2010.

Tratamientos	Fruto Rojo (% P)	
	120 DDT	150 DDT
NPK1	0.466 a	0.328 a
NPK2	0.420 a	0.338 a
NPK3	0.442 a	0.334 a
Media General	0.443	0.333
CV (%)	11.26	11.77
ANVA	ns	ns

DDT: Días después del transplante. **a:** Medias según la prueba de Tukey (0.05).

Para la fructificación, etapa de cuajado y llenado de frutos (90 DDT), el contenido de fósforo fue estadísticamente similar en los tres tratamientos con valores que van de 0.464 a 0.484 %. En términos de producción comercial a 120 DDT las concentraciones

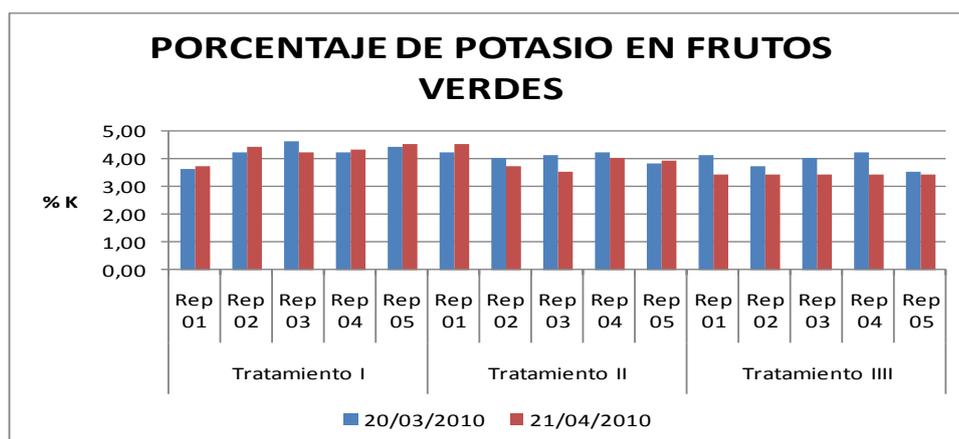
fueron también estadísticamente iguales entre los tratamientos en investigación con valores que oscilan entre 0.428 y 0.478 % (cuadro 21) para frutos verdes. A los 120 DDT de inició de la segunda evaluación de frutos rojos se observa en similar el contenido de fosforo, pero sin significación estadística (Tukey 0.05) entre los tratamientos de los frutos verdes y rojos (cuadros 21 y 22), estos resultados son mayores a la investigación de Valle (2010) comparado a sus 4 tratamientos de Solución Porcentual “la concentración a 25 % presentó los valores mínimos aceptables. Sin embargo, no se apreciaron deficiencias nutrimentales visibles en las plantas irrigadas con la solución de 25 %; del mismo modo las plantas desarrolladas con la concentración a 75% en la etapa de amarre y llenado de fruto presentaron valores alrededor de 0.1733 %, por debajo del rango permisible de contenido de fósforo. Las plantas desarrolladas en las concentraciones de 125 % y 175 % en todas las etapas de desarrollo presentaron niveles de suficiencia con 0.34 y 0.33 %. En la etapa de madurez comercial la concentración de fosforo en las plantas regadas con el tratamiento uno fue estadísticamente menor, aunque en esta etapa fue estadísticamente igual al tratamiento dos el cual presento mayor rendimiento”, y Jones et al. citado por Valle (2010) indica que el fósforo representa 0.15 a 1.0 % del peso seco de muchos cultivos, con valores de suficiencia de 0.2 a 0.4 % en hojas recientemente maduras.

4.6 POTASIO EN FRUTOS

4.6.1 Potasio en Fruto Verde

En la figura 14 y cuadro 23, se presentan los resultados y promedios de los porcentajes de potasio en frutos verdes de pimiento para la primera cosecha (90 DDT: %KFV1raC-20 de marzo) y segunda cosecha (120 DDT: %KFV2daC-21 de abril) obtenidas en los tres tratamientos.

Figura 14: Porcentaje de potasio en frutos verdes obtenidos en cada tratamiento.



Se observa (cuadro 23) que no se obtuvo diferencias estadísticas significativas (ns) entre las dosis de tratamientos NPK empleados para fruto verde cosechado 90 DDT; mientras que el porcentaje de potasio evaluado en los frutos verdes cosechados 120 DDT existe alta significación (**) entre los tratamientos, resultando el tratamiento NPK1 estadísticamente mejor que el tratamiento NPK3 pero su efecto es similar al tratamiento NPK2 según la prueba de Tukey al 5 %.

Cuadro 23: Porcentaje de potasio en fruto verde para dos cosechas en pimiento (*Capsicum annum*) empleando tres fuentes NPK – Ica, 2010.

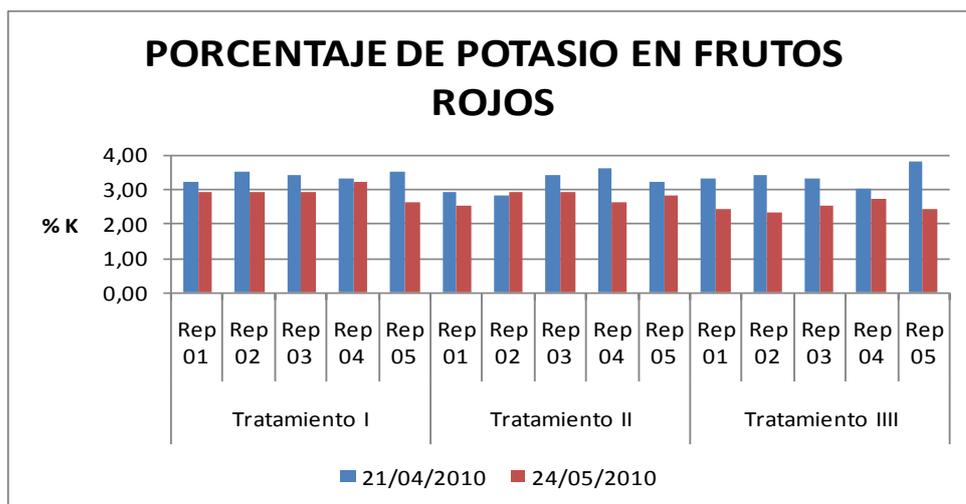
Tratamientos	Fruto Verde (% K)	
	90 DDT	120 DDT
NPK1	4.20 a	4.22 a
NPK2	4.06 a	3.92 a
NPK3	3.90 a	3.40 b
Media General	4.05	3.85
CV (%)	7.16	7.34
ANVA	ns	**

DDT: Días después del transplante. **a:** Medias según la prueba de Tukey (0.05).

4.6.2 Potasio en Fruto Rojo

En la figura 15 y cuadro 24, se presentan los resultados y promedios de los porcentajes de potasio en los frutos rojos para la tercera cosecha (120 DDT: %PFR3raC:21 de abril) y cuarta cosecha (150 DDT: %PFR4taC-24 de mayo) obtenidas en los diferentes tratamientos.

Figura 15: Porcentaje de potasio en frutos rojos obtenidos en cada tratamiento.



Se observa (cuadro 24) que no se obtuvo diferencias estadísticas significativas (ns) entre las dosis de tratamientos NPK empleados para fruto rojo cosechado 120 DDT; mientras que el porcentaje de potasio evaluado para los frutos rojos cosechados 150 DDT existe alta significación (**) entre los tratamientos, resultando el tratamiento NPK1 estadísticamente mejor que el tratamiento NPK3 pero su efecto es similar al tratamiento NPK2 según la prueba de Tukey al 5 %.

Cuadro 24: Porcentaje de potasio en fruto rojo para dos cosechas en pimiento (*Capsicum annum*) empleando tres fuentes NPK – Ica, 2010.

Tratamientos	Fruto Rojo (% K)	
	120 DDT	150 DDT
NPK1	3.38 a	2.90 a
NPK2	3.18 a	2.74 ab
NPK3	3.36 a	2.46 b
Media General	3.31	2.70
CV (%)	8.04	6.80
ANVA	ns	**

DDT: Días después del trasplante. **a b:** Medias según la prueba de Tukey (0.05).

En la fructificación, etapa de cuajado y llenado de frutos (90 DDT), el contenido de potasio fue estadísticamente similar en los tres tratamientos con valores que van de 3.90 a 4.20 %, pero a los 120 DDT las concentraciones no fueron estadísticamente similares entre los tratamientos NPK con valores que oscilaron entre 3.40 a 4.22 %, NPK1 y 2 mejores estadísticamente (Tukey 0.05) que NPK3 se atribuye porque este tratamiento tuvo cero de potasio en el Postrasplante (cuadro 24) para frutos verdes. A los 120 DDT de inició de la segunda evaluación de frutos rojos se observa el contenido de potasio sin significación estadística (Tukey 0.05) entre los tratamientos del fruto rojo, pero a los 150 DDT si hay significación (cuadro 24), estos resultados son similares a la investigación de Valle (2010) comparado a sus 4 tratamientos de Solución Porcentual “al inicio del cuajado de frutos el contenido de potasio en la planta fue estadísticamente igual en las cuatro concentraciones con valores de 3.2 a 4.7 %, debido a que durante este proceso se lleva a cabo el crecimiento y llenado de frutos, la planta demandó mayor cantidad de potasio. A 147 ddt las plantas que presentaron más contenido de potasio fueron las regadas con solución a 25 y 75 %, debido al potencial osmótico de las concentraciones anteriores la energía libre del agua permitió mejor absorción y conducción de los nutrimentos en la planta. Lo anterior se vio reflejado en frutos de mayor tamaño”, y en la “etapa reproductiva de madurez comercial fue de 2.9 a 4.5 %.”, y respecto a la extracción, Burgueño (1995) y Morales (1999) citados por Mendoza

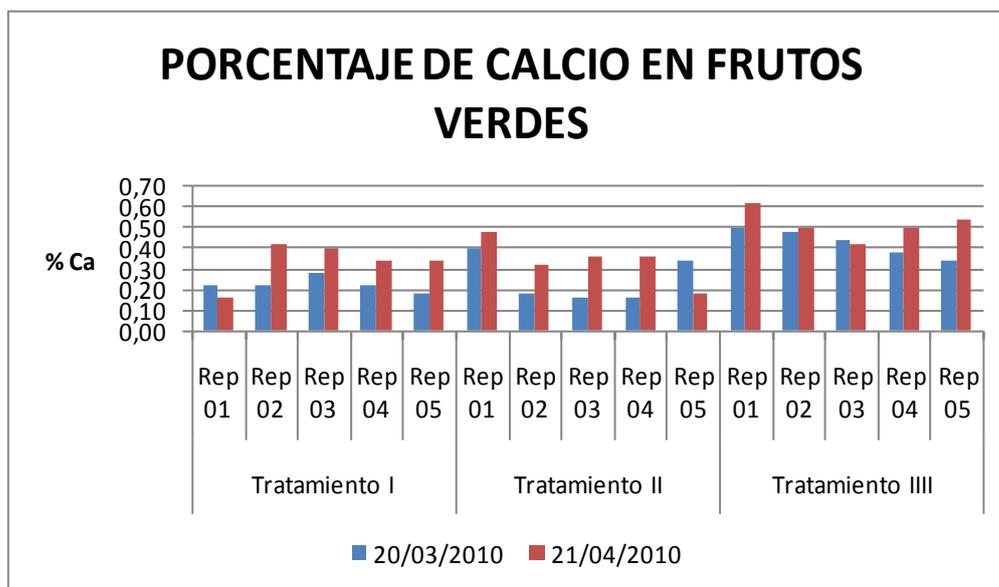
(2010), reportan valores altos de potasio en especies del género *Capsicum* hasta de 10 kg para producir una tonelada de fruto.

4.7 CALCIO EN FRUTOS

4.7.1 Calcio en Fruto Verde

En la figura 16 y cuadro 25, se presentan los resultados y promedios de los porcentajes de calcio en frutos verdes de pimiento para la primera cosecha (90 DDT: %CaFV1raC-20 de marzo) y segunda cosecha (120 DDT: %CaFV2daC-21 de abril) obtenidas en los tres tratamientos.

Figura 16: Porcentaje de calcio en frutos verdes obtenidos en cada tratamiento en estudio.



Se observa (cuadro 25) que hay altas diferencias estadísticas significativas (**) entre las dosis de tratamientos NPK empleados para fruto verde cosechado 90 DDT resultando el tratamiento NPK3 estadísticamente mejor que los tratamientos NPK1 y NPK2. Y para el porcentaje de calcio evaluado en los frutos verdes cosechados 120 DDT existe significación (*) entre los tratamientos, resultando el tratamiento NPK3 también estadísticamente mejor que los tratamientos NPK1 y NPK2 según la prueba de Tukey al 5 %.

Cuadro 25: Porcentaje de calcio en fruto verde para dos cosechas en pimiento (*Capsicum annuum*) empleando tres fuentes NPK – Ica, 2010.

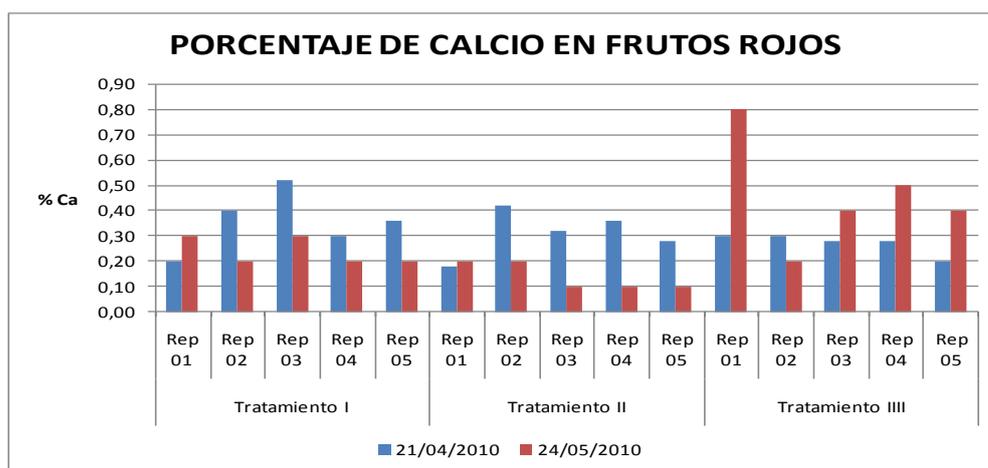
Tratamientos	Fruto Verde (% Ca)	
	90 DDT	120 DDT
NPK1	0.224 b	0.332 b
NPK2	0.248 b	0.340 b
NPK3	0.428 a	0.516 a
Media General	0.30	0.40
CV (%)	26.33	24.13
ANVA	**	*

DDT: Días después del trasplante. **a:** Medias según la prueba de Tukey (0.05).
****:** Alta significación. *****: Significación.

4.7.2 Calcio en Fruto Rojo

En la figura 17 y cuadro 26, se presentan los resultados y promedios de los porcentajes de calcio en los frutos rojos para la tercera cosecha (120 DDT: %CaFR3raC:21 de abril) y cuarta cosecha (150 DDT: %CaFR4taC-24 de mayo) obtenidas en los diferentes tratamientos.

Figura 17: Porcentaje de calcio en frutos rojos obtenidos en cada tratamiento.



Se observa (cuadro 26) que no se obtuvo diferencias estadísticas significativas (ns) entre las dosis de tratamientos NPK empleados para fruto rojo cosechado 120 DDT; mientras que el porcentaje de calcio evaluado para los frutos rojos cosechados 150 DDT existe

alta significación (**) entre los tratamientos, resultando el tratamiento NPK3 estadísticamente mejor que el tratamiento NPK2 pero su efecto es similar al tratamiento NPK1 según la prueba de Tukey al 5 %.

Cuadro 26: Porcentaje de calcio en fruto rojo para dos cosechas en pimiento (*Capsicum annuum*) empleando tres fuentes NPK – Ica, 2010.

Tratamientos	Fruto Rojo (% Ca)	
	120 DDT	150 DDT
NPK1	0.356 a	0.240 ab
NPK2	0.312 a	0.140 b
NPK3	0.272 a	0.460 a
Media General	0.31	0.333
CV (%)	47.92	0.28
ANVA	ns	**

DDT: Días después del transplante. **a:** Medias según la prueba de Tukey (0.05).
ns: No hay significación. **: Alta significación.

En la fructificación, etapa de cuajado y llenado de frutos (90 DDT y 120 DDT), el contenido de calcio fue estadísticamente significativo entre los tres tratamientos con valores que van de 0.224 a 0.560 % de calcio, en ambos, NPK3 resultó mejor estadísticamente que NPK1 y 2 (Tukey 0.05) se atribuye porque este tratamiento tuvo medio total de aplicación de calcio en todo el ciclo fenológico del pimiento mientras que NPK 1 y 2 alto y bajo de contenido total de calcio respectivamente extremos que no favorecieron a la planta (cuadro 25) para frutos verdes. A los 120 DDT de inició de la segunda evaluación de frutos rojos se observa el contenido de calcio sin significación estadística (Tukey 0.05) entre los tratamientos del fruto rojo, pero a los 150 DDT si hay significación (cuadro 26), estos resultados son similares a la investigación de Valle (2010) comparado a sus 4 tratamientos de Solución Porcentual “Respecto a la tasa de absorción de calcio, las plantas de la concentración a 75 % presentaron el valor más alto a 95 ddt, con 0.0238 g planta-1 dia-1 , seguido de 0.0231 g planta-1 dia-1 , valor máximo de absorción de las plantas tratadas con la concentración a 125 % a 83 ddt, las plantas regadas con la concentración a 25 % en días fue similar el punto máximo de absorción a las otras concentraciones, aunque el valor fue bajo con 0.0161 g planta-1 dia-1 a 93 ddt, las concentraciones de 25, 175 y 75 % tuvieron un periodo de máxima

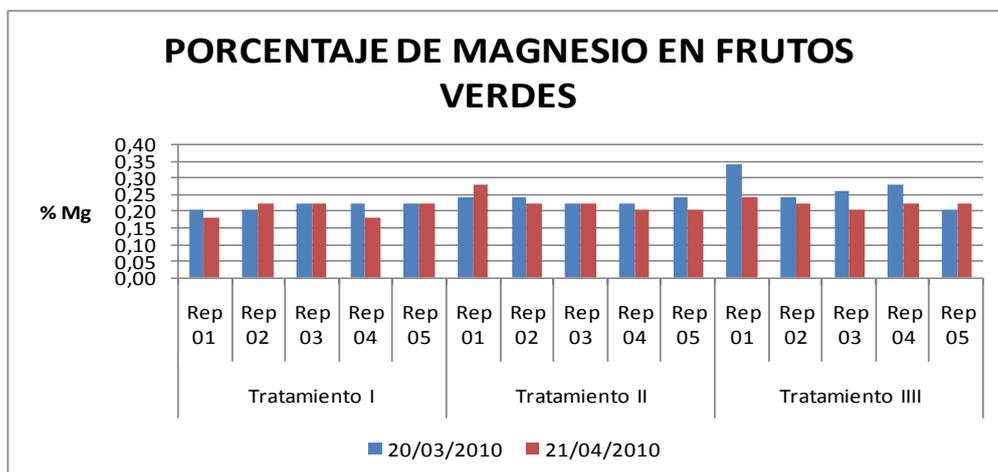
absorción muy similar, el cual coincidió con la época de llenado, desarrollo de frutos y cosecha”; Valle (2010) cita a Mengel y Kirkby (1982) quien menciona que la translocación del Ca dentro de la planta es por savia del xilema, con la corriente de transpiración que va de las hojas, donde se almacena y después se transloca a flores y frutos; Jones (1991) menciona que la principal función del calcio es mantener la integridad celular y la permeabilidad de membranas, pero también participa en la germinación del polen y el crecimiento del tubo polínico, de esta manera podría explicarse la máxima tasa de absorción durante floración e inicio de cosecha.

4.8 MAGNESIO EN FRUTOS

4.8.1 Magnesio en Fruto Verde

En la figura 18 y cuadro 27, se presentan los resultados y promedios de los porcentajes de magnesio en frutos verdes de pimiento para la primera cosecha (90 DDT: %PFV1raC-20 de marzo) y segunda cosecha (120 DDT: %PFV2daC-21 de abril) obtenidas en los tres tratamientos.

Figura 18: Porcentaje de magnesio en frutos verdes obtenidos en cada tratamiento en estudio.



Se observa (cuadro 27) que no se obtuvo diferencias estadísticas significativas entre las dosis de tratamientos NPK empleados según la prueba de Tukey al 5 %.

Cuadro 27: Porcentaje de magnesio en fruto verde para dos cosechas en pimiento (*Capsicum annum*) empleando tres fuentes NPK – Ica, 2010.

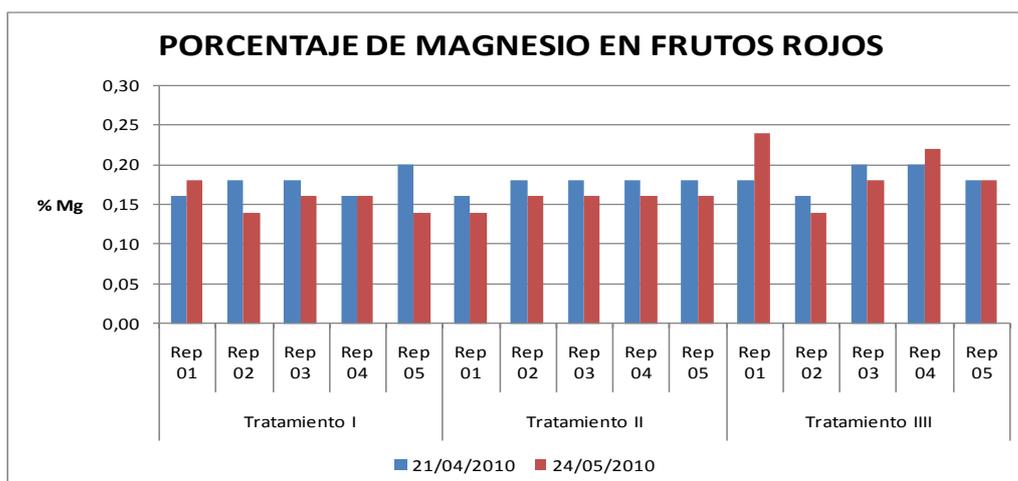
Tratamientos	Fruto Verde (% Mg)	
	90 DDT	120 DDT
NPK1	0.212 a	0.204 a
NPK2	0.232 a	0.224 a
NPK3	0.264 a	0.220 a
Media General	0.236	0.216
CV (%)	13.22	11.21
ANVA	ns	ns

DDT: Días después del transplante. **a:** Medias según la prueba de Tukey (0.05).
ns: No hay significación.

4.8.2 Magnesio en Fruto Rojo

En la figura 19 y cuadro 28, se presentan los resultados y promedios de los porcentajes de magnesio en los frutos rojos para la tercera cosecha (120 DDT: %PFR3raC:21 de abril) y cuarta cosecha (150 DDT: %PFR4taC-24 de mayo) obtenidas en los diferentes tratamientos.

Figura 19: Porcentaje de magnesio en frutos rojos obtenidos en cada tratamiento.



Se observa (cuadro 28) que no se obtuvo diferencias estadísticas significativas entre las dosis de tratamientos NPK empleados según la prueba de Tukey al 5 %.

Cuadro 28: Porcentaje de magnesio en fruto rojo para dos cosechas en pimiento (*Capsicum annum*) empleando tres fuentes NPK – Ica, 2010.

Tratamientos	Fruto Rojo (% Mg)	
	120 DDT	150 DDT
NPK1	0.176 a	0.156 a
NPK2	0.176 a	0.156 a
NPK3	0.184 a	0.192 a
Media General	0.18	0.17
CV (%)	8.17	14.90
ANVA	ns	ns

DDT: Días después del trasplante. **a:** Medias según la prueba de Tukey (0.05).
ns: No hay significación.

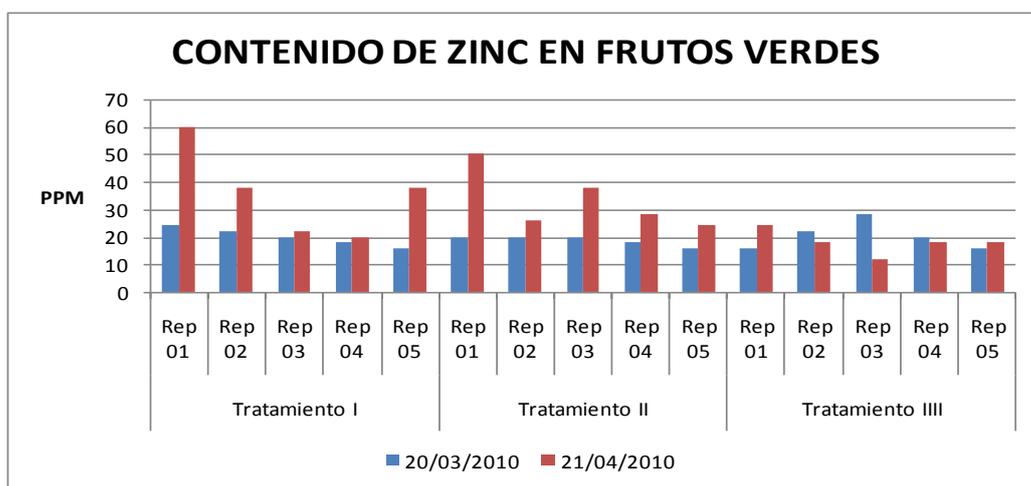
En la fructificación, etapa de cuajado y llenado de frutos (90 DDT y 120 DDT), el contenido de magnesio no fue estadísticamente significativo (Tukey 0.05) entre los tres tratamientos con valores que van de 0.204 a 0.264 % de magnesio (cuadro 28) para frutos verdes. Para los 120 DDT y 150 DDT de inició de la segunda evaluación de frutos rojos se observa el contenido de magnesio también sin significación estadística (Tukey 0.05) entre los tratamientos del fruto rojo (cuadro 28), estos resultados del rango de extracción de magnesio no fueron similares a la investigación de Valle (2010) comparado a sus 4 tratamientos de Solución Porcentual “El contenido de magnesio en las siguientes etapas no se encontró variación entre efecto de concentraciones, manteniéndose la tendencia hacia la cosecha entre 0.5-0.6 % debido a que las hojas basales llegaron a la senescencia y se eliminaron, por lo que en los muestreos siguientes se obtuvieron concentraciones hasta de 0.75 % para la concentración a 25 %, sin ser estadísticamente diferente a las otras concentraciones, debido a que el magnesio fue traslocado a las hojas mas recientemente maduras”; Valle (2010) citando a autores corroboran “el magnesio forma parte de la molécula de la clorofila, por lo tanto, es esencial en el proceso de fotosíntesis (Marschner, 1986); así mismo, Mengel y Kirkby (1982) mencionan que el magnesio funciona como activador de muchas enzimas que se requieren en los procesos de crecimiento de las plantas y Rodríguez (1996) indica que este nutrimento forma parte de los pectatos de calcio y magnesio de las laminillas medias de la célula; es abundante en las semillas, tejidos meristemáticos y frutos.

4.9 ZINC EN FRUTOS

4.9.1 Zinc en Fruto Verde

En la figura 20 y cuadro 29, se presentan los resultados y promedios del contenido de zinc (ppm) en frutos verdes de pimiento para la primera cosecha (90 DDT: ppm ZnFV1raC-20 de marzo) y segunda cosecha (120 DDT: ppm ZnFV2daC-21 de abril) obtenidas en los tres tratamientos. Se observa (cuadro 29) que no se obtuvo diferencias estadísticas significativas entre las dosis de tratamientos NPK empleados según la prueba de Tukey al 5 %.

Figura 20: Contenido de zinc (ppm) en frutos verdes obtenidos en cada tratamiento en estudio.



Cuadro 29: Contenido de zinc (ppm) en fruto verde para dos cosechas en pimiento (*Capsicum annum*) empleando tres fuentes NPK – Ica, 2010.

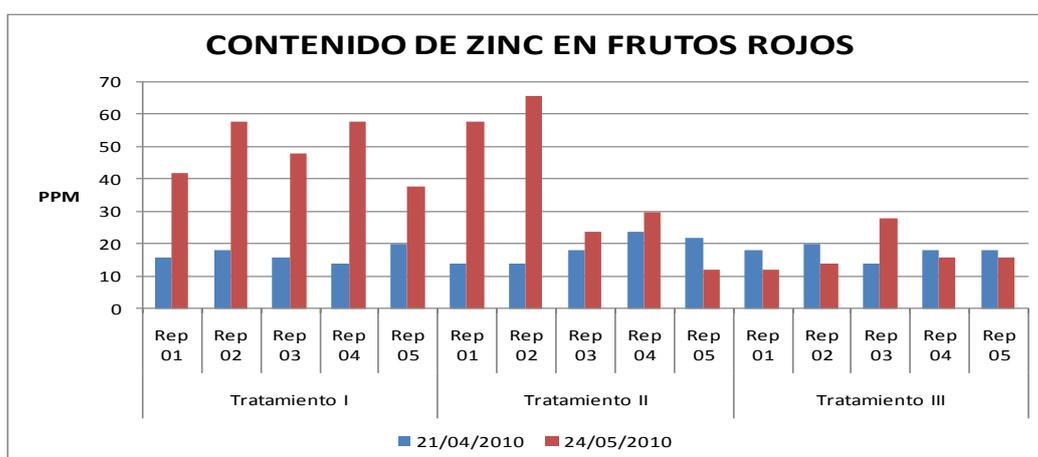
Tratamientos	Fruto Verde (ppm Zn)	
	90 DDT	120 DDT
NPK1	20.0 a	35.6 a
NPK2	18.8 a	33.2 a
NPK3	20.4 a	18.0 a
Media General	19.73	28.93
CV (%)	28.93	39.61
ANVA	ns	ns

DDT: Días después del trasplante. **a:** Medias según la prueba de Tukey (0.05). **ns:** No hay significación.

4.9.2 Zinc en Fruto Rojo

En la figura 21 y cuadro 30, se presentan los resultados y promedios del contenido de zinc (ppm) en los frutos rojos para la tercera cosecha (120 DDT: ppm ZnFR3raC:21 de abril) y cuarta cosecha (150 DDT: ppm ZnFR4taC-24 de mayo) obtenidas en los diferentes tratamientos.

Figura 21: Contenido de zinc (ppm) en frutos rojos obtenidos en cada tratamiento en estudio.



Se observa (cuadro 30) que no se obtuvo diferencias estadísticas significativas (ns) entre las dosis de tratamientos NPK empleados para fruto rojo cosechado 120 DDT; mientras que el porcentaje de zinc evaluado para los frutos rojos cosechados 150 DDT existe significación (*) entre los tratamientos, resultando el tratamiento NPK1 estadísticamente mejor que el tratamiento NPK3 pero su efecto es similar al tratamiento NPK2 según la prueba de Tukey al 5 %.

Cuadro 30: Contenido de zinc (ppm) en fruto rojo para dos cosechas en pimiento (*Capsicum annum*) empleando tres fuentes NPK – Ica, 2010.

Tratamientos	Fruto Rojo (ppm Zn)	
	120 DDT	150 DDT
NPK1	16.8 a	48.8 a
NPK2	18.4 a	38.0 ab
NPK3	17.6 a	17.2 b
Media General	17.60	34.67
CV (%)	18.21	42.54
ANVA	ns	*

DDT: Días después del transplante. **a:** Medias según la prueba de Tukey (0.05).
ns: No hay significación. *****: Significación.

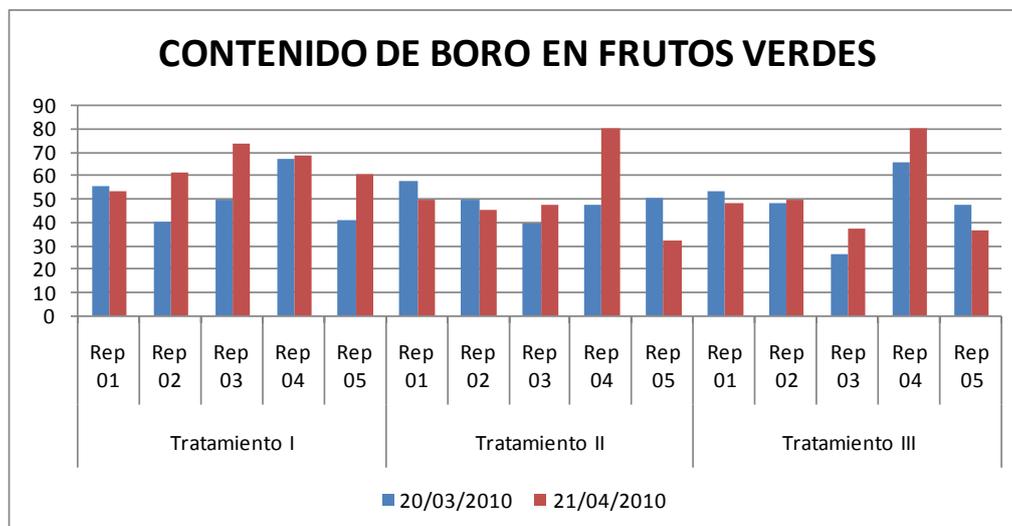
En la fructificación, etapa de cuajado y llenado de frutos (90 DDT y 120 DDT), el contenido de zinc no fue estadísticamente significativo (Tukey 0.05) entre los tres tratamientos con valores que van de 18 a 35.6 ppm de zinc (cuadro 29) para frutos verdes. A los 120 DDT de inició de la segunda evaluación de frutos rojos se observa el contenido de zinc sin significación estadística (Tukey 0.05) entre los tratamientos del fruto rojo, pero a los 150 DDT si hay significación (cuadro 30), estos resultados concuerdan a lo indicado por (Navarro y Navarro 2003) que el zinc es absorbido por la planta como Zn^{+2} , o como quelato por vía radicular o foliar. En ella, su movilidad no es grande, hallándose preferentemente acumulado en los tejidos de la raíz cuando encuentra un suministro adecuado en el suelo. Los frutos presentan siempre las mínimas cantidades.

4.10 BORO EN FRUTOS

4.10.1 Boro en Fruto Verde

En la figura 22 y cuadro 31, se presentan los resultados y promedios del contenido de boro (ppm) en frutos verdes de pimiento para la primera cosecha (90 DDT: %BFV1raC-20 de marzo) y segunda cosecha (120 DDT: %BFV2daC-21 de abril) obtenidas en los tres tratamientos.

Figura 22: Contenido de boro (ppm) en frutos verdes obtenidos en cada tratamiento en estudio.



Se observa (cuadro 31) que no se obtuvo diferencias estadísticas significativas entre las dosis de tratamientos NPK empleados según la prueba de Tukey al 5 %.

Cuadro 31: Contenido de boro (ppm) en fruto verde para dos cosechas en pimiento (*Capsicum annum*) empleando tres fuentes NPK – Ica, 2010.

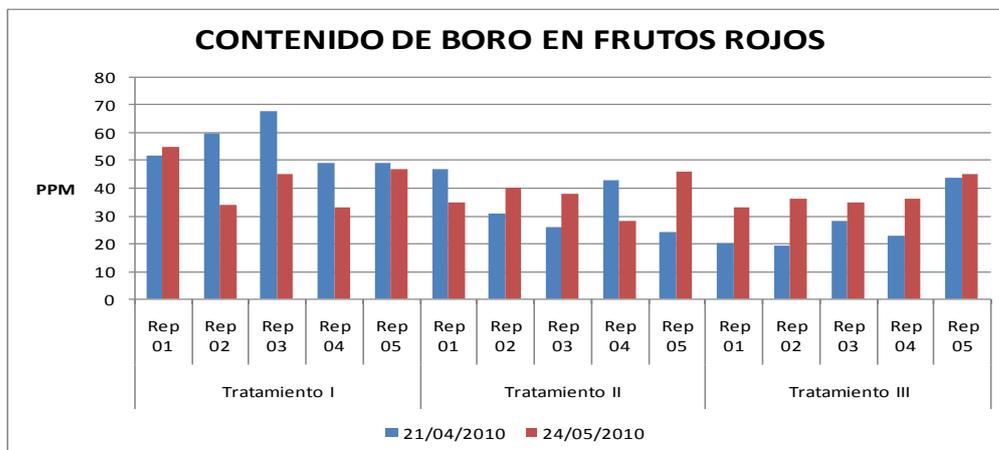
Tratamientos	Fruto Verde (ppm B)	
	90 DDT	120 DDT
NPK1	50.40 a	63.50 a
NPK2	48.40 a	50.60 a
NPK3	47.80 a	50.00 a
Media General	48.87	54.53
CV (%)	22.58	27.84
ANVA	ns	ns

DDT: Días después del transplante. **a:** Medias según la prueba de Tukey (0.05).
ns: No hay significación.

4.10.2 Boro en Fruto Rojo

En la figura 23 y cuadro 32, se presentan los resultados y promedios del contenido de boro (ppm) en los frutos rojos para la tercera cosecha (120 DDT: %BFR3raC:21 de abril) y cuarta cosecha (150 DDT: %BFR4taC-24 de mayo) obtenidas en los diferentes tratamientos.

Figura 23: Contenido de boro (ppm) en frutos rojos obtenidos en cada tratamiento en estudio.



Se observa (cuadro 32) que el contenido de boro (ppm) evaluado para los frutos rojos cosechados 120 DDT existe alta significación (**) entre los tratamientos, resultando el tratamiento NPK1 estadísticamente mejor que los tratamientos NPK2 y NPK3, según la prueba de Tukey al 5 %; mientras que no se obtuvo diferencias estadísticas significativas (ns) entre las dosis de tratamientos NPK empleados para fruto rojo cosechado 150 DDT.

Cuadro 32: Contenido de boro (ppm) en fruto rojo para dos cosechas en pimiento (*Capsicum annum*) empleando tres fuentes NPK – Ica, 2010.

Tratamientos	Fruto Rojo (ppm B)	
	120 DDT	150 DDT
NPK1	55.60 a	42.80 a
NPK2	34.20 b	37.40 a
NPK3	26.80 b	37.00 a
Media General	38.87	39.07
CV (%)	24.80	18.19
ANVA	**	ns

DDT: Días después del transplante. **a, b:** Medias según la prueba de Tukey (0.05). ****:** Alta significación. **ns:** No hay significación.

En la fructificación, etapa de cuajado y llenado de frutos (90 DDT y 120 DDT), el contenido de boro no fue estadísticamente significativo (Tukey 0.05) entre los tres tratamientos con valores que van de 47.80 a 63.50 ppm de boro (cuadro 32) para frutos verdes. A los 120 DDT de inició de la segunda evaluación de frutos rojos se observa el contenido de boro con significación estadística (Tukey 0.05) entre los tratamientos de frutos rojos, pero a los 150 DDT no hay significación (cuadro 33) con valores que van de 26.80 a 55.60 ppm de boro (cuadro 33), estos rangos de valores comprenden con las apreciaciones de Alarcon (2001) quien reporta que “en pimiento los rangos de normalidad van de 30 a 100 ppm de boro, la deficiencia es menor de 20 ppm y muestra con imágenes que en frutos de fresa y peral con estos valores bajos en boro se presenta deformación de frutos”, en la presente investigación en frutos de pimiento verdes y rojos no hubo dicha deformación. Respecto a la significación a los 120 DDT en fruto rojos, el tratamiento NPK1 resultó mejor estadísticamente que NPK2 y NPK3 porque el contenido total de fosforo en los tratamientos fue mayor 475, 385 y 400 ppm respectivamente, debido a que existe una asociación directa entre el fosforo y el boro, al respecto Alarcón (2001) señala que “El boro es esencial donde interviene el fosforo”.

V. CONCLUSIONES

- 1 La extracción en kilogramos por hectárea de los macronutrientes primarios en los órganos del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de invernadero en el valle de Ica, inicialmente produjeron un incremento lento seguido de una etapa de acumulación rápida, finalmente ocurrió una depresión de la producción de materia seca, debido a que las funciones biológicas llegaron a un óptimo y luego declinaron; se mostraron ello en la extracción total de nitrógeno y potasio, excepto en fósforo con una ligera variación relativa, en hojas y tallos, mientras que en la extracción total en raíces la tendencia fue ascendente para los tres tratamientos NPK en investigación.
- 2 La extracción en macronutrientes primarios (N, P y K) en frutos verde y rojo del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de invernadero en el valle de Ica entre los tratamientos (soluciones en investigación) resultaron estadísticamente no significativos con valores que variaron entre 3.26-2.14%(N), 0.484-0.328%(P) y 4.22-2.46%(K) entre 90, 120 y 150 DDT; excepto en K a 120 DDT en fruto verde los tratamientos NPK1 Y NPK2 resultaron mejores que NPK3, y en K a 150 DDT en fruto rojo el tratamiento NPK1 resultó mejor que NPK3 y fue similar a NPK2.
- 3 La extracción en macronutrientes secundarios (Ca, Mg) y micronutrientes (Zn, B) en frutos verde y rojo del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de invernadero en el valle de Ica entre los tratamientos (soluciones en investigación) resultaron estadísticamente significativos con valores que variaron entre 0.516-0.140%(Ca), 0.264-0.156%(Mg), 4.48-16.8ppm(Zn) y 63.50-26.80ppm(B) entre 90, 120 y 150 DDT excepto en Magnesio (Mg). Precisando en Ca a 90 y 120DDT en fruto verde el tratamiento NPK3 resultó mejor que NPK2 y NPK1, y también a 150 DDT en fruto rojo el tratamiento NPK3 resultó mejor que los otros dos tratamientos. En Zn a 150 DDT en fruto rojo el tratamiento NPK1 resultó mejor que NPK3 y fue similar a NPK2; y en B a 120 DDT en fruto rojo el tratamiento NPK1 resultó mejor que NPK2 y NPK3.

VI. RECOMENDACIONES

Repetir la investigación bajo las mismas condiciones para corroborar los resultados.

Realizar la investigación bajo condiciones de campo ampliando a otras zonas productoras de pimiento para evaluar extracción, producción y calidad del fruto.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Aldrich S. Leng E. 1974. Producción moderna del maíz. Editorial Hemisferio Sur Buenos Aires Argentina 308 p.

Alarcón V, AL. 2001. El boro como nutriente esencial. Ediciones de Horticultura. Universidad Politecnica de Cartagena. España, 11 p.

Arteaga A, FJ. 2012. Determinación de la curva de extracción y de la hoja a muestrear para análisis de macronutrientes en pimiento (*Capsicum annuum* L.). UNALM. Lima, 129 p.

Azoeifa, A; Moreira A. 2005. Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de Chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. cv. hot) en Alajuela, Costa Rica. (en línea) Agronomía Costarricense 29(1) 77-84 Consultado 27 octubre 2010 Disponible: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/436/43629108.pdf> o en http://www.mag.go.cr/rev_agr/v32n01-019.pdf

Ascón-Bieto J; Talón M. 2001. Fundamentos de Fisiología Vegetal Madrid, España. McGraw-Hill. 522 p.

Bendezú, F. y Cuadros, C. 2007. Estudio de la capacidad de concentración y absorción de macro y micronutrientes del cultivo de espárrago (var. UC-157 F1) bajo riego por goteo. Ica, Perú. Pocho Ojeda. 78 p.

Berríos U. et al. 2007. Guía de Manejo de Nutrición Vegetal de Especialidad Pimiento. SQM. España, 104. En: www.sqm.com/Portals/0/pdf/cropKits/SQM-Crop_Kit_Pepper_L-ES.pdf

Brestch, F. 1998. La fertilidad de los suelos y su manejo. Primera edición. San José C.R. ACCS (Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo). 157 p.

Brown, J.C. 1978 Mechanism of iron uptake by plants. *Plant Cell & Environment*. 1(4):249-257.

Cabalceta, G. 1997. Fósforo. *Agronoticias*. Compañía Costarricense del Café S. A. San José, Costa Rica. 2 ed. Núm. 2.

Camasca, J. 1984. *Horticultura práctica*. Ayacucho P. Concytec. 285 p.

Castañeda, L. y Romero, M. 2003. Estudio del ritmo de absorción de macro y microelementos en el cultivo de páprika (*Capsicum annuum*) bajo riego por goteo en Villacurí. Ica, Perú. Pocho Ojeda. 93 p.

Curtis, O. 1935. *The Agricultural and botanical sciences*. New York, Estados Unidos. Mc Graw – Hill Book Company. 273 p.

Disponible <http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/cyt/2003/comunicaciones/cyt.htm>

Domínguez, A. 1984. *Tratado de fertilización*. Madrid, España. Mundi Prensa. 585 p.

Duffus, C. y Slaughter, C. 1985. *Las semillas y sus usos*. México D.F., México. AGT Editor SA. 188 p.

Escalona, A; Pire, R. Crecimiento y extracción de N-P-K por plantas de pimentón (*Capsicum annuum* L.) abonadas con estiércol de pollo en Quíbor, estado Lara. *Rev. Fac. Agron.* [online]. jun. 2008, vol.25, no.2 [citado 31 Octubre 2010], p.243-260. Disponible: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182008000200004&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0378-7818.

Fernández, J. 1999. *Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería*. Barcelona, España. Océano Grupo. 1031 p.

Higa, Ch C 2001. Efecto de distanciamiento y la fertilización nitrogenada en el rendimiento del pimiento páprika (*Capsicum annuum* L.) cv. Sonora. Tesis. Unalm. Lima 114 p.

Huanco, P. 2003. Efecto de la fertilización nitrogenada – potásica con y sin micronutrientes en el cultivo de pimiento piquillo (*Capsicum annuum* L.). Unalm, Lima. 185 p.

INPOFOS (Instituto de la potasa y el fósforo), 1997. Manual internacional de fertilidad del suelo. USA. 176 p.

Loue, A. 1988. Los microelementos en agricultura. Madrid, España. Mundi – Prensa. 354 p.

Lozada, J. 1990. Efecto de cinco densidades de siembra directa en la producción de cinco híbridos de pimiento dulce (*Capsicum annuum* L.) bajoriego localizado de alta frecuencia (micro exudación). UNALM, Lima. 62 p.

Maroto, J. 2000. Elementos de horticultura general. Madrid, España. Mundi – Prensa. 424 p.

Marschner, 1986. Mineral nutrition of higher plants. 2da ed. San Diego C. USA . A.P. 674 p.

Miraval, L. 1994. Efecto de la fertilización NPK en el rendimiento de cuatro cultivares de tomate (*Lycopersicum esculentum* M.) bajo riego localizado de alta frecuencia: exudación. UNALM, Lima 85 p.

Navarro, S. y Navarro, G. 2003. Química Agrícola. Madrid, España. Mundi – Prensa. 486 p.

Nuez, F., Gil Ortega, R. y Costa, J. 2003. El cultivo de pimientos, chiles y ajıes. Barcelona, España. Ediciones Mundi Prensa. 607 p.

Paliwal E., *et al.* 2001. El maíz en los trópicos, mejoramiento y producción. Roma, Italia. 370 p.

Quevedo, F; Villagarcía S. 1986. Curso de Actualización Profesional. Chiclayo y Arequipa, P. INIPA AID UNA. 1, 102 p.

Ramirez, F. 1998. Adaptación y efecto de la densidad de siembra en el rendimiento de tres cultivares de pimiento páprika (*Capsicum annuum* L.) en el valle de Tumbes. Tesis. UNALM. Lima. 122 p.

Ramírez, F. 2000. Manejo nutricional y fertilización balanceada en el cultivo de páprika. Manejo del cultivo de páprika. Arequipa.

Ramirez F. 2005. Manejo Nutricional Del Cultivo De Pimiento En El Peru. I Seminario Internacional En Capsicum. Trujillo P.

Reigosa, M., Pedrol, N., Sánchez, A. 2003. La Ecofisiología Vegetal, una ciencia de síntesis. Madrid, España. Thomson editores. 1092 p.

Resh, H. 2001. Cultivos hidropónicos, nuevas técnicas de producción: Una guía completa de los métodos actuales de cultivo sin suelo. 5ta ed. Madrid M.P 558 p.

Robles, J. 1997. Como se cultiva en invernadero. Barcelona, España. De Vecchi. 187 p.

Sancho, H. 1999. Curvas de absorción de nutrientes: Importancia y uso en los programas de fertilización.(en línea). Georgia. USA. IPNI (International Plant Nutrition Institute). Informaciones agronómicas N° 36. Consultado 27 octubre 2010. Disponible [http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/8DD2B8D2DBA77FC205256A310075B334/\\$file/Curvas+de+Absorci%C3%B3n.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/8DD2B8D2DBA77FC205256A310075B334/$file/Curvas+de+Absorci%C3%B3n.pdf)

Schroeder, M.A; Martínez G.C. 2003. Concentraciones foliares de Ca y Mg en pimiento (*Capsicum annuum* L.) (en línea) Argentina, UNNE (Universidad Nacional del Nordeste) Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Facultad de Cs. Agrarias. Consultado 27 octubre 2010.

Tisdale, S; Nelson, W. 1991. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. México, UTEHA. 760 p.

Thompson, L; Troeh, F. 1988. Los suelos y su fertilidad. Barcelona, España. Reverté. 649 p.

Ugas R. *et al.* 2000. Hortalizas, datos básicos. Lima, Perú. Unalm. 202 p.

Valadez, A. 1994. Producción de hortalizas. Mexico D.F., Mexico. Noriega editores. 298 p.

Valle M., JC. 2010. Acumulación de biomasa, crecimiento y extracción nutrimental en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.). Universidad Autónoma Chapingo. Mexico, 90 p.

Berríos U. *et al.* 2007. Guía de Manejo de Nutrición Vegetal de Especialidad Pimiento. SQM. España, 104. En: www.sqm.com/Portals/0/pdf/cropKits/SQM-Crop Kit Pepper L-ES.pdf.

Zapata, N.; Bañon, S. 1992. El pimiento para pimentón. Madrid, España. Mundi – Prensa. 240 p.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: Datos, resultados del ANVA y Prueba de Tukey para las variables frutos en porcentaje de Nitrógeno aplicando el software estadístico SAS.

FRUTO VERDE - NITROGENO

Obs	TRAT	FVN20mar	FVN21abr
1	T1	2.5	2.7
2	T1	2.8	3.5
3	T1	2.9	3.1
4	T1	3.2	2.8
5	T1	3.6	3.2
6	T2	3.1	3.4
7	T2	3.4	3.1
8	T2	3.1	2.9
9	T2	2.9	3.1
10	T2	2.9	3.0
11	T3	2.8	2.2
12	T3	4.1	3.1
13	T3	3.4	2.7
14	T3	2.9	3.1
15	T3	3.1	3.0

The ANOVA Procedure
Class Level Information

Class	Levels	Values
TRAT	3	T1 T2 T3

Number of observations 15

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: FVN20mar

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
--------	----	----------------	-------------	---------	--------

Model	2	0.17733333	0.08866667	0.54	0.5947
Error	12	1.96000000	0.16333333		
Corrected Total	14	2.13733333			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	FVN20mar Mean
0.082969	12.98111	0.404145	3.113333

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	2	0.17733333	0.08866667	0.54	0.5947
FRUTO VERDE - NITROGENO					

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: FVN21abr

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.22933333	0.11466667	1.21	0.3329
Error	12	1.14000000	0.09500000		
Corrected Total	14	1.36933333			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	FVN21abr Mean
0.167478	10.29691	0.308221	2.993333

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	2	0.22933333	0.11466667	1.21	0.3329

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for FVN20mar

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha 0.05
 Error Degrees of Freedom 12
 Error Mean Square 0.163333
 Critical Value of Studentized Range 3.77278
 Minimum Significant Difference 0.6819

Means with the same letter are not significantly different.

	Mean	N	TRAT
A	3.2600	5	T3
A			
A	3.0800	5	T2
A			
A	3.0000	5	T1

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for FVN21abr

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type

II error rate than REGWQ.

Alpha 0.05
 Error Degrees of Freedom 12
 Error Mean Square 0.095
 Critical Value of Studentized Range 3.77278
 Minimum Significant Difference 0.52

Means with the same letter are not significantly different.

	Mean	N	TRAT
A	3.1000	5	T2
A			
A	3.0600	5	T1
A			
A	2.8200	5	T3

FRUTO ROJO - NITROGENO

Obs	TRAT	FRN21abr	FRN24may
1	T1	2.5	2.4
2	T1	3.0	2.1
3	T1	2.8	2.1
4	T1	2.8	2.2

5	T1	3.2	2.2
6	T2	2.7	2.1
7	T2	2.5	2.0
8	T2	2.8	2.2
9	T2	2.8	2.2
10	T2	2.7	2.2
11	T3	2.7	2.0
12	T3	2.7	2.1
13	T3	3.1	2.2
14	T3	2.8	2.4
15	T3	2.7	2.5

FRUTO ROJO - NITROGENO

The ANOVA Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
TRAT	3	T1 T2 T3

Number of observations 15

FRUTO ROJO - NITROGENO

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: FRN21abr

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.06533333	0.03266667	0.87	0.4448
Error	12	0.45200000	0.03766667		
Corrected Total	14	0.51733333			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	FRN21abr Mean
0.126289	6.964558	0.194079	2.786667

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	2	0.06533333	0.03266667	0.87	0.4448

A			
A	2.8000	5	T3
A			
A	2.7000	5	T2

FRUTO ROJO - NITROGENO

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for FRN24may

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	12
Error Mean Square	0.022
Critical Value of Studentized Range	3.77278
Minimum Significant Difference	0.2503

Means with the same letter are not significantly different.

	Mean	N	TRAT
A	2.24000	5	T3
A			
A	2.20000	5	T1
A			
A	2.14000	5	T2

ANEXO 2: Datos, resultados del ANVA y Prueba de Tukey para las variables frutos en porcentaje de Fosforo aplicando el software estadístico SAS.

FRUTO VERDE - FOSFORO

Obs	TRAT	FVP20mar	FVP21abr
1	T1	0.46	0.54
2	T1	0.45	0.53
3	T1	0.50	0.37
4	T1	0.48	0.43
5	T1	0.53	0.52
6	T2	0.48	0.55
7	T2	0.49	0.41
8	T2	0.48	0.44

9	T2	0.45	0.46
10	T2	0.47	0.43
11	T3	0.46	0.45
12	T3	0.43	0.38
13	T3	0.52	0.41
14	T3	0.53	0.45
15	T3	0.38	0.45

The ANOVA Procedure

Class Level Information			
Class	Levels	Values	
TRAT	3	T1	T2 T3

Number of observations 15

FRUTO VERDE - FOSFORO

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: FVP20mar

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.00100000	0.00050000	0.29	0.7541
Error	12	0.02076000	0.00173000		
Corrected Total	14	0.02176000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	FVP20mar Mean
0.045956	8.774951	0.041593	0.474000

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	2	0.00100000	0.00050000	0.29	0.7541

FRUTO VERDE - FOSFORO

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: FVP21abr

FRUTO VERDE - FOSFORO

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for FVP21abr

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type

II error rate than REGWQ.

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 12

Error Mean Square 0.003187

Critical Value of Studentized Range 3.77278

Minimum Significant Difference 0.0952

Means with the same letter are not significantly different.

	Mean	N	TRAT
A	0.47800	5	T1
A			
A	0.45800	5	T2
A			
A	0.42800	5	T3

FRUTO ROJO - FOSFORO

Obs TRAT FRP21abr FRP24may

1	T1	0.48	0.29
2	T1	0.56	0.38
3	T1	0.39	0.34
4	T1	0.39	0.31
5	T1	0.51	0.32
6	T2	0.38	0.30
7	T2	0.40	0.29
8	T2	0.45	0.38
9	T2	0.44	0.38
10	T2	0.43	0.34
11	T3	0.45	0.29
12	T3	0.39	0.30
13	T3	0.44	0.37
14	T3	0.46	0.38
15	T3	0.47	0.33

FRUTO ROJO - FOSFORO

The ANOVA Procedure

Class Level Information

Class Levels Values
 TRAT 3 T1 T2 T3
 Number of observations 15

The ANOVA Procedure
 Dependent Variable: FRP21abr

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.00529333	0.00264667	1.07	0.3749
Error	12	0.02980000	0.00248333		
Corrected Total	14	0.03509333			

R-Square Coeff Var Root MSE FRP21abr Mean
 0.150836 11.25747 0.049833 0.442667

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	2	0.00529333	0.00264667	1.07	0.3749
FRUTO ROJO - FOSFORO					

The ANOVA Procedure
 Dependent Variable: FRP24may

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.00025333	0.00012667	0.08	0.9216
Error	12	0.01848000	0.00154000		
Corrected Total	14	0.01873333			

R-Square Coeff Var Root MSE FRP24may Mean
 0.013523 11.77285 0.039243 0.333333

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	2	0.00025333	0.00012667	0.08	0.9216

FRUTO ROJO - FOSFORO

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for FRP21abr

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	12
Error Mean Square	0.002483
Critical Value of Studentized Range	3.77278
Minimum Significant Difference	0.0841

Means with the same letter are not significantly different.

	Mean	N	TRAT
A	0.46600	5	T1
A			
A	0.44200	5	T3
A			
A	0.42000	5	T2

FRUTO ROJO - FOSFORO

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for FRP24may

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	12
Error Mean Square	0.00154
Critical Value of Studentized Range	3.77278
Minimum Significant Difference	0.0662

Means with the same letter are not significantly different.

	Mean	N	TRAT
--	------	---	------

A	0.33800	5	T2
A			
A	0.33400	5	T3
A			
A	0.32800	5	T1

ANEXO 3: Datos, resultados del ANVA y Prueba de Tukey para las variables frutos en porcentaje de Potasio aplicando el software estadístico SAS.

FRUTO VERDE - POTASIO

Obs	TRAT	FVK20mar	FVK21abr
1	T1	3.6	3.7
2	T1	4.2	4.4
3	T1	4.6	4.2
4	T1	4.2	4.3
5	T1	4.4	4.5
6	T2	4.2	4.5
7	T2	4.0	3.7
8	T2	4.1	3.5
9	T2	4.2	4.0
10	T2	3.8	3.9
11	T3	4.1	3.4
12	T3	3.7	3.4
13	T3	4.0	3.4
14	T3	4.2	3.4
15	T3	3.5	3.4

The ANOVA Procedure
Class Level Information

Class	Levels	Values
TRAT	3	T1 T2 T3
Number of observations		15

FRUTO VERDE - POTASIO

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: FVK20mar

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.22533333	0.11266667	1.34	0.2993

Error 12 1.01200000 0.08433333

Corrected Total 14 1.23733333

R-Square Coeff Var Root MSE FVK20mar Mean
0.182112 7.164524 0.290402 4.053333

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	2	0.22533333	0.11266667	1.34	0.2993

FRUTO VERDE - POTASIO

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: FVK21abr

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	1.72133333	0.86066667	10.80	0.0021
Error	12	0.95600000	0.07966667		
Corrected Total	14	2.67733333			

R-Square Coeff Var Root MSE FVK21abr Mean
0.642928 7.337596 0.282253 3.846667

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	2	1.72133333	0.86066667	10.80	0.0021

FRUTO VERDE - POTASIO

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for FVK20mar

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type

II error rate than REGWQ.

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 12

Error Mean Square 0.084333

Critical Value of Studentized Range 3.77278

Minimum Significant Difference 0.49

Means with the same letter are not significantly different.

	Mean	N	TRAT
A	4.2000	5	T1
A			
A	4.0600	5	T2
A			
A	3.9000	5	T3

FRUTO VERDE - POTASIO

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for FVK21abr

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type

II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	12
Error Mean Square	0.079667
Critical Value of Studentized Range	3.77278
Minimum Significant Difference	0.4762

Means with the same letter are not significantly different.

	Mean	N	TRAT
A	4.2200	5	T1
A			
A	3.9200	5	T2
B	3.4000	5	T3

FRUTO ROJO - POTASIO

Obs TRAT FRK21abr FRK24may

1	T1	3.2	2.9
2	T1	3.5	2.9
3	T1	3.4	2.9
4	T1	3.3	3.2
5	T1	3.5	2.6
6	T2	2.9	2.5
7	T2	2.8	2.9
8	T2	3.4	2.9

9	T2	3.6	2.6
10	T2	3.2	2.8
11	T3	3.3	2.4
12	T3	3.4	2.3
13	T3	3.3	2.5
14	T3	3.0	2.7
15	T3	3.8	2.4

The ANOVA Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
TRAT	3	T1 T2 T3

Number of observations 15

FRUTO ROJO - POTASIO

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: FRK21abr

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.12133333	0.06066667	0.86	0.4483
Error	12	0.84800000	0.07066667		
Corrected Total	14	0.96933333			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	FRK21abr Mean
0.125172	8.039275	0.265832	3.306667

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	2	0.12133333	0.06066667	0.86	0.4483

FRUTO ROJO - POTASIO

The ANOVA Procedure

FRUTO ROJO - POTASIO

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for FRK24may

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	12
Error Mean Square	0.033667
Critical Value of Studentized Range	3.77278
Minimum Significant Difference	0.3096

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRAT
A	2.9000	5	T1
A			
B A	2.7400	5	T2
B			
B	2.4600	5	T3

ANEXO 4: Datos, resultados del ANVA y Prueba de Tukey para las variables frutos en porcentaje de Calcio aplicando el software estadístico SAS.

FRUTO VERDE - CALCIO

Obs	TRAT	FVCa20mar	FVCa21abr
1	T1	0.22	0.16
2	T1	0.22	0.42
3	T1	0.28	0.40
4	T1	0.22	0.34
5	T1	0.18	0.34
6	T2	0.40	0.48
7	T2	0.18	0.32
8	T2	0.16	0.36
9	T2	0.16	0.36
10	T2	0.34	0.18

11	T3	0.50	0.62
12	T3	0.48	0.50
13	T3	0.44	0.42
14	T3	0.38	0.50
15	T3	0.34	0.54

The ANOVA Procedure
Class Level Information

Class	Levels	Values
TRAT	3	T1 T2 T3

Number of observations 15

FRUTO VERDE - CALCIO

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: FVCa20mar

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.12432000	0.06216000	9.96	0.0028
Error	12	0.07488000	0.00624000		
Corrected Total	14	0.19920000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	FVCa20mar Mean
0.624096	26.33122	0.078994	0.300000

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	2	0.12432000	0.06216000	9.96	0.0028**

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: FVCa21abr

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.10816000	0.05408000	5.92	0.0163

Error 12 0.10960000 0.00913333

Corrected Total 14 0.21776000

R-Square Coeff Var Root MSE FVCa21abr Mean

0.496694 24.13345 0.095568 0.396000

Source DF Anova SS Mean Square F Value Pr > F

TRAT 2 0.10816000 0.05408000 5.92 0.0163*

FRUTO VERDE - CALCIO

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for FVCa20mar

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type

II error rate than REGWQ.

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 12

Error Mean Square 0.00624

Critical Value of Studentized Range 3.77278

Minimum Significant Difference 0.1333

Means with the same letter are not significantly different.

	Mean	N	TRAT
--	------	---	------

A	0.42800	5	T3
---	---------	---	----

B	0.24800	5	T2
---	---------	---	----

B

B	0.22400	5	T1
---	---------	---	----

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for FVCa21abr

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type

II error rate than REGWQ.

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 12

Error Mean Square 0.009133

Critical Value of Studentized Range 3.77278

Minimum Significant Difference 0.1612

Means with the same letter are not significantly different.

	Mean	N	TRAT
A	0.51600	5	T3
B	0.34000	5	T2
B	0.33200	5	T1

FRUTO ROJO - CALCIO

Obs	TRAT	FRCa21abr	FRCa24may
1	T1	0.20	0.3
2	T1	0.40	0.2
3	T1	0.52	0.3
4	T1	0.30	0.2
5	T1	0.36	0.2
6	T2	0.18	0.2
7	T2	0.42	0.2
8	T2	0.32	0.1
9	T2	0.36	0.1
10	T2	0.28	0.1
11	T3	0.30	0.8
12	T3	0.30	0.2
13	T3	0.28	0.4
14	T3	0.28	0.5
15	T3	0.20	0.4

The ANOVA Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
TRAT	3	T1 T2 T3

Number of observations 15

FRUTO ROJO - CALCIO

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: FRCa21abr

Sum of

Source	DF	Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.01765333	0.00882667	1.11	0.3621
Error	12	0.09568000	0.00797333		
Corrected Total	14	0.11333333			

R-Square Coeff Var Root MSE FRCa21abr Mean
0.155765 28.49793 0.089294 0.313333

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	2	0.01765333	0.00882667	1.11	0.3621ns

FRUTO ROJO - CALCIO

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: FRCa24may

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.26800000	0.13400000	7.44	0.0079
Error	12	0.21600000	0.01800000		
Corrected Total	14	0.48400000			

R-Square Coeff Var Root MSE FRCa24may Mean
0.553719 47.91574 0.134164 0.280000

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	2	0.26800000	0.13400000	7.44	0.0079**

FRUTO ROJO - CALCIO

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for FRCa21abr

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type

II error rate than REGWQ.
 Alpha 0.05
 Error Degrees of Freedom 12
 Error Mean Square 0.007973
 Critical Value of Studentized Range 3.77278
 Minimum Significant Difference 0.1507

Means with the same letter are not significantly different.

	Mean	N	TRAT
A	0.35600	5	T1
A			
A	0.31200	5	T2
A			
A	0.27200	5	T3

FRUTO ROJO - CALCIO

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for FRCa24may

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type

II error rate than REGWQ.

Alpha 0.05
 Error Degrees of Freedom 12
 Error Mean Square 0.018
 Critical Value of Studentized Range 3.77278
 Minimum Significant Difference 0.2264

	Mean	N	TRAT
A	0.46000	5	T3
A			
B A	0.24000	5	T1
B			
B	0.14000	5	T2

ANEXO 5: Datos, resultados del ANVA y Prueba de Tukey para las variables frutos en porcentaje de Magnesio aplicando el software estadístico SAS.

FRUTO VERDE - MAGNESIO

Obs	TRAT	FVMg20mar	FVMg21abr
1	T1	0.20	0.18
2	T1	0.20	0.22

3	T1	0.22	0.22
4	T1	0.22	0.18
5	T1	0.22	0.22
6	T2	0.24	0.28
7	T2	0.24	0.22
8	T2	0.22	0.22
9	T2	0.22	0.20
10	T2	0.24	0.20
11	T3	0.34	0.24
12	T3	0.24	0.22
13	T3	0.26	0.20
14	T3	0.28	0.22
15	T3	0.20	0.22

The ANOVA Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
TRAT	3	T1 T2 T3

Number of observations 15

FRUTO VERDE - MAGNESIO

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: FVMg20mar

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.00688000	0.00344000	3.53	0.0621
Error	12	0.01168000	0.00097333		
Corrected Total	14	0.01856000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	FVMg20mar Mean
0.370690	13.21961	0.031198	0.236000

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	2	0.00688000	0.00344000	3.53	0.0621

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: FVMg21abr

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.00112000	0.00056000	0.95	0.4124
Error	12	0.00704000	0.00058667		
Corrected Total	14	0.00816000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	FVMg21abr Mean
0.137255	11.21352	0.024221	0.216000

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	2	0.00112000	0.00056000	0.95	0.4124

FRUTO VERDE - MAGNESIO

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for FVMg20mar

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type

II error rate than REGWQ.

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 12

Error Mean Square 0.000973

Critical Value of Studentized Range 3.77278

Minimum Significant Difference 0.0526

Means with the same letter are not significantly different.

	Mean	N	TRAT
A	0.26400	5	T3
A			
A	0.23200	5	T2
A			
A	0.21200	5	T1

FRUTO VERDE - MAGNESIO

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for FVMg21abr

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha 0.05
 Error Degrees of Freedom 12
 Error Mean Square 0.000587
 Critical Value of Studentized Range 3.77278
 Minimum Significant Difference 0.0409
 Means with the same letter are not significantly different.

	Mean	N	TRAT
A	0.22400	5	T2
A			
A	0.22000	5	T3
A			
A	0.20400	5	T1

FRUTO ROJO - MAGNESIO

Obs	TRAT	FRMg21abr	FRMg24may
1	T1	0.16	0.18
2	T1	0.18	0.14
3	T1	0.18	0.16
4	T1	0.16	0.16
5	T1	0.20	0.14
6	T2	0.16	0.14
7	T2	0.18	0.16
8	T2	0.18	0.16
9	T2	0.18	0.16
10	T2	0.18	0.16
11	T3	0.18	0.24
12	T3	0.16	0.14
13	T3	0.20	0.18
14	T3	0.20	0.22
15	T3	0.18	0.18

The ANOVA Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
TRAT	3	T1 T2 T3

Number of observations 15

FRUTO ROJO - MAGNESIO

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: FRMg21abr

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.00021333	0.00010667	0.50	0.6186
Error	12	0.00256000	0.00021333		
Corrected Total	14	0.00277333			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	FRMg21abr Mean
0.076923	8.174964	0.014606	0.178667

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	2	0.00021333	0.00010667	0.50	0.6186

FRUTO ROJO - MAGNESIO

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: FRMg24may

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.00432000	0.00216000	3.45	0.0656
Error	12	0.00752000	0.00062667		
Corrected Total	14	0.01184000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	FRMg24may Mean
0.364865	14.90078	0.025033	0.168000

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	2	0.00432000	0.00216000	3.45	0.0656

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for FRMg21abr

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type

II error rate than REGWQ.

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 12

Error Mean Square 0.000213

Critical Value of Studentized Range 3.77278

Minimum Significant Difference 0.0246

Means with the same letter are not significantly different.

	Mean	N	TRAT
A	0.184000	5	T3
A			
A	0.176000	5	T1
A			
A	0.176000	5	T2

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for FRMg24may

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type

II error rate than REGWQ.

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 12

Error Mean Square 0.000627

Critical Value of Studentized Range 3.77278

Minimum Significant Difference 0.0422

Means with the same letter are not significantly different.

	Mean	N	TRAT
A	0.19200	5	T3
A			
A	0.15600	5	T2
A			
A	0.15600	5	T1

ANEXO 6: Datos, resultados del ANVA y Prueba de Tukey para las variables frutos en porcentaje de Zinc aplicando el software estadístico SAS.

FRUTO ROJO - ZINC

Obs	TRAT	FRZn21abr	FRZn24may
1	T1	16	42
2	T1	18	58
3	T1	16	48
4	T1	14	58
5	T1	20	38
6	T2	14	58
7	T2	14	66
8	T2	18	24
9	T2	24	30
10	T2	22	12
11	T3	18	12
12	T3	20	14
13	T3	14	28
14	T3	18	16
15	T3	18	16

FRUTO ROJO - ZINC

The ANOVA Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
TRAT	3	T1 T2 T3

Number of observations 15

FRUTO ROJO - ZINC

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: FRZn21abr

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	6.4000000	3.2000000	0.31	0.7380
Error	12	123.2000000	10.2666667		
Corrected Total	14	129.6000000			

R-Square Coeff Var Root MSE FRZn21abr Mean

0.049383 18.20548 3.204164 17.60000

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	2	6.40000000	3.20000000	0.31	0.7380

FRUTO ROJO - ZINC

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: FRZn24may

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	2579.733333	1289.866667	5.93	0.0162
Error	12	2609.600000	217.466667		
Corrected Total	14	5189.333333			

R-Square 0.497122
 Coeff Var 42.53870
 Root MSE 14.74675
 FRZn24may Mean 34.66667

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	2	2579.733333	1289.866667	5.93	0.0162 *

FRUTO ROJO - ZINC

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for FRZn21abr

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha 0.05
 Error Degrees of Freedom 12
 Error Mean Square 10.26667
 Critical Value of Studentized Range 3.77278
 Minimum Significant Difference 5.4062
 Means with the same letter are not significantly different.

	Mean	N	TRAT
A	18.400	5	T2
A			
A	17.600	5	T3
A			
A	16.800	5	T1

FRUTO ROJO - ZINC

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for FRZn24may

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type

II error rate than REGWQ.

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 12

Error Mean Square 217.4667

Critical Value of Studentized Range 3.77278

Minimum Significant Difference 24.881

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRAT
A	48.800	5	T1
A			
B A	38.000	5	T2
B			
B	17.200	5	T3

ANEXO 7: Datos, resultados del ANVA y Prueba de Tukey para las variables frutos en porcentaje de Boro aplicando el software estadístico SAS.

FRUTO VERDE - BORO

Obs	TRAT	FVB20mar	FVB21abr
1	T1	55	53
2	T1	40	61
3	T1	49	73
4	T1	67	68

5	T1	41	60
6	T2	57	49
7	T2	49	45
8	T2	39	47
9	T2	47	80
10	T2	50	32
11	T3	53	48
12	T3	48	49
13	T3	26	37
14	T3	65	80
15	T3	47	36

FRUTO VERDE - BORO

The ANOVA Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
TRAT	3	T1 T2 T3

Number of observations 15

FRUTO VERDE - BORO

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: FVB20mar

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	18.533333	9.266667	0.08	0.9272
Error	12	1461.200000	121.766667		
Corrected Total	14	1479.733333			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	FVB20mar Mean
0.012525	22.58143	11.03479	48.86667

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	2	18.53333333	9.26666667	0.08	0.9272

FRUTO VERDE - BORO

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: FVB21abr

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	538.533333	269.266667	1.17	0.3438
Error	12	2765.200000	230.433333		
Corrected Total	14	3303.733333			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	FVB21abr Mean
0.163008	27.83624	15.18003	54.53333

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	2	538.5333333	269.2666667	1.17	0.3438

FRUTO VERDE - BORO

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for FVB20mar

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type

II error rate than REGWQ.

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 12

Error Mean Square 121.7667

Critical Value of Studentized Range 3.77278

Minimum Significant Difference 18.618

Means with the same letter are not significantly different.

	Mean	N	TRAT
A	50.400	5	T1
A			
A	48.400	5	T2
A			
A	47.800	5	T3

FRUTO VERDE - BORO

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for FVB21abr

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type

II error rate than REGWQ.

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 12

Error Mean Square 230.4333

Critical Value of Studentized Range 3.77278

Minimum Significant Difference 25.612

Means with the same letter are not significantly different.

	Mean	N	TRAT
A	63.000	5	T1
A			
A	50.600	5	T2
A			
A	50.000	5	T3

FRUTO ROJO - BORO

Obs TRAT FRB21abr FRB24may

1	T1	52	55
2	T1	60	34
3	T1	68	45
4	T1	49	33
5	T1	49	47
6	T2	47	35
7	T2	31	40
8	T2	26	38
9	T2	43	28
10	T2	24	46
11	T3	20	33
12	T3	19	36
13	T3	28	35
14	T3	23	36
15	T3	44	45

FRUTO ROJO - BORO

The ANOVA Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
TRAT	3	T1 T2 T3

Number of observations 15

FRUTO ROJO - BORO

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: FRB21abr

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	2236.933333	1118.466667	12.04	0.0014
Error	12	1114.800000	92.900000		
Corrected Total	14	3351.733333			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	FRB21abr Mean
0.667396	24.79879	9.638465	38.86667

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	2	2236.933333	1118.466667	12.04	0.0014 **

FRUTO ROJO - BORO

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: FRB24may

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	104.9333333	52.4666667	1.04	0.3836
Error	12	606.0000000	50.5000000		
Corrected Total	14	710.9333333			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	FRB24may Mean
0.147599	18.19028	7.106335	39.06667

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	2	104.9333333	52.4666667	1.04	0.3836

FRUTO ROJO - BORO

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for FRB21abr

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher

Type

II error rate than REGWQ.

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 12

Error Mean Square 92.9

Critical Value of Studentized Range 3.77278

Minimum Significant Difference 16.262

Means with the same letter are not significantly different.

	Mean	N	TRAT
A	55.600	5	T1
B	34.200	5	T2
B			
B	26.800	5	T3

FRUTO ROJO - BORO

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for FRB24may

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher

Type

II error rate than REGWQ.

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 12

Error Mean Square 50.5

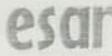
Critical Value of Studentized Range 3.77278

Minimum Significant Difference 11.99

Means with the same letter are not significantly different.

	Mean	N	TRAT
A	42.800	5	T1
A			
A	37.400	5	T2
A			
A	37.000	5	T3

ANEXO 8: Análisis de agua de pozo.



esar
Central Superior de Administración Pública
'Luz Felipe Messari Gálvez'
R.M. 197 97 01



Asociación
de Profesionales
Agropecuarios

ANÁLISIS DE AGUA

NOMBRE	FUNDO LA COLMENA - PIGA S A	FECHA	08/05/2008
PROCEDENCIA	DIST. PACHACUTEC - ICA	MARCA	POZO 00000 400

N° DE MUESTRA	AG - 109		
MARCAS			
C.E. ms/cm	1.18		
pH	7.5		
Ca meq/L	6.1		
Mg meq/L	1.5		
Na meq/L	4.4		
K meq/L	0.15		
SUMA DE CATIONES	12.1		
Co3 meq/L	0.0		
HCO3 meq/L	3.0		
Cl meq/L	4.3		
So4 meq/L	4.4		
No3 meq/L	0.5		
SUMA DE ANION	12.2		
RAS	2.3		

OBSERVACIONES: Agua de salinidad moderada, recomendable en suelos de buena permeabilidad.
Sin peligro de sodio.



DIRECCION
ING. TRINIDAD CAÑILLA VIDALBA
Jefe de Laboratorio

Panamericana Sur Km. 201.6 Chincha - Telefax: (056) 272186 - Celular: (056) 9840571 - RPM: 8976205 - Faxtel (9) 40179115
E-mail: esar@aspa.org.pe Web: http://www.aspa.org.pe