

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**



**“CURVA DE EXTRACCIÓN DE MACRONUTRIENTES EN PIMIENTO
PAPRIKA (*Capsicum annum* L.) BAJO CONDICIONES DEL VALLE DE
PATIVILCA, PERÚ”**

Presentada por:

LUIS ALBERTO GOÑY AMERI

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

Lima – Perú

2020

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**“CURVA DE EXTRACCIÓN DE MACRONUTRIENTES EN PIMIENTO
PAPRIKA (*Capsicum annuum* L.) BAJO CONDICIONES DEL VALLE DE
PATIVILCA, PERÚ”**

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

**Presentada por:
LUIS ALBERTO GOÑY AMERI**

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

**Mg.Sc. Julián Chura Chuquija
PRESIDENTE**

**M.Sc. Andrés Casas Díaz
ASESOR**

**Dr. Oscar Loli Figueroa
MIEMBRO**

**Mg.Sc. Gilberto Rodríguez Soto
MIEMBRO**

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1 Generalidades del pimiento.....	3
2.1.1 Origen.....	3
2.1.2 Taxonomía.....	3
2.1.3 Morfología.....	4
2.2 Crecimiento y desarrollo.....	4
2.3 Fenología del pimiento.....	6
2.4 Nutrición mineral.....	8
2.4.1 Nutrientes esenciales para el desarrollo vegetal.....	9
2.4.2 Fertilidad de suelo y nutricion vegetal.....	10
2.4.3 Actividad metabólica en la nutrición mineral.....	10
2.4.4 Transporte de los iones en la nutrición mineral.....	11
2.4.5 Absorción de los elementos nutritivos.....	12
2.4.6 Factores influyentes en la absorción mineral.....	13
2.4.7 Adsorción y de cambio de iones en el suelo.....	14
2.5 Rol de los macronutrientes.....	15
2.5.1 Nitrógeno.....	16
2.5.2 Fósforo.....	18
2.5.3 Potasio.....	20
2.5.4 Calcio.....	22

2.5.5 Magnesio.....	24
2.5.6 Azufre.....	25
2.6 Contenido mineral de los tejidos vegetales.....	26
2.7 Diagnostico y análisis foliar de las plantas.....	27
2.8 Formación y distribución de la materia seca.....	28
2.9 Extracción de nutrientes en el pimiento.....	30
2.10 Rendimiento del pimiento paprika.....	33
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	36
3.1 Ubicación.....	36
3.2 Características del suelo.....	36
3.3 Características del agua de riego.....	38
3.4 Características del clima.....	39
3.5 Características del material vegetal.....	40
3.6 Materiales.....	40
3.6.1 De campo.....	40
3.6.2 De laboratorio.....	41
3.7 Instalación del experimento.....	41
3.7.1 Preparación del terreno.....	41
3.7.2 Trasplante.....	41
3.7.3 Momento y forma de aplicación de los fertilizantes.....	41
3.7.4 Labores culturales.....	42
3.8 Metodología.....	43
3.8.1 Factores en estudio.....	43

3.8.2	Diseño experimental.....	43
3.8.3	Características del campo experimental.....	43
3.8.4	Procedimiento experimental.....	44
	a. Muestras foliares.....	44
	b. Trabajo de laboratorio.....	45
3.9	Características evaluadas.....	45
3.9.1	Rendimiento total de fruto fresco.....	45
3.9.2	Determinación de la acumulación periódica de materia seca.....	46
3.9.3	Determinación de la extracción de nutrientes.....	46
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
4.1	Rendimiento de fruto fresco.....	47
4.2	Formación y acumulación de materia seca.....	49
4.2.1	Materia seca total.....	49
4.2.2	Acumulación de materia seca en los diferentes órganos de la planta.....	51
4.3	Concentración de nutrientes.....	54
4.3.1	Concentración de nitrógeno (%).....	54
4.3.2	Concentración de fósforo (%).....	56
4.3.3	Concentración de potasio (%).....	58
4.3.4	Concentración de calcio (%).....	60
4.3.5	Concentración de magnesio (%).....	63
4.3.6	Concentración de azufre (%).....	65
4.4	Extracción de nutrientes.....	67
4.4.1	Extracción de nitrógeno (kg/ha).....	67

4.4.2 Extracción de fósforo (kg/ha).....	70
4.4.3 Extracción de potasio (kg/ha).....	73
4.4.4 Extracción de calcio (kg/ha).....	76
4.4.5 Extracción de magnesio (kg/ha).....	80
4.4.6 Extracción de azufre (kg/ha).....	83
4.4.7 Extracción total de macronutrientes (kg/ha).....	87
V. CONCLUSIONES.....	91
VI. RECOMENDACIONES.....	93
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	94
VIII. ANEXOS.....	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Rangos de concentraciones de macronutrientes en pimiento (<i>Capsicum annuum</i> L.)	26
Tabla 2: Características físicas y químicas del suelo donde se realizó el ensayo.....	38
Tabla 3: Análisis del agua de riego.....	39
Tabla 4: Datos climáticos del sector de Santa Elena Sur, valle de Pativilca 2016-2017.....	40
Tabla 5: Programa de fertilización establecidos en el campo experimental.....	42
Tabla 6: Fertilizantes empleados en el campo experimental.....	42
Tabla 7: Cronograma de muestreo foliar del cultivo durante la investigación.....	42
Tabla 8: Niveles de fertilización evaluados en el estudio (kg/ha).....	43
Tabla 9: Rendimiento de fruto fresco de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) empleando cuatro niveles de fertilización (t/ha).....	48
Tabla 10: Materia seca total (kg/ha) en pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) empleando cuatro niveles de fertilización bajo condiciones del valle de Pativilca.....	50
Tabla 11: Acumulación periódica de materia seca (kg/ha) en los diferentes órganos de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	52
Tabla 12: Acumulación de materia seca en los diferentes órganos de la planta (kg/ha) de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	54
Tabla 13: Concentración de nitrógeno (%) para los diferentes niveles de fertilización de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	56
Tabla 14: Concentración de fósforo (%) para los diferentes niveles de fertilización de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	58
Tabla 15: Concentración de potasio (%) para los diferentes niveles de fertilización de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	60
Tabla 16: Concentración de calcio (%) para los diferentes niveles de fertilización de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	62

Tabla 17: Concentración de magnesio (%) para los diferentes niveles de fertilización de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	64
Tabla 18: Concentración de azufre (%) para los diferentes niveles de fertilización de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	66
Tabla 19: Extracción de nitrógeno (kg/ha) en los diferentes niveles de fertilización de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	67
Tabla 20: Extracción de nitrógeno en los diferentes órganos de la planta (kg/ha) de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	69
Tabla 21: Extracción de fósforo (kg/ha) en los diferentes niveles de fertilización de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	70
Tabla 22: Extracción de fósforo en los diferentes órganos de la planta (kg/ha) de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	72
Tabla 23: Extracción de potasio (kg/ha) en los diferentes niveles de fertilización de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	74
Tabla 24: Extracción de potasio en los diferentes órganos de la planta (kg/ha) de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	76
Tabla 25: Extracción de calcio (kg/ha) en los diferentes niveles de fertilización de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	77
Tabla 26: Extracción de calcio en los diferentes órganos de la planta (kg/ha) de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	79
Tabla 27: Extracción de magnesio (kg/ha) en los diferentes niveles de fertilización de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	81
Tabla 28: Extracción de magnesio en los diferentes órganos de la planta (kg/ha) de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	83
Tabla 29: Extracción de azufre (kg/ha) en los diferentes niveles de fertilización de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	84

Tabla 30: Extracción de azufre en los diferentes órganos de la planta (kg/ha) de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	86
Tabla 31: Extracción total de macronutrientes (kg/ha) de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	88
Tabla 32: Extracción de macronutrientes para los niveles de fertilización (kg/ha) de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estados fenológicos de pimiento paprika (<i>Capsicum annum L.</i>).....	8
Figura 2. Ubicación del campo experimental Santa Elena sur valle de Pativilca-Perú.....	36
Figura 3. Parámetros climáticos zona de Santa Elena sur valle de Pativilca 2016-2017.....	40
Figura 4. Rendimiento de fruto fresco de pimiento paprika (<i>Capsicum annum L.</i>) empleando cuatro niveles de fertilización (t/ha).....	48
Figura 5. Materia seca total (kg/ha) en pimiento paprika (<i>Capsicum annum L.</i>) empleando cuatro niveles de fertilización bajo condiciones del valle de Pativilca.....	50
Figura 6. Acumulación periódica de materia seca (kg/ha) en los diferentes órganos de pimiento paprika (<i>Capsicum annum L.</i>) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	52
Figura 7. Acumulación de materia seca en los diferentes órganos de la planta (kg/ha) de pimiento paprika (<i>Capsicum annum L.</i>) bajo condiciones del valle de Pativilca....	54
Figura 8. Concentración de nitrógeno (%) para los diferentes niveles de fertilización de pimiento paprika (<i>Capsicum annum L.</i>) bajo condiciones del valle de Pativilca....	56
Figura 9. Concentración de fósforo (%) para los diferentes niveles de fertilización de pimiento paprika (<i>Capsicum annum L.</i>) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	58
Figura 10. Concentración de potasio (%) para los diferentes niveles de fertilización de pimiento paprika (<i>Capsicum annum L.</i>) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	60
Figura 11. Concentración de calcio (%) para los diferentes niveles de fertilización de pimiento paprika (<i>Capsicum annum L.</i>) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	62
Figura 12. Concentración de magnesio (%) para los diferentes niveles de fertilización de pimiento paprika (<i>Capsicum annum L.</i>) bajo condiciones del valle de Pativilca...64	
Figura 13. Concentración de azufre (%) para los diferentes niveles de fertilización de pimiento paprika (<i>Capsicum annum L.</i>) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	66

Figura 14. Extracción de nitrógeno (kg/ha) en los diferentes niveles de fertilización de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	68
Figura 15. Extracción de nitrógeno en los diferentes órganos de la planta (kg/ha) de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	69
Figura 16. Extracción de fósforo (kg/ha) en los diferentes niveles de fertilización de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	71
Figura 17. Extracción de fósforo en los diferentes órganos de la planta (kg/ha) de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	72
Figura 18. Extracción de potasio (kg/ha) en los diferentes niveles de fertilización de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	74
Figura 19. Extracción de potasio en los diferentes órganos de la planta (kg/ha) de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	76
Figura 20. Extracción de calcio (kg/ha) en los diferentes niveles de fertilización de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	78
Figura 21. Extracción de calcio en los diferentes órganos de la planta (kg/ha) de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	80
Figura 22. Extracción de magnesio (kg/ha) en los diferentes niveles de fertilización de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	81
Figura 23. Extracción de magnesio en los diferentes órganos de la planta (kg/ha) de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	83
Figura 24. Extracción de azufre (kg/ha) en los diferentes niveles de fertilización de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	85
Figura 25. Extracción de azufre en los diferentes órganos de la planta (kg/ha) de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	87
Figura 26. Extracción total de macronutrientes (kg/ha) de pimiento paprika (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....	88

Figura 27. Extracción de macronutrientes para los niveles de fertilización (kg/ha) de pimiento paprika (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones del valle de Pativilca.....90

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Actividades realizadas durante el trabajo de investigación.....	102
ANEXO 2. Análisis de varianza para rendimiento de fruto fresco.....	104
ANEXO 3. Análisis de varianza para rendimiento total de fruto seco (t/ha).....	104
ANEXO 4. Análisis de varianza para materia seca total.....	105
ANEXO 5. Acumulación periódica de materia seca total.....	105
ANEXO 6. Análisis de varianza para concentración de nitrógeno.....	106
ANEXO 7. Acumulación periódica de la concentración de nitrógeno total.....	106
ANEXO 8. Análisis de varianza para concentración de fósforo.....	107
ANEXO 9. Acumulación periódica de la concentración de fósforo total.....	107
ANEXO 10. Análisis de varianza para concentración de potasio.....	108
ANEXO 11. Acumulación periódica de la concentración de potasio total.....	108
ANEXO 12. Análisis de varianza para concentración de calcio.....	109
ANEXO 13. Acumulación periódica de la concentración de calcio total.....	109
ANEXO 14. Análisis de varianza para concentración de magnesio.....	110
ANEXO 15. Acumulación periódica de la concentración de magnesio total.....	110
ANEXO 16. Análisis de varianza para concentración de azufre.....	111
ANEXO 17. Acumulación periódica de la concentración de azufre total.....	111
ANEXO 18. Análisis de varianza para extracción de nitrógeno.....	112
ANEXO 19. Acumulación periódica de la extracción de nitrógeno total.....	112
ANEXO 20. Análisis de varianza para extracción de fósforo.....	113
ANEXO 21. Acumulación periódica de la extracción de fósforo total.....	113

ANEXO 22. Análisis de varianza para extracción de potasio.....	114
ANEXO 23. Acumulación periódica de la extracción de potasio total.....	114
ANEXO 24. Análisis de varianza para extracción de calcio.....	115
ANEXO 25. Acumulación periódica de la extracción de calcio total.....	115
ANEXO 26. Análisis de varianza para extracción de magnesio.....	116
ANEXO 27. Acumulación periódica de la extracción de magnesio total.....	116
ANEXO 28. Análisis de varianza para extracción de azufre.....	117
ANEXO 29. Acumulación periódica de la extracción de azufre total.....	117
ANEXO 30. Distribucion de los tratamientos y bloques de la parcela experimental.....	118
ANEXO 31. Periodos de muestreo foliar del pimiento paprika.....	119
ANEXO 32. Cosecha de frutos en la parcela experimental.....	119
ANEXO 33. Proceso de obtención de la materia seca del pimiento paprika.....	120
ANEXO 34. Trabajo de laboratorio.....	121

RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en el sector de Santa Elena Sur, ubicado en el distrito y provincia de Barranca, valle de Pativilca, Lima-Perú. Se evaluó cuatro niveles de fertilización: 0-0-0; 200-100-200; 250-150-250 y 300-200-300 kg/ha de NPK. Durante el desarrollo del cultivo de pimiento paprika (*Capsicum annuum* L.) se programaron cuatro muestreos, a los 42, 77, 112, 147 días después del trasplante, recolectándose las muestras de hojas, tallos y frutos. Se empleó el diseño experimental de bloques completos al azar, con cuatro tratamientos y cuatro bloques. Evaluándose el rendimiento de fruto fresco, la acumulación periódica de la materia seca y extracción de nutrientes. La acumulación de materia seca total en los distintos periodos de evaluación se encontró respuestas de manera creciente a medida que la planta manifestaba cambios en su crecimiento y desarrollo de órganos, siendo el tallo el que alcanzó su máxima acumulación. La mayor extracción de nutrientes se dio con el tratamiento 4 (300–200–300 kg/ha de NPK), continuando en forma decreciente con los demás tratamientos. Todos los nutrientes considerados comienzan a extraer en cantidades significativas desde inicio del ciclo de planta siendo a partir de los 112 días después del trasplante del cultivo los elementos N, K y P, quienes muestran su máxima extracción, mientras que a los 147 días después del trasplante del cultivo, manifiesta su mayor extracción el Ca, S y Mg. Si bien el tratamiento 4 es quien muestra mayor rendimiento con respecto a los demás tratamientos. La secuencia de extracción de nutrientes observado en el estudio fue: K>N>Ca>S>Mg>P. La extracción de los elementos considerados en el estudio para producir una tonelada de fruto fresco según la máxima respuesta obtenida en el tratamiento 4 de los elementos N, P, K, Ca, Mg, S en kg/ha fueron en promedio de: 11.31, 1.26, 15.06, 8.71, 2.30, 2.72.

Palabras claves: *Capsicum*, pimiento paprika, macronutrientes, materia seca, extracción.

ABSTRACT

A trial was carried out at Santa Elena Sur, located in Barranca province, Pativilca Valley, Lima-Peru. Four levels of fertilization were evaluated: 0-0-0; 200-100-200; 250-150-250 and 300-200-300 kg/ha of NPK. During the development of the paprika pepper crop (*Capsicum annuum* L.) four samplings were scheduled, at 42, 77, 112, 147 days after transplant, collecting samples of leaves, stems and fruits. A randomized block experimental design was used, with four treatments and four blocks. Fresh fruit, yield dry matter content, and nutrient extraction were determined. Total dry matter accumulation at different evaluation periods increased along crop development. Stem had the highest dry matter content. The highest nutrients extraction was observed in treatment 4 (300-200-300 kg/ha of NPK). Decreasing results were observed in the other treatments. Maximum extraction was observed 112 days after transplanting for N, K and P. For Ca, S and Mg maximum extraction occurred 147 days after transplanting. Nutrient extraction from highest to low was: K>N>Ca>S>Mg>P. A ton of fresh fruits considering a supply of 300 – 200 – 300 kg/ha of NPK, extracted on average 11.31, 1.26, 15.06, 8.71, 2.30, 2.72 kg/ha of N, P, K, Ca, Mg, S.

Key words: *Capsicum*, paprika pepper, macronutrients, dry matter, extraction.

El contenido completo está bajo embargo provisional, hasta la recepción del ejemplar impreso. Esto debido a la restricción de atención presencial por el COVID-19