

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POST GRADO

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA



**“CURVAS DE EXTRACCIÓN DE MACRONUTRIENTES EN AJÍ
ESCABECHE (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*), BAJO LAS
CONDICIONES DEL VALLE CHICAMA”**

Presentado por:

SEGUNDO CASTILLO LLANOS

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

Lima - Perú

2014

CURVAS DE EXTRACCIÓN DE MACRONUTRIENTES EN AJÍ ESCABECHE (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*), BAJO LAS CONDICIONES DEL VALLE CHICAMA

RESUMEN

En la presente investigación se tuvo como objetivo determinar la curva de extracción de macronutrientes (N, P, K, Mg, Ca y S) en ají “escabeche” (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) bajo las condiciones del valle de Chicama. El ensayo se realizó en el sector la Arenita – Fundo San Eficio, entre los meses de Junio 2011 a Enero 2012. Durante todo el periodo vegetativo se realizaron once muestreos de tejido vegetal con un intervalo de 15 días desde el trasplante hasta los 165 días después del trasplante (DDT). La concentración foliar más elevada de N se produce entre los 75-120 DDT; de P a los 60 y 75 DDT; de K a los 30 DDT y entre los 150-165 DDT; de Mg entre 15- 30 DDT; de Ca entre los 15 y 75 DDT. y de S entre los 135 y 165 DDT. La extracción de macronutrientes fue de 265.7kg/ha de N; 25.8 kg/ha de P; 461.55 kg/ha de K; 43.45 kg/ha de Mg; 135.25 kg/ha de Ca y 31.35 de S para un rendimiento promedio de 17.86 T/ha de fruto fresco.

Palabras clave: Ají escabeche, Capsicum, extracción, macronutrientes.

ABSTRACT

A trial was conducted in Chicama valley to determine the macronutrients extraction by “escabeche” pepper (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) plants from transplanting to harvest. Eleven plant samples were taken during the whole crop period. Samples were taken every 15 days. Highest N concentration was observed 75-120 days after transplanting (DAT). For P was between 60-75 DAT, for K 30 DAT and between 150 -165 DAT, for Mg between 15 and 30 DAT, for Ca between 15 and 75 DAT and for S between 135 and 165 DAT. Average extraction of macronutrients was 265.7 kg/ha of N; 25.8 kg/ha of P; 461.55 kg/ha of K; 43.45 kg/ha of Mg; 135.25 kg/ha of Ca and 31.35 of S. Average yield was 17.86 T/ha of fresh fruits.

Key words: escabeche pepper, Capsicum, extraction, macronutrient.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVO	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1 EL CULTIVO DE AJÍ ESCABECHE	4
3.1.1 Clasificación Taxonómica	5
3.1.2 Descripción Botánica	5
3.2 FENOLOGÍA DEL CULTIVO	6
3.3 NUTRICIÓN MINERAL	7
3.4 FERTILIZACIÓN MINERAL	8
3.5 ABSORCIÓN DE NUTRIENTES	9
3.5.1 Factores que Afectan a la Absorción de Nutrientes	9
3.5.1.1 Condiciones del suelo	10
3.5.1.2 Factores climáticos	11
3.5.1.3 Factores intrínsecos de la planta	12
3.5.1.4 Interacción iónica	12
3.6 EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES	14
3.7 LOS ELEMENTOS Y LA FERTILIZACIÓN	15
3.7.1 Nitrógeno	15
3.7.2 Fosforo	17
3.7.3 Potasio	19
3.7.4 Calcio	21
3.7.5 Magnesio	22
3.7.6 Azufre	22
3.8 EFECTOS DE LA FERTILIZACIÓN SOBRE LA ABSORCIÓN Y EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES	23
3.9 LA EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES EN PIMIENTO EN	25

OTRAS LATITUDES	
3.10 ANÁLISIS FOLIAR	29
3.11 DIAGNÓSTICO DEL ESTADO NUTRICIONAL DE LAS PLANTAS	31
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	32
4.1 UBICACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL	32
4.2 CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMATICAS	33
4.2.1 Características del Suelo	33
4.2.2 Características del Agua de Riego	35
4.2.3 Características del Clima	35
4.3 CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL VEGETAL	38
4.4 OTROS MATERIALES	38
4.5 MANEJO DEL CULTIVO	39
4.5.1 Factores en Estudio	39
4.5.2 Diseño Estadístico	40
4.5.3 Preparación del terreno	40
4.5.4 Trasplante	40
4.5.5 Fertilización:	41
4.5.6 Control sanitario	41
4.6 EVALUACIONES	41
4.6.1 Producción de Materia Fresca	42
4.6.2 Producción de Materia Seca	42
4.6.3 Análisis Químico	42
4.6.4 Concentración de Macronutrientes	43
4.6.5 Extracción de Macronutrientes	43
4.6.6 Producción de Frutos	43
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
5.1 MATERIA SECA	44
5.1.1 Formación y Acumulación de Materia Seca en los Diferentes Órganos de la Planta	45
5.2 CONCENTRACIÓN DE MACRONUTRIENTES	49
5.2.1 Concentración de Nitrógeno	49
5.2.1.1 Concentración de Nitrógeno (%) en hojas	49

5.2.1.2	Concentración de Nitrógeno (%) en los diferentes órganos de la planta.	51
5.2.2	Concentración de Fósforo	54
5.2.2.1	Concentración de fosforo (%) en hojas	54
5.2.2.2	Concentración de Fósforo (%) en los diferentes órganos de la planta	55
5.2.3	Concentración de Potasio	57
5.2.3.1	Concentración de Potasio (%) en hojas	57
5.2.3.2	Concentración de Potasio (%) en los diferentes órganos de la planta	59
5.2.4	Concentración De Magnesio	61
5.2.4.1	Concentración de Magnesio (%) en hojas	61
5.2.4.2	Concentración de Magnesio (%) en los diferentes órganos de la planta.	63
5.2.5	Concentración de Calcio	65
5.2.5.1	Concentración de calcio (%) en hojas	65
5.2.5.2	Concentración de Calcio (%) en los diferentes órganos de la planta	67
5.2.6	Concentración de Azufre	69
5.2.6.1	Concentración de azufre (%) en hojas	69
5.2.6.2	Concentración de Azufre (%) en los diferentes órganos de la planta.	71
5.3	EXTRACCIÓN DE MACRONUTRIENTES	73
5.3.1	Extracción de Nitrógeno	74
5.3.1.1	Extracción de Nitrógeno obtenido en los diferentes órganos de la planta.	76
5.3.2	Extracción de Fosforo	78
5.3.2.1	Extracción de Fósforo obtenido en los diferentes órganos de la planta.	80
5.3.3	Extracción de Potasio	82

5.3.3.1 Extracción de Potasio obtenido en los diferentes órganos de la planta.	85
5.3.4 Extracción de Magnesio	87
5.3.4.1 Extracción de Magnesio obtenido en los diferentes órganos de la planta.	89
5.3.5 Extracción de Calcio	91
5.3.5.1 Extracción de Calcio obtenido en los diferentes órganos de la planta.	93
5.3.6 Extracción de Azufre	95
5.3.6.1 Extracción de Azufre obtenido en los diferentes órganos de la planta.	97
5.3.7 Extracción Total de Macronutrientes (Kg/Ha)	100
5.4 PRODUCCIÓN DE FRUTOS	104
5.4.1 Rendimiento Total de Frutos Obtenido por Tratamiento	104
VI. CONCLUSIONES	107
VII. RECOMENDACIONES	108
VIII. BIBLIOGRAFÍA	109
IX. ANEXOS	118

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N°		Pág.
1.	Kilogramos de nutrientes extraídos por tonelada de fruto fresco de ají producido en planta.	26
2.	Extracción periódica acumulativa para un pimiento grueso de invernadero, para una producción de 100 T/ha de fruto fresco (según Rincón et al., 1993).	27
3.	Niveles de referencia nutricional en hojas de pimiento.	30
4.	Análisis Físico - Químico de Suelo.	34
5.	Propiedades y Composición Química del Agua de riego.	35
6.	Cuadro de datos meteorológicos obtenidos en el estudio.	36
7.	Niveles de fertilización evaluados en el estudio.	39
8.	Metodologías llevadas a cabo para la extracción de nutrientes en las muestras foliares.	43
9.	Acumulación de Materia seca (kg/ha) en ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.	45
10.	Acumulación de Peso seco (kg/ha) en el nivel de fertilización con la dosis completa (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).	46
11.	Acumulación de Peso seco (kg/ha) en el nivel de fertilización con la dosis media (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).	47
12.	Concentración de Nitrógeno (%) en hojas de ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.	51
13.	Concentración de nitrógeno (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).	53
14.	Concentración de nitrógeno (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).	53
15.	Concentración de Fósforo (%) en hojas de ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.	55

16.	Concentración de Fósforo (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).	56
17.	Concentración de Fósforo (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).	57
18.	Concentración de potasio (%) en hojas de ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.	59
19.	Concentración de Potasio (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).	60
20.	Concentración de Potasio (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).	61
21.	Concentración de Magnesio (%) en hojas de ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.	63
22.	Concentración de Magnesio (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266-P 130- K 377- Ca 52- S 43).	64
23.	Concentración de Magnesio (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).	65
24.	Concentración de Calcio (%) en hojas de ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.	67
25.	Concentración de Calcio (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).	68
26.	Concentración de Calcio (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).	69
27.	Concentración de Azufre (%) en hojas de ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.	70
28.	Concentración de Azufre (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).	72

29.	Concentración de Azufre (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).	73
30.	Extracción de Nitrógeno (kg/ha) en ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.	76
31.	Extracción de Nitrógeno (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).	77
32.	Extracción de Nitrógeno (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).	78
33.	Extracción de Fósforo (kg/ha) en ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.	80
34.	Extracción de Fósforo (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).	81
35.	Extracción de Fósforo (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).	82
36.	Extracción de Potasio (kg/ha) en ají escabeche empleando dos niveles de fertilización	84
37.	Acumulación de potasio (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).	86
38.	Extracción de Potasio (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).	87
39.	Extracción de Magnesio (kg/ha) en ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.	89
40.	Extracción de Magnesio (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).	90
41.	Extracción de Magnesio (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).	91
42.	Extracción de Calcio (kg/ha) en ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.	93

43.	Extracción de Calcio (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).	94
44.	Extracción de Calcio (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).	95
45.	Extracción de Azufre (kg/ha) en ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.	97
46.	Extracción de Azufre (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266-P 130- K 377- Ca 52-S 43).	99
47.	Acumulación de Azufre (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).	100
48.	Extracción total de macronutrientes (kg/ha).	101
49.	Extracción total de macronutrientes en la dosis completa de fertilización. (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).	104
50.	Extracción total de macronutrientes en la dosis media de fertilización.	104
51.	Rendimiento de fruto fresco en el campo, por nivel de fertilización	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
Nº		
1.	Extracción de macronutrientes en 10 variedades de ají mexicano	28
2.	Ubicación Geográfica del campo experimental	32
3.	Variaciones en la temperatura ambiental en el campo en estudio.	37
4.	Variaciones en la humedad relativa ambiental en el campo en estudio	37
5.	Variaciones de la incidencia de precipitación en el campo en estudio.	38
6.	Acumulación de Materia seca (kg/ha) en ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.	45
7.	Acumulación de Materia seca (kg/ha) en el nivel de fertilización con la dosis completa (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).	46
8.	Acumulación de Materia seca (kg/ha) en el nivel de fertilización con la dosis media (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).	47
9.	Concentración de Nitrógeno (%) en hojas de ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.	50
10.	Concentración de Nitrógeno (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).	52
11.	Concentración de Nitrógeno (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 188 –Ca 26- S 22.5).	53
12.	Concentración de Fósforo (%) en hojas de ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.	54
13.	Concentración de Fósforo (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).	56
14.	Concentración de Fósforo (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).	57

15.	Concentración de potasio (%) en hojas de ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.	58
16.	Concentración de Potasio (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).	60
17.	Concentración de Potasio (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).	61
18.	Concentración de Magnesio (%) en hojas de ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.	62
19.	Concentración de Magnesio (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).	64
20.	Concentración de magnesio (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).	65
21.	Concentración de Calcio (%) en hojas de ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.	66
22.	Concentración de calcio (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).	68
23.	Concentración de calcio (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).	69
24.	Concentración de Azufre (%) en hojas de ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.	70
25.	Concentración de Azufre (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).	72
26.	Concentración de Azufre (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).	73

27.	Extracción de Nitrógeno (kg/ha) en ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.	75
28.	Extracción de Nitrógeno (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).	77
29.	Extracción de Nitrógeno (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).	78
30.	Extracción de Fósforo (kg/ha) en ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.	79
31.	Extracción de Fósforo (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).	81
32.	Extracción de Fósforo (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).	82
33.	Extracción de Potasio (kg/ha) en ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.	84
34.	Extracción de Potasio (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).	85
35.	Extracción de Potasio (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).	86
36.	Extracción de Magnesio (kg/ha) en ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.	88
37.	Extracción de Magnesio (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).	90
38.	Extracción de Magnesio (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).	91

39.	Extracción de Calcio (kg/ha) en ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.	92
40.	Extracción de Calcio (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).	94
41.	Extracción de Calcio de Calcio (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 – Ca 26- S 22).	95
42.	Extracción de Azufre (kg/ha) en ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.	97
43.	Extracción de Azufre (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).	98
44.	Extracción de Azufre (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).	99
45.	Extracción total de macronutrientes para la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).	102
46.	Extracción total de macronutrientes para la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).	102
47.	Porcentage de la producción total de fruto fresco	106

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Pág.
N°		
1.	Cuadro de nutrientes aplicados en cada dosis de fertilización, por tratamiento al final de la campaña.	119
2.	Cuadro de aplicación de fertilizantes durante el ciclo del cultivo de ají escabeche.	120
3.	Cuadro de aplicaciones fitosanitarias en el cultivo de ají escabeche	121
4.	Cuadro de plagas encontradas durante el ciclo del cultivo de ají escabeche.	123
5.	Fechas de muestreos en el cultivo de ají escabeche.	124
6.	Concentración de Nitrógeno (%) en hojas.	124
7.	Concentración de Fosforo (%) en hojas.	125
8.	Concentración de Potasio (%) en hojas.	126
9.	Concentración de Magnesio (%) en hojas.	126
10.	Concentración de Calcio (%) en hojas.	127
11.	Concentración de Azufre (%) en hojas.	128
12.	Análisis de variancia de las concentraciones de Nitrógeno en hojas de ambas dosis.	128
13.	Análisis de variancia de las concentraciones de Fosforo en hojas de ambas dosis.	129
14.	Análisis de variancia de las concentraciones de Potasio en hojas de ambas dosis	129

15	Análisis de variancia de las concentraciones de Magnesio en hojas de ambas dosis.	129
16	Análisis de variancia de las concentraciones de Calcio en hojas de ambas dosis.	130
17	Análisis de variancia de las concentraciones de Azufre en hojas de ambas dosis.	130
18	Cuadro de producción de fruto fresco obtenido en el campo en la dosis media de fertilización	131
19	Cuadro de producción de fruto fresco obtenido en el campo en la dosis completa de fertilización	132
20	Prueba de Tukey para rendimiento de fruto fresco	132

I. INTRODUCCIÓN

El ají escabeche (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) es un cultivo que está adquiriendo importancia en la actualidad, debido al aumento en la demanda interna para el uso como condimento, en fresco y molido. Según la encuesta realizada en el 2012 por la consultora Ipsos Apoyo el 75 por ciento de los hogares peruanos consumen salsas y cremas de ají escabeche (ALICORP, 2012). El *boom* gastronómico peruano no sería posible sin el ají, insumo característico de la comida peruana; es por ello, el incremento de la demanda en el mercado de agro exportación por parte de los restaurantes de comida peruana en el extranjero. Asimismo la gastronomía peruana no podría avanzar sin este gran aporte de la agricultura (Apega *et al.*, 2009).

El ají escabeche es un ají nativo de los valles costeros del Perú y si bien se adapta a un amplio rango de condiciones de suelos en costa, los factores que intervienen en una mejor producción también están relacionados con el abastecimiento de los nutrientes en cantidades óptimas para lograr una adecuada producción, considerando que un mal aprovisionamiento de estos va a redundar en los rendimientos y calidad de los frutos, ocasionando una baja en la producción o un alto porcentaje de descarte; a esto se puede agregar un incremento en los costos de producción cuando hay el empleo de niveles de fertilización altos.

Los estudios de absorción de nutrientes contabilizan la extracción o consumo de un cultivo al completar su ciclo de producción, por tanto estos estudios no constituyen sólo una herramienta de diagnóstico en campo como el análisis foliar, sino también contribuyen para dar confiabilidad y solidez a los programas de fertilización. Estos estudios permiten conocer la cantidad de nutrientes que es absorbida en un momento dado en un cultivo, necesario para producir un rendimiento determinado en un momento definido del ciclo fenológico (Bertsch, 2003).

Muy pocos trabajos relacionados al manejo agronómico de este cultivo han sido realizados, por lo tanto existe escasez de información sobre este tipo de estudios en esta especie. La presente investigación muestra un estudio sobre la determinación de la curvas de extracción de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S) en el cultivo de ají escabeche (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) bajo las condiciones del valle Chicama en la región La Libertad y de esta forma contribuir en el manejo nutricional más adecuado para esta hortaliza.

II. OBJETIVO

Los principales objetivos de la presente investigación fueron:

- Determinar la curva de extracción de macronutrientes en el cultivo de ají escabeche (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*) bajo las condiciones del valle Chicama.
- Determinar el efecto de dos niveles de fertilización en la extracción de nutrientes y en el rendimiento del cultivo de ají escabeche en el valle Chicama.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 EL CULTIVO DE AJÍ ESCABECHE

El género *Capsicum* es una especie de la familia de las solanáceas, que incluye aproximadamente 25 especies y tiene su centro de origen en las regiones tropicales y subtropicales de América del Sur, correspondiendo a las áreas de Bolivia - Perú, donde se han encontrado semillas de formas ancestrales de más de 7.000 años A.C., y se habría diseminado a toda América (Nicho, 2004). Asimismo, se agrega que existen especies de interés como son *Capsicum chinense*, *Capsicum frutescens*, *Capsicum pubescens* y *Capsicum baccatum*, cuyo producto es conocido como ají andino, siendo muy importante dentro de la gastronomía del Perú, utilizándose en varias preparaciones y en diferentes cantidades, graduando el picor y el color, de tal manera que es un saborizante y un colorante a la vez.

El *Capsicum baccatum* var. *pendulum* o ají escabeche, es endémico del Perú desde hace 8.500 años A.C., proveniente de la Cueva de Guitarrero en el Departamento de Ancash (Berrin y Larco , 1997). Su periodo de producción es de aproximadamente 120 a 150 días, cultivándose de 0 a 1600 msnm, siendo ampliamente difundido en Sudamérica predominando su cultivo en las zonas adyacentes a los Andes (FAO, 2007). Según Nicho (2004) las zonas de producción están distribuidas a lo largo de la costa peruana desde Tacna hasta Tumbes, sembrándose actualmente cultivares criollos que se han adaptado a cada una de las zonas agroecológicas establecidas, presentando determinada característica de fruto en cada uno de esos lugares.

3.1.1 Clasificación Taxonómica

El sistema integrado de información taxonómica (ITIS, 2012) propone la siguiente jerarquía taxonómica:

Reino	:	Plantae
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnoliopsida
Subclase	:	Asteridae
Orden	:	Solanales
Familia	:	Solanaceae
Género	:	<i>Capsicum</i> L., 1753
Especie	:	<i>C. baccatum</i> L., 1767
Variedad	:	<i>Capsicum baccatum</i> var. <i>pendulum</i> (willd.) Eshbaugh.

3.1.2 Descripción Botánica

MORFOLOGÍA:

Son plantas herbáceas o arbustivas de tronco leñoso y ramificación dicotómica. El sistema radical se ramifica y forma un conjunto de raíces laterales. La hoja es lisa y brillante, tiene forma lanceolada, posición alterna, forma de la base asimétrica y forma del ápice puntiagudo. Las flores del género *Capsicum* presentan el cáliz de cinco lobos; la corola tiene forma de copa con cinco ó siete lobos; los cinco estambres son rectos, con filamentos cortos, el color del polen es amarillo y la posición de las anteras son basifijas; el ovario tiene posición súpero, es esférico o cónico, termina en un estigma simple que sobresale de los estambres que lo rodean, la posición del pistilo situado entre las anteras hace posible que la mayoría de los casos haya autopolinización. Los *Capsicum* son plantas diploides ($2n=12$) (Ortiz, 1983; Nuez *et al.*, 1996; León, 2000).

FLORES:

Presenta flores solitarias en cada nudo, con pedicelos erectos o doblados en la antesis, sin constricción anular en la unión con el pedicelo. Corola de color blanco con tonos de verde claro a crema, pétalos ligeramente revolutos, con manchas amarillas difusas en la base, a ambos lados de los nervios centrales de los pétalos. Anteras de color amarillo, azul a púrpura. Cáliz campanulado, con dientes prominentes y alargados por lo general más de 0.5 mm de largo, más notable en el fruto maduro (Nuez *et al.*, 1996; León, 2000; Eshbaugh, 2012).

FRUTOS Y SEMILLAS:

El fruto es una baya, posee un fruto por axila, la posición del fruto en la planta es péndulo y persistente (Ortiz, 1983; Nuez *et al.*, 1996; León, 2000).

Las semillas son de forma aplanada, lisa y redondeada, mide 2.5 a 3.5 mm de diámetro de color amarillo a crema (APEGA *et al.*, 2009; Eshbaugh, 2012).

El Programa de Hortalizas-UNALM describe al fruto con forma de globo alargado y cónico; de tamaño variable, su color es verde al principio y luego con la madurez cambia a anaranjado; la base del fruto está formada por el extremo del pedúnculo y los tejidos desarrollados a partir del receptáculo floral, en la parte interna del fruto posee entre dos a cuatro lóbulos y presenta una cavidad entre la placenta y la pared del fruto; el pericarpo está formado de tres capas: epicarpo o capa externa, mesocarpo o zona carnosa intermedia y el endocarpo o capa interna; en el tejido placentario es donde se concentra mayoritariamente la capsaicina, que es producida por las glándulas que se encuentran en el punto de unión de la placenta y la pared de la vaina; el corazón, es una estructura de forma cónica que se encuentra cubierta por el tejido placentario; los septos o costillas son tabiques que dividen la cavidad interna del ají (APEGA *et al.*, 2009).

3.2 FENOLOGÍA DEL CULTIVO

El ají escabeche presenta los siguientes estados fenológicos: germinación y emergencia, desarrollo vegetativo, diferenciación floral- floración, fructificación y maduración de fruto.

La duración de las etapas fenológicas del cultivo está influenciada principalmente por la temperatura. La emergencia de la plántula tiene una duración de siete días. En el desarrollo vegetativo ocurren dos periodos; el crecimiento de la plántula donde se desarrollan las hojas verdaderas y el sistema radicular, y crecimiento vegetativo rápido, que se da a partir de la producción de la sexta y octava hoja, la tasa de crecimiento del sistema radical se reduce y las del follaje y tallo se incrementan. el tallo principal se bifurca y, a medida que la planta crece, ambas ramas se sub ramifican. La diferenciación floral ocurre a los 65 a 75 días después de la emergencia. En la floración la planta produce abundantes flores terminales, a partir de esta etapa los ciclos de producción de frutos se traslapan con la etapa de crecimiento vegetativo (Nicho, 2004; Jaramillo, 2005; Zarate, 2012).

3.3 NUTRICIÓN MINERAL

Navajas (2011) menciona que la nutrición vegetal se define como el conjunto de relaciones existentes entre determinados componentes químicos y la planta, incluyendo en este concepto todos los procesos relacionados: absorción, transporte, utilización y eliminación de nutrientes. Además, es un proceso extremadamente complejo mediante el cual las plantas obtienen una parte de los elementos necesarios para vivir. En él suceden una gran cantidad de interacciones de tipo físico, químico, biológico y bioquímico. La adquisición de los elementos minerales por las raíces a partir de la solución del suelo, constituye el primer paso en la nutrición mineral de las plantas.

Se requieren varios factores para el crecimiento vegetal, como luz, CO₂, agua y nutrientes minerales; asimismo, los elementos con funciones específicas y esenciales en el metabolismo de las plantas se clasifican según su concentración en la planta en dos grupos, los macronutrientes y los micronutrientes (INPOFOS, 1993; Azabache, 2003). Al incrementar el suministro de cualquiera de los factores del crecimiento vegetal desde su deficiencia se incrementa la tasa de crecimiento y rendimiento, aunque la respuesta aminora como se incremente el suministro del factor de crecimiento; esta relación fue formulada matemáticamente para nutrientes minerales por Mitscherlich como una ley de los incrementos decrecientes del rendimiento (Marschner, 1995).

El contenido de nutrientes varía con la edad de la planta; al inicio del período vegetativo hay una alta concentración de nutrientes en los tejidos, luego tienden a declinar con el aumento del crecimiento hasta la madurez, a excepción de algunos iones como el Ca^{+2} que se acumula en las hojas viejas. Asimismo hay diferencias marcadas de acumulación de nutrientes entre los diferentes órganos de la planta (Demolon, 1966).

3.4 FERTILIZACIÓN MINERAL

La fertilización en los cultivos sigue una dinámica de acuerdo a las condiciones del medio y a los requerimientos nutricionales del cultivo (Tisdale, 1991). Salazar – García (2002) indica que en la actualidad se usan fertilizantes ampliamente para suministrar los nutrimentos necesarios a la mayoría de los cultivos y que todavía existe mucha confusión respecto a que si la fertilización inorgánica, basada en fertilizantes producidos sintéticamente, es mejor que la orgánica; sin embargo, los nutrimentos siempre son absorbidos por las raíces de las plantas en las mismas formas iónicas, independientemente de si provienen de fuentes orgánicas o inorgánicas.

La naturaleza y conducta de un nutriente en el suelo es importante para determinar su eficiencia. Los nutrientes con potencial de acumulación en el suelo, como el fósforo y el potasio, pueden verse a corto plazo, sin embargo, se prestan más para que su eficiencia y recuperación sean evaluadas a largo plazo. Por otro lado, la eficiencia del nitrógeno generalmente se evalúa en el corto plazo, o en un solo ciclo de crecimiento, debido a la naturaleza transitoria del nitrógeno inorgánico (potencial de volatilización, denitrificación y lixiviación); sin embargo, cuando existe potencial para elevar las reservas de carbono en el suelo, es más apropiado evaluar la eficiencia de nitrógeno a largo plazo, debido a que lo que afecta el balance de carbono también afecta el balance de nitrógeno ya que la relación C:N de la materia orgánica del suelo es relativamente constante (Stewart, 2007).

El rendimiento de la mayoría de los cultivos es específico del sitio y época del año y dependen del cultivar, prácticas de manejo y clima, etc., por esta razón, es crítico que se establezcan metas de rendimiento reales y que se apliquen nutrientes para lograr esta meta. La aplicación de cantidades menores o mayores a las necesarias resulta en una pobre

eficiencia de uso de los nutrientes o en pérdidas en el rendimiento y calidad del cultivo (Stewart, 2007).

3.5 ABSORCIÓN DE NUTRIENTES

Se entiende por absorción la cantidad total de nutrientes utilizados por el cultivo durante su ciclo de desarrollo. La reposición de nutrientes utilizando la absorción del cultivo implica la aplicación de todos los nutrientes que fueron tomados por el cultivo y que se encuentran presente en todos sus tejidos y órganos cosechables y no cosechables (Ciampitù y García 2009).

Cuando se considera los elementos necesarios para la nutrición de las plantas, además de los elementos del carbono, hidrógeno y oxígeno (que constituyen cerca del 95 por ciento de la planta y son provistos por el aire y el agua), hay 13 elementos esenciales necesarios para el normal crecimiento y producción (Tisdale, 1991).

Dentro de estos nutrientes seleccionados por Arnon y Stout (1939) citado por Mengel y Kirkby (2000) de acuerdo con los criterios de esencialidad por él definidos, se encuentran el N, P, S, K, Ca y Mg, como macronutrientes principales, que nos indica que el suelo normalmente no puede satisfacer las necesidades de la planta, por lo que tienen que ser incorporados.

3.5.1 Factores que Afectan a la Absorción de Nutrientes

Un amplio número de factores influyen grandemente en la absorción de los elementos nutritivos por la planta y, en consecuencia, en su composición posterior. Todos ellos están íntimamente relacionados entre sí, por lo cual es muy difícil concretar la verdadera influencia de cada uno por separado. Puede clasificarse en tres grupos: según su relación con el suelo, con la planta y con las condiciones climáticas (Navarro, 2000).

Además Marschner (1995), menciona que cuando las plantas son cultivadas en volúmenes limitados de solución nutritiva, la concentración externa cambia en pocos días; las concentraciones de potasio, fosfato y nitrato disminuyen marcadamente; además, la

concentración iónica en la savia radical exprimida es generalmente mayor que en la solución nutritiva; esto es más evidente en el caso del potasio, nitrato y fosfato.

Así, Ulrich (1948) citado por Scarbrook (1965), considera algunos factores que afectan la absorción de nutrientes en su ecuación:

$$X = f(S, Cl, T, P, M, \dots)$$

Donde: X = concentración de nutrientes en la planta.

S = suelo, Cl = clima, T = tiempo, P = planta, M = manejo....

3.5.1.1 Condiciones del suelo

Los principales factores del suelo que afectan el abastecimiento de nutrientes para la planta son: la cantidad total de nutrientes difusibles, tasa de movilidad y distancia del recorrido hasta la superficie radicular. Un equilibrio entre la extracción de nutrientes para un rendimiento óptimo del cultivo y la capacidad del suelo para abastecer dichos nutrientes mantendrá la productividad del suelo (Baldwin, 1975).

Uno de los factores que influye en la disponibilidad de nutrientes es la reacción del suelo ya que afecta generalmente por su influencia en el estado de asimilación del nutriente, o en la cantidad del mismo disponible. Los casos más representativos de esta influencia son: el bloqueo o inhibición, precipitación recíproca y volatilización (Navarro, 2000). Otro de las propiedades químicas relacionadas con la disponibilidad de nutrientes es la capacidad de intercambio catiónico (CIC), la misma que depende de la fracción coloidal del suelo, a mayor fracción coloidal (arcilla, humus, sesquióxidos) el suelo tendrá mayor CIC y por ende mayor disponibilidad de nutrientes (Fassbender, 1978).

También la salinidad del suelo influye sobre la absorción de nutrientes debido a la alta concentración de sales en solución, que en algunos casos, es capaz de producir la plasmolisis en las células de la raíz, también si los suelos llegan a acumular cantidades mayores al 15% de Na⁺ cambiante, se produce la dispersión del suelo y el agua llega a ser inestable. El movimiento de arcilla hacia el subsuelo conduce la formación de "pans" que

es un horizonte compacto e impide la expansión radicular, (Szabolcs, 1971 citado por Menguel y Kirkby, 2000).

Según Baver (1973), la difusividad del aire, agua, CO₂ están gobernadas por la tortuosidad, porosidad, estructura, compactación, permeabilidad y drenaje interno; condiciones extremas disminuirán las tasas de difusión hacia la planta.

3.5.1.2 Factores climáticos

La absorción de iones aumenta generalmente con la temperatura, sin embargo, a temperaturas superiores a los 40 °C la absorción se reduce progresivamente y así también a temperaturas mínimas muy próximas a 0 °C y por lo tanto los procesos metabólicos de la planta (Crocomo, 1965; Devlin, 1976). La temperatura afecta la velocidad de síntesis y uso de los asimilados, el proceso de translocación, los fenómenos de solubilización; los que son óptimos a temperaturas entre 20 a 30 °C; es importante señalar que a temperaturas cercanas a 0 °C todavía ocurre absorción pasiva (Sutcliffe, 1979), pero anulada prácticamente la absorción de microelementos Zn, Fe, Mn (Lucas, 1976).

La luz constituye un regulador de la absorción de iones en los organismos fotosintetizadores, siendo anulada y aun con excreción de nutrientes cuando se presentan condiciones extremas de deficiencia después de un buen abastecimiento (Crocomo, 1965; Baker, 1980).

Debido a que la absorción de nutrientes es mayormente activa depende de la energía producida por los procesos metabólicos de la planta (Ritcher, 1980; Fogg, 1979), lo que indica que depende del suministro de oxígeno para la respiración adecuada. Según Topkins (1956), citado por Devlin (1976), la absorción óptima de fosfatos se alcanza a 3 por ciento de tensión de O₂, no siendo afectado hasta valores cercanos al 100 por ciento. Asimismo la presión de CO₂ y la concentración de HCO₃ son importantes para la absorción, siendo el valor óptimo en el rango de 0.05 a 0.1 por ciento de CO₂ en el aire, ya que elevadas concentraciones inhiben la absorción de iones (Sutcliffe, 1979).

El agua del suelo es otro de los factores que inciden en la absorción de nutrientes ya que actúa como solvente y vehículo de transporte de iones, asimismo proporciona la presión de turgencia de las células, y es sustrato para la fotólisis (Kramer, 1974), sin embargo los excesos de agua en el suelo crean condiciones reductoras, afectando el flujo de aire, mientras que condiciones contrarias también son dañinas para la fisiología de las plantas (Black, 1975).

3.5.1.3 Factores intrínsecos de la planta

Las plantas difieren unas de otras en su poder de absorción. Plantas distintas cultivadas en un mismo suelo pueden tener una alimentación mineral diferente, tanto desde el punto de vista cualitativo como cuantitativo; e incluso variedades de una misma especie no actúan del mismo modo (Navarro, 2000).

El contenido de nutrientes varía con la edad de la planta, al inicio del periodo vegetativo hay una alta concentración de nutrientes en los tejidos, luego tienden a declinar con el aumento del crecimiento hasta la madurez, a excepción de algunos iones como el Ca^{++} que se acumula en hojas viejas. Asimismo hay diferencias marcadas de acumulación de nutrientes entre los diferentes órganos de la planta (Crocomo, 1965; Demolon, 1966; Moreno, 1982; Navarro, 2000).

Devlin (1976), manifiesta que con el aumento de crecimiento así como de los procesos de fotosíntesis y mayor actividad metabólica, se incrementa la tasa absorción de nutrientes, tanto por el aumento del número de células como por el aumento de síntesis de carbohidratos y moléculas transportadoras, así como por la mayor superficie radicular de las plantas.

3.5.1.4 Interacción iónica

Los elementos nutritivos en estado de iones pueden ejercer unos sobre otras acciones que conducen a reducir o aumentar su absorción por la planta, mediante mecanismos no totalmente establecidos, de naturaleza físico-química, química o biológica. Estas interacciones se conocen como antagonismo y sinergismo (Navarro, 2000). Demolon

(1966), afirma que existe antagonismo entre dos iones A y B cuando, manteniendo constante A, el otro B, tiene efecto de frenar cada vez más la absorción del primero si su concentración se incrementa en el medio, mientras que el sinergismo ocurre cuando el incremento de un ión favorece la absorción de otro ión.

Existen fenómenos de antagonismo y sinergismo entre cationes y aniones que dependen de las especies iónicas y su concentración en el medio y en algunos de la permeabilidad selectiva de las membranas celulares. Son más frecuentes los efectos antagónicos entre cationes Ca, Mg, K, Na, mientras que en aniones son menos comunes (Mengel, 2000). El Cl^- , SO_4^{2-} y PO_4^{3-} pueden ser estimulados cuando la absorción del NO_3^- se deprime fuertemente; siendo el antagonismo más común es entre el Cl^- y NO_3^- .

Otros casos de antagonismo tenemos el exceso de fósforo que induce la deficiencia de Zn (Adriano *et al.*, 1971), ya sea a nivel del suelo con la posible formación de $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$, en la interferencia a la translocación de Zn desde la raíz hasta la parte aérea, o por un efecto de dilución debido a una gran respuesta de acumulación de materia seca por adición de P al suelo deficiente que provoca una alta relación P/ Zn en la parte aérea, (Moraghan, 1985; Olsen, 1977). El antagonismo K^+ con NH_4^+ en suelos se produce porque el NH_4^+ bloquea la liberación de K localizados en los espacios interbasales de los minerales de arcilla dificultando su absorción, (Usherwood, 1977; Viets, 1965). Asimismo la interacción N x K es de suma importancia con respecto a la eficiencia del N, ya que a mayores niveles de N se tendrá que aumentar más K.

Demolón (1966), menciona que el ión K^+ es antagónico con el Ca^{++} y Mg^{++} , es decir que aumentando la concentración de K^+ en el medio la absorción de Ca^{++} disminuye más aún del Mg^{++} . Otra interacción antagónica ocurre entre el K^+ y Na^+ , altas concentraciones de Na^+ compiten con el K^+ posiblemente porque ambos utilizarían el mismo transportador (Kramer, 1974; Mozafar, 1970).

Wallace (1984), citado por Demolón (1966), indica las acciones antagónicas que se producen tal que el incremento del primero disminuye la absorción del segundo: N/P, N/K, K/Mg, K/Mn, K/Zn, Mg/Ca, Ca/Mn y P/Zn, mientras que existe sinergismo tal que la absorción del primero favorece la absorción del segundo: N/Mg, K/Fe; mas aún la

presencia de aniones metabolitamente importantes como el NO_3^- y H_2PO_4^- , a menudo estimula la absorción de otros iones probablemente por su gran acción metabólica (Sutcliffe, 1979).

Por otro lado el P estimula la absorción de Mo quizá facilitando el transporte en forma del complejo fosfomolibdico (Morvedt, 1972). Así también Lucas (1976); Chapman (1966), establecen que los excesos de Ca, Mg, K, P, Mn, Cu, Mo, Zn ocasionan deficiencias de Fe, probablemente por intercambio y competición por el quelante y molécula transportadora. Asimismo altos niveles de N y P pueden fomentar la deficiencia de Cu y un exceso de Mg disminuye la absorción de Mn (Mengel, 2000) y se nota un efecto sinérgico entre el P y Mg (Crocomo, 1965; Adriano *et al.*, 1971) como también entre el K y Zn (Tiwari *et al.*, 1982) y entre el K^+ y NO_3^- (Tesda *et al.*, 1979).

3.6 EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES

Se refiere a la cantidad total de nutrientes en los órganos cosechados, grano, forraje u otros (Ciampittí y García, 2009). Las hortalizas incluyen cultivos en los que se comercializan desde algunas frutas (por ejemplo, tomates y calabazas), hojas (lechuga y repollo), raíces (zanahorias y nabo) e inclusive tallos (apio) y flores (coliflor). Esto nos permite caracterizar la complejidad y la precisión requerida para la fertilización de estos sistemas intensivos de producción (Ciampittí y García, 2009).

La extracción de nutrientes por la cosecha varía principalmente con el rendimiento obtenido, la fertilidad del suelo y la especie o variedad. La extracción total en la cosecha, ya sea del producto comercial o los residuos de cosecha, son un índice valioso para reponer al suelo parte de sus nutrientes removidos; considerando otras vías de pérdidas de nutrientes como: la lixiviación, erosión, volatilización, entre otros, para evitar el empobrecimiento del recurso suelo (Demolón, 1966).

Cuando consideramos los elementos necesarios para la nutrición de las plantas, además de los elementos carbono, hidrógeno y oxígeno que constituyen cerca del 95% de la planta y son provistos por el aire y el agua, hay 13 elementos esenciales necesarios para el normal crecimiento y producción (Instituto de la potasa y el fósforo, 1994). Estos se

encuentran clasificados usualmente en dos grupos conocidos como elementos mayores (o macronutrientes), requeridos en grandes cantidades por la planta, y elementos menores (o micronutrientes), requeridos en cantidades relativamente pequeñas. El **N, P, K, Ca, S y Mg** son considerados macronutrientes. Los micronutrientes incluyen al Zn, Fe, Mn, Cu, B, Cl y Mo.

Debido a las diferencias entre el crecimiento de las plantas y la absorción de nutrientes, así como la redistribución de nutrientes dentro de la planta; puede ocurrir la "dilución", cuando la tasa de crecimiento supera a la velocidad de absorción e inversamente la "concentración" cuando el crecimiento de la planta es retardado por algún factor adverso. Estas dos situaciones pueden conducir a interpretaciones erróneas de los resultados de análisis de tejidos (Benton, 1972).

3.7 LOS ELEMENTOS Y LA FERTILIZACIÓN

3.7.1 Nitrógeno

Las múltiples funciones que cumple el nitrógeno en la planta han sido discutidas por Mengel y Kirkby (2000); Marschner (1997), entre otros. Salisbury y Ross (1994), señalan que dado que el nitrógeno está presente en muchos compuestos esenciales para el crecimiento, desarrollo y constitución de la planta, no es sorprendente que el crecimiento sea lento en plantas poco provistas en este elemento.

Malavolta *et al.* (1989), indican que el papel del nitrógeno en la formación y la calidad de la cosecha está dada por la formación y desarrollo de las yemas floríferas y fructíferas, por un mayor crecimiento vegetativo y por el aumento en el contenido de proteína de la parte cosechada. Convirtiéndose en uno de los nutrientes que determina los rendimientos y es la base del abonamiento para los cultivos (Gros, 1981), además confiere calidad a las cosechas e interviene en la producción de semillas y frutos (Díaz, 1985).

La materia seca vegetal contiene alrededor de 0.4 a 4 por ciento, señalando que la variación en la concentración está en función de varios factores como: especie, variedad

y/o cultivar, órgano y edad de la planta (Chapman, 1979). Mengel y Kirkby (2000), sostienen que el contenido de nitrógeno en la materia seca de las plantas va del 2 a 4 %.

Tanto las formas nítricas (NO_3^-) como las amoniacales (NH_4^+) pueden ser absorbidas y metabolizadas por la plantas, siendo el nitrato una fuente preferencial, pero depende bastante de la especie vegetal y de los factores medio ambientales. Los cultivos superficiales absorben principalmente el NO_3^- incluso cuando se aplican fertilizantes NH_4^+ , debido a la oxidación microbiana del NH_4^+ en el suelo. La diferencia entre la absorción de ambas formas se debe principalmente a su sensibilidad al pH. La mejor absorción de N- NH_4^+ tiene lugar en un medio neutro y se deprime cuando se disminuye el pH. Lo contrario sucede para la absorción de N- NO_3^- , ocurriendo una absorción más rápida a valores bajos de pH, esto se debe al efecto competitivo de los iones OH^- que suprimen el sistema de transporte de la absorción del NO_3^- (Mengel y Kirkby, 2000).

La deficiencia de nitrógeno se caracteriza por hojas pequeñas, los primeros síntomas aparecen como un color verde pálido en las hojas, seguido por un verde amarillento, luego un amarillo verdoso y finalmente un color amarillo uniforme, cuando la deficiencia es aguda (Mengel y Kirkby, 2000). La clorosis es el síntoma más característico de la deficiencia de nitrógeno y debido a la gran movilidad de este elemento, esta aparece primero en las hojas viejas (Barcelló *et al*, 1988). Las hojas jóvenes permanecen verdes por más tiempo, ya que reciben formas solubles de nitrógeno provenientes de las hojas más antiguas. En caso de deficiencia extrema todas las hojas aparecen amarillentas y luego se queman a medida que mueren (Salisbury y Ross, 1994).

Fassbender (1978), señala que el nitrógeno del suelo está bastante ligado a la materia orgánica y al material mineral, el N orgánico representa entre el 85 y 95 % del total del N del suelo, y que las formas inorgánicas están en cantidades mínimas casi no detectables entre ellas el óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico (NO), dióxido (NO_2), amoníaco (NH_3), amonio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-) y nitrato (NO_3^-). Por lo general estas formas inorgánicas solo constituyen hasta el 2% del N total en el suelo.

El nitrógeno puede entrar y salir del sistema suelo-planta por más rutas que cualquier otro nutriente. El N está sujeto a pérdidas vía NH_3 , volatilización,

desnitrificación, lixiviación y puede ser aumentada por la lluvia y la fijación biológica. Estos intercambios son procesos importantes en el ciclo del N y operan tanto bajo condiciones naturales como de cultivo. En algunas situaciones pequeñas cantidades de gases que contienen N escapan hacia la atmósfera desde las hojas de las plantas. El nitrógeno también está en el agua de gutación excretada del follaje y en las exudaciones de las raíces. Debido a que las ganancias y pérdidas son procesos naturales, los cálculos del balance neto del N del suelo mediante un balance de masa no son más que aproximaciones. En contraste a la mayoría de otros nutrientes vegetales, no existe ningún mecanismo para el almacenamiento prolongado de N disponible para las plantas en los suelos (Stevenson, 1982).

3.7.2 Fósforo

Después del nitrógeno, el fósforo es el elemento que con mayor frecuencia resulta limitante en los suelos (Salisbury y Ross, 1994). El fósforo es parte esencial de muchos glucosfosfatos que participan en la fotosíntesis, la respiración y otros procesos metabólicos, y también forma parte de los nucleótidos y ácidos nucleicos (como, ADN y ARN) y de fosfolípidos presentes en las membranas. Asimismo es esencial en el metabolismo energético, debido a su presencia en las moléculas de ATP, ADP, AMP y pirofosfato. (PPi).

El fósforo acelera la formación de raíces, incrementa la fructificación, interviene en la maduración de frutos e incrementa el contenido de carbohidratos, grasas y proteínas en los tejidos, teniendo una función muy similar a la del magnesio y el azufre (Malavolta *et al*, 1989). Se considera un factor de precocidad en los cultivos ya que activa el desarrollo inicial de las plantas y tiende a disminuir el ciclo vegetativo, favoreciendo la maduración de las cosechas (Devlin, 1976). Además Baeyens (1970), afirma que el P es indispensable para la elaboración de hidratos de carbono (almidón), grasas (lecitinas) y de albúminas (nucleoproteínas).

La forma monovalente de fósforo es la más rápidamente absorbida por las plantas que la divalente, además el fósforo inorgánico necesita ser reducida en el interior de la célula antes de ser incorporado en los compuestos orgánicos (Díaz, 1985). Así las raíces de

las plantas absorben 10 veces más rápido el ión monovalente que el divalente (Khasawneh, *et al.*, 1986). Se redistribuye fácilmente dentro de la planta pasando de un órgano a otro, mientras que se pierden en las hojas antiguas, acumulándose en las hojas jóvenes y en las flores y las semillas que están en desarrollo (Salisbury y Ross, 1994).

Este elemento en las plantas se encuentra en forma mineral y orgánica. El fósforo orgánico está presente en las semillas especialmente en las hortalizas, la fitina (Fosfato de inositol, principal forma de reserva de P en la semilla), según Dinchev (1973), contiene 22% de P y se encuentra en los granos de aleurona, que es parte estructural del embrión de la semilla.

Los primeros síntomas de deficiencia de P en las plantas se presentan como una coloración verde oscura o verde azulada de las hojas, colores antocianicos de las hojas (en maíz en los bordes, en las venas en los tomates), que se aprecian primero en las hojas maduras por su gran movilidad en el interior de la planta; hay reducción de crecimiento y cuando hay una deficiencia grave las plantas se achaparran (Barcelló, 1980).

El fósforo (P) total en los suelos va desde 0.03 a 0.3%, en semillas los valores llegan habitualmente al 1.5 por ciento (Chapman y Pratt, 1973). El P en los suelos según Barcelló (1980), Devlin (1976), se encuentra en forma inorgánica, especialmente en forma de iones fosfato monovalente (H_2PO_4^-) y divalente (HPO_4^{2-}), predominando el ión monovalente en los suelos de reacción ácida, y el divalente en los de reacción alcalina. Es por eso que la escasez de fósforo en suelos ligeramente ácidos no es frecuente, mientras que en suelos con pH elevado, el fósforo se vuelve altamente insoluble cuando reacciona con los componentes del suelo especialmente carbonato de calcio. Suelos con elevado contenido de fósforo por lo tanto, no siempre aseguran una alta concentración de nutriente en la planta (Sparks, 1988). Las deficiencias de fósforo son más frecuentes de encontrar en suelos arenosos y con bajo contenido de materia orgánica, dependiendo de las aplicaciones del elemento. En lugares donde se aplica una fertilización completa con N, P, K el fósforo no resulta deficitario (Childers, 1982).

No solamente la concentración de fósforo en de la solución es usualmente baja, sino que también se mueve muy lentamente, principalmente por difusión. El coeficiente de

difusión para el P de la solución suelo encontrado por Olsen et al (1981) era $< 10^{-2}$ que en el agua. Barber et al (1963) reportaron valores para la tasa de difusión del P₃₂ en el suelo tan bajos como 4×10^{-11} cm.seg⁻¹, en tanto Lewis y Quirk (1967), dieron la velocidad promedio de los iones fosfato en tan solo 0.04 mm/día para un nivel de P aplicado de 100 ppm.

El P orgánico de los residuos vegetales y heces animales es retornado normalmente a la superficie del suelo, e incorporado dentro de la capa arable hasta cierto limite por los organismos del suelo. Gran parte del P devuelto al suelo por sistema planta-animal está en forma orgánica alrededor del 40 por ciento del P en los residuos vegetales y de 60 a 70 por ciento en las heces de los animales (Khasawneh *et al.*, 1980).

3.7.3 Potasio

El potasio estimula el desarrollo vegetativo, promueve el almacenamiento de azúcares y almidón, aumenta la eficiencia en el uso del agua por la planta y aumenta la resistencia a sequías, plagas y enfermedades (Malavolta *et al.*, 1989).

Si bien el potasio no es constituyente de ninguna de las estructuras y compuestos orgánicos de la planta, es esencial en casi todos los procesos necesarios para mantener la vida de ésta. El K juega un papel vital en la fotosíntesis, transporte de los productos de la fotosíntesis, regulación de los estomas de la planta y activación de las enzimas de la planta (Instituto de la Potasa y el Fósforo, 1994).

En las plantas según Champan (1979), el potasio se encuentra dentro de la gama de 0.20 a 3.5% de la materia seca. Epstein (1975), citado por Diaz (1985), el contenido de potasio en la materia seca de las plantas está alrededor del 1%.

El Instituto de la Potasa y el Fósforo (1994), considera que el nivel mínimo absoluto de potasio intercambiable en la agricultura tropical es alrededor de 0.10 meq/100 g suelo pero puede variar 0.07 a 0.20 meq/100 g suelo dependiendo de la clase suelos y plantas. Champan y Pratt (1973), señala que el contenido de potasio (K) en los suelos varía de 0.05 a 2.5 por ciento.

La mayoría de suelos ácidos en los trópicos contienen muy bajos niveles de potasio total y disponible. El potasio en los suelos se encuentra en 4 formas: como componente estructural de los minerales primarios (micas y feldespatos de K); potasio que está atrapado temporalmente en las arcillas expandibles (illita y montmorillonita); potasio intercambiable sostenido por los coloides del suelo cargados negativamente, y una pequeña cantidad de K soluble presente en la solución del suelo. El potasio está disponible para la absorción por las plantas bajo la forma de catión cambiante (K^+) en la solución del suelo (Bidwell, 1979).

Se consideran cuatro las condiciones del suelo que afectan marcadamente las cantidades de potasio fijado: (a) la naturaleza de los coloides del suelo, (b) el humedecimiento y secado, (c) el congelamiento y el derretimiento, (d) la presencia de calcáreo en exceso. A veces la aplicación de calcáreo en exceso ocasiona un incremento en la fijación de potasio de los suelos. El encalado puede tener efectos adversos sobre la disponibilidad de potasio de otras formas. Por ejemplo en los suelos donde las cargas negativas son dependientes del pH, el encalado incrementa la capacidad de intercambio catiónico, lo que ocasiona una adsorción de potasio incrementada por los coloides del suelo y una disminución del nivel de potasio de la solución suelo. Además, los elevados niveles de calcio en la solución suelo pueden reducir la absorción de potasio por las plantas. Finalmente se ha notado deficiencias de potasio en los suelos con excesos de carbonato de calcio. Es por eso que las aplicaciones frecuentes y ligeras tienen algunas ventajas sobre las aplicadas en una sola vez y menos frecuentes. Tal conclusión se basa en el consumo de lujo del potasio por algunos cultivos, y al hecho de que el exceso de potasio está sujeto a fijación (Brady, 1990).

El potasio en la planta es muy móvil, siendo su principal dirección de transporte hacia los tejidos meristemáticos. A menudo el K^+ de los órganos más viejos de la planta es redistribuido hacia los tejidos más jóvenes. La razón por la cual es transportado preferencialmente hacia los tejidos meristemáticos jóvenes aún se desconoce, pero se han postulado las relaciones hacia la síntesis de proteínas, tasa de crecimiento y el suministro de citoquininas. Así, la absorción y el transporte de K^+ hacia las hojas más jóvenes son favorecidas en las plantas bien suministradas con N. La síntesis de proteínas y la tasa de crecimiento son estimuladas por las citoquininas, que también mejoran la absorción de K^+ . El grueso del K^+ es absorbido principalmente durante la fase de crecimiento vegetativo.

La deficiencia del potasio en las plantas, según Barcelló (1980), se manifiesta como un moteado de manchas cloróticas seguida de zonas necróticas en la punta y bordes de las hojas, mostrándose primero en las hojas maduras, acortamiento de los entrenudos y en condiciones extremas las yemas terminales y laterales mueren. Además son menos tolerantes a condiciones ambientales extremas como sequía, exceso de agua, viento y altas o bajas temperaturas (Instituto de la Potasa y el Fósforo, 1994).

3.7.4 Calcio

El calcio, se menciona que este actúa como un factor indispensable de cohesión, que mantiene a las células unidas y sostiene la estructura en los tejidos de la planta; sin calcio, el desarrollo de nuevos tejidos radiculares y de brotes se detiene (división celular y extensión); como consecuencia entonces el rendimiento del cultivo es gravemente afectado (siendo considerado este nutriente clave o responsable de la firmeza en frutos de pimiento); y unido a esto último, el calcio también retardaría la senescencia de las hojas resultando en hojas con un mayor tiempo activas capaces de continuar el proceso de la fotosíntesis (Berríos *et al.*, 2007).

El calcio en el suelo se presenta en varios minerales primarios. Estos incluyen el Ca contenido en los aluminosilicatos tales como los feldspatos y los anfíboles, los fosfatos de Ca y los carbonatos de Ca. Los últimos son particularmente importantes en los suelos calcáreos y están usualmente presentes como calcita (CaCO_3) o dolomita ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$). El contenido de Ca de diferentes tipos de suelo varía ampliamente dependiendo principalmente del material parental y del grado en el cual la meteorización y la lixiviación han influenciado en el desarrollo del suelo (Mengel y Kirkby, 1978).

3.7.5 Magnesio

El magnesio es el centro de la molécula de clorofila, específicamente en el centro del anillo tetrapirrol y es necesario para la formación de otros pigmentos. Forma quelatos con ADP, ATP y varios ácidos orgánicos, por lo que es esencial en cientos de reacciones enzimáticas, durante la formación de DNA y RNA funciona como un puente entre las estructuras pirofosfatadas del ATP o ADP y la molécula de la enzima, la activación de la ATPasa por el magnesio se produce por esta función de puente.

El magnesio activa las enzimas de la fosforilación de la fotosíntesis y de la fosforilación oxidativa, además de las fosfoquinasas y algunas deshidrogenasas y enolasas. Una reacción clave del magnesio es la activación de rubisco, como consecuencia de esa activación, el magnesio tiene un efecto favorable en la asimilación de CO₂ y procesos relacionados como producción de azúcar y almidón.

La distribución del Mg en los suelos puede considerarse en la misma forma que la distribución del K, y dividirse en formas no intercambiables, intercambiables y solubles en el agua. Estas tres formas están en equilibrio.

Desde lejos la mayor fracción del Mg del suelo está en la forma no intercambiable que incluye a todo el Mg de los minerales primarios y la mayor parte del Mg de los minerales arcillosos secundarios. El nivel de Mg en los suelos depende en gran medida del tipo de suelo. El material parental también juega un papel y generalmente los suelos desarrollados a partir de rocas ricas en Mg tales como el basalto, la peridotita, y la dolomita están bien suministrados con Mg (Mengel y Kirkby, 1978).

3.7.6 Azufre

La mayor parte del azufre en las plantas se encuentra en las proteínas, específicamente en los aminoácidos Cisteína y Metionina (Gardner *et al.*, 1985). El azufre está presente en todos los centros activos de las enzimas; forma parte de las vitaminas Tiamina (B₁) y Biotina, la coenzima A, el Péptido Glutación, la Ferredoxina y en los

glucósidos, como el aceite de mostaza que contribuyen al olor y sabor característico de plantas de las familias Cruciferae y Liliaceae (Gardner *et al.*, 1985; Jones *et al.*, 1972).

Muchas rocas ígneas contienen entre 0,05 y 0,03 por ciento de azufre, principalmente como sulfuro de hierro, níquel y cobre, las rocas ígneas básicas generalmente tienen un contenido más alto que las de tipo ácido, y el contenido de sulfatos de algunas rocas sedimentarias es con frecuencia apreciable (Whitehead, 1964).

De acuerdo con Cairns y Richer (1960) el azufre está presente en los suelos tanto en forma orgánica como inorgánica. En las regiones húmedas, está presente en minerales como pirita o marcasita (Fe_2S), cantidades menores sphaelrita (ZnS), calcopirita (CuFeS_2), cobaltita (CoArS), y cantidades variables de yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Anotan que existe una variación en el contenido de azufre en los suelos de distintas regiones del mundo de 2,2 a 3,500mg S/100 gr.

3.8 EFECTOS DE LA FERTILIZACIÓN SOBRE LA ABSORCIÓN Y EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES

Felles (2009), en un experimento en suelos de costa, evaluó la una fertilización de N, P y K versus testigos sin fertilizar en dos variedades del cultivo de alcachofa; determinando que la aplicación Nitro-Fosfo-Potásica fue superior en rendimiento de materia seca y absorción de nutrientes minerales, representando un incremento en el rendimiento del 28 por ciento respecto a los testigos no fertilizados de las mismas variedades. También determinó que la máxima acumulación se da entre los 60 a 180 días después del trasplante, los mismos que declinaron a medida que avanza la edad de la planta.

Palacios (1995), en un experimento sobre la influencia de la fertilización nitro-fosfo-potásica sobre la absorción de nutrientes en el cultivo de cebolla en cada órgano, encontró que dicha fertilización sobre todo la nitrogenada tuvo un efecto significativo en la formación de materia seca y rendimiento total del cultivo. Además indica que las hojas presentan una alta absorción hasta los 100 días después del trasplante, posterior al cual el bulbo es la que domina la absorción total, el comportamiento es similar para todos los

nutrientes. Indica también que el inicio de la máxima demanda de nutrientes fue a partir de los 50 días después del trasplante.

Quiroz (1988), reporta que la acumulación de materia seca en el cultivo de melón durante su desarrollo se asemeja a una curva sigmoideal, con un periodo de máxima acumulación de materia seca total entre los 45 y 75 días después de la siembra, no siendo esta curva influenciada por la dosis de fertilización usada. Establece que entre los 45 y 60 días después de la siembra se produce la mayor extracción de elementos nutritivos por la planta.

Carrillo (1989), concluye que las dosis de fertilización no afectan estadísticamente las tendencias de acumulación en el tiempo de materia seca y extracción de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en el cultivo de cebolla var. "Texas Early Grano 502". Indica que el mayor ritmo de crecimiento en el caso de la cebolla de trasplante se da luego del primer mes de cultivo, lo que coincide con el periodo de máximo requerimiento de nutrientes y de acumulación de materia seca. Este periodo coincide, con la etapa de desarrollo y maduración de los bulbos. Además señala que los bulbos son los que acumulan mayores cantidades de nutrientes en las etapas finales a diferencia de las hojas.

Sodevilla (1994), en un experimento con diferentes niveles de N, P, K, Ca y Mg en el cultivo de marigold, encontró que hay una influencia marcada de los niveles de fertilización sobre la acumulación de materia seca y la extracción total de nutrientes, es decir que a mayor dosis de fertilización mayor cantidad extraída del elemento, además indica que la concentración de los macronutrientes (N, P, K, Ca y Mg) en el follaje no fueron afectados por los niveles de fertilización usados en el estudio.

Bedón (1972), estudió tres dosis de abonamiento nitro-fosfo-potasica y su efecto sobre la absorción de Ca y Mg por tomate, no encontró diferencias significativas en la absorción de estos elementos con respecto a dosis crecientes de abonamiento, pero si los hubo entre partes de la planta, es así el Ca se acumuló mayormente en las hojas y peciolo, mientras que el magnesio en peciolo.

3.9 LA EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES EN PIMIENTO EN OTRAS LATITUDES

Según Rincón *et al.* (1993), indican que de las cantidades totales extraídas, los frutos exportan la mayor parte del nitrógeno (64 %) y fósforo (75%), siendo el resto de órganos vegetativos (hojas, tallos y peciolos) los que acumulan la mayor cantidad de calcio (95%) y magnesio (75%). El potasio es acumulado prácticamente en partes iguales por frutos y resto de órganos vegetativos. Las mayores cantidades de nutrientes extraídas por el cultivo, se consumen desde la primera recolección hasta el final del periodo de cultivo (Schroeder y Martínez, 2004).

En el ají, 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 (Ramírez, 2000). Asimismo, cabe indicar que Acchireddy *et al.* (1986), citado por Azofeifa *et al.* (2005), observaron una tendencia creciente del contenido total de nitrógeno en el fruto hasta los 55 días después de la antesis floral.

Además, Bertsch (2005), indica que cada variedad de una misma especie puede también presentar características particulares de comportamiento y producción que se pueden expresar en diferente capacidad de absorber nutrientes; no habiéndose establecido parámetros para diferentes estados de desarrollo de la planta.

Arteaga (2012), en un estudio para determinar las curvas de extracción de macronutrientes en dos cultivares de pimiento (Vencedor y Mulato) bajo las condiciones de la costa peruana (Casma), determinó que para producir 8.34 ton/ha de pimiento deshidratado del cultivar Vencedor (Kg/ha) necesitó: N 225.65; P 20.70; K 180.00; Ca 102.00; Mg 32.01; S 20.66. Mientras que para el cultivar Mulato que obtuvo 8 ton/ha extrajo: N 207.41; P 26.89; K 290.00; Ca 116.07; Mg 13.00; S 24.00 determina también que la acumulación máxima de materia seca ocurrió entre los 45 a 120 días después del trasplante y que a partir de los 75 días después de éste se empieza con la traslocación de

nutrientes a los órganos de reserva; además los frutos fueron los órganos que extrajeron mas N, P, K, S seguido de hojas, tallos y raíces.

En otro trabajo Nuez *et al.* (1996) indican que la extracción de nutrientes por tonelada de fruto de ají producido en el cultivo, según varios autores, se encuentra en rangos de 2.3 – 4.1, 0.52 – 1.03, 3.56 – 6.6, 2.9 – 4.8, y 0.6 a 1.07 kg/T de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio (Cuadro 01). Aparte, estos autores mencionan que la extracción de nutrientes del cultivo, dependiendo de la producción de fruto fresco (100T/ha), es 293 – 76 – 460 – 121 – 63 kg/ha de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio respectivamente (Cuadro 02). Por otro lado, Kondapa *et al.* (2009), obtienen un rango de extracción de nutrientes dependiendo del manejo del cultivo de 300 – 324, 23.6 – 29.76, y 325 – 358 kg/ha de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente.

Cuadro 01: Kilogramos de nutrientes extraídos por tonelada de fruto fresco de ají producido en planta.

	<i>N</i>	<i>P₂O₅</i>	<i>K₂O</i>	<i>CaO</i>	<i>MgO</i>
<i>Anstett et al.</i> (1965)					
AIRE LIBRE					
Var: Doux des Landes	3,72	1,03	4,98	2,96	0,60
<i>Rodríguez et al.</i> (1989)					
AIRE LIBRE					
Var: Bola y Negral	3,30	0,93	5,75	—	—
Var: Belrubi y Datler	2,30	0,74	4,50	—	—
<i>Martínez et al.</i> (1989)					
AIRE LIBRE					
Var: Morrón de Conserva	2,33	0,77	3,56	—	—
<i>Graifenberg et al.</i> (1985)					
INVERNADERO					
Var: Yolo Wonder	4,10	0,52	5,12	3,78	0,46
Var: Helder F ₁	5,25	0,67	6,69	4,81	0,64
<i>Rincón et al.</i> (1993)					
INVERNADERO					
Var: Lamuyo F ₁	2,93	0,76	4,60	1,69	1,07

FUENTE: Nuez et al. (1996)

Cuadro 02: Extracción periódica acumulativa para un pimiento grueso de invernadero, para una producción de 100 T/ha de fruto fresco (según Rincón et al., 1993)

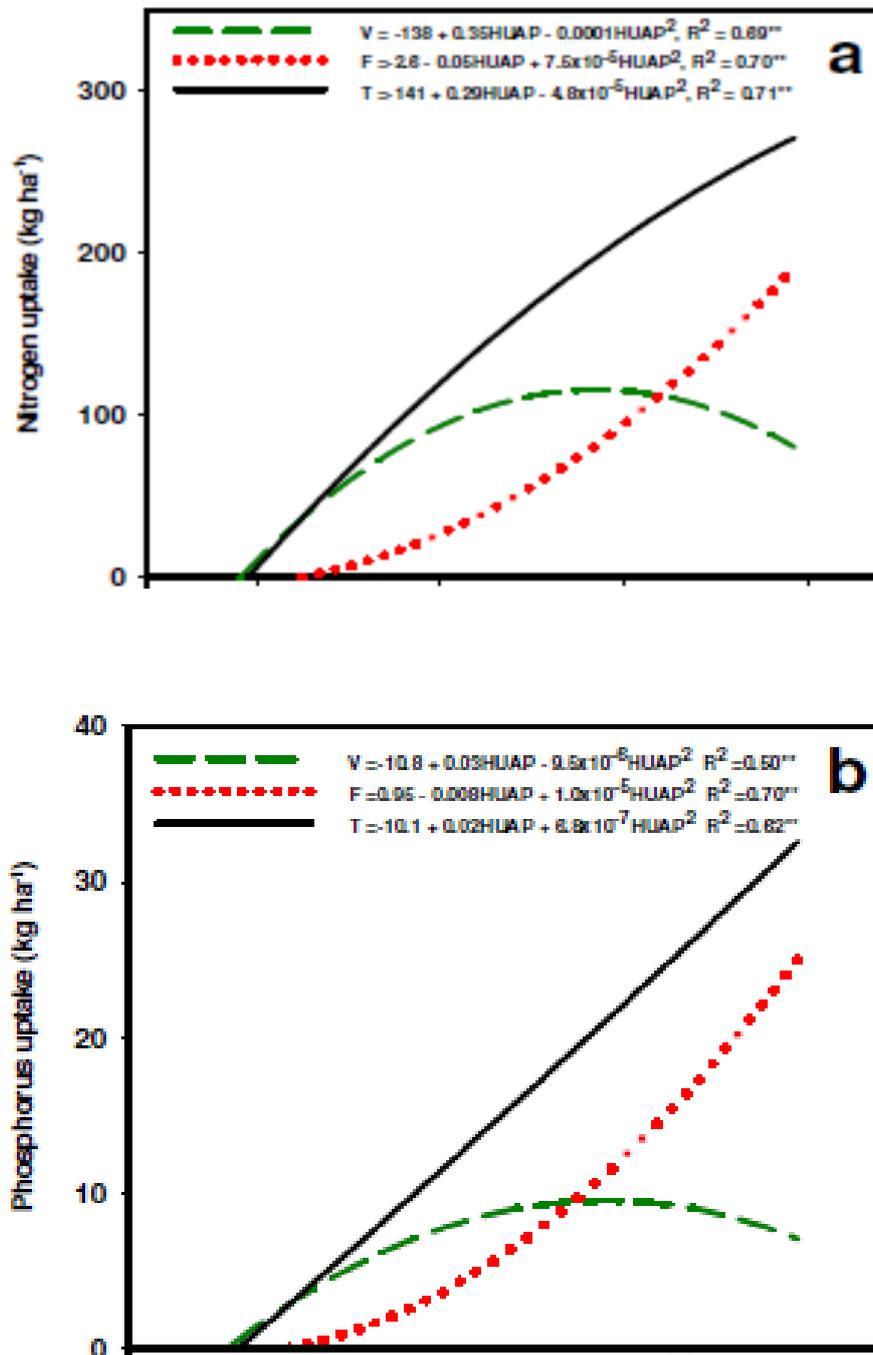
Tiempo medio (*) después del trasplante (días)	kg/ha				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
35	1.8	0.3	3	1.2	0.5
55	8.8	1.6	18.5	5.7	2.3
70	26.25	5.2	52	16	6.5
85	46	8.5	91	26	10
100	85.5	20	163	55	22.5
120	140	32	273	71	32.5
140	215	54	370	91	45
165	293	76	460	121	63

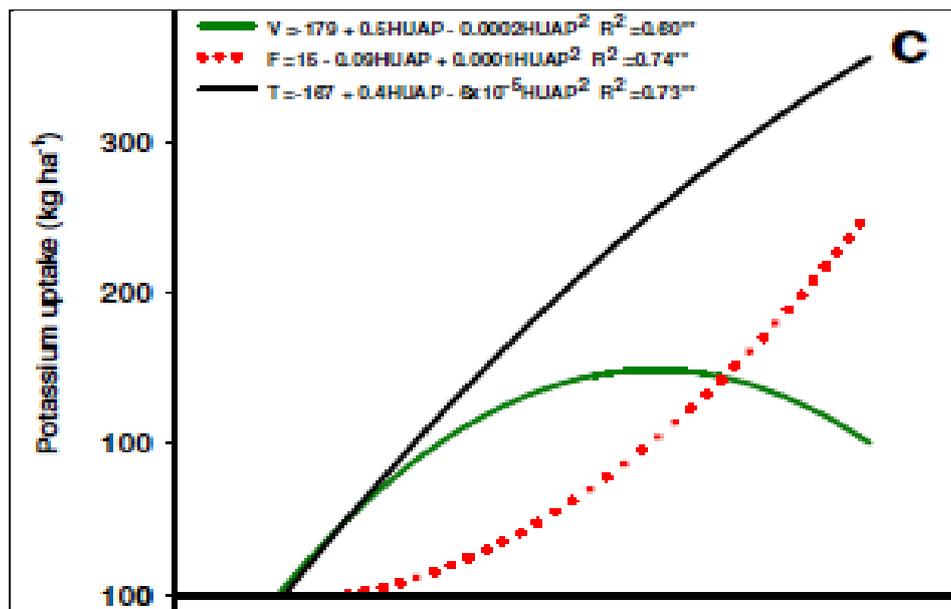
(*) La duración del periodo de cultivo puede variar en función de las condiciones climáticas

FUENTE: Nuez *et al.* (1996)

Además, Sancho (2010) menciona que la curva de absorción (o extracción) es la representación Figura de la acumulación de un nutriente y representa las cantidades de este elemento extraídas por la planta durante su ciclo de vida o fenología (Figura 1). Al respecto, Soto (2008) evaluando 10 variedades de ají mexicano, obtuvo las siguientes curvas de absorción en ese cultivo:

Figura 1: Extracción de macronutrientes en 10 variedades de ají mexicano





Donde:

-----Total

-----vegetativo

-----fruto

3.10 ANÁLISIS FOLIAR

Moraghan, citado por Felles (2009), señala que la teoría para el uso de análisis foliar se fundamenta en la relación definida entre la concentración de nutrientes del medio de absorción y el nivel de elementos en la planta; sin embargo, existe variabilidad de resultados debido a las metodologías de análisis, edad, órgano, época de muestreo, etc.; por lo que los resultados deben ser calibrados con experimentos de campo (López y López, 1990). Así para Mills y Benton (1996), la edad de la hoja incide en la concentración de elementos, generalmente al aumentar la edad de la hoja disminuyen las concentraciones de N, P, K, S, Cu, Zn y aumentan los de Ca, Mg y Al.

En general, Gomez (2009) menciona que el análisis foliar tiene tres variantes, cada una con objetivos diferentes:

- Análisis del total de la parte aérea de la planta: Proporciona información acerca de la concentración y cantidad de nutrientes en ésta. Este tipo de análisis puede hacerse de dos formas, como análisis secuencial en varias etapas del crecimiento y el análisis al final del ciclo de crecimiento.

El análisis secuencial se hace desde el inicio del crecimiento hasta la madurez de la planta en varios momentos, generalmente coincidentes con los periodos críticos o de mayor importancia en el desarrollo del cultivo para establecer la dinámica en la absorción de nutrientes a partir de las concentraciones nutrimentales que se observan en cada etapa de desarrollo de la planta. Esta información es útil al momento de establecer los momentos más adecuados para la adición de fertilizantes dentro del ciclo de desarrollo del cultivo así como la cantidad máxima de nutrientes requeridos por la planta en cada etapa de desarrollo.

- b) Análisis de hojas u otros órganos de referencia: Se emplea para evaluar el estado nutrimental de las plantas en un momento determinado del ciclo de desarrollo e indirectamente permite identificar la disponibilidad de nutrientes en el suelo.
- c) Análisis de savia: Consiste en extraer la savia de toda la planta o de algún órgano de referencia y determinar en él los elementos minerales y sustancias orgánicas de interés para la nutrición de la planta.

De todos los órganos vegetativos de la planta, las hojas han demostrado ser las que dan una información más precisa de la absorción de los nutrientes. A continuación (Cuadro 03) se mencionan los valores medios de referencia de la concentración mineral de las hojas del pimiento.

Cuadro 03: Niveles de referencia nutricional en hojas de pimiento

Elemento	Alto	Normal	Bajo
Nitrógeno (%)	5.1 - 6.0	4.0 - 5.0	< 3.9
Fosforo (%)	0.71 - 0.80	0.3 - 0.7	< 0.29
Potasio (%)	5.6 - 6.0	4.5 - 5.5	< 3.5
Calcio (%)	4.1 - 5.0	2.0 - 4.0	< 0.5
Magnesio (%)	1.8 - 2.5	1.0 - 1.7	< 0.5
Azufre (%)	0.61	0.3 - 0.6	< 0.29

FUENTE: Cadahía, 1988.

3.11 DIAGNÓSTICO DEL ESTADO NUTRICIONAL DE LAS PLANTAS

Hay varias técnicas de diagnóstico que permiten determinar las causas de desórdenes nutricionales tales como deficiencias, toxicidad o desbalances en el sistema suelo - planta; aparte, se indica que el análisis de suelos y sustratos de siembra, el análisis foliar de plantas, el análisis visual de síntomas de deficiencia y la medición de respuestas de crecimiento y producción de los cultivos son las técnicas más comúnmente utilizadas en el diagnóstico nutricional de plantas (Gómez, 2009).

Para realizar el diagnóstico nutricional de la plantación también deben conocerse todas las condiciones de campo que tienen influencia en el crecimiento, desarrollo y en el rendimiento. En este sentido, se recomienda también la elaboración de un registro que permita acumular información sistemáticamente en cuanto a las labores de campo efectuadas desde el inicio de la plantación.

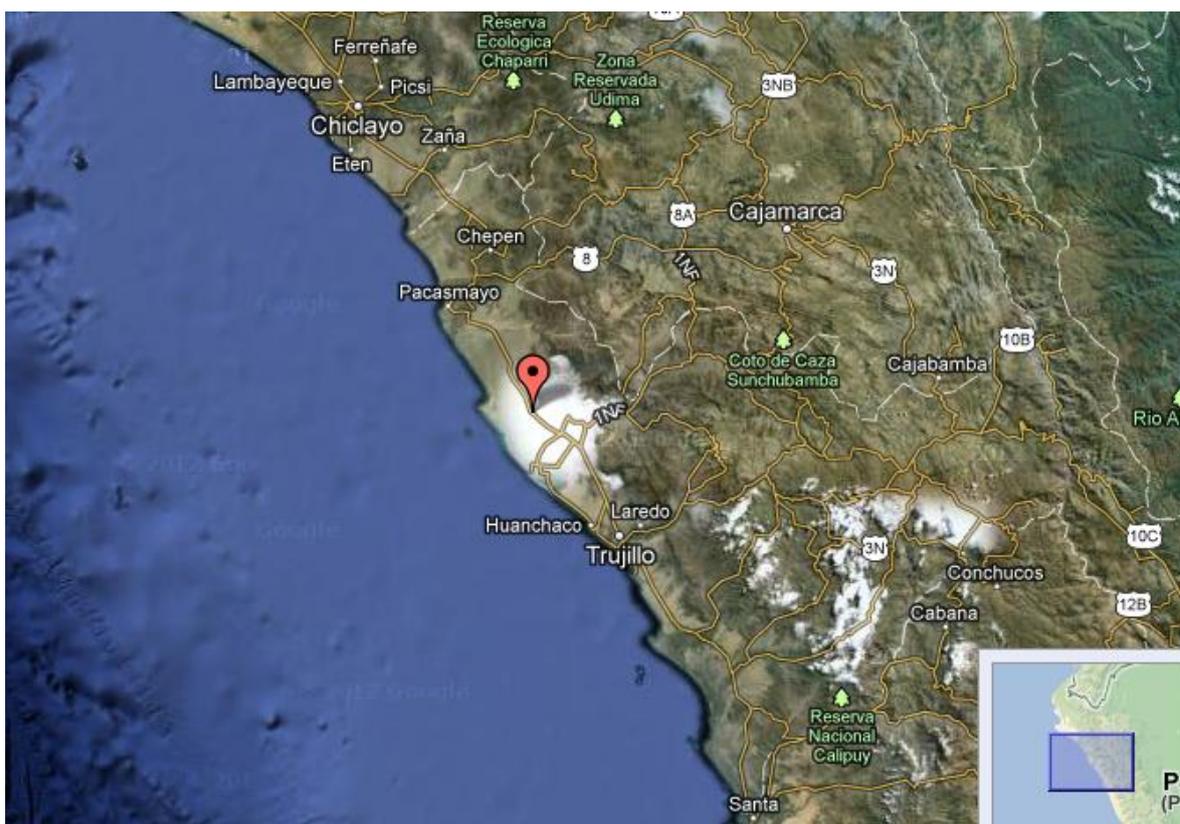
El análisis de plantas consiste en la determinación de la concentración de elementos o de la fracción extractable de elementos de una muestra de tejido tomada de una parte específica de la planta en un momento específico de su estado de desarrollo (Fageria *et al.*, 2006.).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 UBICACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL

El presente trabajo se estableció en el Fundo “San Efcio” del sector La Arenita en el distrito de Paiján, provincia de Ascope, en el departamento de La Libertad, ubicado a 7° 40' 00" Latitud Sur y 79° 20' 59" Longitud Oeste, a una altitud de 65 msnm.

Figura 2: Ubicación geográfica del campo experimental



FUENTE: Google Earth (2012)

4.2 CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMATICAS

4.2.1 Características del Suelo

Para la determinación de las características físico – químicas del suelo del área experimental, se obtuvo una muestra compuesta al azar, la misma que fue remitida al laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes de la UNALM para realizar sus análisis respectivos.

Los resultados nos indican que son suelos de textura conocida como Arena Franca (Cuadro 04), presentan una moderada retención de humedad y una buena aireación ; ligeramente salino (4.2 dS/m). El pH indica una alcalinidad moderada (7.8). El contenido de materia orgánica es bajo (0.28%) lo que no indica que la fertilización nitrogenada es trascendental. El contenido de carbonato de calcio es bajo (0.5%). El contenido de fósforo disponible está a un nivel alto (17.8 ppm). De igual manera el potasio disponible también es alto (676 ppm). La capacidad de intercambio catiónico está a un nivel bajo (5.44) la cual confiere al suelo una baja retención de cationes.

Considerando las características del suelo expuestas anteriormente, se trata de un suelo primeramente de bajo potencial productivo, y aparte, con una alta alcalinidad, la cual podría interferir en una menor absorción nutricional, y asimismo, en una alta absorción de nutrientes no esenciales o de poco requerimiento en la planta, lo cual en ambos casos se pueden producir inconvenientes, como sucede en el caso de alta absorción de sodio (Marschner, 1995).

Cuadro 04: Análisis Físico - Químico de Suelo

Tipo de análisis	Valor	Método de análisis
Físico - Mecánico		
Arena (%)	82	Hidrómetro
Limo (%)	10	Hidrómetro
Arcilla (%)	8	Hidrómetro
Clase Textural	A.Fr	Triangulo textural
Químico		
C.E (1:1) (dS/m)	4.23	Saturación en la celda eléctrica
pH (1:1)	7.87	Potenciómetro 1:2.5
CaCO ₃ (%)	0.5	Gasó- volumétrico
P disp (ppm)	17.8	Olsen modificado
k disp (ppm)	676	Acetato de amonio (CH ₃ -COONH ₄) N, pH 8.5
M.O (%)	0.28	Walkley y Black
CIC total	5.44	Acetato de amonio (CH ₃ -COONH ₄) N, pH 7.0
Cationes Cambiables		
Ca ⁺² (meq/ 100g)	3.36	Fotometría de absorción atómica
Mg ⁺² (meq/100g)	0.87	Fotometría de absorción atómica
K ⁺ (meq/100g)	0.91	Fotometría de absorción atómica
Na ⁺ (meq/100g)	0.3	Fotometría de absorción atómica

FUENTE: Laboratorio de Análisis de Suelo y Plantas.

4.2.2 Características del Agua de Riego

Se envió muestras de agua de pozo (agua de riego para el cultivo) al laboratorio Agriquem S.A. (Cuadro 05) del cual se estableció que:

El pH del agua analizada a inicios de la siembra resultó ser alcalina (pH 8.06), con una conductividad eléctrica de 2.9 dS/m. Según las Normas de Riverside (U.S SALINITY LABORATORY) esta se clasifica como una C4 S3, lo que se traduce como una agua con salinidad alta, y no apta para cultivos sensibles con alto nivel de sodio. El residuo o concentración de solutos calculado es alto (1.98 g/l) con elevada presión osmótica (1.07 atm), lo que se significa que el cultivo debe ejercer un mayor gasto de energía para extraer el agua del suelo.

Cuadro 05: Propiedades y Composición Química del Agua de riego

Descripción	pH (1:1)	CE (dS/m)	Dureza	Ca (meq/l)	Mg (meq/l)	Na (meq/l)	Nitratos (meq/l)	Cloruros (meq/l)	RAS
Agua de riego	8.06	2.9	27.5	4.2	1.3	23.7	1.38	18.8	14.3

FUENTE: laboratorios Agriquem S.A.

4.2.3 Características del Clima

En el Cuadro 06 se muestran los registros de las condiciones meteorológicas que se presentaron durante la ejecución del ensayo desde Junio del 2011 hasta Enero del 2012. La información es proveniente de la estación meteorológica de Talla del SENAMHI, ubicado en el distrito de Guadalupe, Provincia de Pacasmayo, Región La Libertad, a exactamente 7° 16' de latitud sur y 79° 25' longitud oeste, y 105 msnm., a una distancia aproximada de 50 kilómetros del campo donde se realizó el ensayo.

Se observa que al inicio del cultivo (Junio) presenta un promedio de 21.45°C (Figura 03), posteriormente va disminuyendo hasta Octubre, abarcando todo el periodo

vegetativo a excepción de Septiembre en el que se reporta una mínima de hasta 13.6 °C; el primer mes del periodo reproductivo se inicia con un promedio de 19.35°C (Noviembre), a partir de aquí tiende a incrementarse las temperaturas sostenidamente, hasta el final del periodo fenológico (Enero del 2012) al respecto Nicho (2004), señala que la temperatura optima no puede ser menor de 15°C, porque disminuye la floración, afectando directamente el rendimiento de frutos de ají; demás concluye que la temperatura optima durante la diferenciación floral y cuajado de frutos es de 25°C. Respecto a la humedad relativa y a la precipitación (Figuras 04 y 05), la primera se encuentra dentro del rango normal para un cultivo (Salisbury y Ross, 2000; Calderón, 1987); la precipitación, por otro lado, se presenta en forma nula hasta la mitad del ciclo productivo, presentándose de forma moderada en octubre (44 mm) y luego siendo menor el resto del ciclo productivo del cultivo.

Cuadro 06: Cuadro de datos meteorológicos obtenidos en el estudio

PARÁMETRO: TEMPERATURA MAXIMA MEDIA MENSUAL								
AÑO	2011							2012
	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE
	26,3	24,7	24	24,6	25,1	26,6	28	29,5
PARÁMETRO: TEMPERATURA MININA MEDIA MENSUAL								
AÑO	2011							2012
	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE
	16,6	15,3	14,5	14	13,6	16,2	18,5	20,3
PARÁMETRO: HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL								
AÑO	2011							2012
	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE
	80,7	81,3	82,4	81,9	78,4	77,4	76,5	76,7
PARÁMETRO: PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL								
AÑO	2011							2012
	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE
	0,0	0,0	0,0	1,0	44,8	0,4	14,6	5,4

FUENTE: SENAMHI, 2012.

Figura 3: Variaciones en la temperatura ambiental en el campo en estudio, Junio 2011- Enero 2012.

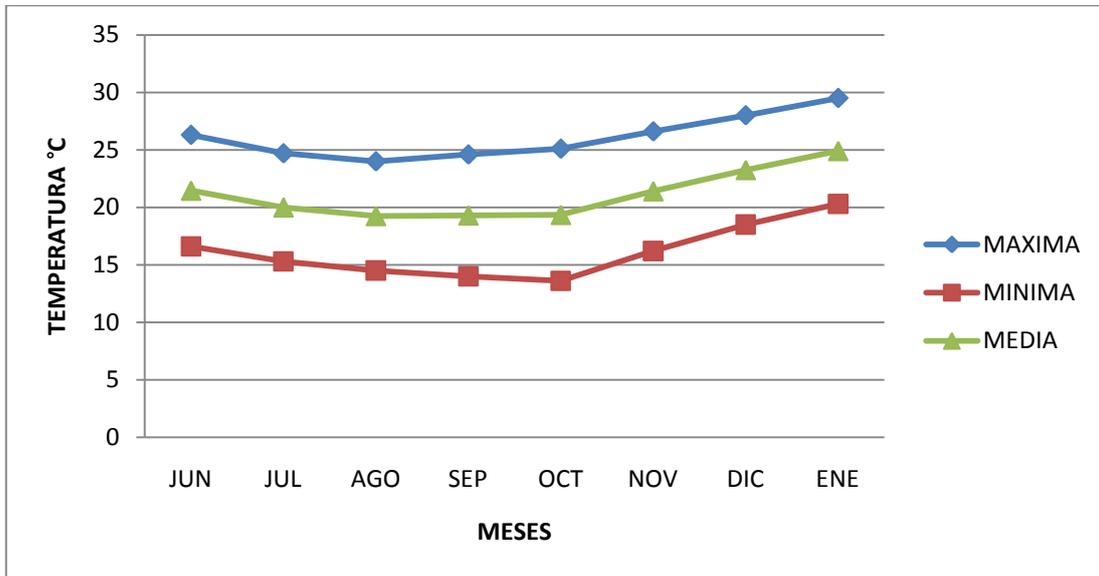


Figura 4: Variaciones en la humedad relativa ambiental en el campo en estudio, Junio 2011- Enero 2012.

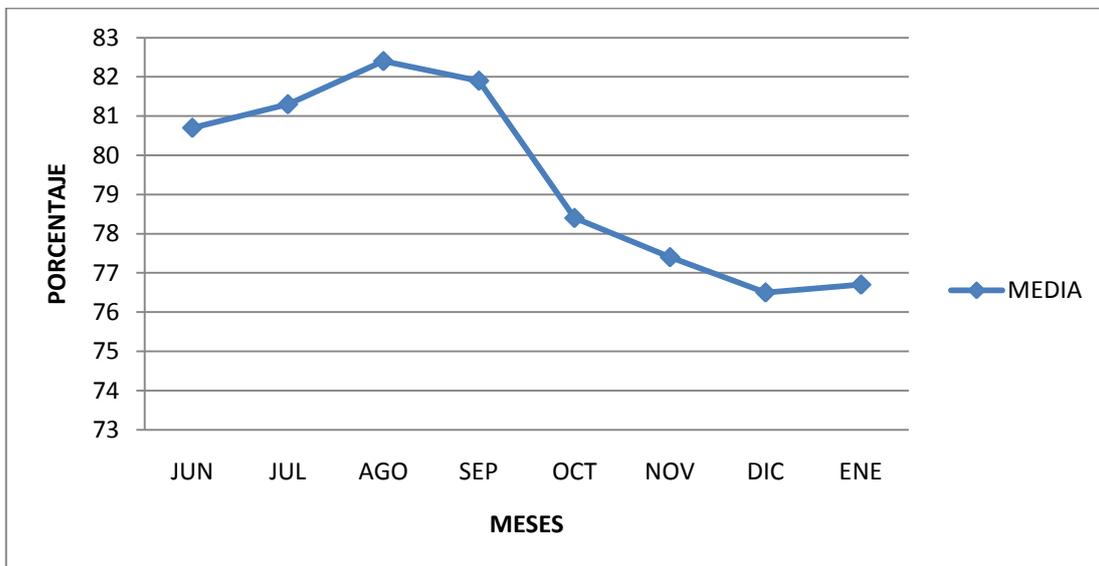
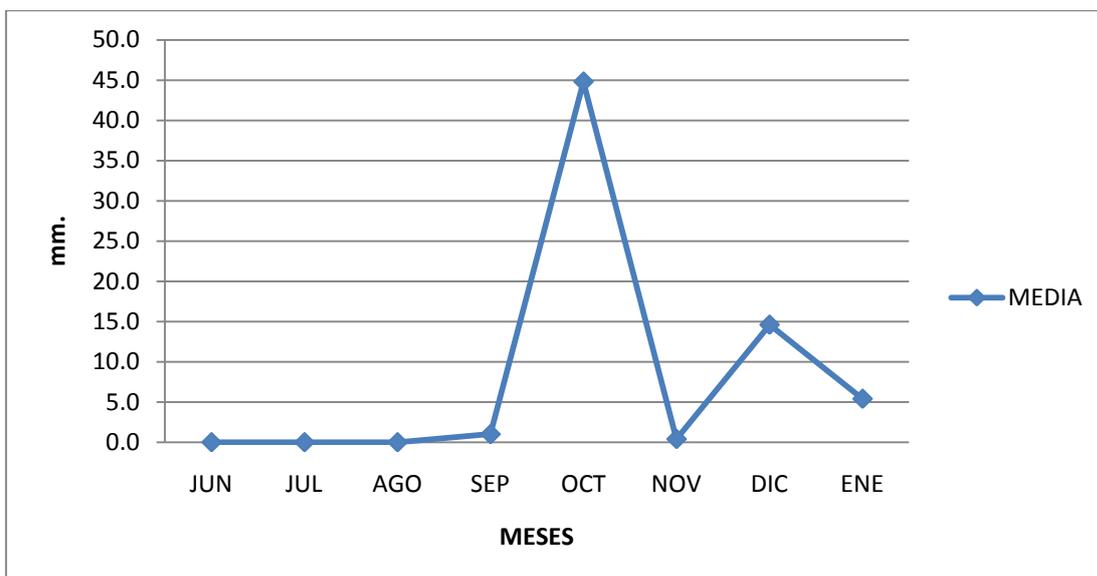


Figura 5: Variaciones de la incidencia de precipitación en el campo en estudio, Junio 2011- Enero 2012.



4.3 CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL VEGETAL

Se emplearon semillas botánicas de ají escabeche *Capsicum baccatum* var. *pendulum*, proveniente de la empresa Semillería Manrique SRL (Chincha); estas fueron enviadas a almacigar en viveros Agrogenesis (Trujillo), para posteriormente ser llevadas a campo como platines de 30 días de edad.

4.4 OTROS MATERIALES

De campo:

Wincha, lampas, cordel, cal, estacas, rastrillo, mochilas a palanca y pulverizadoras, pesticidas, carteles, libreta de campo, bolsas de papel y de plástico, tarjetas de identificación, marcadores indelebles, cuchillas de acero y Vernier, etc.

De laboratorio:

Estufa, balanza digital, cocina eléctrica, espectrofotómetro de luz visible (colorímetro), espectrofotómetro de absorción atómica, molino eléctrico, bolsas de papel kraft, y de plástico, marcadores indelebles, tubos de ensayos y gradillas, agua potable y agua destilada, reactivos y otros materiales y equipos de los laboratorios de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

4.5 MANEJO DEL CULTIVO

El manejo del campo fue efectuado de acuerdo con los procedimientos comúnmente conducidos por el agricultor; con excepción de los niveles de fertilización de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio y azufre.

4.5.1 Factores en Estudio

Para determinar las curvas de extracción de macronutrientes se empleó dos niveles de fertilización (Cuadro 07).

Cuadro 07: Niveles de fertilización evaluados en el estudio.

NIVELES	Nitrógeno (kg/ha)	Fósforo (kg/ha)	Potasio (kg/ha)	Calcio (kg/ha)	Azufre (kg/ha)
1 Dosis comercial (D. Completa)	266	130	377	52	43
2 50% dosis comercial (D. Media)	133	65	189	26	22

Los fertilizantes que se usaron en el presente estudio fueron:

Fuentes	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	S
Big N	33%					
Big Phos	11%	37%				
Nitrato de calcio	15.5%			25.5%		
Sulfato de potasio			50%			18%

4.5.2 Diseño Estadístico

- Se empleó el diseño estadístico de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones para concentración de muestras foliares y producción de fruto fresco.

4.5.3 Preparación del terreno

Se realizó la preparación de terreno iniciando con una limpieza de campo, arado y formación de cama de surcos, para luego tender cintas de riego por goteo hasta humedecer todo el surco y a la profundidad deseada.

4.5.4 Trasplante

Las semillas del ají escabeche fueron almacenadas por 30 días en viveros Agrogenesis de la ciudad de Trujillo, para luego ser trasplantadas a campo definitivo el 30 de Junio del 2011; previo a el trasplante se realizó la inmersión de las bandejas en solución desinfectante más un bioestimulante. El distanciamiento entre surcos en el campo fue de 2.0 metros y entre plantas 0.25 metros a 2 hileras por surco; haciendo un total de 40000 plantas por hectárea.

4.5.5 Fertilización

La dosis de fertilización comercial (D1) fue la diseñada por el agricultor conductor del campo de ají escabeche basada en las características de su suelo que mostraba bajo contenido de materia orgánica como se pudo apreciar en el análisis de suelo. La dosis de fertilización media (D2) fue la que se sugirió para determinar las curvas de extracción a obtenerse y determinar las posibles diferencias (Anexo 01), además de relacionarlas con la producción. Toda la fertilización se realizó vía sistema de riego por goteo con cintas de riego, el riego se hizo a diario y la fertilización interdiaria (Anexo 02).

4.5.6 Control sanitario

La conducción del campo se realizó de acuerdo a las pautas del fundo donde se realizó el ensayo. En el área sanitaria se realizaron evaluaciones constantes para determinar la mejor estrategia de control. En el Anexo 03 y 04 se detalla el manejo agronómico del cultivo. En términos generales no hubieron mayores problemas sanitarios.

4.6 EVALUACIONES

Las muestras foliares fueron recolectadas a los 15 días a partir del trasplante, luego de forma continua cada 15 días hasta los 165 DDT. Se hicieron once muestreos en total (Anexo 05). Así mismo se extrajo una planta completa en competencia perfecta de cada nivel de fertilización para su respectivo análisis de extracción y concentración. Para la determinación de la curva de extracción se extrajo cada 15 días, igual que en el caso de las muestras foliares.

Se tomó 50 hojas completamente al azar, lo que representará la unidad maestra con 4 repeticiones, tomando un total de 200 hojas por nivel de fertilización.

En cada muestreo de hojas se tomo la precaución de tomar hojas ni muy viejas ni muy jóvenes; las muestras se colocaron en bolsas de papel kraft con su respectiva identificación y posteriormente fueron llevadas al laboratorio para los análisis químicos.

Para las evaluaciones se llegó a tener esta disposición:

- Nivel 1 = 1 planta entera y 4 repeticiones de 50 hojas/repeticion por 11 fechas de muestreo.
- Nivel 2 = 1 planta entera y 4 repeticiones de 50 hojas/repeticion por 11 fechas de muestreo.

4.6.1 Producción de Materia Fresca

En cada muestreo se tomó el peso fresco de los diferentes órganos de cada planta en cada nivel de fertilización.

4.6.2 Producción de Materia Seca

Luego de tomado el peso fresco, una muestra de cada órgano (raíz, tallo, hojas y frutos) se lleva estufa a 70 °C por 48 horas, luego del cual se toma el peso seco.

4.6.3 Análisis Químico

Para el análisis químico, se molieron y pesaron las muestras para realizar los respectivos procedimientos según cada elemento; así, para el caso del N se utilizo el método de Microkjeldahl, para el P y S el método del colorímetro y para K, Ca y Mg el método del espectrofotómetro de absorción atómica (Cuadro 08). Estos análisis proporcionaron la concentración de los elementos en la masa seca de la planta.

Cuadro 08: Metodologías llevadas a cabo para la extracción de nutrientes en las muestras foliares.

Elemento	Método
N (Nitrógeno Total)	Método micro - kjeldahi valoración volumétrica
P (Fosforo), S (Azufre)	Calcinación de la muestra, valoración colorimétrica con vanadato y molibdato de amonio
Ca, Mg, K, Cu, Fe, Mg, Zn	Calcinación de la muestra, valoración con espectrofotometría de absorción atómica
B (Boro)	Calcinación de la muestra, valoración colorimétrica con azometina - H

FUENTE: Navajas (2011).

4.6.4 Concentración de Macronutrientes

Se evaluó la concentración de los macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S) en los diferentes órganos de la planta en cada una de las fechas de muestreo.

4.6.5 Extracción de Macronutrientes

La cantidad de nutrientes extraídos por la planta en cada muestreo, se calculó a partir de la relación entre el peso seco de cada uno de los tejidos con sus respectivos contenidos de nutrientes (en porcentaje). A partir del peso seco y el contenido de cada nutriente en frutos, hojas, tallos y raíces de las plantas muestreadas, se calculó la cantidad extraída de cada nutriente por el cultivo en gramos por planta y luego llevados a kg/ha.

4.6.6 Producción de Frutos

Se realizaron dos cosechas; para evaluar el efecto de los dos niveles de fertilización empleados se tuvo diez parcelas de 10 m² (10m x 1m) en cada nivel empleado; en cada cosecha se peso los frutos obtenidos (Anexo 18 y 19).

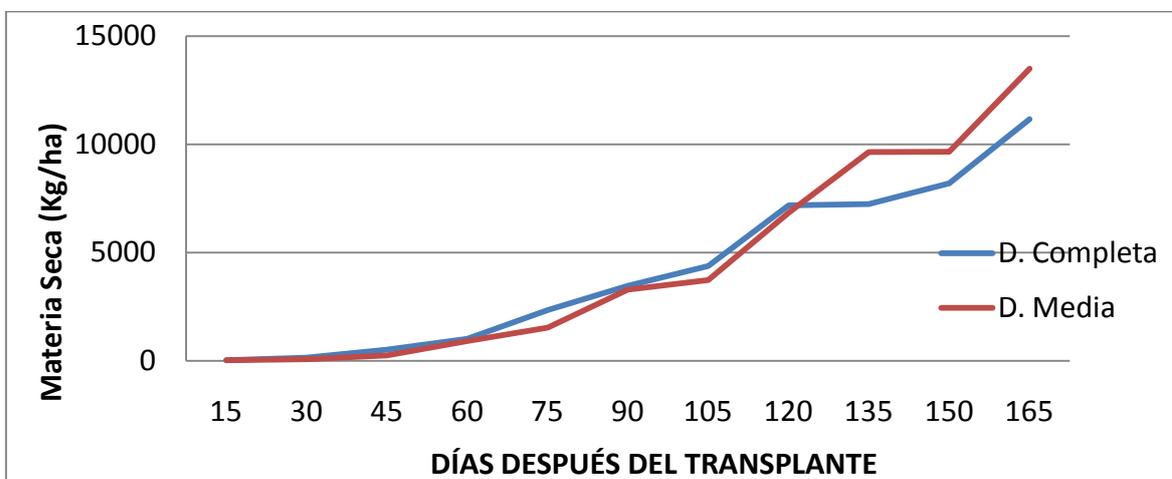
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 MATERIA SECA TOTAL

En el Figura 06 y Cuadro 09, se observan las curvas de acumulación de materia seca total bajo los dos niveles de fertilización empleados. Se aprecia una tendencia similar para ambas dosis en las etapas iniciales hasta los 45 después del trasplante (DDT) que es la etapa de establecimiento. Posterior a este periodo la curva empieza a incrementarse con mayor intensidad, apreciándose un crecimiento exponencial a los 105 DDT para ambas dosis, etapa en la que la planta está en periodo reproductivo, hasta los 120 DDT. A partir de aquí la curva de la dosis media de fertilización logra superar a la dosis completa hasta el final del cultivo.

Una distribución similar se apreció en pimientos y otros tipos de *Capsicum* (Arteaga, 2012; Urcia, 2012), en alcachofa (Felles, 2009), en cebolla (Palacios, 1995), en melón (Quiroz, 1988), quienes señalan que inicialmente se produce 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.

Figura 6: Acumulación de Materia seca (kg/ha) en ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.



-Nivel 01 (D. Completa): N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43.

-Nivel 02 (D. Media): N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22.

Cuadro 09: Acumulación de Materia seca (kg/ha) en ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.

NIVELES	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
D. Completa	26	144	511	1019	2346	3469	4383	7190	7239	8205	11166
D. Media	28	78	251	912	1539	3285	3737	6851	9653	9661	13492

-Nivel 01 (D. Completa): N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43.

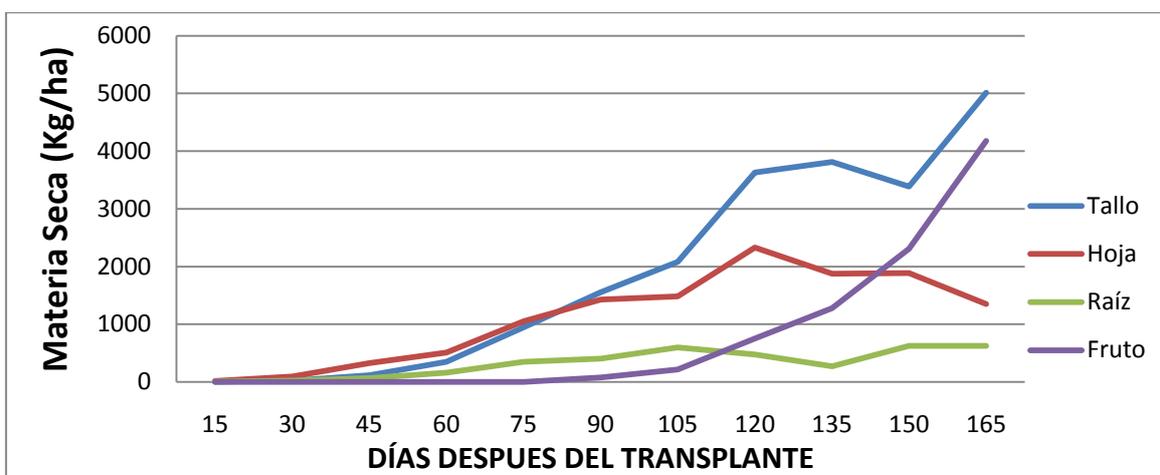
-Nivel 02 (D. Media): N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22.

5.1.1 Materia Seca en los diferentes órganos de la planta

En el Figura 07 y Cuadro 10 se muestra la acumulación de peso seco en el nivel con la dosis completa de fertilización, se observa que el peso seco se acumula mayormente en el tallo, hojas y en los frutos de la planta, en la raíz en general el peso es bajo y tiende a estabilizarse en todo el periodo fenológico del cultivo. El peso seco de los frutos aumenta sostenidamente, pero el peso seco acumulado del tallo va en aumento también a través del

tiempo y al final es mayor al peso seco acumulado por los tallos. Cabe indicar que el peso seco del tallo se contrapone al peso seco de las hojas, las cuales en un inicio superan a todos los órganos de la planta, pero a partir de los 120 días del periodo fenológico del cultivo (o en el periodo de maduración de los frutos cuajados), estas empiezan a disminuir y el fruto a incrementar considerablemente su peso de materia seca.

Figura 07: Acumulación de Materia seca (kg/ha) en el nivel de fertilización con la dosis completa (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).



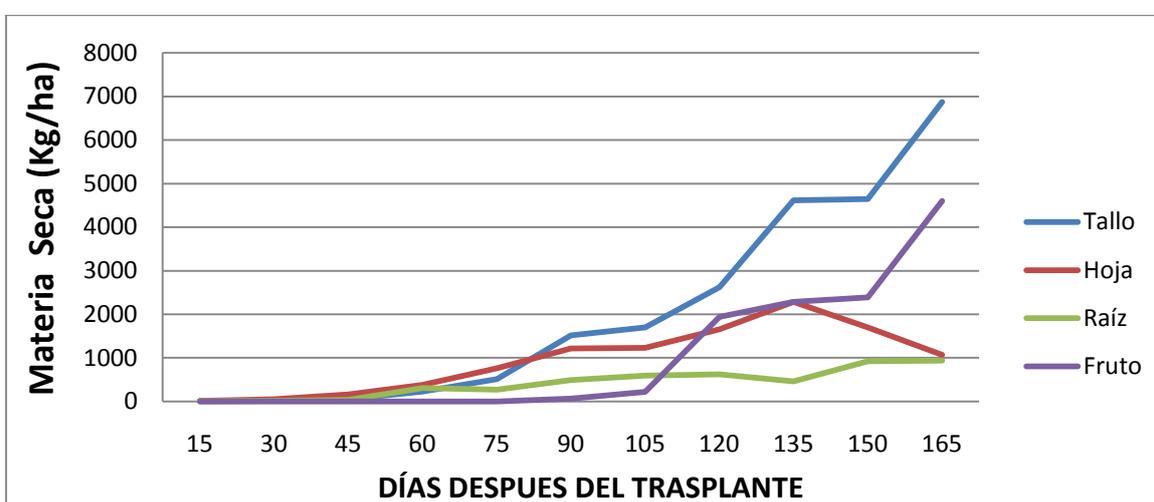
Cuadro 10: Acumulación de Peso seco (kg/ha) en el nivel de fertilización con la dosis completa (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).

Órgano	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
Tallo	6	24	118	347	948	1557	2080	3631	3812	3386	5014
Hoja	15	95	328	510	1050	1429	1485	2330	1874	1889	1348
Raíz	5	24	65	162	348	406	600	477	274	625	624
Fruto	0	0	0	0	0	78	218	752	1280	2305	4180
Total Kg/ha	26	144	511	1019	2346	3469	4383	7190	7239	8205	11166

En el nivel con la dosis media de fertilización (Figura 08 y Cuadro 11), tanto el tallo, los frutos y la raíz aumentan al final del periodo fenológico del cultivo, aunque el incremento del tallo y los frutos es mas importante en la masa seca total obtenida en las

plantas. Por otro lado, el incremento del peso del tallo es superior y paralelo al incremento del peso de los frutos. Luego de los 90 días del periodo fenológico las curvas de acumulación de materia seca de los órganos de la planta comienzan a diferir entre estas, observándose que luego de los 120 días las curvas de todos los órganos están definidas y sus tendencias están ya marcadas y se observa con claridad el resultado o el desarrollo de cada parte de la planta. Se aprecia también que el peso seco de las hojas en la dosis media es menor que en la dosis alta, pero el peso del tallo es mayor en la dosis media que en la dosis alta.

Figura 08: Acumulación de Materia seca (kg/ha) en el nivel de fertilización con la dosis media (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).



Cuadro 11: Acumulación de Peso seco (kg/ha) en el nivel de fertilización con la dosis media (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).

Órgano	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
Tallo	6	11	52	229	513	1514	1697	2626	4616	4647	6875
Hoja	14	53	161	377	759	1218	1229	1659	2289	1703	1072
Raíz	8	14	38	306	267	488	590	624	464	920	940
Fruto	0	0	0	0	0	66	221	1942	2284	2391	4604
Total Kg/Ha	28	78	251	912	1539	3285	3737	6851	9653	9661	13492

Por lo que, Milthorpe y Moorby (1982) mencionaron que el patrón de distribución de sustancias en las plantas está cambiando permanentemente a medida que las hojas crecen y pasan de ser importadoras a exportadoras netas; también cambia a medida que surgen otros órganos de recepción o de utilización, como los frutos.

Es notorio el incremento de materia seca en los tallos con respecto a los órganos sumideros (frutos); esto posiblemente se deba a que *Capsicum baccatum* var. *pendulum* presenta un ciclo de vida mucho más prolongado y los ciclos de producción de frutos se traslapan continuamente (Maroto, 2002; Nicho, 2004; citados por Zarate, 2012).

Además se menciona que el peso seco total producido por hectárea en el cultivo de ají normalmente se encuentra en un rango de 8 a 10 T/ha aproximadamente, dependiendo de la cantidad de grados de calor que puedan ser acumulados por el cultivo (Soto, 2008). En el caso del presente estudio la productividad de materia seca por hectárea en el campo fue de 11.16 y 13.45 T/ha en los niveles de fertilización con la dosis completa y la dosis media respectivamente, estando ambos niveles de fertilización cerca de los estándares productivos observados normalmente en los *Capsicum*. Por otro lado, el autor anterior menciona que el peso seco del fruto en ajíes representa normalmente del 50 a 70 por ciento del peso seco total de la planta, pero en el caso de este estudio los datos obtenidos fueron de 37.4 y 34 por ciento para el nivel de fertilización con la dosis completa y la dosis media respectivamente, mostrando entonces una menor productividad de fruto en campo por materia seca producida en ambos niveles de fertilización del estudio, debiéndose probablemente a que el cultivar de ají escabeche no es una planta que se le haya mejorado genéticamente su eficiencia productiva, dado que las semillas obtenidas son producto de la polinización libre que se da en los campos de cultivo. Lo anterior podría indicar que se muestre una respuesta no esperada en el cultivo debido a una anomalía fisiológica, producida en este caso por la aplicación de niveles de fertilización, lo que se observa después como una respuesta morfológica atípica en el cultivo, ello dado que según Marschner (1995) cuando se da un alto suministro de nitrógeno en un cultivo se incrementa la relación vástago - raíz, lo que favorece un mayor desarrollo de la parte aérea de la planta, hecho que beneficiaría una mayor producción de su materia seca, pero que a su vez al limitar el desarrollo radicular de la planta podría influenciar negativamente en su acumulación y distribución de nutrientes a lo largo de su ciclo productivo. Por otro lado, la

acumulación de materia seca en la dosis media de fertilización a comparación del nivel con la dosis completa es mayor en todos los órganos de la planta al final del periodo fenológico, a pesar de aplicarse mayor cantidad de nutrientes a la dosis completa; lo que podría indicar entonces que aparentemente tuvo mayor importancia en la productividad del cultivo la dinámica de cada nutrientes en el sistema suelo – planta en el campo del cultivo, ya que se descarta por lo descrito inicialmente que el sistema productivo estuviese desprovisto de insumos (nutrientes) en el suelo, debido a los niveles de fertilización establecidos en el estudio.

5.2 CONCENTRACIÓN DE MACRONUTRIENTES

La concentración de nutrientes en los órganos vegetativos al avanzar el ciclo fenológico, disminuye en la mayoría de ellos, ocurriendo un aumento de acumulación en los órganos reproductivos, en este caso el fruto, ello se observó marcadamente luego de los 120 DDT, y especialmente en las hojas y luego en el tallo, aunque ello no sucedió con todos los nutrientes, sino que la excepción a ello es el potasio y en menor medida el nitrógeno se acumuló en forma considerable en el tallo más que en otras partes de la planta. Además se ha encontrado que la concentración muestra variaciones durante el periodo vegetativo cuyos resultados se pueden observar en las figuras y Figuras referentes a la concentración de los macronutrientes en ají escabeche, estos resultados se encuentran relacionados con la presencia de nutrientes en solución o disponibles, además de los requerimientos de la planta, pues a mayor desarrollo mayor demanda (Menguel, 2000).

5.2.1 Concentración de Nitrógeno

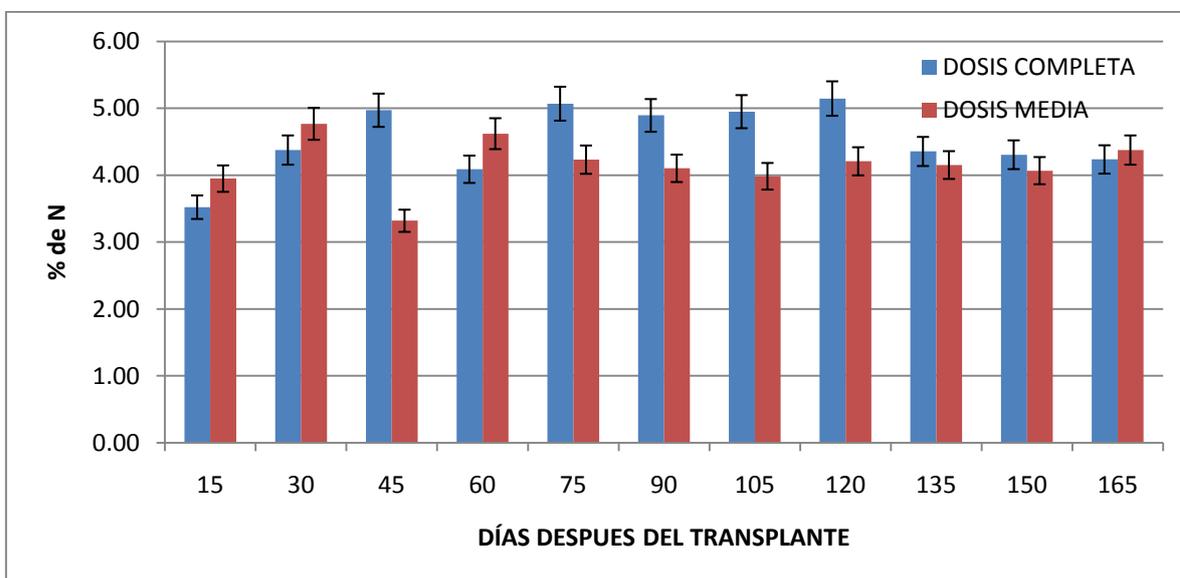
5.2.1.1 Concentración de Nitrógeno (%) en hojas

De acuerdo al Figura 09 y Cuadro 12, se puede apreciar que la concentración promedio porcentual de nitrógeno en las hojas de la dosis completa de fertilización tienden a incrementarse desde los inicios del cultivo, aumentando continuamente alcanzando niveles altos desde los 45 DDT (5%) y continuando así por todo el periodo vegetativo e inclusive pasando gran parte de la etapa reproductiva hasta los 120 DDT, donde pasa a descender a finales del ciclo del cultivo.

También podemos apreciar que para la dosis media de fertilización tiende a iniciar con un nivel mucho mas alto de concentración (3.92%), pese a recibir solo la mitad de nitrógeno incorporado (fertilización); su incremento es visible hasta los 45 DDT, fecha en la que ocurre un descenso considerable, posteriormente pasa a incrementarse pero en menor medida que la dosis completa manteniendo una ligera tendencia a bajar hasta el final del cultivo.

Resultados similares en concentración de hojas encuentra Arteaga (2012), en *Capsicum annuum* L., del mismo modo Nuez *et al.* (1996) mencionan que los promedios de nitrógeno encontrados en hojas de pimiento considerados como normales están en el rango de 4-5 por ciento, lo que coincide con lo observado en esta investigación. Para la concentración de nitrógeno en hojas existe diferencia significativa entre niveles de fertilización.

Figura 09: Concentración de Nitrógeno (%) en hojas de ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.



-Nivel 01 (D. Completa): N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43.

-Nivel 02 (D. Media): N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22.

Cuadro 12: Concentración de Nitrógeno (%) en hojas de ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.

NIVELES	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
D. Completa	3.52	4.38	4.97	4.09	5.07	4.89	4.95	5.15	4.35	4.31	4.24
D. Media	3.95	4.77	3.32	4.62	4.23	4.10	3.98	4.21	4.15	4.07	4.38

-Nivel 01 (D. Completa): N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43.

-Nivel 02 (D. Media): N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22.

5.2.1.2 Concentración de Nitrógeno (%) en los diferentes órganos de la planta.

La concentración de nitrógeno en la fertilización con dosis completa(Figura 10 y Cuadro 13) muestra una alta acumulación de este nutriente en las partes vegetativas de la planta, es decir en las hojas y en el tallo (en sus primeras etapas), más aún, al compararse la concentración en las hojas con los demás órganos de la planta se observa en este las más altas acumulaciones de nitrógeno registradas en todo el periodo fenológico del cultivo (debiéndose tener en cuenta también que el peso seco total de las hojas en este nivel es mayor al obtenido con la fertilización media), asimismo, el tallo aunque no presenta una alta concentración de nitrógeno en la planta bajo esta dosis, supera a la obtenida en el nivel con la dosis de fertilización media.

En el nivel con la dosis media de fertilización (Figura 11 y Cuadro 14) se observa que la concentración de nitrógeno en las hojas y en el fruto se asemejan en mas de una fecha de muestreo; en el tallo la concentración de nitrógeno se mantiene entre las mas bajas del resto de la planta, siendo menor incluso a la producida en las raíces desde la etapa de crecimiento del fruto (que es a su vez menor a la concentración de tallo obtenida con la dosis completa de fertilización).

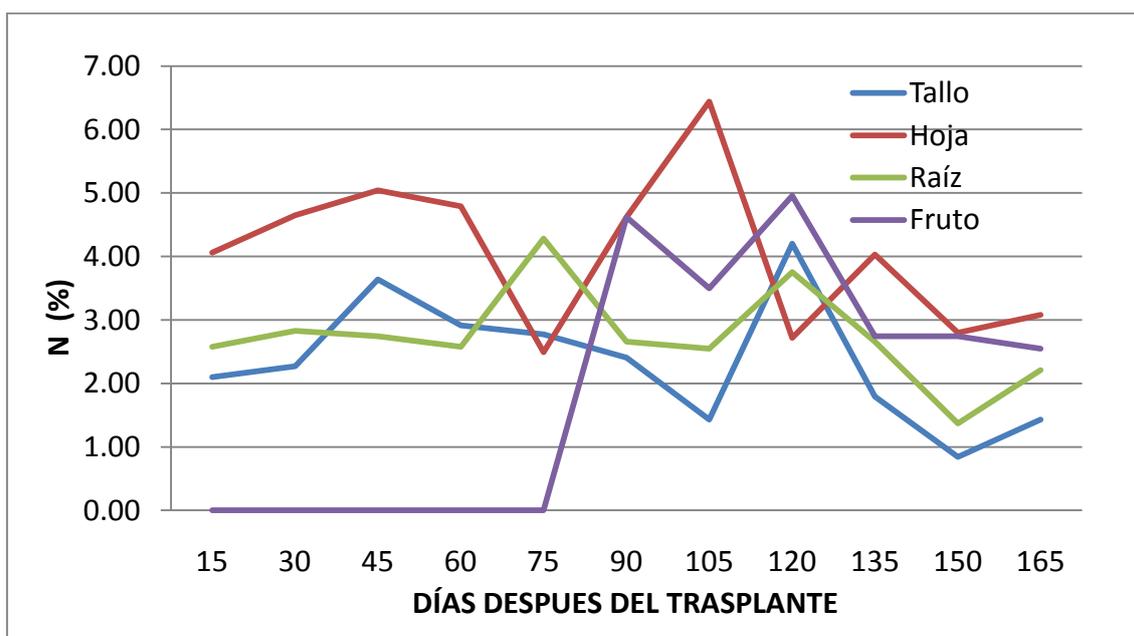
En general se observa que las curvas de concentración de nitrógeno en la dosis de fertilización completa es mayor en la mayoría de órganos y en la mayor parte del ciclo fenológico a comparación de la dosis media, pero es especialmente en la parte final del ciclo productivo (135 DDT) que las curvas de concentración obtenidas en la dosis media

de fertilización superan a la dosis completa, indicando ello un mejor desempeño fisiológico de las plantas lo que pudo probablemente determinar una mejor productividad de materia seca del cultivo bajo ese nivel de fertilización (Marschner, 1995).

Además también se observa que las hojas son los órganos con mayor concentración de N, seguido de los frutos desde su aparición, para luego sufrir una disminución conforme avanza la edad de la planta; estas variaciones pueden obedecer a la redistribución de estos elementos en la planta (Marschner, 1997 y Salisburury 1994, citados por Felles, 2009). Sin embargo en la etapa final la concentración porcentual de nitrógeno se incrementa a nivel de las hojas, lo que se observa en ambos niveles de fertilización, posiblemente puede deberse a la aparición de nuevos brotes en la planta.

Resultados similares respecto a las tendencias de concentración de N en los diferentes órganos de la planta han obtenido diferentes investigadores como Arteaga (2012) en pimiento, Felles (2009) en alcachofa, Menguel y Kirby (2000) en varios cultivos y Carrillo (1989) en cebolla.

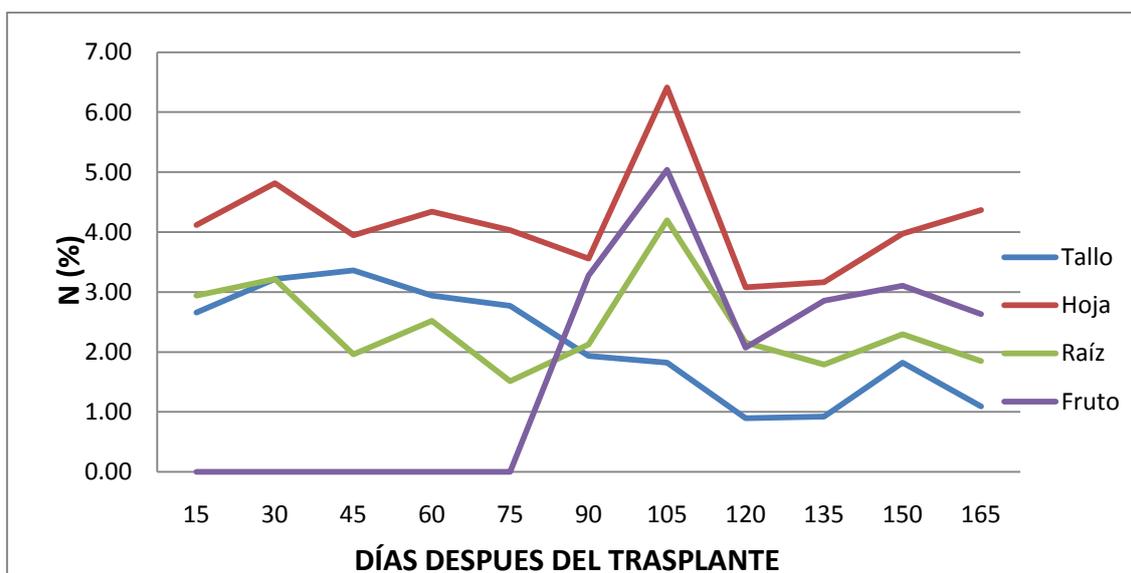
Figura 10: Concentración de Nitrógeno (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).



Cuadro 13: Concentración de Nitrógeno (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).

Órgano	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
Tallo	2,10	2,27	3,64	2,91	2,77	2,41	1,43	4,20	1,79	0,84	1,43
Hoja	4,06	4,65	5,04	4,79	2,49	4,62	6,44	2,72	4,03	2,80	3,08
Raíz	2,58	2,83	2,74	2,58	4,28	2,66	2,55	3,75	2,66	1,37	2,21
Fruto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,62	3,50	4,96	2,74	2,74	2,55

Figura 11: Concentración de Nitrógeno (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).



Cuadro 14: Concentración de Nitrógeno (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).

Órgano	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
Tallo	2,66	3,22	3,36	2,94	2,77	1,93	1,82	0,90	0,92	1,82	1,09
Hoja	4,12	4,82	3,95	4,34	4,03	3,56	6,41	3,08	3,16	3,98	4,37
Raíz	2,94	3,22	1,96	2,52	1,51	2,13	4,20	2,16	1,79	2,30	1,85
Fruto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,28	5,04	2,07	2,86	3,11	2,63

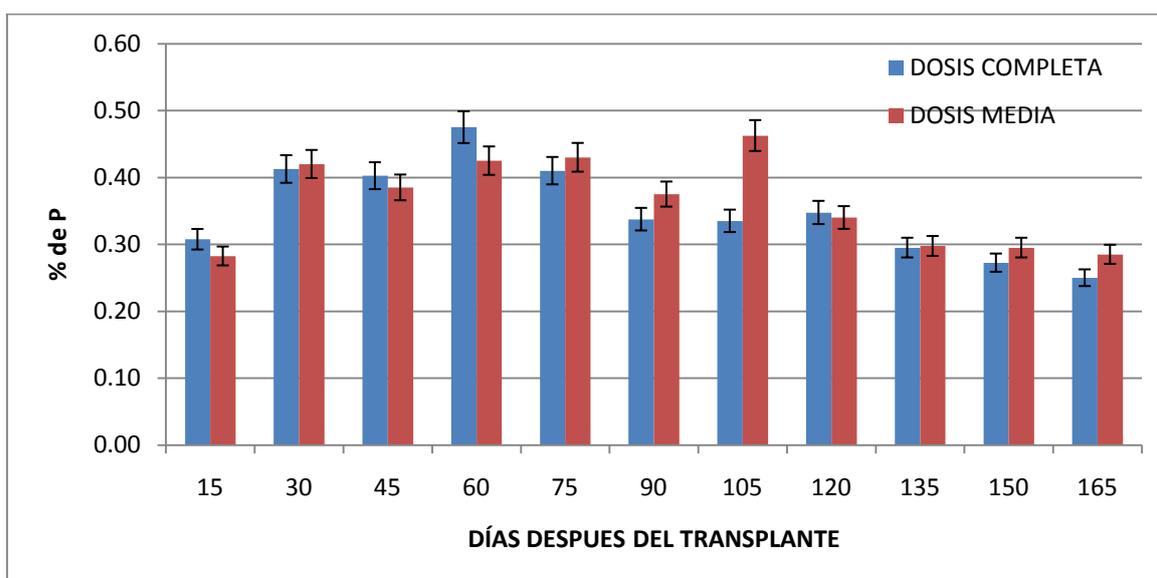
5.2.2 Concentración de Fósforo

5.2.2.1 Concentración de Fósforo (%) en hojas.

Podemos apreciar en el Figura 12 y Cuadro 15, que la concentración de fosforo en hojas de la dosis completa de fertilización tiene una tendencia creciente en la etapas iniciales del cultivo hasta llegar a su máxima concentración a los 60 DDT. (0.48%) etapa de prefloración, para luego disminuir constantemente hasta el final del ciclo del cultivo. Algo similar presenta el nivel con la dosis media de fertilización, pero el incremento de este nutriente es mas 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.* (1996) y Cadahía (1988), quienes mencionan que la concentración de fosforo en hojas de pimiento es de 0.3 a 0.7 por ciento. Al analizar los niveles de fertilización podemos ver que no existe diferencia significativa entre ellos.

Figura 12: Concentración de Fósforo (%) en hojas de ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.



-Nivel 01 (D. Completa): N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43.

-Nivel 02 (D. Media): N 133- P 65- K 189 -Ca 26- S 22.

Cuadro 15: Concentración de Fósforo (%) en hojas de ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.

NIVELES	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
D. Completa	0.31	0.41	0.40	0.48	0.41	0.34	0.34	0.35	0.30	0.27	0.25
D. Media	0.28	0.42	0.39	0.43	0.43	0.38	0.46	0.34	0.30	0.30	0.29

-Nivel 01 (D. Completa): N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43.

-Nivel 02 (D. Media): N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22.

5.2.2.2 Concentración de Fósforo (%) en los diferentes órganos de la planta

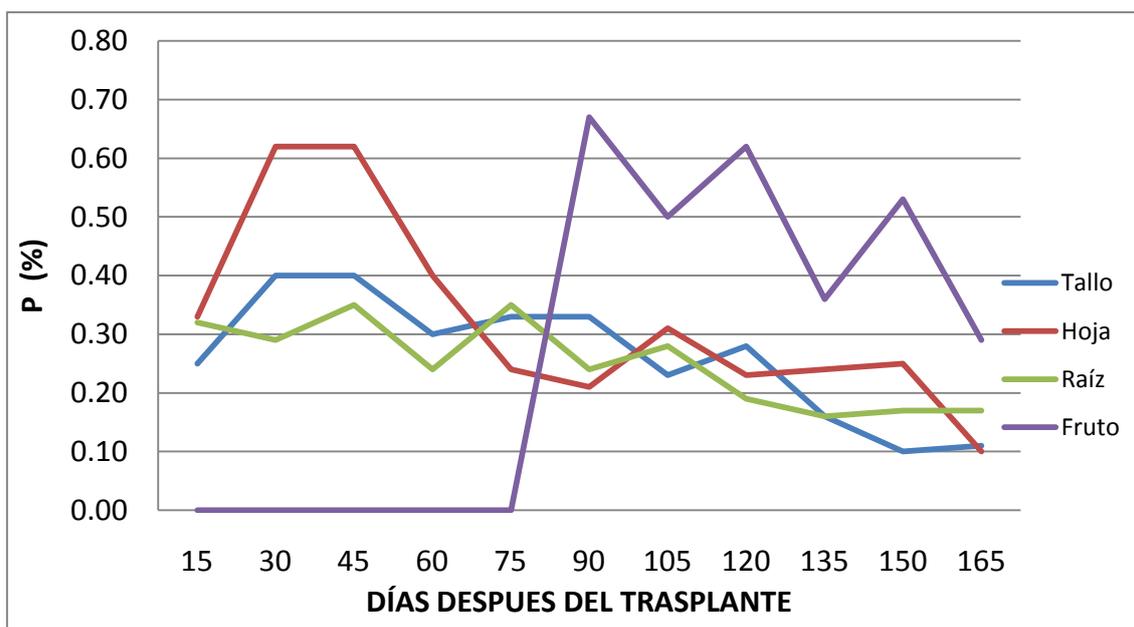
En el nivel con dosis completa de fertilización (Figura 13 y Cuadro16), en las etapas iniciales del periodo fenológico la concentración de fosforo en las hojas obtienen mayormente los mas altos registros de este nutriente, pero al darse la aparición del fruto en las plantas la mayor concentración de fósforo se produce en los frutos, y por otro lado en las hojas disminuye considerablemente. En el tallo la concentración de fósforo no varía visiblemente en las etapas iniciales del cultivo, pero luego de la aparición del fruto la disminución de la concentración del elemento es sostenida en adelante, aunque la caída no es tan pronunciada como en el caso de las hojas

En la dosis media de fertilización(Figura 14 y Cuadro 17) se aprecia que la concentración de fósforo de todos los órganos vegetativos del cultivo (hojas tallos y raíces) se mantuvo en un rango constante a lo largo del ciclo fenológico (entre 0,1 y 0,4 %), siendo menor a las concentraciones obtenidas con el nivel de la dosis completa de fertilización; en cambio, la concentración de fósforo en frutos de las plantas en ese nivel son altas al inicio del crecimiento del fruto (donde superan a la concentración obtenida en la dosis completa de fertilización), pero luego mientras avanza su ciclo de crecimiento su concentración se mantiene en los rangos descritos anteriormente para los órganos vegetativos.

Respecto a la mayor concentración de fósforo desde la etapa reproductiva, ello puede deberse a varias razones, pudiendo ser que se necesita una alta acumulación de este

nutriente en el fruto para formar compuestos de almacenamiento en las semillas (fitatos) y este nutriente es necesario para activar la síntesis de carbohidratos y traslocación de carbohidratos a los frutos (Marschner, 1995) dándose a entender que en el nivel con la dosis de fertilización media la fisiología y la posterior acumulación de fósforo es más adecuada o mayor que el otro nivel de fertilización (dosis completa)

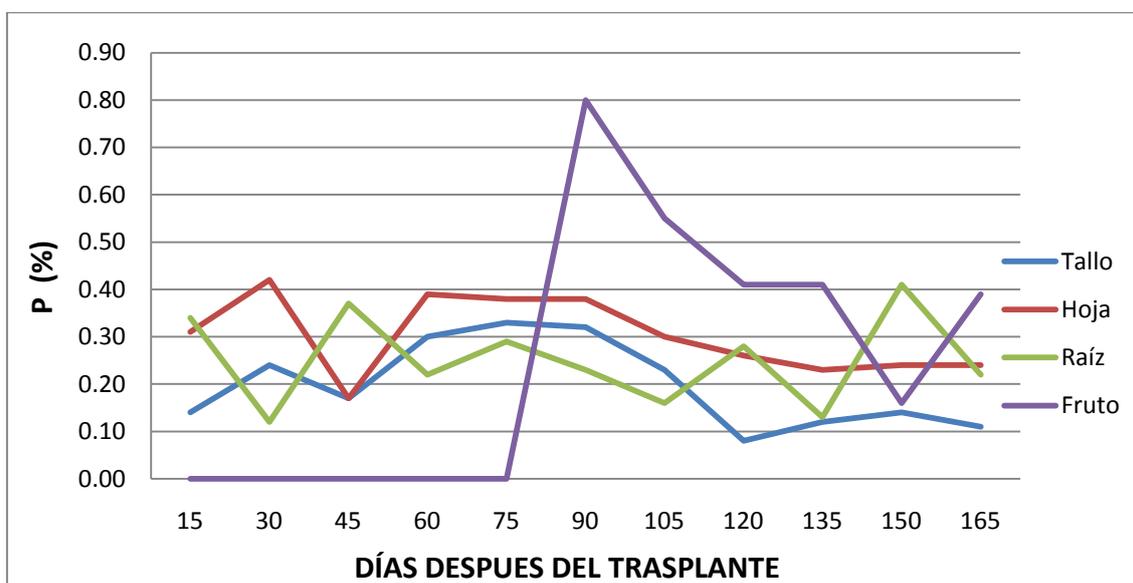
Figura 13: Concentración de Fósforo (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).



Cuadro 16: Concentración de Fósforo (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).

Órgano	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
Tallo	0,25	0,40	0,40	0,30	0,33	0,33	0,23	0,28	0,16	0,10	0,11
Hoja	0,33	0,62	0,62	0,40	0,24	0,21	0,31	0,23	0,24	0,25	0,10
Raíz	0,32	0,29	0,35	0,24	0,35	0,24	0,28	0,19	0,16	0,17	0,17
Fruto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,50	0,62	0,36	0,53	0,29

Figura 14: Concentración de fósforo (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).



Cuadro 17: Concentración de Fósforo (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).

Órgano	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
Tallo	0,14	0,24	0,17	0,30	0,33	0,32	0,23	0,08	0,12	0,14	0,11
Hoja	0,31	0,42	0,17	0,39	0,38	0,38	0,30	0,26	0,23	0,24	0,24
Raíz	0,34	0,12	0,37	0,22	0,29	0,23	0,16	0,28	0,13	0,41	0,22
Fruto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,55	0,41	0,41	0,16	0,39

5.2.3 Concentración de Potasio

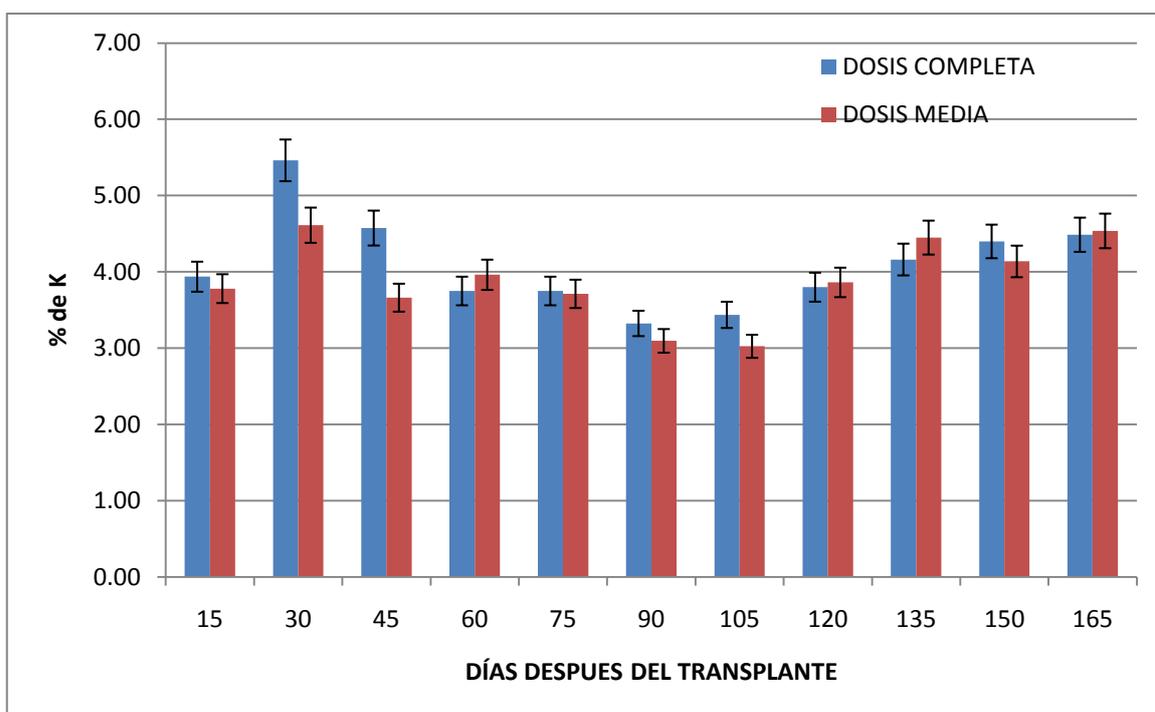
5.2.3.1 Concentración de Potasio (%) en hojas.

En el Figura 15 y Cuadro 18 se puede apreciar un incremento acelerado de potasio para la dosis completa de fertilización, alcanzando un pico máximo de 5.46 por ciento a los 30 DDT, posteriormente empieza a decrecer llegando a su mínimo a los 90 días, inicio de producción, pasado esto ocurre un incremento paulatino y sostenido hasta el final del cultivo. En el nivel con la dosis media de fertilización se puede apreciar una tendencia

similar a la dosis completa pero en menor grado, de igual forma los Figuras presentan su máxima disminución a los 90 y 105 DDT etapas de producción, para iniciar un proceso de incremento a los 120 DDT hasta el final del ciclo del cultivo.

En la mayor cantidad de fechas de cultivo ambas dosis muestran tendencias similares en cuanto a comportamiento, pero difieren numéricamente por lo que presentan diferencia significativa entre niveles (Anexo 14), además según Nicho *et al.* (1996) y Jones *et al.* (1991) los valores observados se encuentran dentro de un rango medio para pimiento, los que van de 3.5 a 4.5 por ciento.

Figura 15: Concentración de Potasio (%) en hojas de ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.



-Nivel 01 (D. Completa): N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43.

-Nivel 02 (D. Media): N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22.

Cuadro 18: Concentración de Potasio (%) en hojas de ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.

NIVELES	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
D. Completa	3.94	5.46	4.58	3.75	3.75	3.33	3.44	3.80	4.16	4.40	4.49
D. Media	3.78	4.61	3.66	3.96	3.71	3.10	3.03	3.86	4.45	4.14	4.54

-Nivel 01 (D. Completa): N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43.

-Nivel 02 (D. Media): N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22.

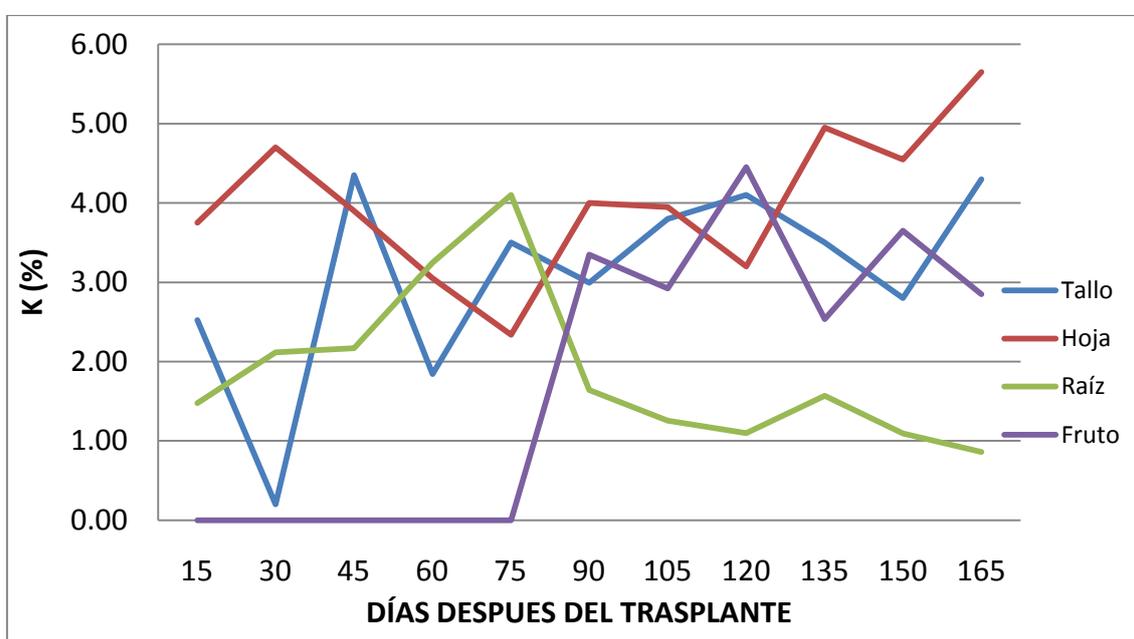
5.2.3.2 Concentración de Potasio (%) en los diferentes órganos de la planta

En el nivel con la dosis de fertilización completa (Figura 16 y Cuadro 19) la mayor concentración de potasio se obtiene mayormente en las hojas y en el tallo en etapas iniciales, siendo similar la concentración en las hojas y en el fruto, pero superando las hojas a la concentración obtenida en el fruto y también a los demás órganos de la planta en todo el periodo fenológico del cultivo. La raíz es el órgano que en general obtiene las menores concentraciones de potasio en todo el ciclo productivo del cultivo (contraponiéndose en más de un muestreo a la concentración de potasio en hojas y fruto, es decir, donde se observaría una traslocación de nutriente de la raíz hacia hojas y fruto).

En la dosis media de fertilización (Figura 17 y Cuadro 20) se da la mayor concentración de potasio en las hojas y en el tallo de las plantas, luego en el fruto y finalmente en la raíz del cultivo (donde se observa que al igual que el nivel con la dosis completa, se contrapone a la concentración de potasio producida en el fruto) el cual logra incrementarse a los 150 DDT lo cual posiblemente influyó en la disminución del nutriente en los frutos. Se puede apreciar que la concentración de potasio en los órganos de la planta con la dosis media de fertilización ocurre en el rango de uno a cuatro por ciento, siendo superado sólo por las hojas en la etapa de pleno crecimiento del fruto (a los 120 DDT, aunque se logran casi equiparar todos los órganos en el último muestreo realizado en el cultivo, excepto en la raíz).

En general la hoja es el órgano que presenta la mayor concentración de K en toda la planta; es lógico pensar la importancia de su composición y absorción durante los primeros 120 DDT., luego ocurre una traslocación hacia los órganos de reserva (frutos). Los fenómenos de traslocación son bien explicados por Leopold (1964), Triffin (1972). También es interesante mencionar que las concentraciones en hojas y frutos presentan tendencia a incrementar posiblemente a que el ají escabeche tiene un ciclo más prolongado de vida y a la presencia de nuevos brotes.

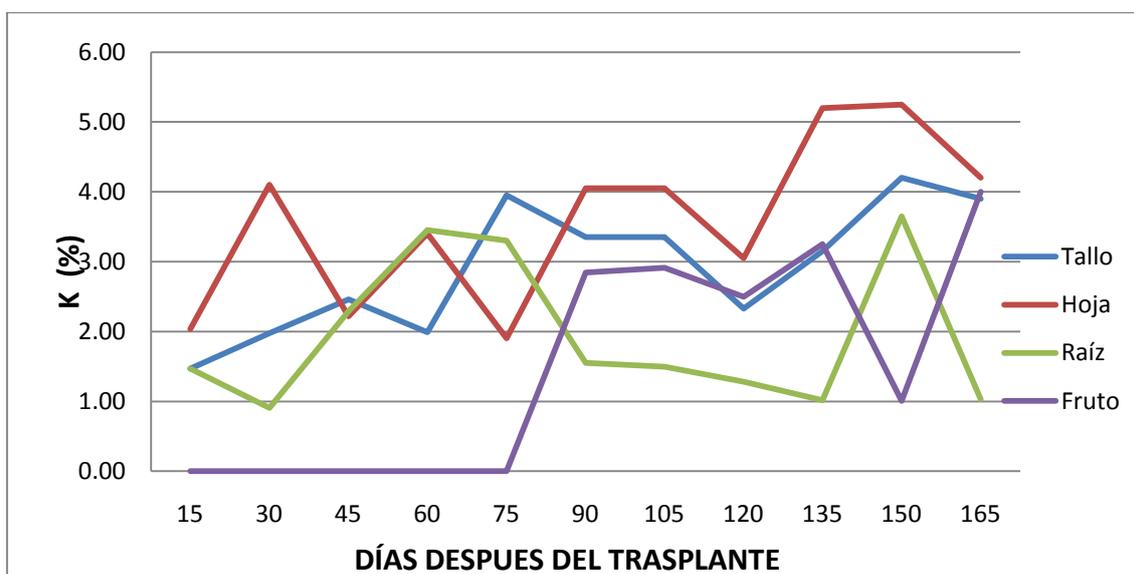
Figura 16: Concentración de Potasio (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).



Cuadro 19: Concentración de Potasio (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).

Órgano	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
Tallo	2,53	0,20	4,35	1,85	3,50	3,00	3,80	4,10	3,50	2,80	4,30
Hoja	3,75	4,70	3,90	3,05	2,34	4,00	3,95	3,20	4,95	4,55	5,65
Raíz	1,48	2,12	2,17	3,25	4,10	1,64	1,26	1,10	1,57	1,10	0,86
Fruto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,35	2,92	4,45	2,54	3,65	2,85

Figura 17: Concentración de Potasio (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).



Cuadro 20: Concentración de Potasio (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).

Órgano	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
Tallo	1,47	1,98	2,46	1,99	3,95	3,35	3,35	2,33	3,15	4,20	3,90
Hoja	2,04	4,10	2,22	3,40	1,91	4,05	4,05	3,05	5,20	5,25	4,20
Raíz	1,47	0,91	2,29	3,45	3,30	1,55	1,50	1,28	1,02	3,65	1,03
Fruto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,85	2,92	2,50	3,25	1,01	4,00

5.2.4 Concentración de Magnesio

5.2.4.1 Concentración de Magnesio (%) en hojas.

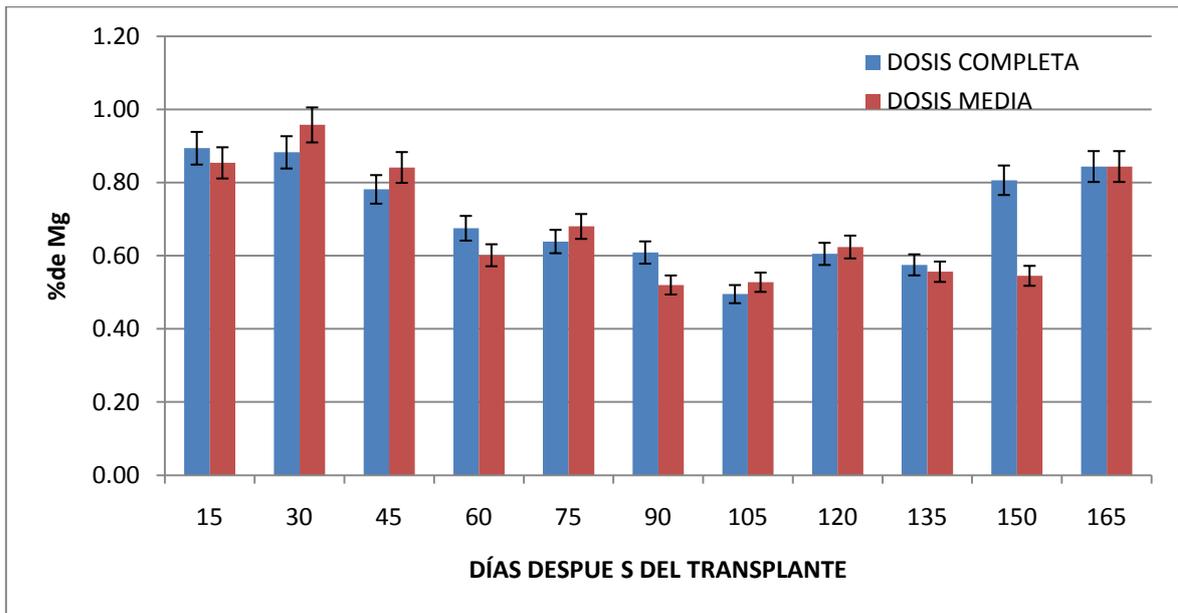
La concentración de magnesio en hojas del nivel de fertilización completa siguen una tendencia estable en las dos primeras fechas de muestreo del cultivo para luego ir declinando paulatinamente hasta alcanzar su valor más bajo a los 90 y 105 DDT con 0.52

y 0.53 por ciento respectivamente. Luego tienen una tendencia a incrementar su contenido hasta la fecha final del cultivo (Figura 18 y Cuadro 21).

En el nivel con la dosis media de fertilización podemos apreciar un incremento contundente a los 30 DDT (0.96%) para luego ir disminuyendo de igual forma que el tratamiento anterior minimizando su contenido en la etapa de producción, incrementando su contenido para la parte final del ciclo del cultivo.

Ambos niveles de fertilización no presentan diferencias significativas entre si. Al respecto Cadahia (1998) y Nuez *et al.*, mencionan que nuestros valores se encuentran dentro de un rango medio para hojas de pimiento (0.5 a 0.9%).

Figura 18: Concentración de Magnesio (%) en hojas de ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.



-Nivel 01 (D. Completa): N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43.

-Nivel 02 (D. Media): N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22.

Cuadro 21: Concentración de Magnesio (%) en hojas de ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.

NIVELES	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
D. Completa	0.89	0.88	0.78	0.68	0.64	0.61	0.50	0.61	0.58	0.81	0.84
D. Media	0.85	0.96	0.84	0.60	0.68	0.52	0.53	0.62	0.56	0.55	0.84

-Nivel 01 (D. Completa): N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43.

-Nivel 02 (D. Media): N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22.

5.2.4.2 Concentración de Magnesio (%) en los diferentes órganos de la planta.

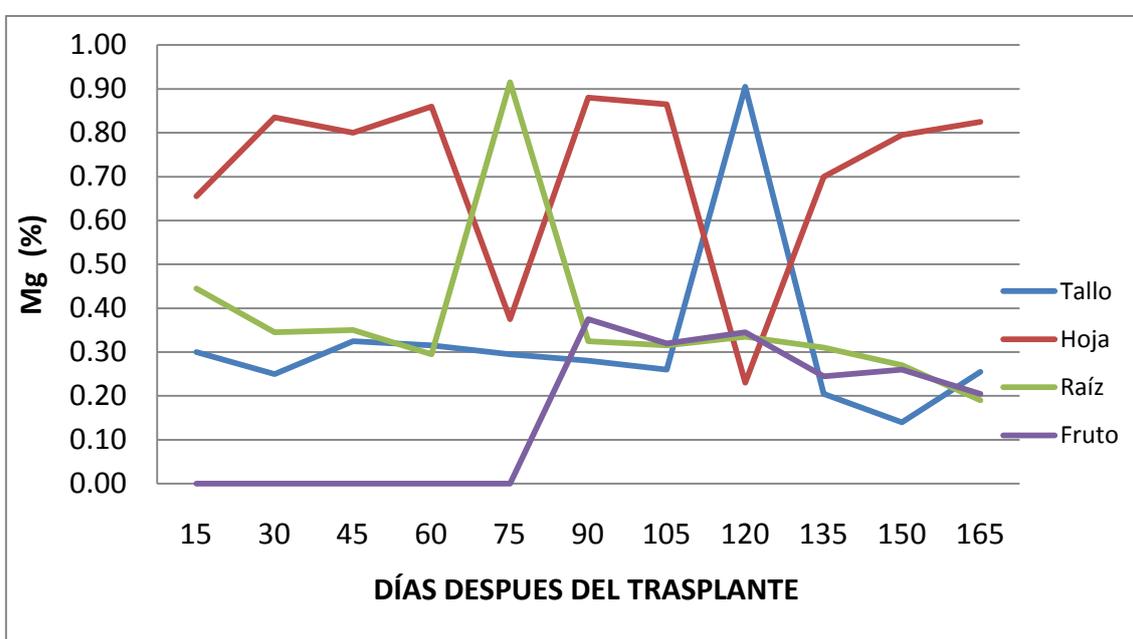
La mayor concentración de magnesio en el nivel con la dosis completa de fertilización (Figura 19 y Cuadro 22) se obtiene mayormente en las hojas, pero se dio los mayores picos de concentración en el tallo y en la raíz, asemejándose a su vez la concentración de magnesio de ambos órganos en el ciclo productivo. La concentración de magnesio en el fruto obtiene valores intermedios en la planta, estando en el rango de 0,2 a 0,4 % (sucediendo ello también en el tratamiento con la dosis media de fertilización).

La mayor concentración de magnesio en la dosis media de fertilización se obtuvo en las hojas (1.4 %, siendo superior a la obtenida en el nivel con la dosis completa de fertilización), superando en todo el ciclo fenológico o en todos los muestreos realizados al cultivo, a la concentración de las demás partes de las plantas (Figura 20 y Cuadro 23). La concentración de magnesio en los demás órganos de la planta en general estuvo dentro el rango de 0,2 a 0,4 por ciento, sin diferencias marcadas entre uno y otro órgano (tallo, fruto o raíz).

En general, en todo el ciclo fenológico la mayor concentración de magnesio en el cultivo se dio en el nivel con la dosis media de fertilización, siendo en ambos niveles importante la concentración obtenida en los órganos vegetativos del cultivo, especialmente en las hojas. Al respecto, también cabe indicar que en el nivel de fertilización completa el magnesio se distribuye en toda la planta, siendo ello diferente a lo indicado por Marschner (1995), quien menciona que se da la removilización del magnesio desde las hojas maduras,

donde se reduce la duración del área foliar, se disminuye la clorofila así como la tasa de fotosíntesis; lo anterior no sucede en la dosis de fertilización media, dado que bajo esa dosis en todo el ciclo productivo las hojas son los órganos que obtienen las mayores concentraciones de magnesio en toda la planta debido posiblemente a la presencia de brotes terminales. Una tendencia similar en cuanto a la concentración de Mg en órganos de la planta obtiene Arteaga (2012) en *Capsicum* tanto para hojas como en frutos.

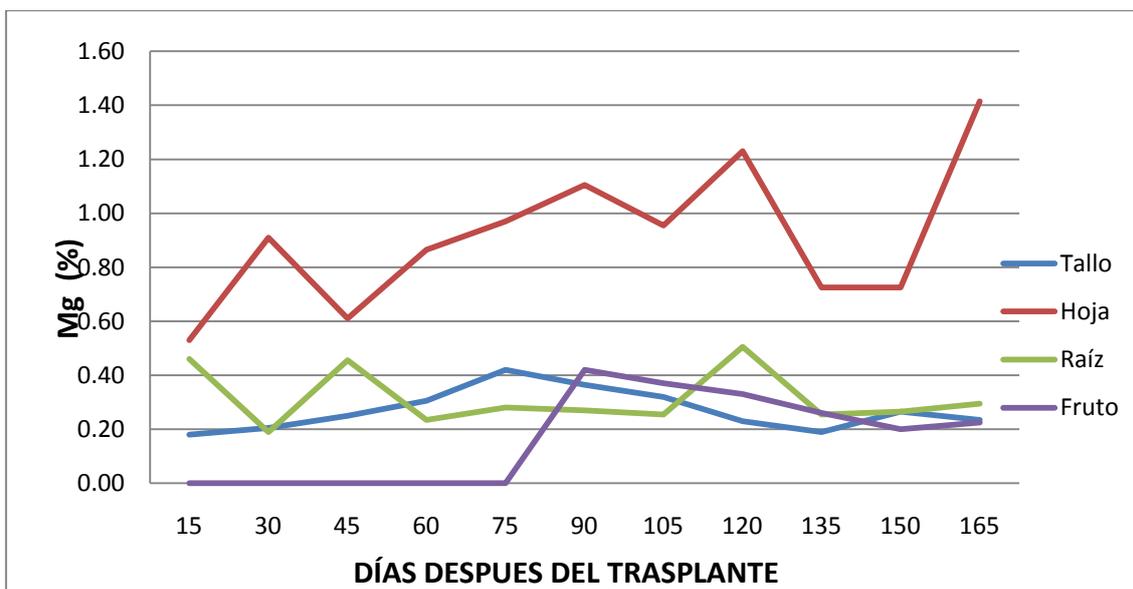
Figura 19: Concentración de Magnesio (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130-K 377- Ca 52- S 43).



Cuadro 22: Concentración de Magnesio (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266-P 130- K 377- Ca 52- S 43).

Órgano	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
Tallo	0,30	0,25	0,33	0,32	0,30	0,28	0,26	0,91	0,21	0,14	0,26
Hoja	0,66	0,84	0,80	0,86	0,38	0,88	0,87	0,23	0,70	0,80	0,83
Raíz	0,45	0,35	0,35	0,30	0,92	0,33	0,32	0,34	0,31	0,27	0,19
Fruto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,32	0,35	0,25	0,26	0,21

Figura 20: Concentración de Magnesio (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).



Cuadro 23: Concentración de Magnesio (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).

Órgano	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
Tallo	0,18	0,21	0,25	0,31	0,42	0,37	0,32	0,23	0,19	0,27	0,24
Hoja	0,53	0,91	0,61	0,87	0,97	1,11	0,96	1,23	0,73	0,73	1,42
Raíz	0,46	0,19	0,46	0,24	0,28	0,27	0,26	0,51	0,26	0,27	0,30
Fruto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	0,37	0,33	0,26	0,20	0,23

5.2.5 Concentración de Calcio

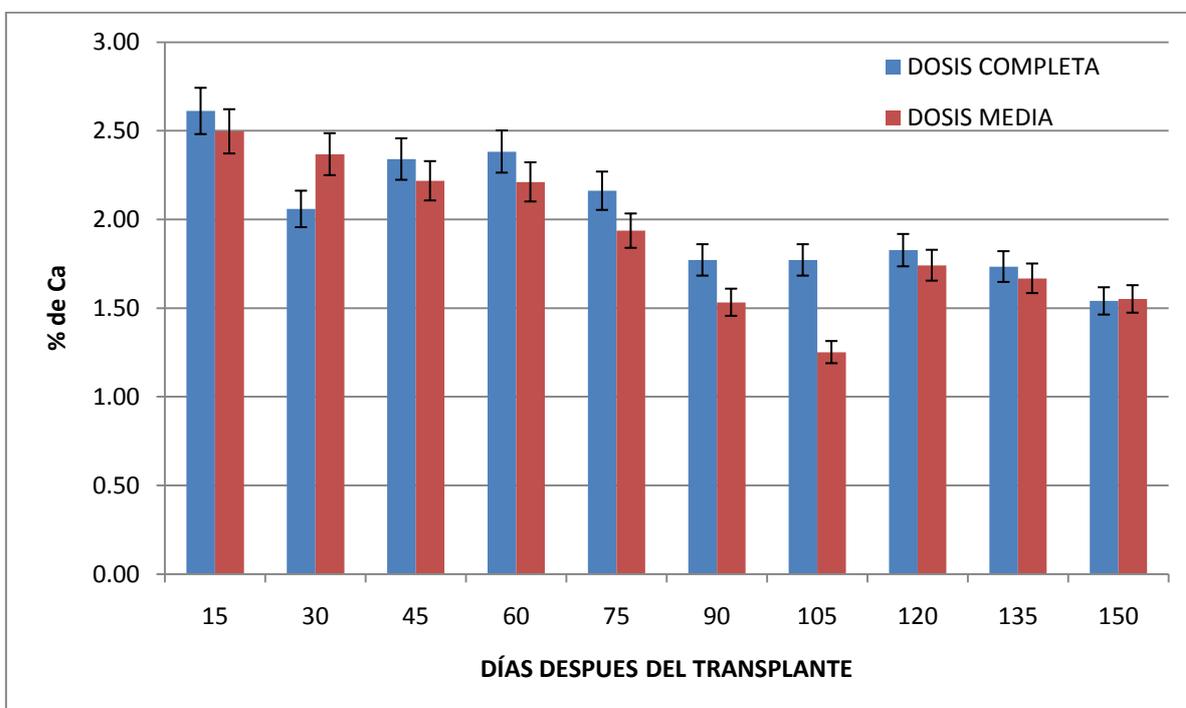
5.2.5.1 Concentración de Calcio (%) en hojas.

Se puede apreciar que en el nivel con la dosis de fertilización completa (Figura 21 y Cuadro 24) la concentración de calcio en las hojas inicia con una concentración ligeramente mayor a la de la fertilización media; pero esta tiende a disminuir conforme el

fruto madura y se llega a la cosecha (90 y 105 DDT) en los que obtiene los valores mas bajos de todo el ciclo con 1.25 por ciento, posterior a esto ocurre una ligera tendencia a incrementarse hasta estabilizarse en las fases finales del cultivo. El nivel con la dosis media de fertilización muestra tendencias similares pero en menor concentración.

Al respecto los niveles de fertilización muestran diferencia significativa entre ellos, los valores obtenidos en promedio son considerados como normales para hojas de pimiento por Nuez *et al.* (1996).

Figura 21: Concentración de Calcio (%) en hojas de ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.



-Nivel 01 (D. Completa): N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43.

-Nivel 02 (D. Media): N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22.

Cuadro 24: Concentración de Calcio (%) en hojas de ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.

NIVELES	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
D. Completa	2.61	2.06	2.34	2.38	2.16	1.77	1.77	1.83	1.73	1.54	2.65
D. Media	2.50	2.37	2.22	2.21	1.94	1.53	1.25	1.74	1.67	1.55	2.34

-Nivel 01 (D. Completa): N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43.

-Nivel 02 (D. Media): N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22.

5.2.5.2 Concentración de Calcio (%) en los diferentes órganos de la planta.

En el nivel con la dosis completa de fertilización (Figura 22 y Cuadro 25), se observa que las menores concentraciones de calcio se dan en los frutos (no superando el 0,5 %) siendo en los órganos vegetativos donde se da la mayor concentración de éste nutriente. La mayor concentración se da en las hojas (ello en general en todo el ciclo fenológico) y luego las mayores concentraciones se dan en la raíz y finalmente en el tallo.

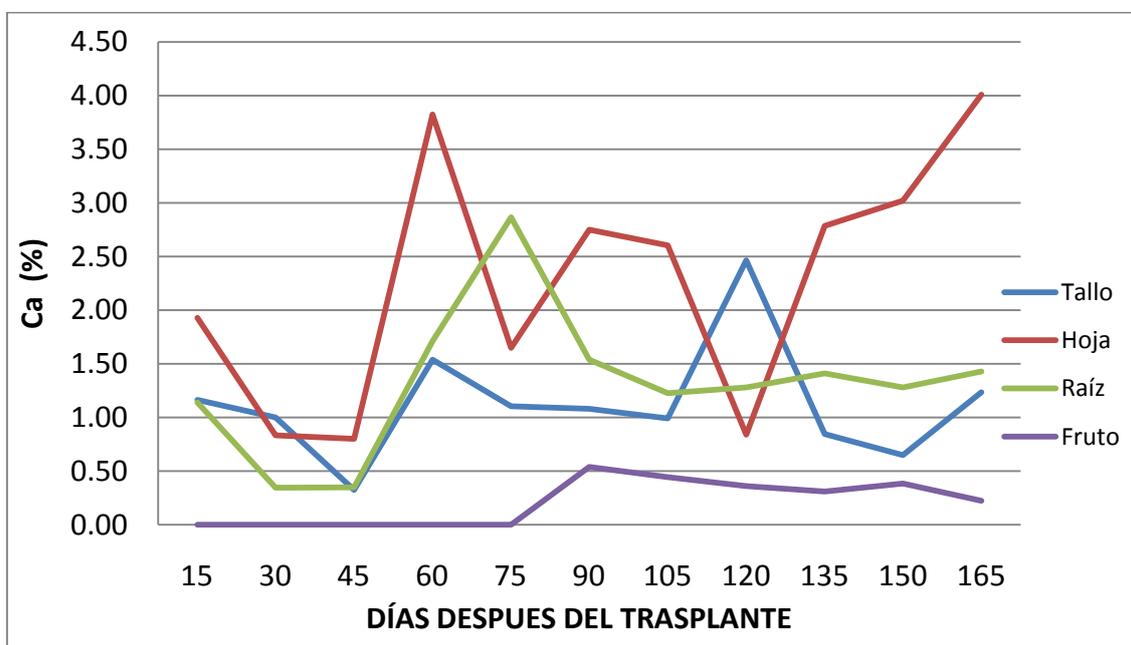
En el Figura 22 y Cuadro 26 se aprecia que la mayor concentración de calcio en el nivel con la dosis media de fertilización se da en las hojas, superando a los demás órganos en todo el ciclo fenológico del cultivo. Por otro lado, en general el rango de concentración de calcio de los demás órganos se ubica entre 0.5 y 1.5 por ciento, pero resaltando que este es superado en 2 muestreos por la raíz, siendo luego la concentración mas importante las presentadas en el tallo de las plantas. Finalmente el fruto es el que obtiene las menores concentraciones de calcio, aunque estas superan mayormente el 0,5 por ciento de concentración en sus tejidos (a diferencia de las concentraciones obtenidas en el nivel con la dosis completa de fertilización).

En general la concentración de calcio es mayor en la dosis media de fertilización a comparación de la dosis completa, cabiendo indicar que en la dosis completa de fertilización se aplicó en el campo el doble de la cantidad de calcio aplicado en el nivel con la dosis media de fertilización, y que además se aplicó el doble de nitrógeno, y como indican Mengel y Kirby (2000), a mayor fertilización nitrogenada, se favorecería una

mayor absorción de nutrientes en el cultivo, hecho que se observa que no fue así en este caso.

Arteaga (2012) muestra resultados similares respecto a las tendencias en concentración de Ca en los diferentes órganos en dos cultivares de *Capsicum*, siendo los fruto los órganos de menor concentración pero con una mayor concentración en hojas (5.14 %) que las del presente trabajo.

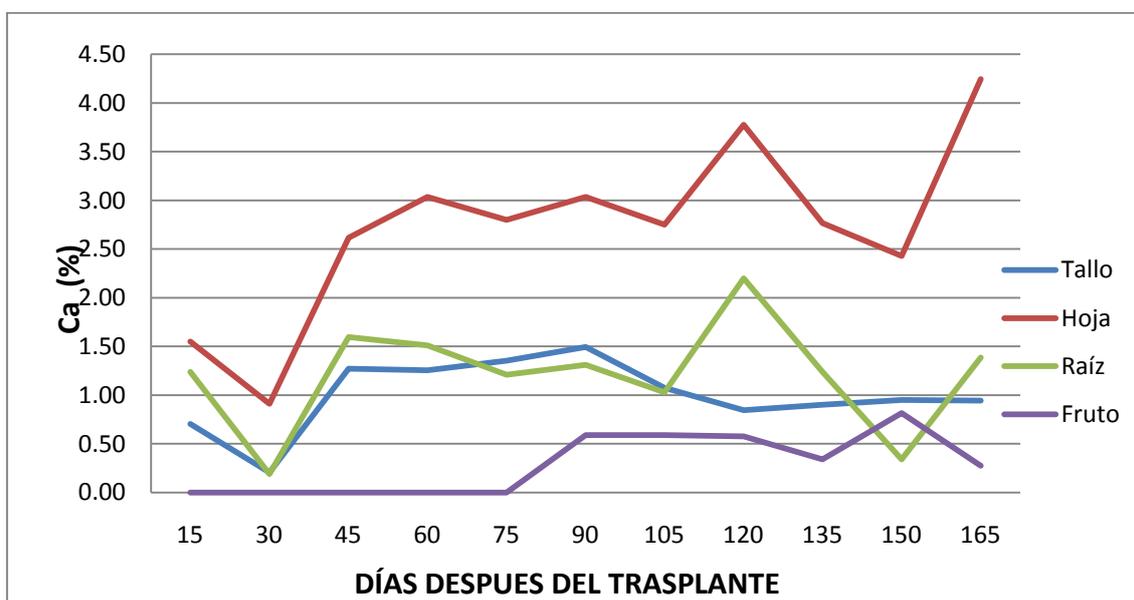
Figura 22: Concentración de Calcio (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).



Cuadro 25: Concentración de Calcio (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).

Órgano	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
Tallo	1,17	1,00	0,33	1,54	1,11	1,08	0,99	2,47	0,85	0,65	1,24
Hoja	1,93	0,84	0,80	3,83	1,65	2,75	2,61	0,84	2,79	3,02	4,01
Raíz	1,14	0,35	0,35	1,71	2,87	1,54	1,23	1,28	1,41	1,28	1,43
Fruto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,54	0,45	0,36	0,31	0,39	0,23

Figura 23: Concentración de Calcio (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).



Cuadro 26: Concentración de Calcio (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).

Órgano	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
Tallo	0,71	0,21	1,27	1,26	1,36	1,50	1,08	0,85	0,90	0,95	0,95
Hoja	1,55	0,91	2,62	3,04	2,80	3,04	2,75	3,78	2,77	2,43	4,25
Raíz	1,24	0,19	1,60	1,51	1,21	1,31	1,03	2,20	1,24	0,34	1,39
Fruto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,59	0,59	0,58	0,34	0,82	0,28

5.2.6 Concentración de Azufre

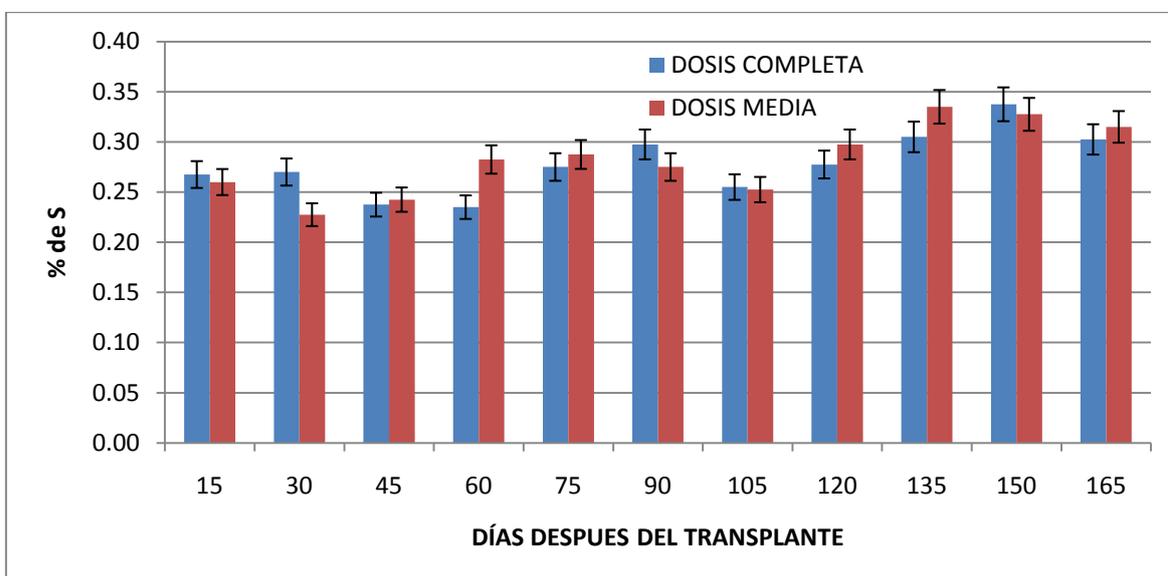
5.2.6.1 Concentración de Azufre (%) en hojas.

La concentración de azufre en hojas del nivel de la dosis completa de fertilización muestran una tendencia a disminuir entre los 45 y 60 DDT en el periodo vegetativo del cultivo, para luego incrementarse entre los 75 y 90 DDT (0.28 y 0.30 %), alcanzando su

pico máximo a los 150 DDT (0.34 %), con una ligera disminución al final del ciclo del cultivo. El nivel de hojas con la dosis media de fertilización alcanza su máxima concentración a los 135 DDT con una cantidad también de 0.34 por ciento de igual forma declina ligeramente al final (Figura 24 y Cuadro 27).

Con respecto a los niveles de fertilización podemos mencionar que no existe diferencia significativa entre ellos. Los rangos de concentración de azufre en hoja se encuentran dentro de un rango medio según Cadahía (1988).

Figura 24: Concentración de Azufre (%) en hojas de ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.



-Nivel 01 (D. Completa): N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43.

-Nivel 02 (D. Media): N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22.

Cuadro 27: Concentración de Azufre (%) en hojas de ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.

NIVELES	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
D. Completa	0.27	0.27	0.24	0.24	0.28	0.30	0.26	0.28	0.31	0.34	0.30
D. Media	0.26	0.23	0.24	0.28	0.29	0.28	0.25	0.30	0.34	0.33	0.32

-Nivel 01 (D. Completa): N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43.

-Nivel 02 (D. Media): N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22.

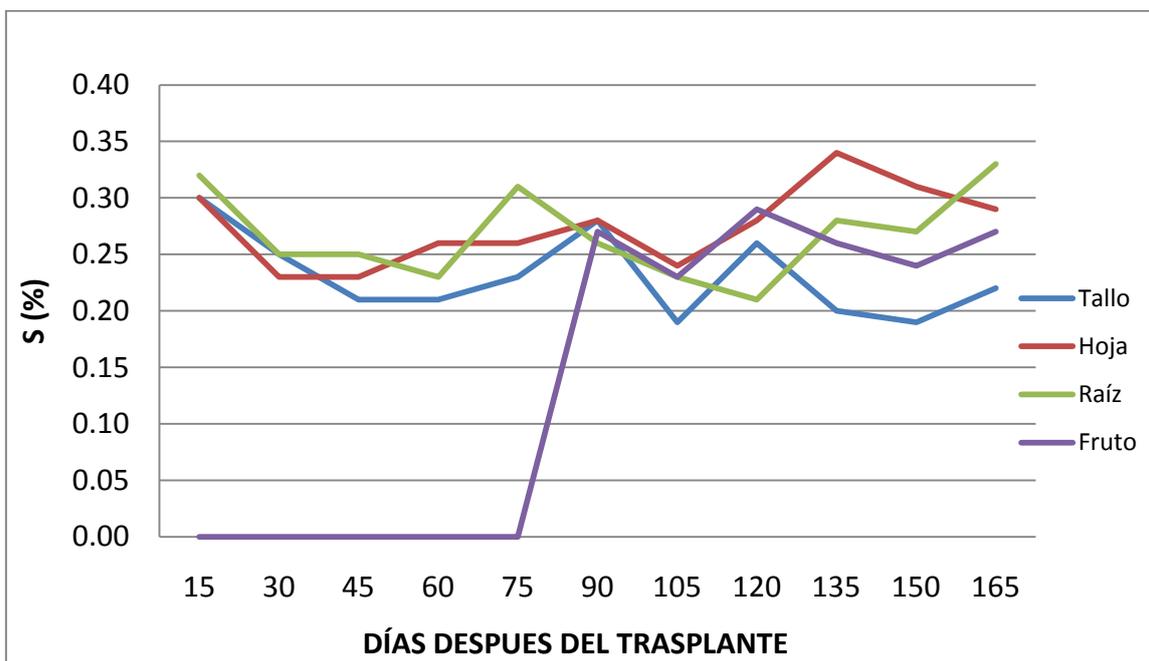
5.2.6.2 Concentración de Azufre (%) en los diferentes órganos de la planta.

La mayor concentración de azufre en el nivel con la dosis completa de fertilización se da en las hojas de la planta, pero en general en todo el ciclo fenológico del cultivo la concentración de las hojas y de la raíz (y también las del fruto, que no supera el 0,3 por ciento de concentración) se asemejan en los registros alcanzados por uno y otro órgano; por otro lado la menor concentración de azufre obtenida en la planta se da en los tallos, y a su vez esto se repite en la mayor parte del ciclo fenológico del cultivo (Figura 25 y Cuadro 28).

Se observa que la mayor concentración de azufre en el nivel con la dosis media se da en las hojas a lo largo del ciclo del cultivo; siendo superado únicamente a los 120 DDT por los frutos (0.35%), pero en general en los registros obtenidos en todo el ciclo fenológico del cultivo la mayor concentración de azufre se obtiene en las hojas. Los registros de la concentración obtenida en los demás órganos a lo largo del ciclo fenológico es similar en las demás partes de la planta (asemejando incluso a la concentración obtenida en las hojas). La concentración de azufre en los tallos de la dosis media de fertilización obtiene en general una tendencia inestable con picos que llegan hasta 0,35 por ciento a los 150 DDT para luego descender; diferenciándose a lo obtenido en la dosis completa en la que el contenido tiende a incrementarse al final del cultivo (Figura 26 y Cuadro 29).

En general la concentración de azufre en el nivel con la dosis completa de fertilización es menor que la concentración obtenida en el nivel con la dosis media, cabiendo indicar también en este caso que este nutriente fue proveído externamente con la fertilización sintéticos al cultivo, dándose ello en mayor medida en el nivel con la dosis completa de fertilización respecto al otro nivel.

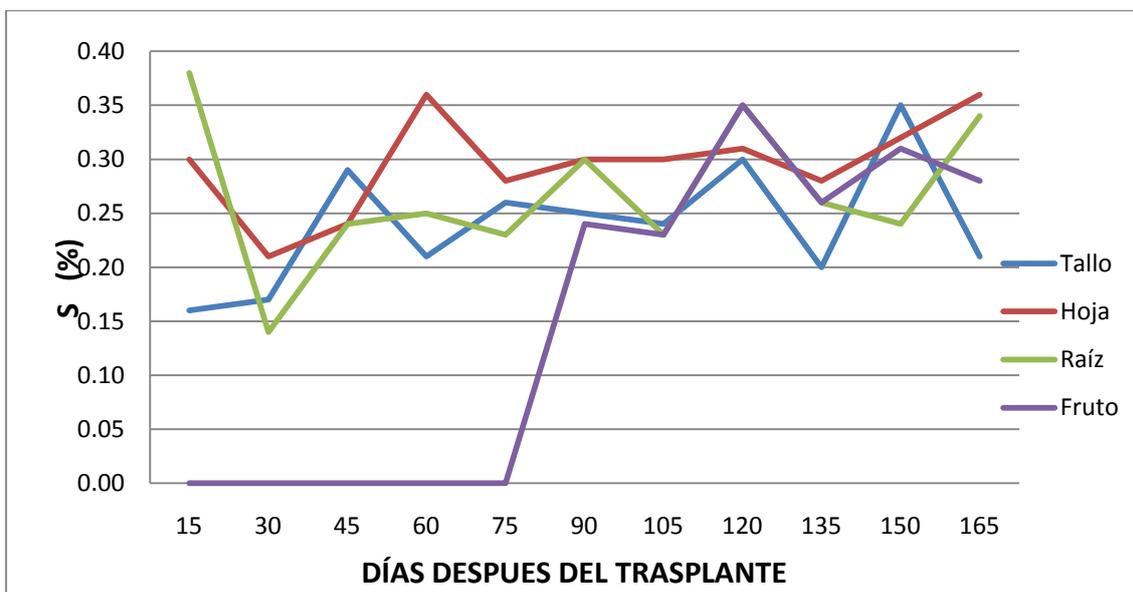
Figura 25: Concentración de Azufre (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).



Cuadro 28: Concentración de Azufre (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).

Órgano	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
Tallo	0,30	0,25	0,21	0,21	0,23	0,28	0,19	0,26	0,20	0,19	0,22
Hoja	0,30	0,23	0,23	0,26	0,26	0,28	0,24	0,28	0,34	0,31	0,29
Raíz	0,32	0,25	0,25	0,23	0,31	0,26	0,23	0,21	0,28	0,27	0,33
Fruto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,23	0,29	0,26	0,24	0,27

Figura 26: Concentración de Azufre (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).



Cuadro 29: Concentración de Azufre (%) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).

Órgano	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
Tallo	0,16	0,17	0,29	0,21	0,26	0,25	0,24	0,30	0,20	0,35	0,21
Hoja	0,30	0,21	0,24	0,36	0,28	0,30	0,30	0,31	0,28	0,32	0,36
Raíz	0,38	0,14	0,24	0,25	0,23	0,30	0,23	0,35	0,26	0,24	0,34
Fruto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,23	0,35	0,26	0,31	0,28

5.3 EXTRACCIÓN DE MACRONUTRIENTES

Los resultados de extracción de nutrientes que a continuación se presentan corresponden, a los análisis de contenidos de minerales en base al peso seco en los diferentes estadios fenológicos del cultivo

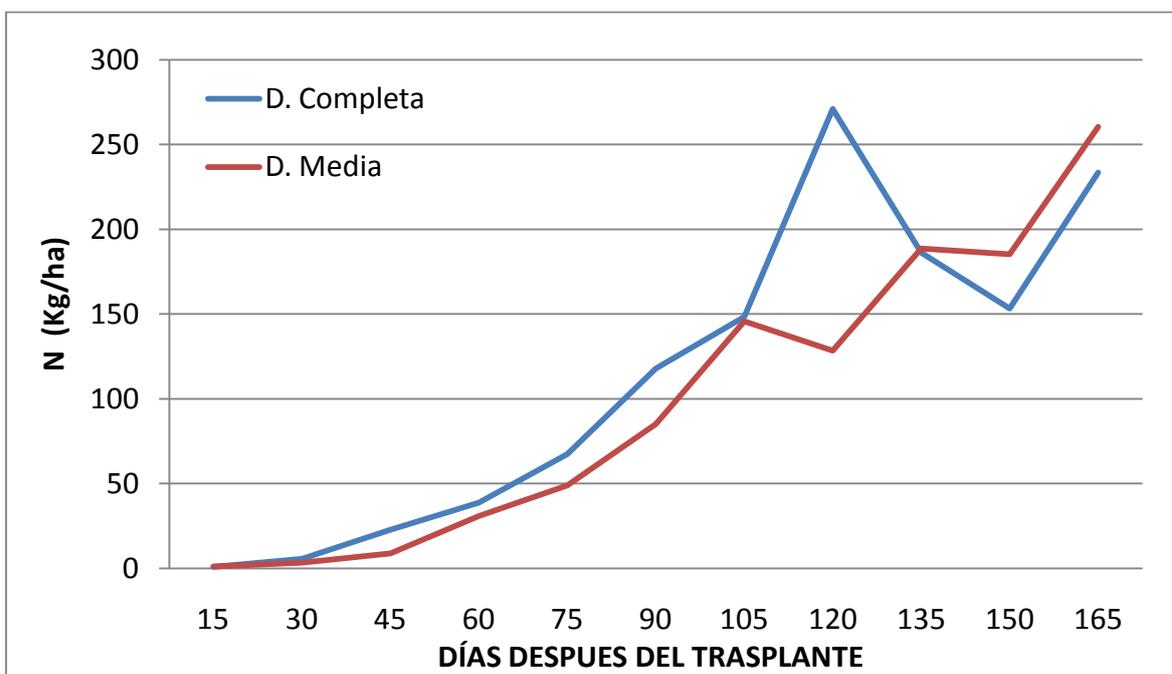
5.3.1 Extracción de Nitrógeno

La extracción de este elemento por el cultivo estuvo regida por la formación de materia seca y la concentración de nitrógeno en los tejidos. En el Figura 27 y Cuadro 30 se observa que en la mayor parte del ciclo fenológico del cultivo la fertilización con la dosis completa de nitrógeno supera a la dosis media de nitrógeno, excepto en el último periodo del ciclo productivo, comprendiendo los tres últimos muestreos o el periodo de mayor acumulación en peso del fruto en la planta. Por otro lado, se observa en el cuadro de datos de absorción de nitrógeno que la acumulación total en toda la campaña del cultivo es mayor en el nivel con la dosis completa de fertilización, ello a pesar de que en esta la cantidad de nitrógeno absorbido por los frutos es menor y a que la producción de materia seca y de fruto fresco es menor que el nivel con dosis media de fertilización, debiéndose probablemente a la acumulación de este nutriente en la planta, ya sea debido a una mayor masa en sus órganos vegetativos, o a una acumulación en las vacuolas de las células, debido a su posible exceso en el medio de cultivo (Salisbury y Ross, 1993). También se puede deber a la alta fertilización con respecto a la dosis media. Felles (2009) en un estudio con alcachofa bajo dos niveles de fertilización menciona que existe un efecto marcado de los niveles de fertilidad sobre la absorción de nitrógeno, llegando a la conclusión de que a mayores niveles de fertilización hubo mayor absorción de nitrógeno. Resultados similares en cuanto a tendencia de absorción de nitrógeno en hojas obtuvieron en el cultivo de pimiento (Arteaga 2012 y Miller 1979). Por otro lado, cabe indicar que el tratamiento con la dosis media de fertilización absorbe mayores cantidades de nitrógeno en la etapa de máximo crecimiento de fruto (luego de los 120 DDT), mientras que el nivel con la dosis completa de fertilización absorbe la mayor cantidad de nitrógeno antes de los 120 DDT, siendo además su absorción luego de este periodo menor a la producida en el tratamiento con la dosis media de fertilización.

La mayor cantidad acumulada de nutrientes en ambos niveles de fertilización se da en la etapa reproductiva del cultivo (desde los 90 DDT) donde en ese periodo se extrae en promedio más del 60 por ciento del nitrógeno en todo el periodo fenológico. Además según Rincon *et al.* (1993) de las cantidades totales extraídas, los frutos exportan la mayor parte del nitrógeno (64%); también menciona que las mayores cantidades de nutrientes extraídas por el cultivo, se consumen desde la primera recolección.

En las curvas totales de absorción podemos apreciar que para la dosis completa de fertilización la mayor absorción de N se da a los 120 DDT con una cantidad de 270.9 kg/ha, lo que difiere de la dosis media la cual alcanza su mayor nivel de absorción a los 165 DDT con una cantidad de 260.5 kg/ha de N. Se observa que en el estudio se absorbieron cantidades superiores a las indicadas por Soto (2008) y Arteaga (2012) pero menores a las indicadas por Kondapa y col. (2009), pudiéndose inferir entonces que lo observado en el estudio se encontraría dentro de los rangos normalmente registrados para un cultivar de ají convencional. La extracción total en el presente experimento fue estimada por superficie de terreno, en función a la densidad de plantación utilizada en el ensayo (población de 40000 plantas por hectárea).

Figura 27: Extracción de Nitrógeno (kg/ha) en ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.



-Nivel 01 (D. Completa): N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43.

-Nivel 02 (D. Media): N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22.

Cuadro 30: Extracción de Nitrógeno (kg/ha) en ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.

NIVELES	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
D. Completa	0,9	5,7	22,6	38,7	67,3	117,9	148,3	270,9	186,2	153,2	233,4
D. Media	1,0	3,3	8,8	30,8	48,9	85,1	145,6	128,3	188,6	185,3	260,5

-Nivel 01 (D. Completa): N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43.

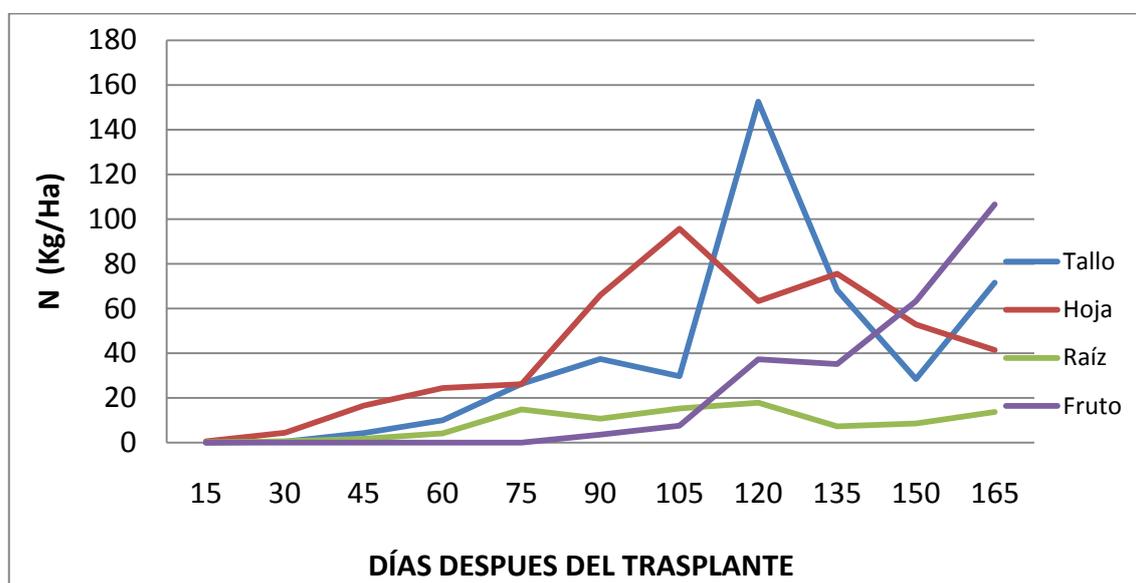
-Nivel 02 (D. Media): N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22.

5.3.1.1 Extracción de Nitrógeno obtenido en los diferentes órganos de la planta.

La extracción total de nitrógeno en la dosis de fertilización completa (Figura 28 y Cuadro 31), muestra una acumulación de nitrógeno importante en los órganos vegetativos de la planta antes y al inicio de la formación del fruto (90 DDT.), siendo esta acumulación mayor en el tallo de la planta llegándose a obtener 152,5 kg/ha de nitrógeno en uno de los muestreos (el más alto registrado en todo el ciclo fenológico); asimismo, en las hojas la acumulación de nitrógeno fue importante, llegándose a obtener el segundo mayor registro de acumulación de nitrógeno en el cultivo, aunque en las etapas finales del ciclo productivo su acumulación cae siendo inferior a los demás órganos de la planta, a excepción de la raíz; además se puede apreciar un incremento sustancial en el fruto. Para el nivel con la dosis media de fertilización (Figura 29 y Cuadro 32), la mayor absorción de nitrógeno observada en todo el periodo fenológico en el cultivo se obtiene en los frutos (siendo de 121 kg/ha de nitrógeno), y luego en las hojas en la etapa intermedia del ciclo fenológico, la acumulación de nitrógeno en el tallo en la mayor parte del ciclo fenológico es inferior a la acumulación de nitrógeno registrado en las hojas (a excepción del último muestreo), siendo superado en más de una ocasión por la obtenida en el fruto.

Para ambos niveles de fertilización podemos apreciar, que los frutos son los órganos que tienden a acumular mayor cantidad de nitrógeno hacia el final de la campaña.

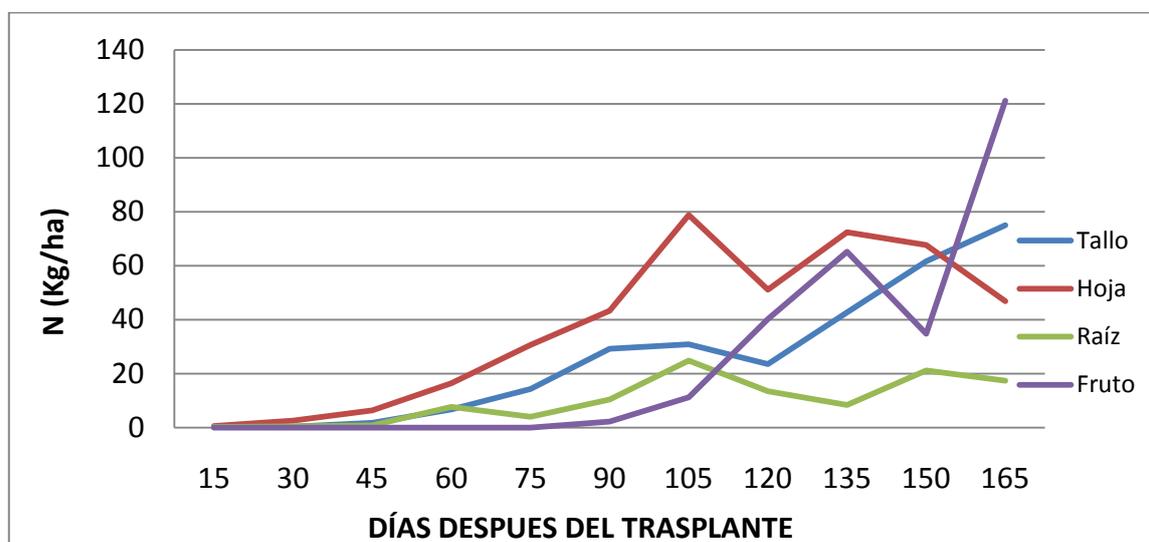
Figura 28: Extracción de Nitrógeno (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).



Cuadro 31: Extracción de Nitrógeno (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).

Órgano	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
Tallo	0,1	0,5	4,3	10,1	26,3	37,5	29,7	152,5	68,3	28,4	71,6
Hoja	0,6	4,4	16,6	24,4	26,2	66,0	95,6	63,3	75,5	52,9	41,5
Raíz	0,1	0,7	1,8	4,2	14,9	10,8	15,3	17,9	7,3	8,6	13,8
Fruto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	7,6	37,3	35,1	63,3	106,5
Total	0,9	5,7	22,6	38,7	67,3	117,9	148,3	270,9	186,2	153,2	233,4

Figura 29: Extracción de Nitrógeno (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).



Cuadro 32: Extracción de Nitrógeno (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).

Órgano	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
Tallo	0,2	0,4	1,8	6,7	14,2	29,2	30,9	23,5	42,6	61,6	75,1
Hoja	0,6	2,5	6,3	16,4	30,6	43,3	78,8	51,1	72,4	67,7	46,8
Raíz	0,2	0,4	0,7	7,7	4,0	10,4	24,8	13,5	8,3	21,1	17,4
Fruto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	11,1	40,2	65,2	34,8	121,2
Total	1,0	3,3	8,8	30,8	48,9	85,1	145,6	128,3	188,6	185,3	260,5

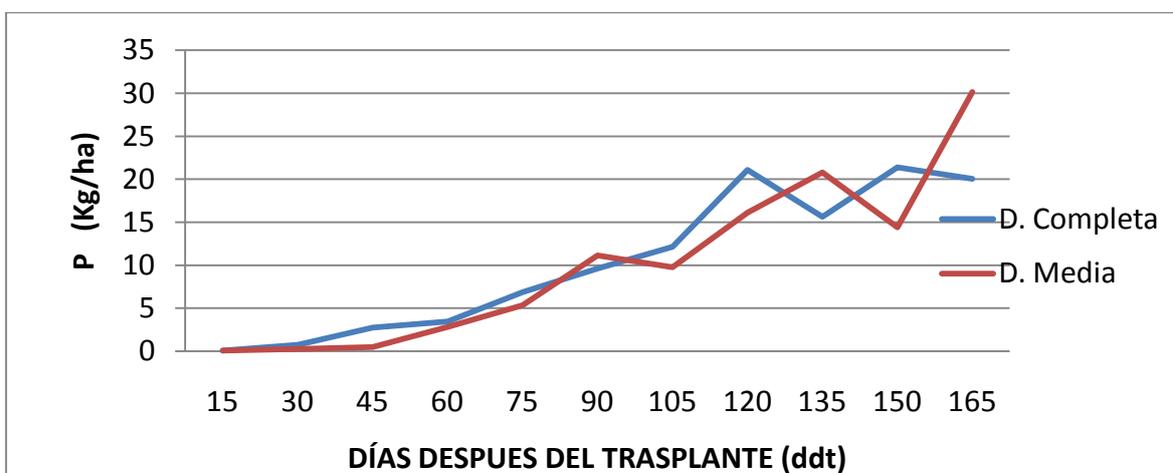
5.3.2 Extracción de Fósforo

La curva de extracción de ambos niveles de fertilización (Figura 30 y Cuadro 33) difiere a lo largo del periodo fenológico, se presentan registros elevados de absorción de fósforo en el nivel con la dosis completa de fertilización, pero en los últimos muestreos correspondientes al mayor crecimiento de fruto se observa una mayor absorción de fósforo en el nivel con la dosis media de fertilización en lugar de la aplicación de la dosis completa en el campo. A lo largo del periodo vegetativo del cultivo, la dosis con la fertilización completa registra mayor absorción de fósforo en los distintos muestreos

realizados en el cultivo; pero en el muestreo correspondiente al día 90 del ciclo fenológico, la absorción del nivel con la dosis media de fertilización supera al otro nivel, dándose ello en el inicio de la formación del fruto, etapa conocida por una alta demanda de fósforo debido a la alta división celular acaecida en ese momento, dado que corresponde al primer mes de formación del fruto (Calderón, 1987). Entonces se observa que la absorción de este nutriente en la periodo vegetativo es mayor en el nivel con la dosis completa de fertilización, pero desde el inicio de la etapa reproductiva la dosis media de fertilización supera en más de una ocasión (o muestreo) a la dosis completa, superándolo visiblemente en la época de mayor crecimiento del fruto; ello puede deberse a que el fósforo es necesario para el metabolismo de los azúcares, lo que mejora o limita la traslocación de estos compuestos en la planta (Marschner, 1995), y dependiendo del nivel de fertilización, esto pudo condicionar la acumulación de materia seca en el cultivo en la producción.

Los mayores incrementos para ambas dosis se presentan en momentos distintos. La dosis completa alcanza su pico a los 150 DDT y la media a los 165 DDT obteniendo extracciones también distintas, de 21.4 y 30.2 kg/ha de fósforo, respectivamente; las cantidades extraídas se encuentran dentro de los rangos observados, según Rincón y col. (1993) citados por Nuez y col (1996) quienes reportan que la extracción del fósforo varía de 20 a 70 kg/ha.

Figura 30: Extracción de Fósforo (kg/ha) en ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.



-Nivel 01 (D. Completa): N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43.

-Nivel 02 (D. Media): N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22.

Cuadro 33: Extracción de Fósforo (kg/ha) en ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.

NIVELES	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
D. Completa	0,1	0,8	2,7	3,5	6,9	9,6	12,2	21,1	15,6	21,4	20,0
D. Media	0,1	0,3	0,5	2,8	5,4	11,1	9,7	16,1	20,8	14,4	30,2

-Nivel 01 (D. Completa): N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43.

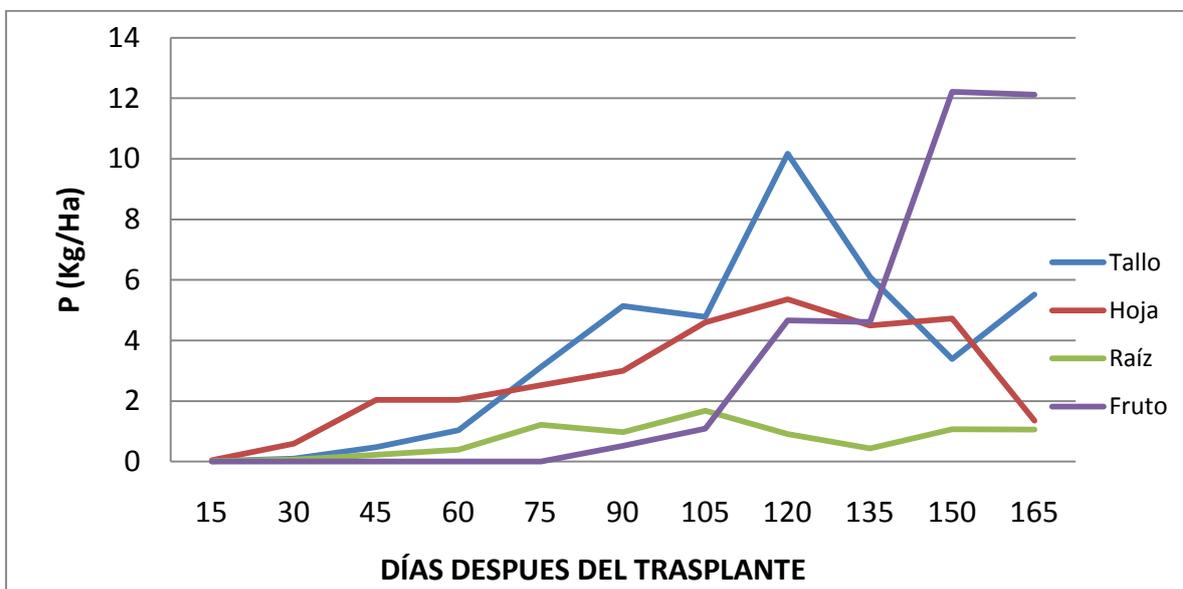
-Nivel 02 (D. Media): N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22.

5.3.2.1 Extracción de Fósforo obtenido en los diferentes órganos de la planta.

En el Figura 31 y Cuadro 34, se observa que la extracción de fósforo con la dosis completa de fertilización se da de manera importante en el fruto (10.2 kg/ha), pero también en el tallo se dan registros importantes de este nutriente en pleno periodo de crecimiento del fruto, la acumulación de fósforo en el tallo supera mayormente a la acumulación de fósforo en los frutos en mas de una fecha de muestreo, pero es en las últimas etapas de esta tendencia se invierte (135 a 150 DDT), favoreciéndose una mayor acumulación de fósforo en los órganos cosechables. Caso similar ocurre en el nivel con la dosis media de fertilización (Figura 32 y Cuadro 35), los mayores registros de acumulación de fósforo se dan en el fruto (superando los 17 kg/ha), y en los demás órganos la absorción de fósforo se encuentra en general en el rango de uno a cinco kg/ha (excepto en la última fecha de muestreo del tallo, donde este llega a 7.5 kg/ha).

Para cada nivel la acumulación o extracción de fósforo en las hojas y en el tallo es muy similar a lo largo del ciclo fenológico, y además la absorción de fósforo de la raíz se mantiene constante en todo el ciclo productivo en relación a los órganos mencionados anteriormente, dándose ligeros incremento al final del periodo fenológico del cultivo

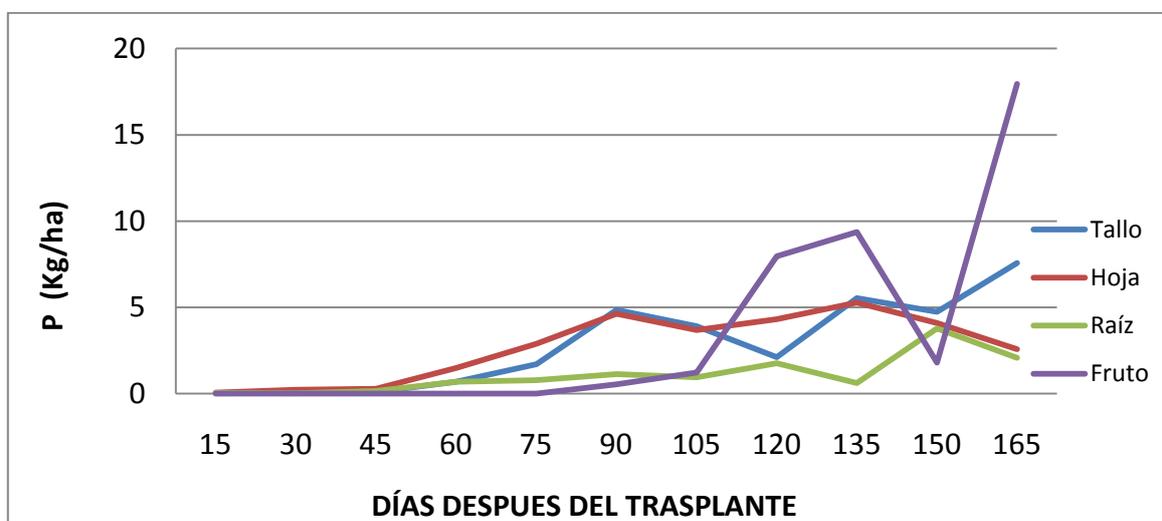
Figura 31: Extracción de Fósforo (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).



Cuadro 34: Extracción de Fósforo (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).

Órgano	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
Tallo	0,0	0,1	0,5	1,0	3,1	5,1	4,8	10,2	6,1	3,4	5,5
Hoja	0,0	0,6	2,0	2,0	2,5	3,0	4,6	5,4	4,5	4,7	1,3
Raíz	0,0	0,1	0,2	0,4	1,2	1,0	1,7	0,9	0,4	1,1	1,1
Fruto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	1,1	4,7	4,6	12,2	12,1
Total	0,1	0,8	2,7	3,5	6,9	9,6	12,2	21,1	15,6	21,4	20,0

Figura 32: Extracción de Fósforo (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).



Cuadro 35: Extracción de Fósforo (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).

Órgano	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
Tallo	0,01	0,03	0,09	0,69	1,69	4,84	3,90	2,10	5,54	4,74	7,56
Hoja	0,04	0,22	0,27	1,47	2,88	4,63	3,69	4,31	5,27	4,09	2,57
Raíz	0,03	0,02	0,14	0,67	0,77	1,12	0,94	1,75	0,60	3,77	2,07
Fruto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,53	1,22	7,96	9,37	1,79	17,96
Total	0,08	0,26	0,50	2,83	5,35	11,12	9,75	16,12	20,77	14,39	30,16

5.3.3 Extracción de Potasio

El Figura 33 y el Cuadro 36 , nos muestran que a lo largo de la primera parte del ciclo productivo (etapa vegetativa), el nivel con la dosis completa supera generalmente a la dosis media de fertilización, pero a partir de la formación del fruto (a los 90 días después del trasplante), se diferencian visiblemente las extracciones de este nutriente producidas en cada nivel de fertilización, dado que se observa inicialmente una mayor extracción o acumulación de potasio en la dosis alta de fertilización pero en la segunda mitad del ciclo

de crecimiento del fruto (120 DDT, hasta el final) la dosis media de fertilización supera al tratamiento con la dosis completa de fertilización.

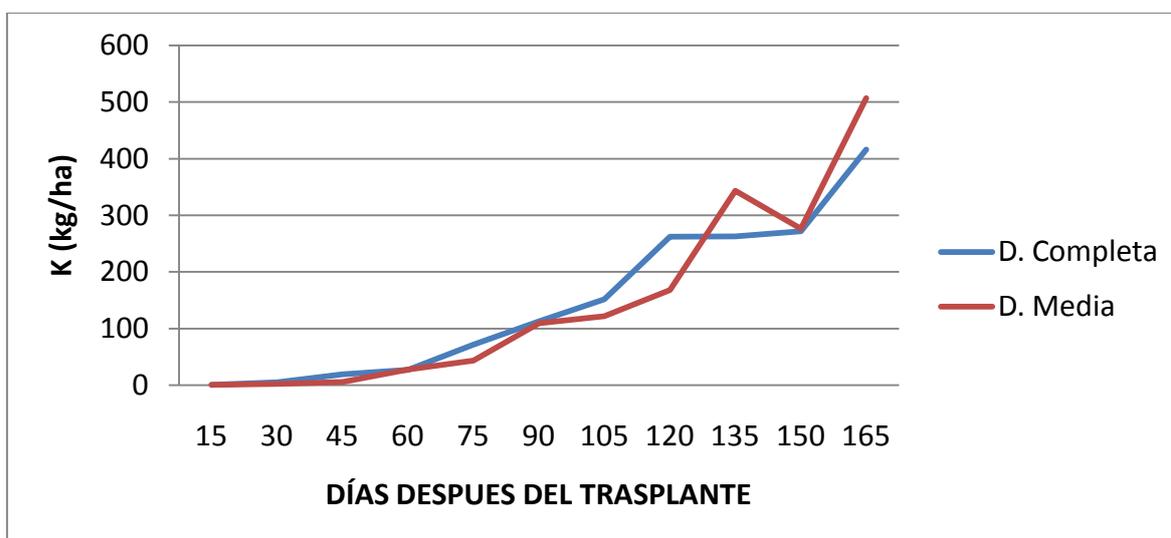
Para ambas dosis las mayores extracciones se reportaron al final del cultivo, llegando a obtener 416.3 y 506.8 kg/ha de K para la dosis completa y media respectivamente; dichas cantidades son eventualmente elevadas para los pimientos clásicos, ya que los reportes nos mencionan cantidades que oscilan entre 90 y 300 kg/ha para los pimientos (Rincon *et al*, 1993). Cabe mencionar que altas concentraciones de potasio pueden proporcionar un consumo de lujo por parte de la planta según Barcelló (1980), aún cuando puede deberse también al efecto sinérgico de la absorción de NO_3^- sobre K^+ (Laughin, 1984, Stuclyffe, 1979 citados por Felles, 2009).

Además según las observaciones de Soto (2008), en el cultivo de ají en el periodo intermedio de la formación de frutos, se inicia un descenso en la absorción de potasio (y en la mayor parte de nutrientes) en los órganos vegetativos del cultivo, pero en este caso, tal como se ha referido anteriormente, ello no sucede en el cultivo dado que si bien las hojas presentan ese decrecimiento en la acumulación de potasio en sus tejidos, en cambio el tallo no presenta esa disminución de potasio, siendo su acumulación incluso mayor que la observada en los frutos, manteniéndose ello hasta el final de la campaña; además el tallo es el órgano que presenta mayor incremento de K en ambas dosis, teniendo una tendencia creciente desde los 60 DDT hasta el final del cultivo; dicho comportamiento es poco común, pudiendo deberse también a las interacciones con microelementos o al medio de desarrollo del cultivo. Además puede haber influencia del sodio (Na). Según Bethke y Drew (1991) el cultivo de ají tiene cierta tolerancia a la absorción de sodio, dependiendo de la variedad.

Según Villa *et al*. (2006) altas dosis de fertilización nitrogenada favorece la absorción de sodio y por tanto aumenta su absorción en el cultivo, y dado que en la dosis completa de fertilización se utilizó dosis altas de nitrógeno (266 kg/ha), probablemente ello indujo a que ese tratamiento tuviera respuestas desfavorables en la producción a causa de la alta absorción de sodio, proveniente en este caso del agua de riego. Aunque cabría indicar que el cultivar de ají utilizado en este estudio, en la literatura científica no tiene

datos precedentes, entonces indicar una apreciación determinante en este tema sería poco factible de hacer.

Figura 33: Extracción de Potasio (kg/ha) en ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.



-Nivel 01 (D. Completa): N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43.

-Nivel 02 (D. Media): N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22.

Cuadro 36: Extracción de Potasio (kg/ha) en ají escabeche empleando dos niveles de fertilización

NIVELES	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
D. Completa	0,8	5,0	19,3	27,2	72,0	113,0	151,6	262,1	262,9	271,7	416,3
D. Media	0,5	2,5	5,7	27,9	43,5	109,5	121,9	168,2	343,4	276,5	506,8

-Nivel 01 (D. Completa): N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43.

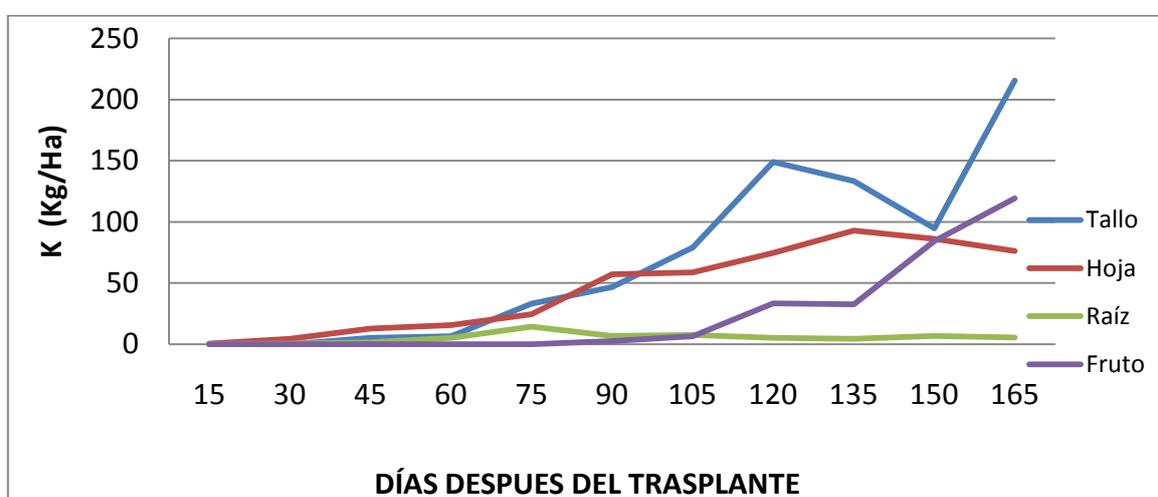
-Nivel 02 (D. Media): N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22.

5.3.3.1 Extracción de Potasio obtenido en los diferentes órganos de la planta.

En el Figura 34 y Cuadro 37, de la extracción de potasio del nivel con la dosis completa de fertilización, el tallo obtiene durante la mayor parte del ciclo productivo la mayor absorción de potasio en toda la planta, y a su vez en este órgano se obtienen el mas alto registro de extracción (215 kg/ha) hacia finales del cultivo, la acumulación de potasio en las hojas también es importante a lo largo del ciclo fenológico pero disminuyendo ligeramente en las etapas finales del cultivo. La máxima extracción de potasio en el fruto es de 119, kg/ha, siendo esta menor a la obtenida en la dosis media de fertilización, cabe indicar que la extracción observada en la raíz no es de relevancia a lo largo del desarrollo productivo.

En el Figura 35 y Cuadro 38, se aprecia que la mayor extracción de potasio en el nivel de fertilización media al igual que en el nivel completo de fertilización se da en el tallo de las plantas (268,1 kg/ha) siendo importante desde el inicio de la segunda mitad (o desde el crecimiento del fruto) siguiéndole el fruto con el segundo registro más alto de extracción de potasio en toda la planta; las hojas también presentan incrementos considerables desde la etapa vegetativa hasta los 135 DDT, para luego decrecer hacia la parte final del ciclo. Cabe indicar que la raíz adquiere un incremento visible de absorción de potasio en la etapa final del ciclo productivo del cultivo.

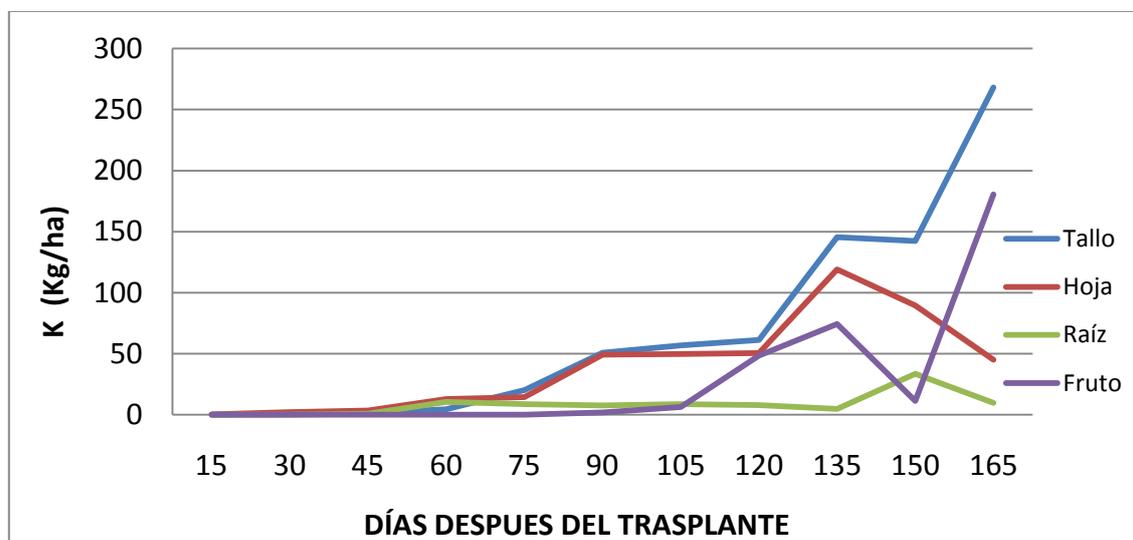
Figura 34: Extracción de Potasio (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).



Cuadro 37: Acumulación de potasio (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).

Órgano	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
Tallo	0,1	0,0	5,1	6,4	33,2	46,6	79,0	148,9	133,4	94,8	215,6
Hoja	0,6	4,5	12,8	15,6	24,6	57,2	58,7	74,6	92,7	86,0	76,2
Raíz	0,1	0,5	1,4	5,3	14,3	6,7	7,5	5,2	4,3	6,8	5,4
Fruto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	6,4	33,5	32,4	84,1	119,1
Total	0,8	5,0	19,3	27,2	72,0	113,0	151,6	262,1	262,9	271,7	416,3

Figura 35: Extracción de Potasio (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).



Cuadro 38: Extracción de Potasio (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).

Órgano	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
Tallo	0,1	0,2	1,3	4,6	20,3	50,7	56,8	61,2	145,4	142,2	268,1
Hoja	0,3	2,2	3,6	12,8	14,5	49,3	49,8	50,6	119,0	89,4	45,0
Raíz	0,1	0,1	0,9	10,5	8,8	7,6	8,8	8,0	4,7	33,6	9,7
Fruto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	6,4	48,5	74,2	11,3	180,4
Total	0,5	2,5	5,7	27,9	43,5	109,5	121,9	168,2	343,4	276,5	506,8

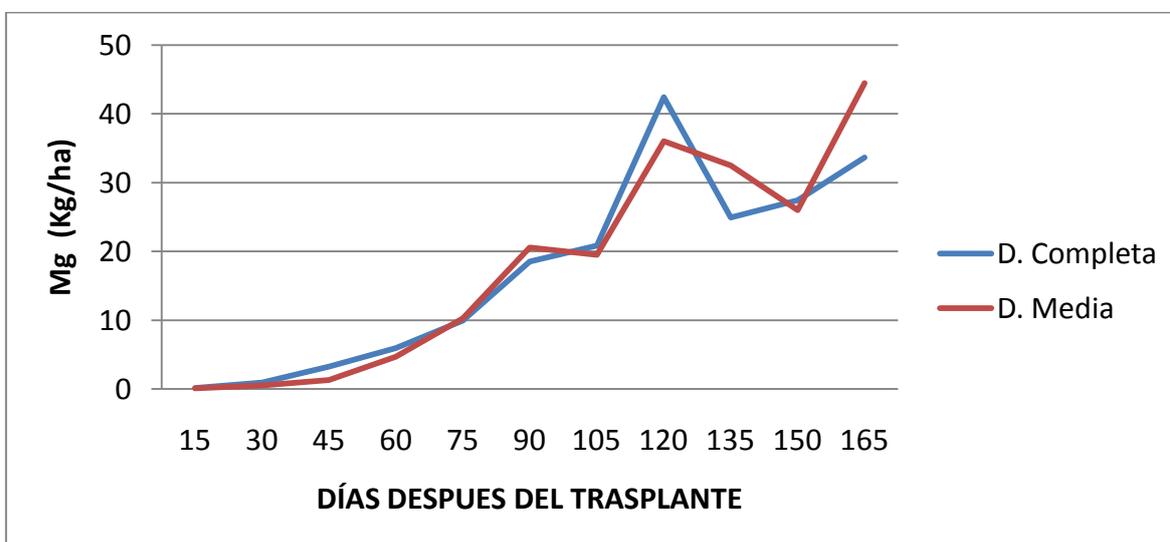
5.3.4 Extracción de Magnesio

La extracción de magnesio producida en ambos niveles de fertilización es similar en la mayor parte del ciclo fenológico, pero en el último tercio del ciclo (120 DDT) se observan diferencias en cada fecha de muestreo en ambas dosis de fertilización (Figura 36 y Cuadro 39). En su mayoría, la fertilización con la dosis completa obtiene ligeramente mayores registros de extracción de magnesio que la otra dosis de fertilización, pero en el momento de crecimiento del fruto hasta la cosecha, es mayor la absorción de magnesio en el nivel con la dosis media de fertilización, siendo en el último muestreo visiblemente superior a esta; y se observa además que la dosis de fertilización media comienza a superar la extracción de la dosis completa de fertilización al inicio del crecimiento del fruto (90 DDT), y posteriormente supera la extracción de magnesio del otro tratamiento al avanzar el periodo fenológico del cultivo. Es importante mencionar que entre los distintos roles del magnesio en las plantas, destaca su participación como constituyente de la molécula de clorofila, Bedwill (1979) citado por Arteaga (2012), lo que explicaría en parte la alta demanda de este elemento observada durante el periodo en mención, que se caracterizó por el marcado desarrollo foliar observado en el cultivo.

Respecto a la comparación de ambas dosis de fertilización en el cultivo, es conveniente indicar que la absorción de magnesio es visiblemente mayor en las hojas del nivel con la dosis media y además se observa que en las raíces en el periodo vegetativo, el magnesio es mayor en la dosis completa de fertilización, pero en la etapa reproductiva el magnesio extraído es mayor en el nivel con la dosis media fertilización.

También apreciamos que la mayor absorción de Mg para la dosis completa de fertilización se da a los 120 DDT con un total de 42.4 kg/ha; diferenciándose de la dosis media que alcanza su máximo de absorción a los 165 DDT llegando a un total de 44.5 kg/ha. Resultados similares encontró Arteaga (2012) para pimiento y Rincon *et al* (1993) mencionan que las extracciones de magnesio para pimientos varían de 30 a 60 kg/ha.

Figura 36: Extracción de Magnesio (kg/ha) en ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.



-Nivel 01 (D. Completa): N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43.

-Nivel 02 (D. Media): N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22.

Cuadro 39: Extracción de Magnesio (kg/ha) en ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.

NIVELES	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
D. Completa	0,1	0,9	3,2	6,0	9,9	18,5	20,8	42,4	24,9	27,4	33,7
D. Media	0,1	0,5	1,3	4,7	10,3	20,6	19,5	36,0	32,5	26,0	44,5

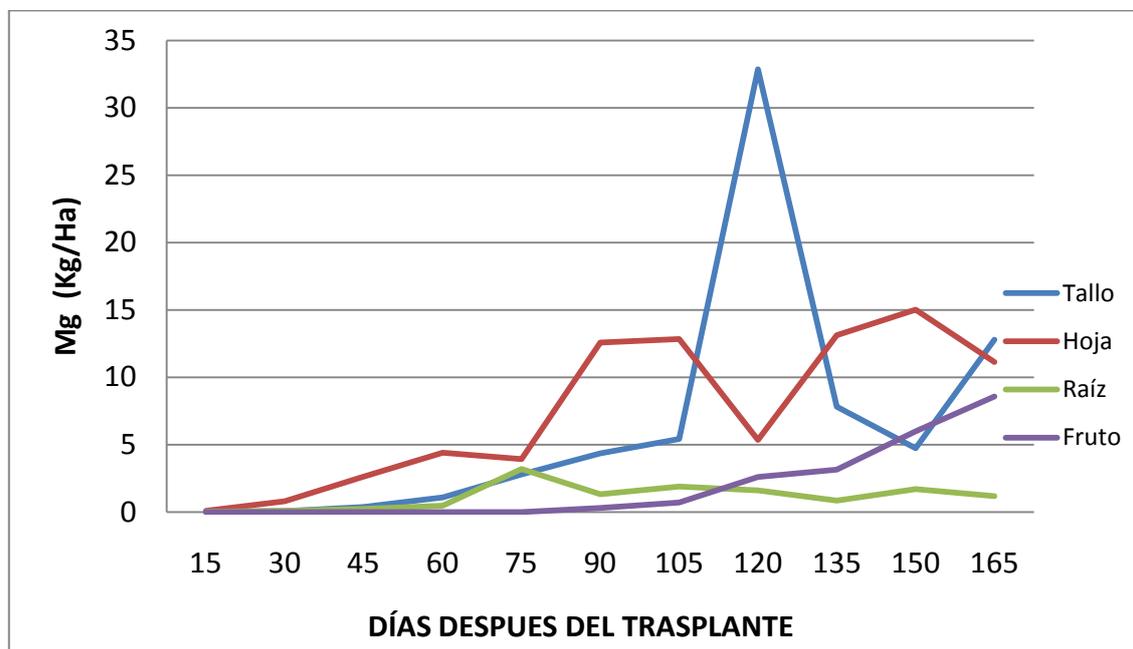
-Nivel 01 (D. Completa): N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43.

-Nivel 02 (D. Media): N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22.

5.3.4.1 Extracción de Magnesio obtenido en los diferentes órganos de la planta.

En el Figura 37 y Cuadro 40 donde se muestra la extracción de magnesio en el nivel con la dosis completa de fertilización, la mayor acumulación en toda la planta se obtiene en el tallo (32.9 kg/ha), pero a lo largo del ciclo fenológico del cultivo se observa que generalmente las hojas son el principal órgano que obtienen los mayores registros de absorción de magnesio en toda la planta, obteniéndose su máximo (15 kg/ha) a los 150 DDT. El fruto y la raíz no obtienen extracciones importantes de este nutriente, aunque en el fruto al final del ciclo productivo tiende a aumentar su nivel de extracción en el cultivo (8.6 kg/ha) .En el Figura 38 y Cuadro 41 de extracción de magnesio del nivel con la dosis media de fertilización, son las hojas los órganos que obtienen los máximos valores de absorción de magnesio (siendo su máximo de 20.4 kg/ha), y además son los órganos que desde el inicio y a lo largo del ciclo fenológico del cultivo obtienen los mayores registros de absorción en toda la planta; el tallo es el órgano que obtiene la segunda mayor extracción, la raíz es el órgano que obtiene los menores registros de extracción de magnesio; por otro lado la extracción obtenida en los frutos supera visiblemente a la extracción obtenida por la raíz a, dándose su máxima extracción al final del periodo fenológico .

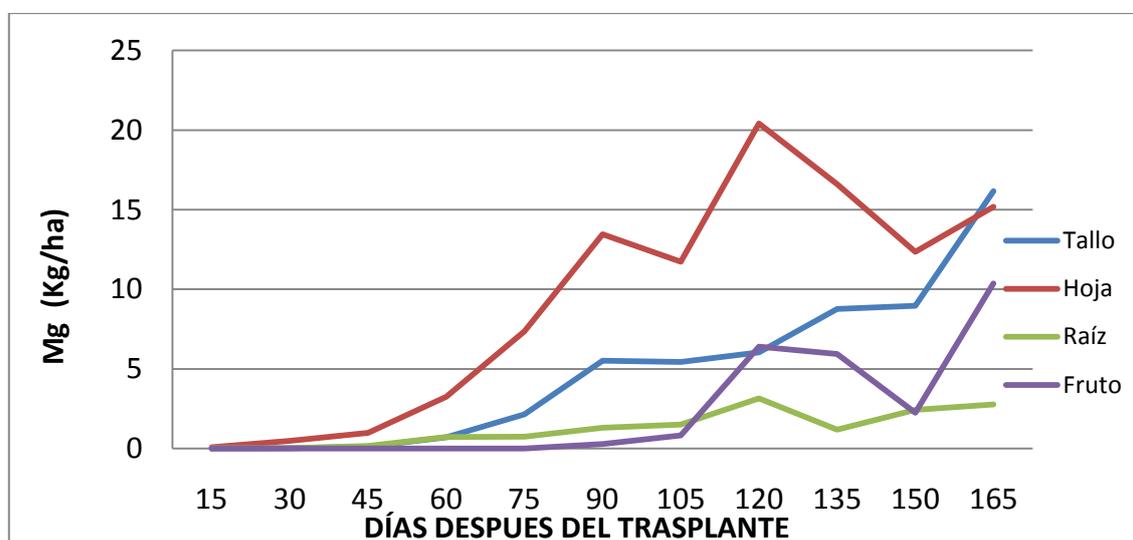
Figura 37: Extracción de Magnesio (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).



Cuadro 40: Extracción de Magnesio (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).

Órgano	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
Tallo	0,0	0,1	0,4	1,1	2,8	4,4	5,4	32,9	7,8	4,7	12,8
Hoja	0,1	0,8	2,6	4,4	3,9	12,6	12,8	5,4	13,1	15,0	11,1
Raíz	0,0	0,1	0,2	0,5	3,2	1,3	1,9	1,6	0,8	1,7	1,2
Fruto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,7	2,6	3,1	6,0	8,6
Total	0,1	0,9	3,2	6,0	9,9	18,5	20,8	42,4	24,9	27,4	33,7

Figura 38: Extracción de Magnesio (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).



Cuadro 41: Extracción de Magnesio (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).

Órgano	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
Tallo	0,0	0,0	0,1	0,7	2,2	5,5	5,4	6,0	8,8	9,0	16,2
Hoja	0,1	0,5	1,0	3,3	7,4	13,5	11,7	20,4	16,6	12,3	15,2
Raíz	0,0	0,0	0,2	0,7	0,7	1,3	1,5	3,2	1,2	2,4	2,8
Fruto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,8	6,4	5,9	2,2	10,4
Total	0,1	0,5	1,3	4,7	10,3	20,6	19,5	36,0	32,5	26,0	44,5

5.3.5 Extracción de Calcio

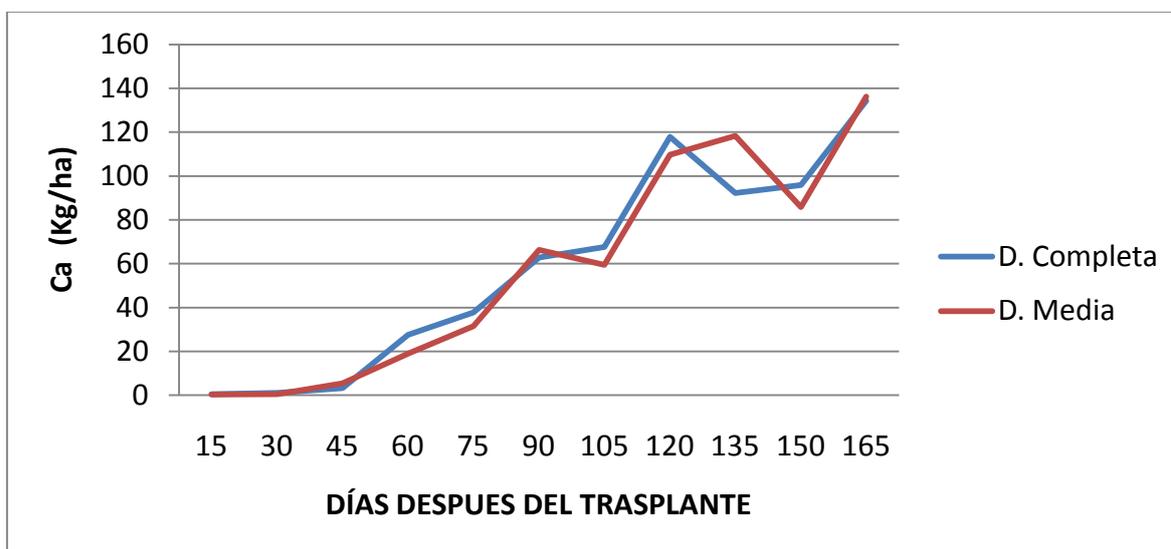
Las curvas de extracción (Figura 39 y Cuadro 42) de ambos niveles de fertilización en el estudio en las dos primeras partes del ciclo fenológico del cultivo es muy similar entre sí, y es posteriormente en el último tercio del ciclo productivo (120 DDT) que se

observa una mayor acumulación de calcio en la dosis con fertilización media en comparación a la dosis completa.

Para ambas dosis la mayor absorción de calcio es alcanzada a los 165 DDT con cantidades de 134.3 y 136.2 kg/ha tanto para la fertilización completa y media a la vez, valores cercanos a los alcanzados por Arteaga (2012) y a los de Rincon *et al* (1993) quien reporta que la extracción de calcio varia de 70 a 121 kg/ha para los pimientos.

Las curvas de extracción de calcio de ambas dosis tuvo un promedio ascendente durante el ciclo del cultivo (parte foliar) , alcanzando la máxima extracción promedio ,aunque con pequeños descensos posiblemente propios de la traslocación; pero la tendencia general fue a acumularse en mayor cantidad en las hojas; debiéndose a la maduración y senescencia de estas y a las bajas temperaturas que se presentaron en las primeras etapas de maduración , lo cual ratifica lo reportado por la literatura respecto a la poca movilidad de este elemento (Bidwell, 1979).

Figura 39: Extracción de Calcio (kg/ha) en ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.



-Nivel 01 (D. Completa): N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43.

-Nivel 02 (D. Media): N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22.

Cuadro 42: Extracción de Calcio (kg/ha) en ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.

NIVELES	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
D. Completa	0,4	1,1	3,2	27,6	37,8	62,8	67,6	117,9	92,2	95,9	134,3
D. Media	0,4	0,5	5,5	18,9	31,4	66,4	59,4	109,7	118,4	85,8	136,2

-Nivel 01 (D. Completa): N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43.

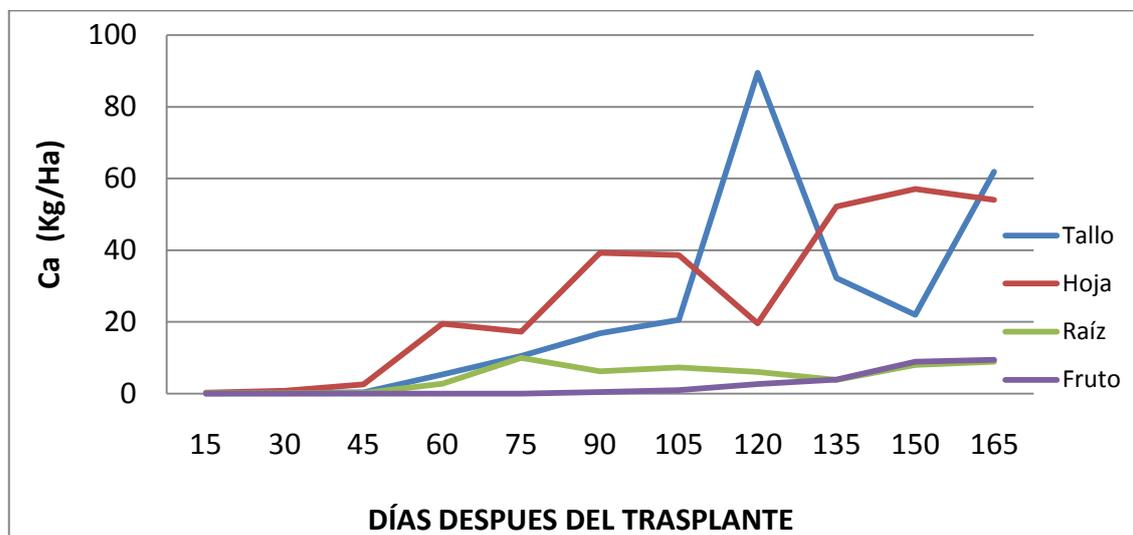
-Nivel 02 (D. Media): N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22.

5.3.5.1 Extracción de Calcio obtenido en los diferentes órganos de la planta.

En el nivel con la dosis completa de fertilización (Figura 40 y Curva 43), la mayor extracción de calcio observada en toda la planta se da en el tallo a los 120 DDT. (89,5 kg/ha), pero en la distribución en todo el ciclo fenológico es en las hojas donde se observa la mayor acumulación y/o extracción de calcio. Luego, la mayor acumulación de calcio en la planta (después de las hojas y el tallo) se observa en la raíz, y por último, en el fruto se observan las menores extracciones de calcio de toda la planta, logrando al final igualar la acumulación registrada solamente a la de la raíz de la planta.

Para el caso del nivel medio de fertilización (Figura 41 y Cuadro 44) se observa que desde el inicio del ciclo fenológico hay una importante acumulación de calcio. Esta cantidad es mayor en las hojas de las plantas, pero a medida que transcurre el periodo fenológico, el tallo aumenta su acumulación de calcio a tal medida que en el ultimo muestreo logra superar la acumulación de calcio en las hojas, con una extracción de 65 kg/ha. Aparte, la acumulación de calcio en la raíz y en los frutos es similar, aunque en la última etapa de desarrollo del fruto (a partir de los 135 DDT) la extracción del fruto supera a la raíz. Por otro lado, se observa que en las hojas la absorción o acumulación de calcio disminuye a medida que se acerca a las etapas finales del ciclo productivo (o del mayor crecimiento de fruto).

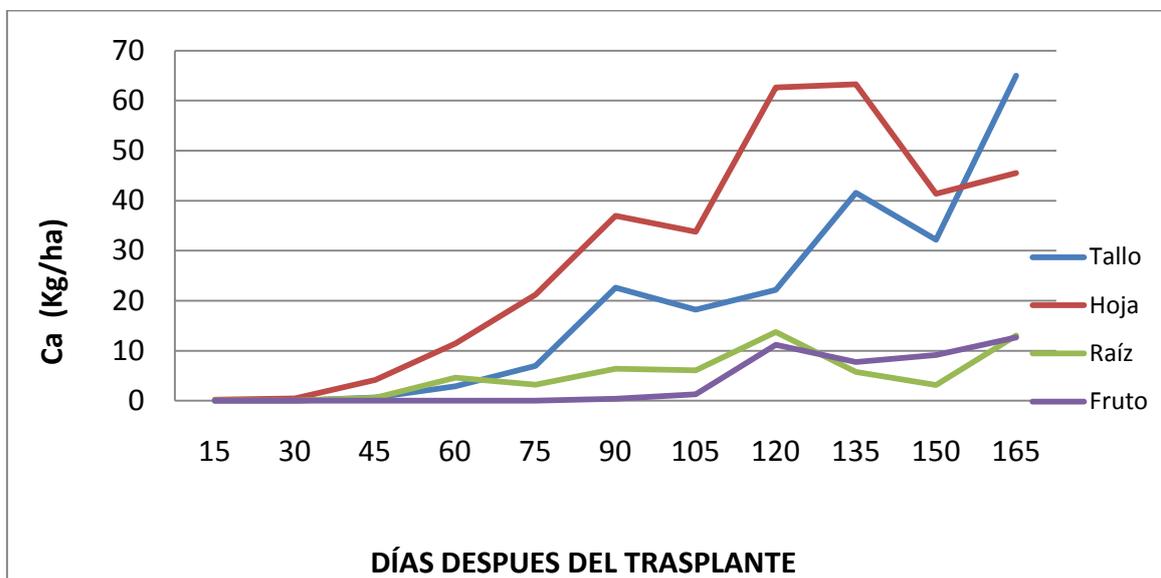
Figura 40: Extracción de Calcio (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).



Cuadro 43: Extracción de Calcio (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).

Órgano	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
Tallo	0,1	0,2	0,4	5,3	10,5	16,8	20,6	89,5	32,2	22,0	61,9
Hoja	0,3	0,8	2,6	19,5	17,3	39,3	38,7	19,6	52,2	57,1	54,1
Raíz	0,1	0,1	0,2	2,8	10,0	6,3	7,3	6,1	3,9	8,0	8,9
Fruto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,0	2,7	4,0	8,9	9,4
Total	0,4	1,1	3,2	27,6	37,8	62,8	67,6	117,9	92,2	95,9	134,3

Figura 41: Extracción de Calcio (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133-P 65-K 189–Ca 26-S 22).



Cuadro 44: Extracción de Calcio (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).

Órgano	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
Tallo	0,0	0,0	0,7	2,9	7,0	22,6	18,2	22,2	41,5	32,2	65,0
Hoja	0,2	0,5	4,2	11,4	21,2	37,0	33,8	62,6	63,3	41,4	45,5
Raíz	0,1	0,0	0,6	4,6	3,2	6,4	6,1	13,7	5,8	3,1	13,0
Fruto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,3	11,2	7,8	9,1	12,7
Total	0,4	0,5	5,5	18,9	31,4	66,4	59,4	109,7	118,4	85,8	136,2

5.3.6 Extracción de Azufre

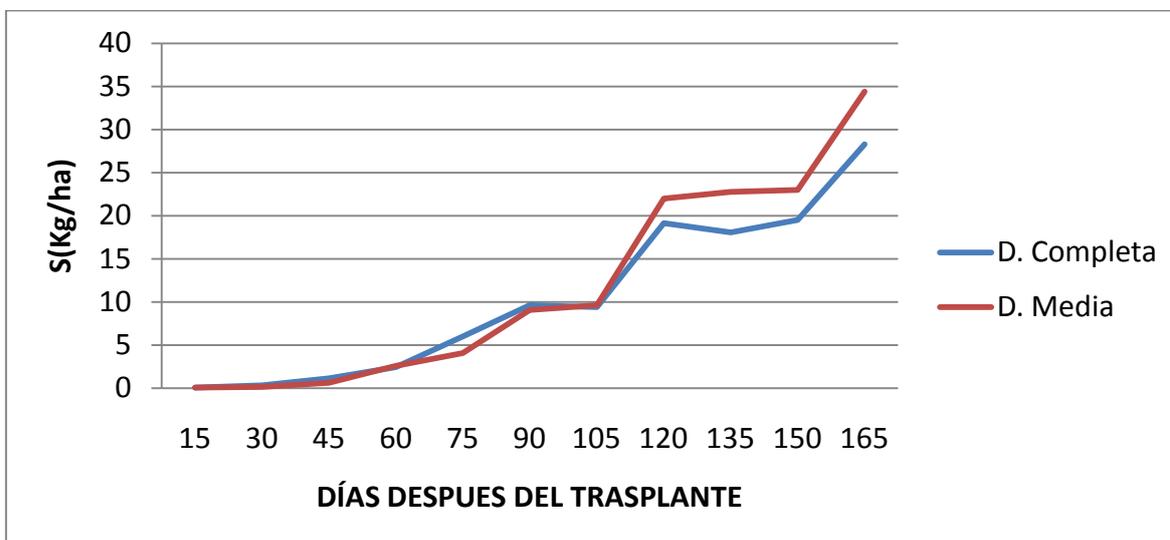
En el Figura 42 y Cuadro 45, se observa en las curvas de extracción de ambos niveles de fertilización, que en la primera mitad del ciclo fenológico (hasta los 90 DDT) ambos niveles registran similar cantidad absorción de azufre en sus tejidos, pero luego de este periodo el nivel con la dosis media de fertilización empieza a superar al otro nivel de

fertilización, haciéndose ello cada vez más visible en los muestreos sucesivos realizados en el ciclo productivo (es decir, en la etapa de crecimiento y producción de frutos) hasta el final del cultivo. Además, al respecto se debe agregar que en el nivel con la dosis de fertilización media la acumulación de azufre en el tallo y en general en toda la planta tiende a incrementar mientras se avanza en el periodo fenológico del cultivo hasta la cosecha, mas ello no es así en el nivel con la dosis completa, donde se observa que la acumulación de azufre en los tallos disminuye visiblemente en la mitad del periodo productivo del cultivo (pleno crecimiento del fruto), donde se comienza a observar las diferencias marcadas en los parámetros evaluados en el cultivo entre uno y otro tratamiento de fertilización.

Es conocido que el azufre juega un rol antioxidante importante en las plantas, pero en este caso lo que podría ser más importante o redundante de este nutriente es su papel regulador de la síntesis de carbono en la planta (Marschner, 1995) dado que regula el Ciclo de Calvin y por ende, en este caso sería un indicador que el metabolismo está siendo mas efectivo en la planta, o que la fisiología es de mejor desempeño.

Respecto a la absorción obtenida en el nivel con la dosis completa, se encuentra dentro del rango referido por Soto (2008), pero en el caso del nivel con la dosis media de fertilización se supera lo referido por este autor, siendo entonces posiblemente alta su absorción (aunque como se ha mencionado, se tiene el inconveniente de no tener antecedentes en la literatura de este cultivar de ají). Las mayores absorciones de azufre fueron reportados al final de la etapa del cultivo con reportes de 28.3 a 34.4 kg/ha para la dosis completa y media respectivamente; resultados similares reporta Arteaga (2012), obteniendo 24 kg/ha en promedio para pimientos.

Figura 42: Extracción de Azufre (kg/ha) en ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.



-Nivel 01 (D. Completa): N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43.

-Nivel 02 (D. Media): N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22.

Cuadro 45: Extracción de Azufre (kg/ha) en ají escabeche empleando dos niveles de fertilización.

NIVELES	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
D. Completa	0,1	0,3	1,2	2,4	6,0	9,6	9,4	19,1	18,1	19,5	28,3
D. Media	0,1	0,1	0,6	2,6	4,1	9,1	9,6	22,0	22,8	23,0	34,4

-Nivel 01 (D. Completa): N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43.

-Nivel 02 (D. Media): N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22.

5.3.6.1 Extracción de Azufre obtenido en los diferentes órganos de la planta.

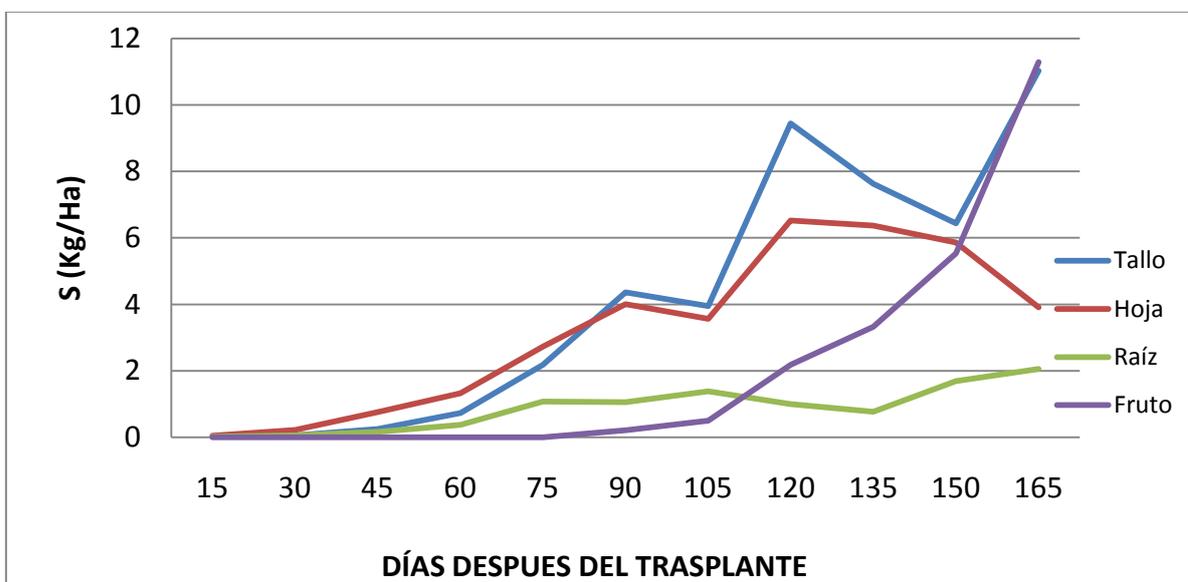
En el nivel con la dosis completa de fertilización (Figura 43 y Cuadro 46) las mayores acumulación de este nutriente se producen en el tallos de las plantas, luego en las hojas, aunque en los frutos por otro lado se obtiene también en las últimas etapas del ciclo fenológico la más altas extracciones del cultivo (11.3 kg/ha), siendo esta de magnitud similar a la máxima extracción obtenida por el tallo (11 kg/ha). La curva de extracción de

los frutos llega a superar a la extracción de los órganos vegetativos en las últimas etapas del desarrollo reproductivo del cultivo.

En la curva de extracción de azufre con la dosis media de fertilización (Figura 44 y Curva 47), las hojas presentan un rango de 1 a 6 kg/ha, siendo superado visiblemente sólo por la acumulación de azufre del fruto y del tallo, siendo en el tallo el que obtuvo la mayor extracción de este nutriente bajo esa dosis de fertilización (14.4 kg/ha), seguido por las hojas pero sólo hasta la etapa del inicio de formación del fruto (90 DDT), donde luego la extracción por parte del fruto (12.9 kg/ha) se realiza en forma importante hasta casi llegar a las mismas cantidades extraídas por el tallo.

Por último, en ambos niveles de fertilización la raíz aunque no extrae una cantidad importante de azufre en toda la planta, debe resaltarse que en la última etapa de su curva de extracción aumenta de forma importante, ello dado a que logra asemejarse a la extracción obtenida por las hojas en la última etapa del ciclo productivo del cultivo.

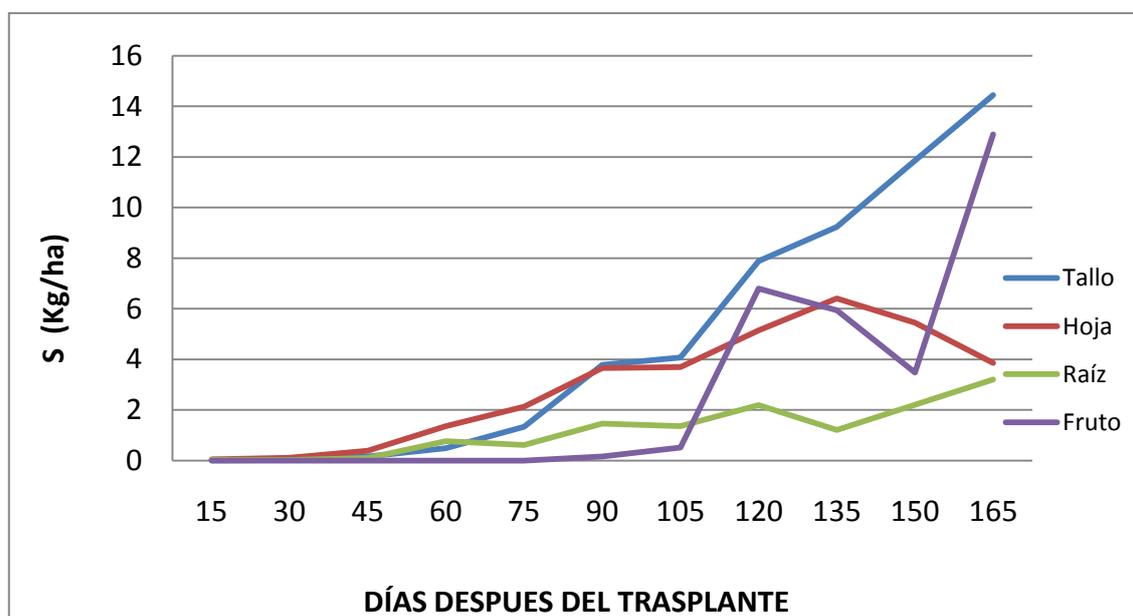
Figura 43: Extracción de Azufre (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).



Cuadro 46: Extracción de Azufre (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis completa de fertilización (N 266-P 130- K 377- Ca 52-S 43).

Órgano	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
Tallo	0,0	0,1	0,2	0,7	2,2	4,4	4,0	9,4	7,6	6,4	11,0
Hoja	0,0	0,2	0,8	1,3	2,7	4,0	3,6	6,5	6,4	5,9	3,9
Raíz	0,0	0,1	0,2	0,4	1,1	1,1	1,4	1,0	0,8	1,7	2,1
Fruto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,5	2,2	3,3	5,5	11,3
Total	0,1	0,3	1,2	2,4	6,0	9,6	9,4	19,1	18,1	19,5	28,3

Figura 44: Extracción de Azufre (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).



Cuadro 47: Acumulación de Azufre (kg/ha) en los diferentes órganos de la planta con la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).

Órgano	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
Tallo	0,0	0,0	0,2	0,5	1,3	3,8	4,1	7,9	9,2	11,9	14,4
Hoja	0,0	0,1	0,4	1,4	2,1	3,7	3,7	5,1	6,4	5,4	3,9
Raíz	0,0	0,0	0,1	0,8	0,6	1,5	1,4	2,2	1,2	2,2	3,2
Fruto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,5	6,8	5,9	3,5	12,9
Total	0,1	0,1	0,6	2,6	4,1	9,1	9,6	22,0	22,8	23,0	34,4

5.3.7 Extracción Total de Macronutrientes (kg/ha)

En el Cuadro 48 se aprecia que la dosis media supera en extracción a la dosis completa en casi todos los nutrientes a excepción del N el cual se encuentra en mayor cantidad en el nivel con la dosis completa de fertilización.

Los resultados de las máximas extracciones encontradas en los dos niveles de fertilización se observan en el cuadro 48 del que podemos apreciar que el elemento con mayor absorción es el K en ambos tratamientos, seguido por el N, Ca, Mg, P y S; estas extracciones son obtenidas para una producción de 17092.5 kg/ha de fruto fresco para la dosis completa y 18617.5 kg/ha para la dosis media de fertilización. Resultados similares a las cantidades totales de elemento por ha son reportados por Nuez *et al.* (1995), al igual que Arteaga (2012) en dos cultivares de pimiento en el valle de Casma, pero con cantidades menores de K.

Según la extracción total de nutrientes tomando en cuenta la mayor extracción del cultivo y la productividad promedio alcanzada en cada caso (Cuadro 48), este es de 15.8 y 14.4; 1.2 y 1.6; 24.4 y 28.1; 2.49 y 2.47; 7.9 y 7.5; 1.66 y 1.88 kg/ha de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio, y azufre respectivamente, para la producción de 1 tonelada de producto fresco (fruto) en el tratamiento con la dosis de fertilización completa y media respectivamente, lo que supera largamente las cantidades mencionadas por Nuez *et al.* (1996) en la extracción del cultivo de ají, observándose entonces que posiblemente el

cultivo posea una baja eficiencia de producción respecto a la cantidad de nutrientes absorbidos, ello pudiéndose deber a que su mejoramiento genético no ha sido aún desarrollado satisfactoriamente, y se vería también cuando al observar la extracción de nitrógeno de la parte vegetativa del cultivo esta es mayor a la parte productiva hasta el final del ciclo productivo en ambos niveles de fertilización, corroborándose que el cultivo de ají escabeche no sería un cultivo que se haya mejorado en su eficiencia productiva, lo que haría que la absorción de otros órganos no productivos sea poco adecuada o antagónica a la producción de frutos en la planta. Entonces, al respecto se cree que todo lo referido anteriormente tuvo una participación en la extracción total obtenida en el cultivo, siendo difícil realmente determinar que proporción de cada una de estas contrariedades observadas en el estudio podría corresponderse a cada una de ellas, debido a las condiciones producidas en cada una de estas en el campo de cultivo.

Cuadro 48: Extracción total de macronutrientes (kg/ha).

NIVELES	EXTRACCIÓN TOTAL DE MACRONUTRIENTES					
	N	P	K	Mg	Ca	S
Dosis completa	270.9	21.4	416.3	42.4	134.3	28.3
Dosis media	260.5	30.2	506.8	44.5	136.2	34.4

En el Figura 45 y Cuadro 49, se puede apreciar que el crecimiento exponencial de los macronutrientes bajo la dosis completa empiezan desde los 45 DDT hasta los 120 DDT etapa de crecimiento y desarrollo del fruto y periodo de máxima absorción de nitrógeno para luego en su mayoría descender o estabilizarse (caso del potasio); luego ocurre otro flujo de absorción que empieza a los 150 DDT, siguiendo hasta el final (160 DDT) en el cual el potasio se incrementa hasta obtener la máxima cantidad acumulada por ha de este elemento en todo el nivel de fertilización; de igual forma el Mg, Ca y S obtienen sus mas altas absorciones al final del cultivo. En el caso del nivel de la dosis media de fertilización (Figura 46 y Cuadro 50) la distribución es regular hasta llegar a los 90 DDT (cuajado de fruto) donde elementos como el N y el K tienden a crecer exponencialmente hasta los 135 DDT (crecimiento y desarrollo del fruto), luego de esto existe un pequeño descenso de la

absorción en casi todos los nutrientes , pero al pasar los 150 DDT estos nuevamente se empiezan a incrementar hasta el final del ciclo de muestreo donde los elementos obtienen las absorciones más altas de todo el ciclo para este nivel.

Figura 45: Extracción total de macronutrientes para la dosis completa de fertilización (N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).

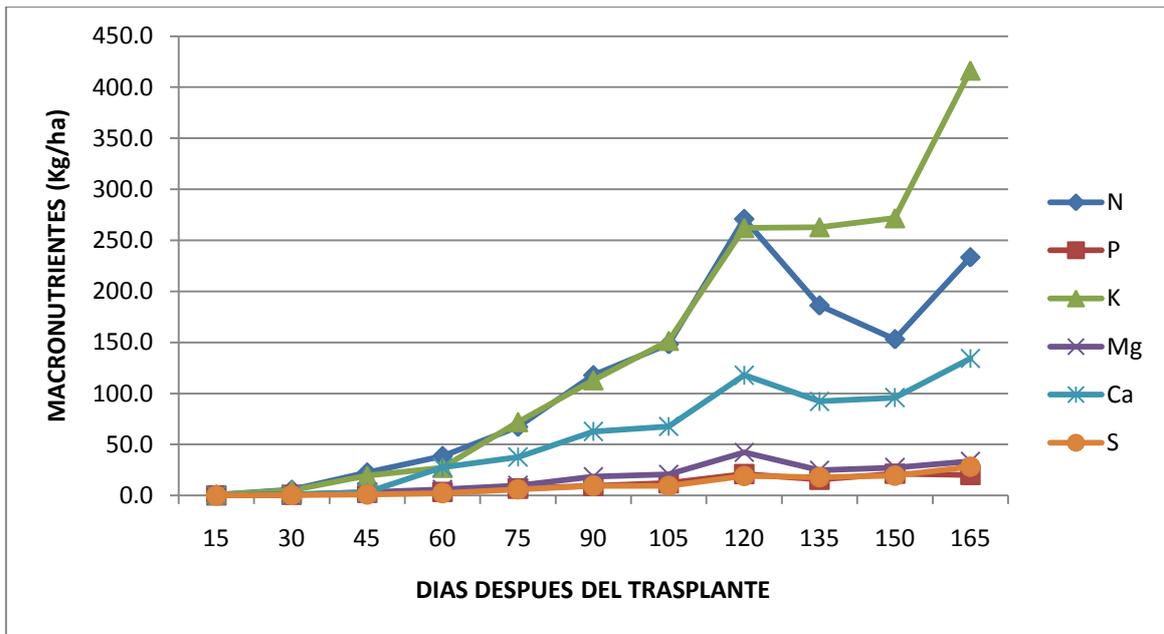
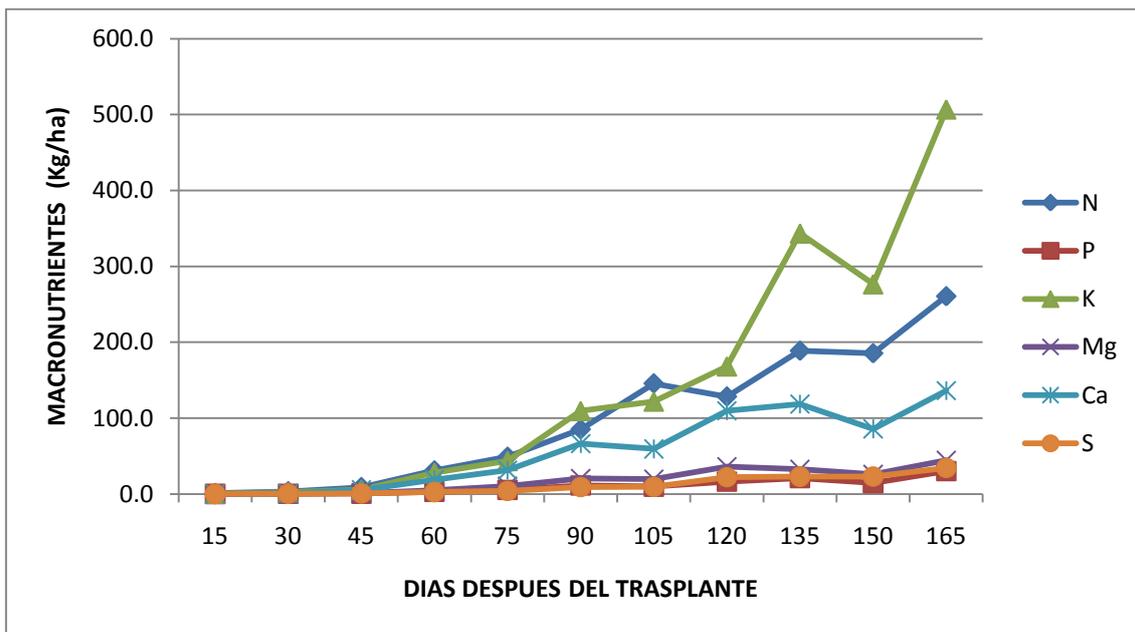


Figura 46: Extracción total de macronutrientes para la dosis media de fertilización (N 133- P 65- K 189 –Ca 26- S 22).



Comparando ambos niveles de fertilización, ello tiene que referirse a las etapas del cultivo donde el nivel que obtiene los mayores registros o porcentajes de concentración de nutrientes hasta el inicio de la etapa reproductiva es el tratamiento con la fertilización completa, pero luego de esta etapa la concentración de nutrientes en general fue mayor en el tratamiento con la dosis media de fertilización, aunque al respecto cabe indicar que no se encontraron diferencias estadísticas en la producción.

Respecto a la extracción de nutrientes, Soto (2008) indica en su estudio que la absorción de los macronutrientes en las hojas y tallos del cultivo de ají (excepto calcio y magnesio) presentan un incremento importante en la fase vegetativa, para luego observarse un decrecimiento sostenido en la fase reproductiva del cultivo, hasta volverse la acumulación de estos nutrientes inferior a la obtenida en los frutos. Ello también se observó en el estudio como se ha indicado, pero en este caso la acumulación de potasio es contraria a lo referido anteriormente, siendo su acumulación en el fruto menor a la obtenida en el tallo (en ambos tratamientos de fertilización).

Lo mencionado anteriormente es probablemente resultado del efecto que produce la demanda de un órgano sumidero al momento de entrar en su etapa de acumulación máxima de reservas (Evans, 1983), aunque en el caso del potasio ello no coincidiría con el autor anterior ni con lo observado por Soto (2008) en el cultivo de ají, lo que mostraría una contradicción con la normal acumulación y distribución de nutrientes en el cultivo, razón que pudo impactar en la producción y acumulación sucedida en el cultivo más adelante.

**Cuadro 49: Extracción total de macronutrientes en la dosis completa de fertilización.
(N 266- P 130- K 377- Ca 52- S 43).**

ELEMENTO	DÍAS DESPUÉS DEL TRANSPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
N	0.9	5.7	22.6	38.7	67.3	117.9	148.3	270.9	186.2	153.2	233.4
P	0.1	0.8	2.7	3.5	6.9	9.6	12.2	21.1	15.6	21.4	20.0
K	0.8	5.0	19.3	27.2	72.0	113.0	151.6	262.1	262.9	271.7	416.3
Mg	0.1	0.9	3.2	6.0	9.9	18.5	20.8	42.4	24.9	27.4	33.7
Ca	0.4	1.1	3.2	27.6	37.8	62.8	67.6	117.9	92.2	95.9	134.3
S	0.1	0.3	1.2	2.4	6.0	9.6	9.4	19.1	18.1	19.5	28.3

Cuadro 50: Extracción total de macronutrientes en la dosis media de fertilización.

ELEMENTO	DÍAS DESPUÉS DEL TRANSPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
N	1.0	3.3	8.8	30.8	48.9	85.1	145.6	128.3	188.6	185.3	260.5
P	0.1	0.3	0.5	2.8	5.4	11.1	9.7	16.1	20.8	14.4	30.2
K	0.5	2.5	5.7	27.9	43.5	109.5	121.9	168.2	343.4	276.5	506.8
Mg	0.1	0.5	1.3	4.7	10.3	20.6	19.5	36.0	32.5	26.0	44.5
Ca	0.4	0.5	5.5	18.9	31.4	66.4	59.4	109.7	118.4	85.8	136.2
S	0.1	0.1	0.6	2.6	4.1	9.1	9.6	22.0	22.8	23.0	34.4

5.4 PRODUCCIÓN DE FRUTOS

5.4.1 Rendimiento total de frutos obtenido por nivel de fertilización.

En el Cuadro 51 se observa que el nivel con la dosis media de fertilización, obtuvo el mayor rendimiento de fruto fresco en el campo, aunque cabe indicar que el análisis estadístico realizado no obtuvo diferencias estadísticas significativas entre ambos niveles (Anexo 20).

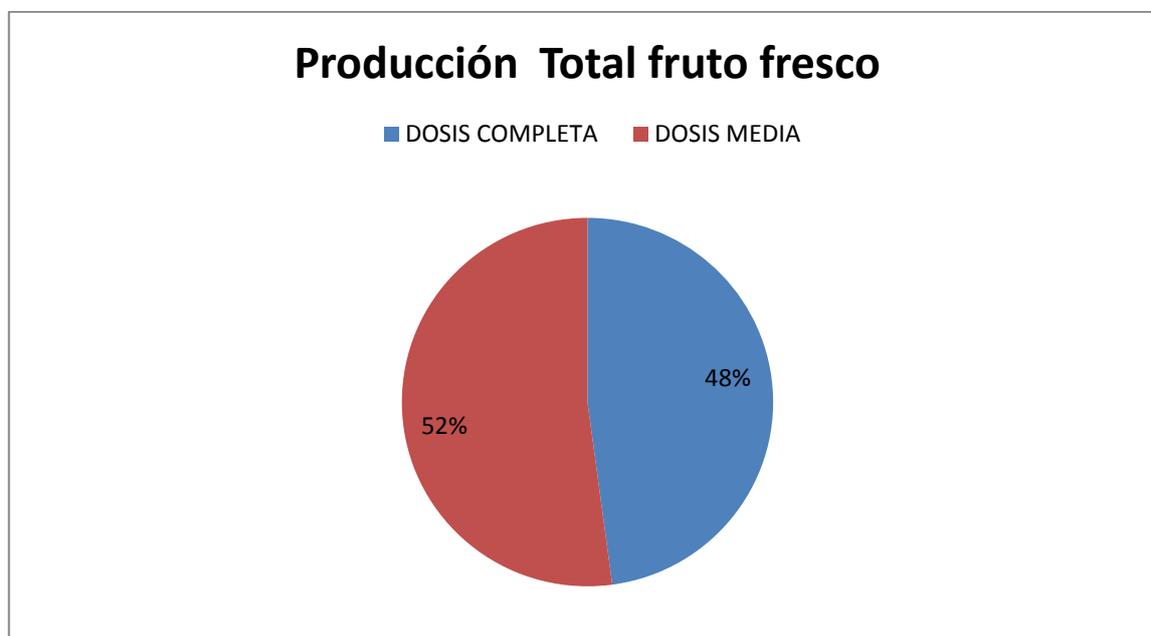
Además se observa en el Figura 47, que el rendimiento con la dosis media de fertilización supera en 4 por ciento al nivel de la dosis completa a pesar de haber recibido el doble del fertilizante durante toda la época de fertilización. Por lo que Mengel y Kirkby (2000) mencionan que la respuesta a los fertilizantes en un cultivo es más alta cuando la presencia de otros factores de crecimiento, tales como el agua, temperatura, suelo, y otros, sean favorables a éste en el campo, observándose que las mayores respuestas a la aplicación de fertilizantes (en cuanto a rendimiento), a menudo se encuentran en suelos con un alto potencial de rendimiento. En el caso del estudio, cuando se aplican dos dosis de fertilización, una llamada completa y otra denominada media, en realidad con una y otra dosis se estaría aprovechando más eficientemente el potencial productivo del medio ambiente establecido en ese momento, ello debido a que se debe tener en consideración que según la cantidad de materia orgánica del suelo (0.28 %) es de poco potencial productivo, y es por ello que probablemente al aplicarse una dosis muy alta de fertilización (en este caso la dosis completa) se esté contraviniendo lo mencionado anteriormente, y por tanto por ello se esperaría tener los resultados de menor rendimiento de fruto con la dosis de fertilización completa en el cultivo, dado que al excederse el potencial de rendimiento del campo se produciría interacciones contrarias al medio ambiente.

Entonces, según lo analizado y observado en el campo, los resultados obtenidos se deben a la interacción ocurrida entre los insumos aplicados al sistema productivo y las características propias de ese sistema, más que a las características individuales de cada tipo de insumo utilizado en el estudio.

Cuadro 51: Rendimiento de fruto fresco (kg/ha) en el campo, por nivel de fertilización

MUESTRAS (10 METROS LINEALES)	RENDIMIENTO (Kg/Ha)	
	NIVEL CON FERTILIZACIÓN COMPLETA	NIVEL CON FERTILIZACIÓN MEDIA
1	13500	21525
2	13550	13875
3	21450	9850
4	13575	15625
5	19375	20225
6	14225	14025
7	16425	27475
8	16375	22075
9	28350	15475
10	14100	26025
PROMEDIO	17092,5	18617,5

Figura 47: Porcentaje de la producción total de fruto fresco



VI. CONCLUSIONES

Para las condiciones en las cuales se desarrollo el presente trabajo experimental y en función de los resultados obtenidos podemos concluir:

1. Los tallos fueron los órganos que extrajeron las mayores cantidades de N, K, Ca y S; sin embargo los frutos extrajeron la mayor cantidad de P y las hojas fueron los órganos que extrajeron la mayor cantidad de Mg.
2. La mayor cantidad extraída de nutrientes en ambos niveles de fertilización se da en la etapa reproductiva del cultivo (desde los 90 DDT) al final del ciclo fenológico, resultando ser mayor en el tratamiento con la dosis media de fertilización, con respecto a la dosis completa de fertilización.
3. La cantidad de nutriente extraído por el cultivo bajo la dosis de fertilización completa, para producir 17.09 T/ha de fruto fresco fue: N 270.9; P 21.4; K 416.3; Mg 42.4; Ca 134.3; S 28.3kg/ha respectivamente. Mientras que la producción obtenida por la dosis media fue de 18.61 T/ha de fruto fresco, la que extrajo la cantidad de: N 260.5; P 30.2; K 506.8; Mg 44.5; Ca 136.2; S 34.4 kg/ha para cada elemento.
4. La máxima acumulación de materia seca, se observó en la etapa reproductiva del cultivo, es decir luego de los 90 días después del trasplante.
5. La hoja es el órgano que reporta las mas altas concentraciones de N, K, Mg, Ca; el fruto la más alta concentración de P y la raíz de S.
6. La producción de fruto fresco en ambos niveles de fertilización no obtuvo diferencias estadísticas significativas, en general resultó mayor para el nivel con la dosis media de fertilización.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios en este cultivar referidos a las dosis de fertilización, evaluado en diferentes tipos de textura de suelo, para observar su comportamiento en cada uno de esos posibles edafoclimas y su interacción con la producción del cultivo.
2. Continuar el mejoramiento genético del cultivo en aspectos referidos a productividad, con el objetivo de mejorar su eficiencia productiva y nutricional en los campos de cultivo.
3. Establecer al cultivo en diferentes condiciones de salinidad y sodicidad variable bajo distintos sistemas de riego (presurizado y gravitacional), para evaluar el comportamiento y la productividad del mismo en distintas condiciones de campo.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. ADRIANO, D. C; PAULSEN, G. M. and MURPHY, L. S. 1971. Phosphorus-iron and phosphorus –zinc relationships in corn seedlings as affected by mineral nutrition. *Agronomy J.* 63: 36-39.
2. ALICORP. 2012. Alicorp lanza nueva crema de Aji “Tari”. (Consultada: 10 de Enero), disponible en <http://saladeprensaalicorp.com.pe/noticias/alicorp-lanza-nueva-crema-de-aji-tari>.
3. APEGA. 2009 .Ajíes Peruanos: sazón para el mundo. Editorial el Comercio. En colaboración con: INIA, UNALM y USMP. 121 p.
4. ARTEAGA, F. 2012. Determinación de la curva de extracción y de la hoja a muestrear para análisis de macronutrientes en pimiento (*Capsicum annuum* L.). Tesis Mg. Sc. Lima, PE.
5. AZABACHE, A. 2003. Fertilidad de suelos para una agricultura sostenible. Universidad Nacional del Centro de Perú. Facultad de Agronomía. 225 pp
6. AZOFEIFA, A. y MOREIRA M. (2008). Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile dulce (*Capsicum annuum* cv. UCR589) en Alajuela, Costa Rica.
7. BAEYENS, J. 1970. Nutrición de las plantas cultivadas. Version J. Mateo Box. Ed. Lemos. Madrid
8. BAKER, D. A. 1980. Fenómenos de transporte en las plantas. Edic. Omega – S. A Barcelona España. 67 p.
9. BALDWIN, J.P. 1975. A quantitative analysis of the factors affecting plant nutrient uptake from some soils. *Journal of soil Sci.* 26(3): 196-206.
10. BARBER, S. Walker, J. and Vasey, E. 1963. Mechanism for the movement of plant nutrient forms the soil and fertilizer to the plant root. *J. Agr. Food Chem.* 204-207 p.
11. BARCELLO, J.; NICOLAS, G.; SABATER, B. y SANCHEZ, R. 1988. Fisiología Vegetal. Edic. Pirámide S.A. Madrid, España.
12. BARCELLO, J. 1980. Fisiología vegetal. Ed. Pirámide S.A Madrid-España 750 pag.

13. BAVER, L.D.; Gardner, W. H. y Gardner, W. R. 1973. Física de suelos. 1 Edic. España. UTEHA. México. 530 p.
14. BEDON, C. E. 1972. Acumulación de materia seca, absorción de calcio y magnesio y evaluación de la calidad interna de tomates "Cv Red Top V-92" con tres dosis de abonamiento (Huaral 1970-1971). Tesis UNALM. Lima Perú 78 p.
15. BENTON, J. 1972. Plant tissue analysis for micronutrients. In: Mortvedt et al (Eds.) Micronutrients in agriculture. USA. 666 p.
16. BERRIN, KATHERINE & LARCO MUSEUM. 1997. The Spirit of Ancient Peru: Treasures from the Museo Arqueológico Rafael Larco Herrera. New York: Thames and Hudson.
17. BERRÍOS, M.; ARREDONDO, C.; TJALLING, H. 2007. Guía de manejo de nutrición vegetal de especialidad: Pimiento. Santiago, CL, SQM -YARA. 103 p.
18. BERTSCH, F. 2003. Absorción de nutrimentos por los cultivos. San José, CR, Asociación costarricense de la ciencia del suelo. 307 p.
19. BERTSCH, F. 2005. Estudio de absorción de nutrientes como apoyo a las recomendaciones de fertilización. Informaciones Agronómicas No 57. Instituto de la Potasa y el Fosforo-INPOFOS A.S. Quito. Ecuador.
20. BETHKE, P. y DREW, M. 1991. Stomatal and Non stomatal Components to Inhibition of Photosynthesis in Leaves of *Capsicum annuum* during Progressive Exposure to NaCl Salinity. Plant Physiol. (1992) 99, 219-226.
21. BIDWELL, R. G. 1979. Fisiología Vegetal. Madrid, España. 485 p.
22. BLACK, C.A. 1975. Relación suelo-planta. Tomo II. Editorial Hemisferio Sur. Mexico. Tomo I y II 1ª Edic. Buenos Aires. Argentina. 866 p.
23. BRADY, N. 1990. The Nature and properties of soils. Macmillan Publishing company. 10th Ediction. New Cork, USA. 622 p.
24. CADHIA, L. 1988. Fertirrigación. Cultivos Hortícolas y Ornamentales. 1Ed. Madrid, España. Mundi-Prensa. 435 p.
25. CAIRNS, G; RICHER, A. 1960. Comparative study of sulphur responsive and no responsive Grey Wooded soil. Canadian Journal of Soil Science 40:24-68.
26. CALDERÓN, E. 1987. Manual del Fruticultor Moderno. Volumen 1, 2 y 3. Ediciones Ciencia y Técnica S. A., México. 749 pp

27. CARRILLO, C. 1989. Curvas de Extracción y Concentración de macronutrientes (N, P, K, Ca y Mg) en cebolla (*Allum cepa* L.) Cv. "Texas Early Grano 502" Tesis UNALM. Lima Perú.
28. CHAMPAN, H. D. y PRATT, P. F. 1979. Método de análisis para suelos, plantas y aguas. Editorial Trillas, México. 195 p.
29. CHAPMAN, H. D. 1966. Diagnostic criteria for plants and soils. Univ. of California Division of Agricultural science. USA. 793 p.
30. CHAPMAN, H. D. y Pratt, P. F. 1973. Método de análisis para suelos. Plantas y aguas. Centro regional de ayuda técnica A. I. D. Editorial Trillas, México. 193 p.
31. CHILDERS. N. F. 1982. Fruticultura moderna. Tomo II. Editorial UTEHA, EE.UU.
32. CIAMPITTI, I. y GARCÍA, F. 2007. Requerimientos Nutricionales Absorción y Extracción de Macronutrientes y Nutrientes secundarios II. Hortalizas, Frutales y Forrajeras. Archivo Agronomic N° 12 – 1.
33. CROCOMO, O. 1965. Absorción de iones por las plantas. Universidad de Zulia. Fac. De Agron. Maracaibo. 188 p.
34. DEMOLON, A. 1966. Crecimiento de los vegetales cultivados. Principios de Agronomía Tomo II. Edc. omega S.A Barcelona. España. 650p.
35. DEVLIN, R. M. 1976. Fisiología vegetal. Edic. Omega S.A Barcelona España. 517 p.
36. DIAZ, Z. 1985. Función Específica de los nutrientes. Curso de la fertilidad del suelo avanzado I. Escuela de Postgrado. UNALM. Lima Perú.
37. DINCHEV, D. 1973. Agroquímica, Universidad de la Habana. Fac. de Ciencias Agropecuarias. Edic. Revolucionaria. Instituto Cubano de libros.
38. ESCALONA A. y PIRE R. 2008. 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., 25: Págs. 243-260
39. ESHBAUGH, H.W. 2012. The taxonomy of de genus *Capsicum*. Miami University, Oxford, Ohio, USA. P. 14, 21, 22. En: RUSSO M, Vicent. 2012. Peppers: botany, production and uses. CABI. (Consulta: 20 de Enero del 2014). Disponible en: <http://bookshop.cabi.org/default.aspx?site=191&page=2633&pid=2329>.
40. EVANS, L.T. 1983. Fisiología de los cultivos. Editorial Hemisferio Sur, Bs. As. 402 p.

41. FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; Clark, R.B. 2006. Physiology of crop production. Food Products Press, The Haworth Press, Inc.
42. FAO. 2007. Ecocrop, *Capsicum baccatum* var. *pendulum*. (<http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/cropView?id=4177>). Revisado el 01 de noviembre 2012).
43. FASSBENDER, H. W. 1978. Química de suelos con énfasis en suelos de Latinoamérica. Edit. IICA. San José Costa Rica.
44. FELLES, D. 2009. Determinación de las curvas de extracción de nutrientes N, P, K en dos cultivares de alcachofa sin espinas (*Cynara scolymus* L.) bajo condiciones del valle Chancay- Huaral. Tesis Mg. Sc. Lima, PE. UNALM, EPG. 104 p.
45. FOOG, G. E. 1979. Química de suelos con énfasis en suelos de Latinoamérica. Edit. IICA. San José Costa Rica 398 p.
46. GARCIA, R. F. 2011. “Reacción de 7 cultivares de *Capsicum* L. a diferentes densidades poblacionales del nematodo del nódulo *Meloidogine incognita* (Kofoid & Wite 1919) Chitwood 1949, a nivel invernadero”. Tesis UNALM. Lima Peru 133p.
47. GARDNER, F.; BRENT P, R. y MITCHELL R, L. 1985. Physiology of crop plants. USA, Iowa State University. 327 p.
48. GÓMEZ, S. 2009. Absorción de nutrientes de *Zantedeschia elliottiana* (calla lily) en diferentes estados fenológicos como punto de partida para la determinación de requerimientos nutricionales del cultivo en condiciones del eje cafetero colombiano. Tesis Mg Sc. Universidad Nacional de Colombia. Págs. 181.
49. GOOGLE EARTH. 2010. Paiján - Ascope (en línea). Consultado 20 nov. 2011. Disponible en <http://www.earth.google.com>.
50. GROS, A. y DOMINGUEZ A. 1981. Guía práctica de la fertilización. Editorial Mundi Prensa. España. 559 p.
51. INPOFOS. 1993. Manual Internacional de Fertilidad del Suelo. Instituto de la Potasa y el Fosfato Ed. Quito, Ecuador
52. INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO, 1994. Potasa: su necesidad y uso en la agricultura moderna. INPOFOS. Quito Ecuador.

53. ITIS. 2012. Taxonomic Serial No. : 530933. EEUU. (Consulta: 10 de mayo del 2012). Disponible en:
<http://www.itis.gov/servlet/singleRpt/SingleRpt?searchtopic=TSN&searchvalue=530933>.
54. JARAMILLO, C. R. 2005. "Propuesta de manejo integrado de plagas en el cultivo de pimiento piquillo (*Capsicum annuum* L.) en el fundo Agricultor-Viru la Libertad". Tesis para optar el título de Magister Agriculturae en Manejo Integrado de Plagas. 101 p. UNALM. Lima-Perú.
55. JONES, L. 1972. Mineral content of forage plants in relations to nutritional quality-silicon. Ann. Rep. of Grassland Res. Inst. 25 -26 p.
56. KHASAWNEH, F. 1986. The role of phosphorus in agriculture. American society of agronomy. Crop Science Society of America. Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin, USA. 910 p.
57. KONDAPA N.; RADDAR M.; PATIL P.; HEBSUR N.; ALAGUNDAGI S. (2009). Effect of integrated nutrient management on nutrient uptake and residual fertility of chilli (Cv. byadgi dabbi) in a vertisol. Karnataka J. Agric. Sci., 22(2): (306-309)
58. KRAMER, P. J. 1974. Relaciones hídricas de suelos y plantas. Traduc. L. Tejada. 1ª Edic. Edutex. México. 537 p.
59. LEON, J. 2000. Botánica de los cultivos tropicales. Tercera edición. Ed .Agroamerica. P 207-211 (Consulta 29 de Enero 2014) Disponible en:
http://books.google.com.mx/books?id=NBtu79LJ4h4C&dq=botánica+capsicum&hl=es&source=gbs_navlinks.
60. LEOPOLD, D. 1964. Plant growth and development. Mc Graw Hill Book Company. New York 466 p.
61. LEWIS, D. and QUIRK, J 1967. Phosphate diffusion in soil and uptake by plants III. P31 movement and uptake by plants as indicated by p32 autoradiography. Plant and soil 26.445-453 p.
62. LÓPEZ, J. y LÓPEZ, J. 1990. El diagnóstico de suelos y plantas. Madrid, ES, Ediciones Mundi Prensa. 365 p.
63. LUCAS, R. E. 1976. Climatic and soil conditions promoting micronutrient deficiencies in plants. In: soil Sci. Soc. of Am. Inc. Wisconsin USA. 666 p.

64. MALAVOLTA, E. y S.A. De OLIVERA. 1989. Evaluación del estado nutricional de las plantas. Asociación brasileña para la investigación del potasio y el fosforo. Piracicaba, Brazil. 201 p.
65. MARSCHNER, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. Second Edition. 564 p.
66. MARSCHNER, H. 1997. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press Inc Londres, Gran Bretaña. 674 p.
67. MENGEL, K. y KIRKBY, E. 1978. Principles of Plant Nutrition. International potash institute. Wonblaufen-Bern. Switzerland. 594 p.
68. MENGEL, K. y KIRKBY E. 2000. Principios de Nutrición vegetal. International Potash Institute Ed., Switzerland. 4th Ed. Págs. 691.
69. MILTHORPE, F; MOORBY, J. 1982. Introducción a la fisiología de los cultivos. Hemisferio sur, 160-164 p.
70. MILLER, C.; Mc COLLUM, S. 1979. Relationships between growth of bell peppers (*Capsicum annum* L.) and accumulation during ontogeny in field environments. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104 (6): 852-857.
71. MILLS, H. y BENTON, J. 1996. Plant Analysis Handbook II. Athens, GA, Micro-Macro Publishing. 422 p.
72. MORAGHAN, J T. 1985, Plant tissue testing for micronutrient deficiencies and toxicities. In: VLEK (Ed). Micronutrients in tropical food crop production. Martinus-Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers. Boston Lancaster 201-219 p.
73. MORENO. U. 1982. Fisiología vegetal: Principios y métodos. Univ. Nac. Agraria la Molina. Lima Perú. 19 p.
74. MOROTO, J. 2002. Horticultura herbácea especial. Ediciones Mundi Prensa. Madrid España. 566 p.
75. MORTVEDT, J. J.; Giordano, P. M. and Lindsay, W. L. 1972. Micronutrients in agriculture .Soil Sci. Soc. of Am. Inc. Madison Wisconsin USA. 666 p.
76. MOZAFAR, J. R.; Goodin, J. R. and Eortli, J. J. 1970. Sodium and potassium interaction in increasing the salt tolerance of *Atriplex halimus* L. II. Na and K uptake characteristics. Agronomy J. 62:481-484.
77. NAVAJAS, V. 2011. Efecto de la fertilización sobre la producción de biomasa y la absorción de nutrientes en *Brachiaria decumbens* y *Brachiaria* híbrido Mulato. Tesis Mg. Sc. Universidad nacional de Colombia. Págs. 57

78. NAVARRO, G y NAVARRO, S. 2000. Química Agrícola – El suelo y los Elementos Químicos Esenciales para la Vida Vegetal. Edic. Mundi Prensa. Madrid España 488 p.
79. NICHÓ, P. 2004. Cultivo de ají escabeche (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*). Estación experimental Donoso Huaral. Programa Nacional de Investigación en Hortalizas.
80. NUEZ, V. Gil, J, 1996. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Ed. Mundi-Prensa Libros. Madrid-España. 607 p. .
81. OLSEN, R. BENNET, J. BLUME, D. and BROWN, J. 1981. Chemical aspects of the P stress response mechanism in tomatoes. J. Plant Nutr. 3,905-921 p.
82. OLSEN, S. R. 1977. Micronutrient interactions. In: Mortved et al (Eds.). Micronutrients in agricultura. Soil Sci. Soc. Amer. Inc. Madison Wisconsin USA. 243-264 p.
83. ORTIZ, R. O. 1983. “Utilización de descriptores en la caracterización de líneas de *capsicum*”. Tesis para optar el título de biólogo. 196 p. UNALM. Lima-Perú.
84. PALACION, J. 1995. Absorción periódica de nutrientes por el cultivo de Cebolla (*Allum cepa* L.) Cv. “Roja Arequipeña”, bajo diferentes sistemas de fertilización en Paramonga. Tesis UNALM. Lima Perú. 76 p.
85. QUIROZ, C. 1988. Determinación de las curvas de macronutrientes (N, P, K, Ca y Mg) en Melón (*Cucumis melo* L.) Cv. “Honey Dew Green Flesh” bajo diferentes dosis de fertilización. Tesis UNALM. Lima Perú 100 p.
86. RAMIREZ, F. 2000. Manejo Nutricional y Fertilización Balanceada en el Cultivo de Páprika. Manejo del Cultivo de Páprika.
87. RINCON, L. 1996. Riego y Fertilización de la Alcachofa en Riego por Goteo. Centro de Investigación y Desarrollo Agroalimentario. Tudela Navarra. España.
88. RITCHER, G. 1980. Fisiología del metabolismo de las plantas. 3ª Edic. Cia. Edit. Continental S.A México. 417 p.
89. RODRÍGUEZ, M. 1990. El análisis foliar como método de diagnóstico de la nutrición mineral (en línea). Consultado 20 nov. 2010. Disponible en http://www.fraisoro.net/articulos/21_54_57.pdf.
90. SALAZAR, S. 2002. Nutrición del aguacate, principios y aplicaciones. INPOFOS, INIFAP. Querétaro, México

91. SALISBURY, F. y ROSS, C. 2003. Fisiología de las plantas. Thomson Ed. Spain Paraninfo S.A. Madrid, España. 988 pp.
92. SALISBURY, F. y ROSS, C. 1994. Fisiología vegetal. Grupo editorial Iberoamericana. México D. F., México. 759 p.
93. SANCHO, H. 2010. Curvas de Absorción de Nutrientes: Importancia y Uso en los Programas de Fertilización. Informaciones Agronómicas-INPOFOS. 36: 1-3.
94. SCARBROOK, C.E. 1965. Nitrogen availability. In: Btholomew, W. V. and Clark, F. E. (Eds.) Soil Nitrogen. Series Agronomy 10: 481-502. Madison Wisconsin USA.
95. SCHOEDER, M y MARTINES, G. 2004. Concentraciones foliares de microelementos en pimiento (*Capsicum annum* L.) Agrotecnia.
96. SODEVILLA, C. 1994. Curvas de absorción de macronutrients (N, P, K, Ca, Mg) a diferentes niveles de fertilización en el cultivo de Marigold (*Tagetes erecta* L.) Cv. "Orange ade" en la localidad de Chincha. Tesis UNALM. Lima Peru. 113 p.
97. SOTO, R. 2008. Crop phenology, dry matter production, and nutrient uptake and partitioning in cantaloupe (*Cucumis melo* l.) and chile (*Capsicum annum* l.). Tesis Doctoral. Universidad de Arizona. Págs. 173.
98. SPARKS, D.1988. Growth and nutritional status of pecans in response to phosphorus J. Amer. Soc. Hort. Sci. 133: 850-859.
99. STEVENSON, F. 1982. Nitrogen in agricultural soils. American Society of Agronomy. Crop science society of America Society of America. Wisconsin, USA: 940 p.
100. STEWART M. 2007. Consideraciones en el uso eficiente de nutrientes. International Plant Nutrition Institute. Informaciones Agronomicas, número 67.
101. SUTCLIFFE, J. F. y Baker, D. A. 1979. Las plantas y las sales minerales. Edic. Omega S.A. Barcelona España. 67p.
102. TESHHA, A. J. and KUMAR, D. 1979. Effects of soil moisture, potassium and nitrogen on mineral absorption and growth of *Coffea arabiga* L Turrialba 29: 213-218.
103. TIFFIN, L. 1972. Translocation of micronutrients in plants. In: Mortvedt et al. Micronutrients in agriculture. Soil Sci. Soc. of Am. Inc. Madison Wisconsin-USA.
104. TISDALE, S. 1991. Fertilidad del suelo y Fertilizantes. Ed. Limusa S. A. México. 760p.

105. TIWARI, K. N.; NIGAN, V. and PATHAK, A. N. 1982. Effect of potassium and zinc applications on dry matter productions and nutrient uptake by potato (*S. tuberosum* L.) in an alluvial soil of Uttar Pradesh. *Plant and soil* 65:141- 147p.
106. URCIA, P. 2012. Extracción de Micronutrientes en dos cultivares de pimiento (*Capsicum annum* L.) bajo las condiciones del valle de Casma. Tesis UNALM. Lima Perú.
107. USHERGOOD, N.R. 1977. The interaction of potassium with other ions in soil and plants. Fifth Soil colloquium. Soil Sci. Soc. Bogotá Colombia. September 26 al 30.
108. VIETS, F. G. 1965. The plants need for and use of nitrogen. In: Bartholomew Soil Nitrogen. Series Agronomy 10:503-549. Madison Wisconsin USA.
109. VILLA, M *et al.* 2006. Absorción y traslocación de sodio y cloro en plantas de chile fertilizadas con nitrógeno y crecidas con estrés salino. *Revista fitotecnia mexicana*. Año/vol 29, número 001
110. WHITEHEAD, D. 1964. Soil and plant nutrition aspect of the sulfur cycle. *Soil and Fertilizer* 27: 1-8.
111. ZARATE, V.P. 2012. “Efecto de la densidad de siembra en la producción y calidad en ají escabeche (*Capsicum baccatum* L. var. *Pendulum*) en el valle de Casma”. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. 100 p. UNALM. Lima-Perú.

IX. ANEXOS

Anexo 1: Cuadro de nutrientes aplicados en cada dosis de fertilización, por tratamiento al final de la campaña.

Aplicación de productos comerciales (kg/Ha)	BIG N	BIG PHOS	NITRATO DE K	SULFATO DE K	NITRATO DE Ca	CANTIDAD TOTAL APLICADA POR TRATAMIENTO	
						DOSIS COMPLETA	DOSIS MEDIA
	266,9	260,1	569,6	241,03	203,6		
Nutrientes aplicados en el campo (kg/ha)							
N	118,92	38,64	76,9	0	31,57	266,03	133,015
P	0	129,9	0	0	0	129,96	64,98
K	0	0	256,35	120,5	0	376,85	188,425
Ca	0	0	0	0	52	52	26
S	0	0	0	43,39	0	43,39	21,695
<p>Nota: Las leyes de los productos son las siguientes; BIG N (33-0-0) - Densidad kg/l: 1.35 -, BIG PHOS (11-37-0) - Densidad kg/l : 1.35 -, NITRATO DE POTASIO (13.5-0-45), NITRATO DE CALCIO (15.5-0-0-25.5), SULFATO DE POTASIO(0-0-50-0-18).</p>							

Anexo 2: Cuadro de aplicación de fertilizantes durante el ciclo del cultivo de ají escabeche.

SEMANA	FECHA	N	P	K	Ca	S	BIG N	BIG P	NITRAT DE K	SULFATO DE K	NITRATO DE Ca
1	01 al 07/07/11	5.3	7.5	0	0	0	7	15	0	0	0
2	07 al 14/07/11	5.3	7.5	0	0	0	7	15	0	0	0
3	14 al 21/07/11	6.0	7.5	2.25	0	0	7	15	5	0	0
4	21 al 28/07/11	8.2	7.5	8.25	2.8	2.2	8	15	5	12	11
5	28 al 03/08/11	8.4	7.5	8.7	2.9	2.2	8	15	6	12	11.5
6	03 al 10/08/11	8.6	7.5	9.15	3.1	2.2	8	15	7	12	12
7	10 al 17/08/11	17.2	10.5	23.5	5.6	5.2	18	21	20	29	22
8	17 al 24/08/11	17.2	10.5	23.5	5.6	5.2	18	21	20	29	22
9	24 al 31/08/11	17.2	11.0	23.5	5.4	5.2	18	22	20	29	21
10	31 al 07/09/11	17.1	10.5	23.5	5.4	5.2	18	21	20	29	21
11	07 al 14/09/11	19.8	7.5	27.3	3.1	4.3	25	15	34	24	12
12	14 al 21/09/11	19.7	7.0	27.3	3.1	4.3	25	14	34	24	12
13	21 al 28/09/11	14.8	4.0	23.8	3.1	1.4	13	8	44	8	12
14	28 al 03/10/11	14.9	4.0	23.75	3.1	1.3	13	8	45	7	12
15	03 al 10/10/11	14.8	3.5	23.75	3.1	1.3	13	7	45	7	12
16	10 al 17/10/11	14.6	3.5	23.3	3.1	1.3	13	7	44	7	12
17	17 al 24/10/11	14.5	3.5	23.3	2.8	1.3	13	7	44	7	11
18	24 al 31/10/11	9.3	2.5	19	0	0.4	7	5	40	2	0
19	31 al 07/11/11	9.1	2.0	19	0	0.4	7	4	40	2	0
20	07 al 14/11/11	9.1	2.0	18.5	0	0.2	7	4	40	1	0
21	14 al 21/11/11	6.0	1.0	11.7	0	0	5	2	26	0	0
22	21 al 28/11/11	6.0	1.0	11.7	0	0	5	2	26	0	0
23	28 al 03/12/11	2.7	1.0	2.025	0	0	4	2	4.5	0	0
TOTAL		266.0	129.9	376.8	51.9	43.4	267	260	569.5	241	203.5

Anexo 3: Cuadro de aplicaciones fitosanitarias en el cultivo de ají escabeche

Días después del trasplante	Ingrediente Activo	Producto comercial	Dosis ml o gr /200 l de agua
11	Imidacloprid	Lancer	100
	Oxamilo	Vidate	500
	Adherente	Break Thru	50
16	Methomyl	Nala-t	100
	Metamidophos	s-kemata	500
	Adherente	Break Thru	50
21	Fentoato	Fenkil	500
	Adherente	Break Thru	50
	Imidacloprid	Lancer	150
26	Metamidophos	s-kemata	500
	Adherente	Break Thru	50
	Fentoato	Fenkil	500
29	Metamidophos	s-kemata	500
	Adherente	Break Thru	50
	Fentoato	Fenkil	500
33	Metamidophos	s-kemata	500
	Methomyl	Nala-t	100
	Adherente	Break Thru	50
36	Spirotetramat	Movento	200
	Acidificante	A3P	150
	Adherente	Break Thru	50
47	Imidacloprid	Lancer	250
	Methomyl	Nala-t	100
	Metamidophos	s-kemata	500
	Adherente	Triada	50
54	Clotianidin	Dantotsu	200
	Methomyl	Nala-t	200
	Metamidophos	s-kemata	1000
	Adherente	Triada	80
58	Mancozeb+Matalaxil	Ridomil	1000
	Fipronil	Regent	200
	Adherente	Triada	80
	Acidificante	A3P	150
61	Spirotetramat	Movento	250
	Adherente	Triada	80
	Acidificante	A3P	150
66	Emamectina benzoato	Proclaim	100
	Adherente	Break Thru	50
	Acidificante	Triple A	150
78	Fipronil+imidacloprid	Lesenta	100

	Metamidophos	s-kemata	1000
	Adherente	Break Thru	50
	Acidificante	Triple A	150
86	Methomyl	Nala-t	200
	Clorotalonil	Daconil	500
	Adherente	Break Thru	50
	Acidificante	A3P	150
90	Spirotetramat	Movento	250
	Adherente	Break Thru	50
	Acidificante	Triple A	150
93	Emamectina benzoato	Proclaim	100
	Methomyl	Nala-t	200
	Adherente	Break Thru	50
	Acidificante	Triple A	150
101	Metamidophos	s-kemata	1000
	spinoteram	Absolute	250
	Adherente	Break Thru	50
	Acidificante	Triple A	150
107	Fipronil+imidacloprid	Lesenta	100
	Adherente	Break Thru	50
	Acidificante	Triple A	150
120	Chlorfenapir	Circus	200
	Adherente	Break Thru	50
	Acidificante	Triple A	150
134	Buprofezim	Applaud	200
	Acetamiprid	Recate	150
	Spirotetramat	Movento	250
	Adherente	Break Thru	50
	Acidificante	Triple A	150

Anexo 4: Cuadro de plagas encontradas durante el ciclo del cultivo de ají escabeche.

Nombre científico	Nombre comun
<i>Heliothis virescens</i>	"Perforador de frutos"
<i>Prodiplosis longifila</i>	"Mosquilla de los brotes"
<i>Symmetrischema capsicum</i>	"Polilla"
<i>Lineodes integra</i>	"Zancudo"
<i>Polyphagotarsonemus latus</i>	"Acaro"
<i>Bemisia spp</i>	"Mosca blanca"
<i>Spodoptera frugiperda</i>	"Perforador de frutos"
<i>Spodeptera ochera</i>	"Perforador de frutos"
<i>Spodoptera eridanea</i>	"Perforador de frutos"
<i>Agrotis spp</i>	"Gusano de tierra"
<i>Elasmopalpus lignosellues</i>	"Gusano electrico"
<i>Ceratitis capitata</i>	"Mosca de la fruta"
<i>Lyriomiza huidobrensis</i>	"Mosca minadora"
<i>Macrosiphum euphorbiae</i>	"Pulgones"
<i>Phytophthora capsici</i>	"Pudrición radicular"
<i>Virus del mosaico del tabaco</i>	TMV

Anexo 5: Fechas de muestreo.

FECHAS	(ddt)	Hoja muestreada	Estado fenológico	Muestreo
20/07/2011	15	2do par de hojas	crecimiento	primero
04/08/2011	30	4to par de hojas	desarrollo inicial	segundo
20/08/2011	45	6to par de hojas	desarrollo vegetativo	tercero
05/09/2011	60	8avo par de hojas	prefloración	cuarto
20/09/2011	75	10mo par de hojas	floración	quinto
05/10/2011	90	12avo par de hojas	cuajado	sexto
21/10/2011	105	14avo par de hojas	fructificación	sétimo
03/11/2011	120	16avo par de hojas	llenado de fruto	octavo
17/11/2011	135	18avo par de hojas	llenado de fruto	noveno
02/12/2011	150	20avo par de hojas	inicio de la madurez fisiológica (cambio de coloración)	decimo
17/12/2001	165	22avo par de hojas	madurez fisiológica	onceavo
05/01/2012			cosecha 1era	
20/01/2012			cosecha 2da	

Anexo 6: Concentración de Nitrógeno (%) en hojas.

a) Dosis completa.

DOSIS COMPLETA(D1)	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
D1 A	3.92	4.87	5.07	4.62	5.32	5.26	4.98	5.29	4.82	4.37	4.17
D1 B	2.94	5.01	4.98	5.01	5.01	4.98	4.93	5.07	4.62	4.68	4.87
D1 C	3.47	3.08	4.84	3.95	5.12	4.59	4.90	5.04	4.56	4.06	4.12
D1 D	3.75	4.54	4.98	2.77	4.82	4.73	4.98	5.18	3.42	4.12	3.78
PROMEDIO	3.52	4.38	4.97	4.09	5.07	4.89	4.95	5.15	4.35	4.31	4.24

b) Dosis media.

DOSIS MEDIA (D2)	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
D2 A	4.20	4.73	3.42	4.76	4.79	4.54	3.75	4.20	4.14	3.61	4.51
D2 B	3.81	4.87	4.17	4.70	4.28	2.83	3.19	4.76	4.09	4.31	4.20
D2 C	3.86	4.87	2.94	4.62	4.14	4.42	4.51	3.22	4.20	4.26	4.65
D3 D	3.92	4.59	2.74	4.40	3.71	4.62	4.48	4.65	4.17	4.09	4.14
PROMEDIO	3.95	4.77	3.32	4.62	4.23	4.10	3.98	4.21	4.15	4.07	4.38

Anexo 7: Concentración de Fosforo (%) en hojas.

a) Dosis completa.

DOSIS COMPLETA	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
D1 A	0.34	0.40	0.43	0.44	0.33	0.37	0.35	0.33	0.31	0.27	0.25
D1 B	0.34	0.41	0.41	0.45	0.42	0.34	0.27	0.36	0.29	0.30	0.25
D1 C	0.25	0.45	0.38	0.46	0.44	0.32	0.36	0.34	0.31	0.25	0.30
D1 D	0.30	0.39	0.39	0.55	0.45	0.32	0.36	0.36	0.27	0.27	0.20
PROMEDIO	0.31	0.41	0.40	0.48	0.41	0.34	0.34	0.35	0.30	0.27	0.25

a) Dosis media.

DOSIS MEDIA	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
D2 A	0.29	0.42	0.37	0.44	0.45	0.35	0.79	0.32	0.27	0.27	0.27
D2 B	0.26	0.41	0.37	0.40	0.42	0.36	0.35	0.31	0.27	0.29	0.27
D2 C	0.32	0.43	0.40	0.44	0.44	0.38	0.37	0.37	0.32	0.30	0.31
D2 D	0.26	0.42	0.40	0.42	0.41	0.41	0.34	0.36	0.33	0.32	0.29
PROMEDIO	0.28	0.42	0.39	0.43	0.43	0.38	0.46	0.34	0.30	0.30	0.29

Anexo 8: Concentración de Potasio (%) en hojas.**a) Dosis completa.**

DOSIS COMPLETA	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
D1 A	3.75	4.70	3.90	3.75	3.50	3.40	3.30	3.75	3.95	4.35	4.35
D1 B	3.50	5.00	6.30	3.80	4.00	3.30	3.50	3.85	3.80	4.15	4.50
D1 C	3.55	6.05	4.00	3.55	3.50	3.35	3.20	3.65	4.60	4.55	4.80
D1 D	4.95	6.10	4.10	3.90	4.00	3.25	3.75	3.95	4.30	4.55	4.30
PROMEDIO	3.94	5.46	4.58	3.75	3.75	3.33	3.44	3.80	4.16	4.40	4.49

b) Dosis media

DOSIS MEDIA	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
D2 A	3.80	4.55	4.00	3.05	3.60	3.20	2.62	4.20	4.65	4.05	4.40
D2 B	2.98	4.45	3.80	4.40	3.80	2.94	3.30	3.95	4.55	4.35	4.55
D2 C	3.60	4.75	3.70	3.80	3.55	3.25	2.94	3.75	4.50	4.00	4.75
D2 D	4.75	4.70	3.15	4.60	3.90	3.00	3.25	3.55	4.10	4.15	4.45
PROMEDIO	3.78	4.61	3.66	3.96	3.71	3.10	3.03	3.86	4.45	4.14	4.54

Anexo 9: Concentración de Magnesio (%) en hojas.**a) Dosis completa.**

DOSIS COMPLETA	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
D1 A	0.85	0.93	0.81	0.69	0.57	0.53	0.46	0.69	0.65	0.61	0.77
D1 B	0.88	0.88	0.77	0.68	0.61	0.62	0.54	0.62	0.71	1.46	0.84
D1 C	0.85	0.85	0.78	0.71	0.61	0.58	0.49	0.57	0.47	0.61	0.76
D1 D	1.00	0.88	0.77	0.63	0.77	0.72	0.50	0.56	0.48	0.55	1.01
PROMEDIO	0.89	0.88	0.78	0.68	0.64	0.61	0.50	0.61	0.58	0.81	0.84

b) Dosis media.

DOSIS MEDIA	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
D2 A	0.85	0.81	0.84	0.64	0.63	0.50	0.57	0.55	0.61	0.67	1.07
D2 B	0.86	0.97	0.82	0.61	0.62	0.60	0.57	0.69	0.62	0.55	0.88
D2 C	0.87	0.98	0.84	0.52	0.73	0.49	0.43	0.67	0.54	0.51	0.70
D2 D	0.84	1.07	0.88	0.65	0.75	0.51	0.55	0.60	0.46	0.47	0.73
PROMEDIO	0.85	0.96	0.84	0.60	0.68	0.52	0.53	0.62	0.56	0.55	0.84

Anexo 10: Concentración de Calcio (%) en hojas.

a) Dosis completa

DOSIS COMPLETA	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
D1 A	2.54	1.31	1.93	2.37	2.18	1.61	1.61	2.13	1.91	1.71	2.54
D1 B	2.50	2.34	2.42	2.68	2.21	1.72	1.72	1.65	2.14	1.20	2.31
D1 C	2.43	2.40	2.42	2.33	2.07	1.80	1.80	1.77	1.41	1.82	2.52
D1 D	2.98	2.20	2.59	2.17	2.20	1.97	1.97	1.77	1.48	1.44	3.23
PROMEDIO	2.61	2.06	2.34	2.38	2.16	1.77	1.77	1.83	1.73	1.54	2.65

b) Dosis media

DOSIS MEDIA	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
D2 A	2.61	2.46	2.23	2.33	1.86	1.39	0.93	1.90	1.95	2.03	2.94
D2 B	2.43	2.43	2.11	2.34	1.78	1.94	1.46	1.91	1.84	1.43	2.60
D2 C	2.52	2.27	2.34	2.01	2.16	1.33	1.12	1.70	1.54	1.43	1.90
D2 D	2.43	2.31	2.19	2.18	1.95	1.48	1.51	1.47	1.35	1.32	1.95
PROMEDIO	2.50	2.37	2.22	2.21	1.94	1.53	1.25	1.74	1.67	1.55	2.34

Anexo 11: Concentración de Azufre (%) en hojas.

a) Dosis completa

DOSIS COMPLETA	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
D1 A	0.26	0.27	0.25	0.21	0.26	0.36	0.26	0.28	0.29	0.32	0.31
D1 B	0.28	0.29	0.23	0.25	0.25	0.29	0.29	0.27	0.33	0.36	0.29
D1 C	0.27	0.25	0.24	0.23	0.25	0.26	0.27	0.27	0.31	0.35	0.30
D1 D	0.26	0.27	0.23	0.25	0.34	0.28	0.20	0.29	0.29	0.32	0.31
PROMEDIO	0.27	0.27	0.24	0.24	0.28	0.30	0.26	0.28	0.31	0.34	0.30

b) Dosis media

DOSIS MEDIA	DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE										
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
D2 A	0.24	0.23	0.24	0.27	0.26	0.24	0.26	0.29	0.32	0.33	0.31
D2 B	0.26	0.24	0.26	0.24	0.29	0.29	0.26	0.31	0.35	0.31	0.32
D2 C	0.28	0.22	0.25	0.24	0.32	0.24	0.24	0.28	0.31	0.31	0.32
D2 D	0.26	0.22	0.22	0.38	0.28	0.33	0.25	0.31	0.36	0.36	0.31
PROMEDIO	0.26	0.23	0.24	0.28	0.29	0.28	0.25	0.30	0.34	0.33	0.32

Anexo 12: Análisis de variancia de las concentraciones de Nitrógeno en hojas de ambas dosis.

F. V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.CAL.	SIGNIF.
DOSIS (Nivel)	1	3.11	3.110	13.05	**
Muestreo	10	5.92	0.592	2.61	*
Bloques	3	1.39	0.466	2.05	NS
Dosis:Muestreo	10	10.10	1.010	4.45	**
Error	63	14.31	0.22		
Total	87	34.84			
C.V. (%)	10.96				

Anexo 13: Análisis de variancia de las concentraciones de Fosforo en hojas de ambas dosis.

F. V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.CAL.	SIGNIF.
DOSIS (Nivel)	1	0.004	0.004	1.37	NS
Muestreo	10	0.322	0.032	10.47	**
Bloques	3	0.006	0.002	0.70	NS
Dosis:Muestreo	10	0.042	0.004	1.38	NS
Error	63	0.193	0.003		
Total	87	0.5696			
C.V. (%)	15.56				

Anexo 14: Análisis de variancia de las concentraciones de Potasio en hojas de ambas dosis.

F. V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.CAL.	SIGNIF.
DOSIS (Nivel)	1	0.914	0.914	4.88	*
Muestreo	10	22.97	2.296	12.25	**
Bloques	3	0.85	0.282	1.50	NS
Dosis:Muestreo	10	3.09	0.309	1.65	NS
Error	63	11.815	0.1918		
Total	87	39.639			
C.V. (%)	10.83				

Anexo 15: Análisis de variancia de las concentraciones de Magnesio en hojas de ambas dosis.

F. V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.CAL.	SIGNIF.
DOSIS (Nivel)	1	0.011	0.011	0.82	NS
Muestreo	10	1.56	0.156	11.22	**
Bloques	3	0.08	0.025	1.87	NS
Dosis:Muestreo	10	0.18	0.018	1.26	NS
Error	63	0.87	0.014		
Total	87	2.70			
C.V. (%)	16.83				

Anexo 16: Análisis de variancia de las concentraciones de Calcio en hojas de ambas dosis.

F. V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.CAL.	SIGNIF.
DOSIS (Nivel)	1	0.43	0.43	5.71	*
Muestreo	10	11.72	1.17	15.62	**
Bloques	3	0.10	0.03	0.45	NS
Dosis:Muestreo	10	0.84	0.084	1.12	NS
Error	63	4.72	0.07		
Total	87	17.82			
C.V. (%)	13.63				

Anexo 17: Análisis de variancia de las concentraciones de Azufre en hojas de ambas dosis.

F. V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.CAL.	SIGNIF.
DOSIS (Nivel)	1	0.0003	0.0003	0.46	NS
Muestreo	10	0.074	0.007	10.29	**
Bloques	3	0.003	0.001	1.43	NS
Dosis:Muestreo	10	0.012	0.001	1.72	NS
Error	63	0.045	0.0007		
Total	87	0.135			
C.V. (%)	9.58				

Anexo 18: Cuadro de producción de fruto fresco obtenido en el campo en la dosis media de fertilización

TRATAMIENTO CON DOSIS MEDIA DE FERTILIZACIÓN									
Muestra	N. de Frutos	Peso (10 metros lineales) - 05/01/2012	Peso de fruto	Rend.	N. de Frutos	Peso (10 metros lineales) - 20/01/2012	Peso de fruto	Rendi - miento	Rend. Total (kg/ha)
1	52	24,8	0,5	12400	63	18,25	0,3	9125	21525
2	72	17,25	0,2	8625	80	10,5	0,1	5250	13875
3	82	12,5	0,2	6250	104	7,2	0,1	3600	9850
4	54	24,3	0,5	12150	59	6,95	0,1	3475	15625
5	47	25,8	0,5	12900	64	14,65	0,2	7325	20225
6	78	15	0,2	7500	64	13,05	0,2	6525	14025
7	47	36,25	0,8	18125	62	18,7	0,3	9350	27475
8	58	20,1	0,3	10050	75	24,05	0,3	12025	22075
9	53	12,45	0,2	6225	82	18,5	0,2	9250	15475
10	59	19,35	0,3	9675	51	32,7	0,6	16350	26025
Promedio	60,2	20,78	0,3	10390	70,4	16,455	0,2	8227,5	18617,5

Anexo 19: Cuadro de producción de fruto fresco obtenido en el campo en la dosis completa de fertilización

TRATAMIENTO CON DOSIS COMPLETA DE FERTILIZACION									
Muestra	N. de Frutos	Peso (10 metros lineales) - 05/01/2012	Peso de fruto	Rend.	N. de Frutos	Peso (10 metros lineales) - /01/2012	Peso de fruto	Rendimiento	Rend. Total (kg/ha)
1	72	7,6	0,1	3800	70,0	19,4	0,3	9700	13500
2	72	20,3	0,3	10125	100,0	6,9	0,1	3425	13550
3	53	22,2	0,4	11100	65,0	20,7	0,3	10350	21450
4	69	12,1	0,2	6025	75,0	15,1	0,2	7550	13575
5	50	20,0	0,4	9975	71,0	18,8	0,3	9400	19375
6	72	20,1	0,3	10050	83,0	8,4	0,1	4175	14225
7	49	18,0	0,4	9000	55,0	14,9	0,3	7425	16425
8	79	23,2	0,3	11600	95,0	9,6	0,1	4775	16375
9	52	34,5	0,7	17250	68,0	22,2	0,3	11100	28350
10	57	20,3	0,4	10125	69,0	8,0	0,1	3975	14100
Promedio	62,5	19,8	0,3	9905	75,1	14,4	0,2	7187,5	17092,5

Anexo 20: Prueba de Tukey para rendimiento de fruto fresco

Alpha: 0.05

Grados de libertad del error: 9

Cuadrados medios del error: 357410

Valor critico del rango Studentized: 3.19

Diferencia significativa mínima: 6047.9

Grupo	Medias	Muestras	Tratamientos
A	18618	10	Dosis media (D2)
A			
A	17097	10	Dosis completa (D1)