

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN – TACNA**

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

**Escuela Profesional de Agronomía**

**EFEECTO DE DIFERENTES NIVELES DE CALCIO EN EL  
RENDIMIENTO DEL PIMIENTO (*Capsicum annum* L.)  
EN CONDICIONES DE RIEGO POR GOTEO**

**TESIS**

**Presentada por:**

**Bach. ENDERSON HENRY CRUZ MAMANI**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TACNA – PERÚ**

**2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN – TACNA**

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**


**Escuela Académico Profesional de Agronomía**

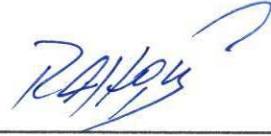
**T E S I S**

**“EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE CALCIO EN EL  
RENDIMIENTO DEL PIMIENTO (*Capsicum annuum* L.) EN  
CONDICIONES DE RIEGO POR GOTEO”**

**TESIS SUSTENTADA Y APROBADA EL 09 DE JULIO DEL 2010,  
SIENDO EL JURADO CALIFICADOR:**

**PRESIDENTE:**   
\_\_\_\_\_  
**Dra. NELLY ARÉVALO SOLSOL**

**SECRETARIO:**   
\_\_\_\_\_  
**MSc. ARÍSTIDES CHOQUEHUANCA TINTAYA**

**VOCAL:**   
\_\_\_\_\_  
**Ing. RODI DAVID ALFEREZ GARCÍA**

**ASESOR:**   
\_\_\_\_\_  
**Dr. OSCAR OCTAVIO FERNÁNDEZ CUTIRE**

## DEDICATORIA

*A ese bendito dicho que dice "el que persevera triunfa" y podemos retroceder pero nunca rendirnos jamás...!*

*Con un profundo cariño y eterno agradecimiento a mi Mamá y hermana mayor MARÍA ESTHER CRUZ ANCHAPURI, a quien le debo todo lo que soy.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Mi afecto y especial agradecimiento a mi asesor el Dr. Oscar Octavio Fernández Cutire por su apoyo permanente en la realización del presente trabajo de investigación.*

*A los docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias por los conocimientos transferidos, que son de vital importancia para enfrentarnos a los problemas del sector agropecuario.*

*A mi compañera Maribel Cecilia García Chino y a mi inspiración, mi pequeño hijo Salvador Gabriel Cruz García*

*Al Sr. Ismael Mollinedo Tarapa, Srta. Gladys Hualpa Ccopa, a la Sra. Juana Yana a mi hermana María Cruz; Por su apoyo fraterno en la ejecución de este trabajo de investigación.*

*A los amigos y compañeros de la vida universitaria, por todos los inolvidables momentos vividos en nuestro paso por la universidad*

## CONTENIDO

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
CONTENIDO .....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.1 Antecedentes del problema.....	4
1.2 Planteamiento del problema.....	6
1.3 Formulación del problema .....	9
1.4 Justificación.....	9
1.5 Limitaciones .....	11
CAPÍTULO II: OBJETIVOS E HIPÓTESIS .....	12
2.1 Objetivos .....	12
2.2 Hipótesis.....	12

2.3	Variables .....	12
2.4	Operacionalización de variables.....	13
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO .....		14
3.1	Antecedentes .....	14
3.2	Características del pimiento .....	17
3.2.1	Origen.....	17
3.2.2	Clasificación Taxonómica: .....	18
3.2.3	Características botánicas.....	19
3.2.4	Generalidades sobre la variedad .....	20
3.3	Elementos nutritivos de los vegetales .....	22
3.4	El calcio en el suelo.....	23
3.5	Dinámica del calcio en los suelos cultivados.....	27
3.5.1	Balace de calcio en los suelos cultivados .....	28
3.5.2	Las ganancias de Ca en los suelos cultivados se producen por:.....	30
3.6	Rol fisiológico del calcio en las plantas .....	32
3.7	Síntomas de deficiencia de calcio .....	34
3.8	Exceso de calcio.....	37
3.9	Aplicación de fertilizantes con calcio .....	38
3.10	Fuentes de calcio para la fertilización.....	39
3.11	Características del Nitrato de calcio .....	41

3.11.1 Nitrato de calcio .....	42
3.11.2 Propiedades químicas .....	42
3.11.3 Productos comerciales.....	42
3.11.4 Utilización como abono .....	43
3.11.5 Compatibilidad de mezcla.....	43
3.11.6 Características técnicas y agroquímicas.....	44
3.12 Requerimiento de fertilización del pimiento .....	45
3.13 La interacción de los nutrientes minerales y la importancia en la nutrición.....	46
3.14 Factor agua .....	49
3.15 Fertirrigación .....	50
3.16 Riego localizado .....	50
3.17 Riego por goteo.....	51
3.17.1 Características del riego por goteo .....	52
3.17.2 Ventajas del riego por goteo .....	52
3.17.3 Desventajas del riego por goteo .....	53
 CAPÍTULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS .....	 53
4.1 Tipo de investigación.....	53
4.2 Población y muestra .....	53
4.2.1 Población .....	53
4.2.2 Muestra.....	53

4.3	Ubicación del Campo Experimental.....	53
4.4	Historia del campo experimental .....	55
4.5	Condiciones climáticas .....	55
4.6	Características Edáficas.....	56
4.7	Condiciones de Riego .....	59
4.8	Material Experimental.....	59
4.9	Variables respuesta:.....	61
4.10	Diseño Experimental .....	64
4.11	Análisis Estadístico.....	64
4.12	Conducción del trabajo experimental .....	65
	4.12.1 Preparación del suelo y sustratos de crecimiento.....	65
	4.12.2 Almacigos, Siembra, trasplante y Desahije de plantas .....	65
	4.12.3 Requerimientos nutricionales del pimiento .....	66
	4.12.4 Requerimientos hídricos del pimiento .....	68
	4.12.5 Control de malezas .....	69
	4.12.6 Control fitosanitario .....	69
	4.12.7 Cosechas.....	71
CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		73
5.1	Resultados .....	73
	5.1.1 Diámetro polar .....	73
	5.1.2 Diámetro ecuatorial.....	74

5.1.3	Altura de planta.....	75
5.1.4	Número promedio de frutos por planta .....	75
5.1.5	Peso promedio de frutos.....	76
5.1.6	Rendimiento total .....	78
5.1.7	Rendimiento comercial .....	81
5.2	Discusión.....	84
CONCLUSIONES .....		87
RECOMENDACIONES.....		88
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		90
ANEXOS.....		96

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables .....	13
Tabla 2. Cantidades de cal (CaO) exportadas por algunas cosechas* ....	29
Tabla 3. Riqueza en CaO de los principales fertilizantes y enmiendas....	31
Tabla 4. Contenido promedio de calcio en materiales corrientes.....	40
Tabla 5. Condiciones meteorológicas CEA III “Los Pichones” cultivo de pimiento (2008 -2009) .....	56
Tabla 6. Análisis físico químico del suelo, CEA III “Los Pichones”- Tacna 2008 .....	58
Tabla 7. Programa de fertilización según etapa fenológica del cultivo de Pimiento, CEA III “Los Pichones”- Tacna 2008 – 2009 .....	67
Tabla 8. Programa de riego para el cultivo de pimiento. CEA III “Los Pichones” (Octubre 2008 – junio 2009).....	68
Tabla 9. Demanda de agua para el cultivo de pimiento. CEA III “Los Pichones” (Octubre 2008 – Junio 2009).....	72
Tabla 10. Análisis de varianza del diámetro polar en centímetros. Los Pichones – Tacna. Junio 2009 .....	73

Tabla 11. Análisis de varianza del diámetro ecuatorial de los frutos de pimiento en centímetros. Los Pichones – Tacna. Junio 2009 .	74
Tabla 12. Análisis de varianza de altura de planta en centímetros. Los Pichones – Tacna. Junio 2009 .....	75
Tabla 13. Análisis de varianza del número promedio de frutos por planta. Los Pichones – Tacna. Junio 2009 .....	76
Tabla 14. Análisis de varianza del peso promedio de frutos en gramos. Los Pichones – Tacna. Junio 2009 .....	77
Tabla 15. Análisis de regresión del peso promedio de frutos en (g). Los Pichones – Tacna. Junio 2009 .....	77
Tabla 16. Análisis de varianza del rendimiento total para frutos de pimiento ( $t\ ha^{-1}$ ). Los Pichones – Tacna. Junio 2009 .....	78
Tabla 17. Análisis de regresión del rendimiento total para frutos de pimiento ( $t\ ha^{-1}$ ). Los Pichones – Tacna. Junio 2009 .....	79
Tabla 18. Análisis de varianza del rendimiento comercial de frutos en pimiento ( $t\ ha^{-1}$ ). Los Pichones - Tacna. Junio 2009 .....	81
Tabla 19. Análisis de regresión del rendimiento comercial para frutos de pimiento ( $t\ ha^{-1}$ ). Los Pichones – Tacna. Junio 2009 .....	82

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de calcio en el suelo .....	26
Figura 2. Formas y evolución del calcio en los suelos cultivados .....	35
Figura 3. Croquis de distribución de los tratamientos en el campo experimental.....	63
Figura 4. Rendimiento total ( $t\ ha^{-1}$ ) de frutos en relación a los niveles de calcio. Los Pichones – Tacna. Junio 2009 .....	80
Figura 5. Rendimiento comercial ( $t\ ha^{-1}$ ) de pimientos en función a los niveles de calcio. Los Pichones – Tacna. Junio 2009 .....	83

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Cálculo de la cantidades de fertilizante en kilogramo por hectárea para el pimiento, CEA III "Los Pichones"- Tacna 2008 – 2009 .....	97
Anexo 2. Diámetro polar de frutos en pimiento (cm): CEA III "Los Pichones" .....	98
Anexo 3. Diámetro ecuatorial de frutos en pimiento (cm): CEA III "Los Pichones" .....	98
Anexo 4. Altura de la planta en pimiento (cm): CEA III "Los Pichones" ...	99
Anexo 5. Número promedio de frutos en pimiento por planta (unidad): CEA III "Los Pichones" .....	99
Anexo 6. Peso promedio de frutos en pimiento (g): CEA III "Los Pichones" .....	100
Anexo 7. Rendimiento total de frutos en pimiento ( $t\ ha^{-1}$ ). CEA III "Los Pichones" .....	100
Anexo 8. Rendimiento comercial de frutos en pimiento ( $t\ ha^{-1}$ ). CEA III "Los Pichones" .....	101
Anexo 9. Aplicaciones de fertilizantes $kg\ ha^{-1}$ . CEA III "Los Pichones" .	102

Anexo 10. Aplicaciones de nitrógeno y nitrato de calcio g/U.E. (18 m <sup>2</sup> ). CEA III "Los Pichones" .....	102
Anexo 11. Aplicación porcentual de fertilizantes por etapa fenológica del cultivo de pimiento. CEA III "Los Pichones" .....	103
Anexo 12. Fertilización de tratamientos según etapa fenológica del cultivo de pimiento. CEA III "Los Pichones" .....	104
Anexo 13. Cálculo para hallar la fórmula de abonamiento.....	105
Anexo 14. Cálculo de la demanda de agua para el cultivo de sandía, en el sistema de riego por goteo. ....	108
Anexo 15. Costo de producción por hectárea .....	111

## RESUMEN

La presente tesis titulada “efecto de diferentes niveles de calcio en el rendimiento del pimiento (*Capsicum annuum* L.) en condiciones de riego por goteo”, se desarrolló en el Centro Experimental Agrícola CEA - III de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna. El objetivo fue determinar el nivel óptimo de calcio con mayor rendimiento de frutos en pimiento, los tratamientos fueron: 0; 40; 80; 120 y 160 kg de Ca ha<sup>-1</sup> respectivamente. El diseño experimental fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se efectuó el análisis de varianza, la prueba estadística fue F a un nivel de significación de 0,05 y 0,01. Se realizó el análisis de regresión para determinar la función de respuesta, con lo que se encontró el nivel óptimo de calcio 141,44 kg ha<sup>-1</sup> estimando 17,65 t ha<sup>-1</sup> para el máximo rendimiento comercial de frutos en pimiento.

Palabras clave: Calcio, pimiento, rendimiento.

## **ABSTRACT**

This thesis entitled “effect of different levels of calcium in the performance of pepper (*Capsicum annuum* L.) in drip irrigation conditions”, was developed at the CEA - III Agricultural Experimental Center of the Jorge Basadre Grohmann National University of Tacna. The objective was to determine the optimum level of calcium with the highest yield of fruits in pepper, the treatments were: 0; 40; 80; 120 and 160 kg of Ca ha<sup>-1</sup> respectively. The experimental design was randomized complete blocks with four repetitions. The analysis of variance was performed, the statistical test was F at a significance level of 0.05 and 0.01. Regression analysis was performed to determine the response function, which resulted in the optimal calcium level 141.44 kg ha<sup>-1</sup> estimating 17.65 t ha<sup>-1</sup> for the maximum commercial yield of fruits in pepper.

Keywords: Calcium, pepper, yield.

## INTRODUCCIÓN

En nuestra alimentación, los cultivos hortícolas tienen un alto valor nutricional, debido a que son ricos en vitaminas y sales minerales, sobre todo en calcio, hierro y fósforo. Contienen también carbohidratos y proteínas de alta calidad necesarias para el desarrollo y conservación de la salud del cuerpo humano.

El pimiento es un cultivo que necesita una nutrición equilibrada y adecuada en su fase de crecimiento. El calcio y el magnesio en cantidades adecuadas son dos de los nutrientes esenciales para las plantas, así como el fósforo, el hierro, el nitrógeno, el potasio y el manganeso. Las deficiencias de estos nutrientes en el cultivo pueden tener consecuencias severas en su crecimiento y obtener malos resultados.

El pimiento es un cultivo que presenta el fruto como parte comestible exigente en el elemento calcio. Las funciones críticas del calcio en el pimiento son bien conocidas desde hace mucho tiempo, y se le relaciona directamente con el crecimiento de la raíz y la calidad de los frutos, aunque es un nutriente que está involucrado en un mayor número de procesos. En la producción de pimientos un aporte nutricional completo contempla la adición de este elemento esencial, ya que las deficiencias de este nutriente

en los vegetales provoca: mal desarrollo radical, desarrollo anormal de hojas y enrollamientos, deformación y falta de tamaño de frutos, pudrición apical, depresión amarga, rajado de frutos, mala vida de anaquel y frutos aguados. Tanto en la planta como nutriente estructural y en el suelo como mejorador, el calcio cumple funciones de gran importancia que son irremplazables.

La finalidad de la presente tesis titulada “efecto de diferentes niveles de calcio en el rendimiento del pimiento (*Capsicum annuum* L.) en condiciones de riego por goteo” es determinar el nivel óptimo de calcio con mayor rendimiento de frutos en pimiento.

El contenido de este trabajo de investigación se encuentra estructurado de la siguiente manera:

En el capítulo I presenta los antecedentes, el planteamiento y la formulación del problema, además incluye la justificación y las limitaciones.

El capítulo II muestra el objetivo, la hipótesis, las variables del trabajo de investigación y la operacionalización de variables.

En el capítulo III, se establece el marco teórico, comprende los antecedentes bibliográficos y la fundamentación teórica; que contiene

conceptos básicos, y enfoques teóricos técnicos referidos al trabajo de investigación.

En el capítulo IV se desarrolla la metodología aplicada en el trabajo de investigación, se considera el tipo de investigación, población y muestra. Además, hace referencia de los materiales, donde se describe la ubicación del campo experimental, características climáticas, características edáficas y las condiciones de riego, el material experimental y las variables respuesta. A si mismo hay información sobre de la conducción del trabajo experimental.

El capítulo V se reporta los resultados y las discusiones del trabajo de investigación.

Finalmente se presentan las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas, además está incluidos los anexos relacionados al presente trabajo de investigación.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Antecedentes del problema**

El pimiento es el quinto cultivo con mayor importancia a nivel mundial, con 1 100 000 ha. Según la Asociación de Exportadores del Perú ADEX, los principales productores de pimiento morrón son: en primer lugar China con 10 533 584 t seguido de México con 1 733 900 t destacando en Sudamérica Argentina con 121 000 t, se cultivan unas 9 000 ha, siendo el principal productor de América del Sur.

Según el compendio estadístico nacional del 2008 la producción de pimiento morrón fue 14,8 miles de toneladas, según el Ministerio de agricultura el rendimiento promedio del cultivo de pimiento es de 16 t ha<sup>-1</sup>.

En la región Tacna según la oficina de información agraria durante el periodo 2007 y 2008 se produjeron 573 t. Se registró aproximadamente 70 hectáreas que se cultivaron principalmente con la variedad California Wonder teniendo un rendimiento promedio de 14 t ha<sup>-1</sup>. Hay regiones con climas extremos, que dificultan el cultivo del pimiento, en varios meses del año, aun en invernadero. Un sistema de producción con ciclo de cultivo y

evitar esas condiciones adversas, con costos menores de producción; además, podría disminuirse el riesgo de enfermedades por lo corto del ciclo (Reséndiz et al., 2010). Eventualmente, en sistema como el descrito, en climas templados, pueden obtenerse varios ciclos de cultivo por año, con rendimientos similares a los del norte de Europa, pero con costos de producción menores (Cruz et al., 2009).

En la tesis titulada: estudio agrologico del centro experimental agrícola - CEA III “Los Pichones”, donde describe la clasificación taxonómica del sistema FAO conjuntamente con la mayoría de las propiedades físico – químicas del suelo, además indica que los suelos del CEA - III, presentan una reacción ligeramente acida a moderadamente alcalina; bajo a mediano en materia orgánica, altos en saturación de bases, alta capacidad de intercambio catiónico, medianos en fósforo, ricos en potasio y bajos en calcáreo total; es decir presentan deficiencia del elemento calcio, este problema se apreció fácilmente en cultivos anteriores de tomate, sandía, melón, páprika, pimiento entre otros; observándose pudriciones en la parte apical de los frutos, acarreado problemas fitosanitarios y de conservación del producto (Chipana, 1996).

El cultivar más empleado en la región, Margarita, es superado por calidad y rendimiento por algunos cultivares entre los cuales se destacan

Bilano, Unico y Almuden que presentan buenas condiciones para el cultivo bajo cubierta en el Alto Valle. Aunque el estado de color de los frutos pueda afectar el rendimiento en peso de la producción, esto no se ha detectado para los cultivares Troyano, Unico, Margarita, APH 37 y APH 26 (Iglesias et al., 2008).

## **1.2 Planteamiento del problema**

El cultivo comercial del pimiento está presente en la mayoría de las regiones y países de clima cálido o templado. Las diferentes condiciones ambientales, formas de explotación, tipos y variedades de este cultivo, ofrecen una diversidad de oportunidades a un buen número de plagas, enfermedades y fisiopatías que pueden ocasionar mermas importantes en calidad y rendimiento.

Una nutrición correcta para una planta de pimiento significa la entrega de todos los nutrientes esenciales en proporciones balanceadas y en las cantidades adecuadas, siguiendo la curva de crecimiento de la planta, de esta manera se consigue optimizar su rendimiento potencial. El comportamiento del cultivo, está íntimamente relacionado con la constitución general de la planta, por esto, el balance de los niveles de nutrientes en los diferentes tejidos en cada fase de desarrollo es un factor

determinante para alcanzar las características deseables de producción tanto en cantidad como en calidad.

En caso de desequilibrios entre los diferentes nutrientes, ocurrirá una reducción en el potencial productivo de la planta; estos desequilibrios se pueden deber tanto a problemas de deficiencias de nutrientes como a excesos de los mismos. Esto se manifiesta en una pérdida de turgencia en las partes distales de los frutos, que avanza en forma de círculos concéntricos y afecta enormemente el rendimiento.

Una fertilización adecuada juega un papel primordial en el desarrollo de un sistema productivo agrícola. Todas las plantas requieren de 16 elementos esenciales para su crecimiento y desarrollo. Estos se clasifican en macro y micro nutrientes. Dentro de los macronutrientes se encuentran: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S) (Navarro S, y Navarro G, 2003).

El calcio está involucrado en el mantenimiento de la integridad de las membranas celulares, por lo que una deficiencia puede provocar la pérdida de los contenidos de las células y la destrucción de la estructura del tejido. La translocación dentro de la planta es en la savia del xilema en dirección acrópeta con la corriente de transpiración. En hojas el flujo de calcio disminuye después de su madurez, aun cuando se mantenga una

transpiración constante. La deficiencia de calcio está asociado a la concentración de sales que posee estos suelos, ya que el calcio se precipita junto a otros elementos dejando de ser disponibles para las plantas.

El factor fundamental que agobia a la región es que está fuertemente limitada y supeditada a la disponibilidad de recurso hídrico, cuya escasez constituye el principal factor restrictivo que imposibilita la obtención de mayores niveles de producción y productividad. Actualmente existe una utilización deficiente y poco racional del recurso hídrico, como es el riego por gravedad, con grandes pérdidas de agua, por lo que urge la tecnificación del riego.

En la región Tacna no existen suficientes estudios, experiencias, evaluaciones de cultivares y conocimiento técnico sobre el manejo agronómico del cultivo del pimiento y esto implica realizar trabajos de investigación que permitan superar estas deficiencias. También se ha considerado la necesidad de adaptarla a suelos deficientes en calcio propiciando una fórmula de nutrición que permita incrementar el rendimiento y mejorar la calidad de los frutos de pimiento.

### **1.3 Formulación del problema**

Así, de lo anterior expuesto, la pregunta principal que guie este trabajo de investigación es: ¿Determinaremos el nivel óptimo de calcio con mayor rendimiento en frutos de pimiento en condiciones de riego por goteo?

### **1.4 Justificación**

El pimiento es una especie hortícola de promisorios resultados económicos. Su uso destaca principalmente en el consumo humano, ya que se utiliza en una amplia variedad de comidas como especia o condimento. Aparte del consumo se utiliza en fresco, cocido o como un condimento o "especia" en comidas típicas de diversos países. Existe una gran gama de productos industriales que se usan en la alimentación humana como son congelados, deshidratados, encurtidos, enlatados, pastas y salsas. Además, se emplean en la medicina para la composición de algunos medicamentos utilizados para combatir la atonía gastrointestinal y algunos casos de diarrea. Como especias se utiliza en la elaboración de gran número de comidas y para la decoración bocadillos.

Para lograr un cultivo de pimentón con rendimientos por encima del promedio de las 14,0 toneladas por hectárea, con la meta de alcanzar en lo posible producciones cercanas a las 43,5 toneladas por hectárea, con frutos de buen tamaño, calidad e inocuidad, es necesario poner en práctica

algunas de las orientaciones indicadas: la elección de la variedad o tipo de pimentón a establecer, la selección del terreno, y el desarrollo de las diferentes etapas y labores culturales del cultivo, como: la adquisición de la semilla certificada y el establecimiento del semillero, la preparación del terreno, la siembra o trasplante, las podas de formación y mantenimiento, el tutorado, el deshoje, el riego y la fertilización.

Los nutrientes que necesitan las plantas se toman del aire y del suelo. Si el suministro de nutrientes en el suelo es amplio, los cultivos probablemente crecerán mejor y producirán mayores rendimientos. Sin embargo, si aún uno solo de los nutrientes necesarios es escaso, el crecimiento de las plantas es limitado y los rendimientos de los cultivos son reducidos. En consecuencia, a fin de obtener altos rendimientos, los fertilizantes son necesarios para proveer a los cultivos con los nutrientes del suelo que están faltando. Con los fertilizantes, los rendimientos de los cultivos pueden a menudo duplicarse o más aún triplicarse. Los fertilizantes proveen nutrientes que los cultivos necesitan. Con los fertilizantes se pueden producir más alimentos, y de mejor calidad. Con los fertilizantes se puede mejorar la baja fertilidad de los suelos que han sido sobreexplotados.

Los mercados internacionales están complicando al agricultor y está obligado a adoptar nuevas estrategias para incrementar los rendimientos

en la misma superficie de cultivo, disminuir costes y producir hortalizas de gran calidad que sean valoradas en los mercados. Este trabajo de investigación permitirá a los técnicos y productores adoptar conocimientos convenientes que les permita conseguir mejores resultados, con aceptables beneficios económicos.

### **1.5 Limitaciones**

Este trabajo de investigación utilizó solo una variedad de pimiento y el fertilizante nitrato de calcio.

El tiempo de investigación fue en una sola temporada.

## **CAPÍTULO II**

### **OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

#### **2.1 Objetivos**

El objetivo del presente trabajo de investigación fue: determinar el nivel óptimo de calcio con mayor rendimiento en frutos de pimiento.

#### **2.2 Hipótesis**

Hay un nivel óptimo de calcio con mayor rendimiento en frutos de pimiento.

#### **2.3 Variables**

**Las variables son las siguientes:**

**Variable Independiente (X):**

Niveles de calcio

**Variable dependiente (Y):**

Rendimiento

## 2.4 Operacionalización de variables

Tabla 1  
*Operacionalización de variables*

Variable	Dimensión	Indicador
	0	kg ha <sup>-1</sup>
Variable independiente: Niveles de calcio	40	kg ha <sup>-1</sup>
	80	kg ha <sup>-1</sup>
	120	kg ha <sup>-1</sup>
	160	kg ha <sup>-1</sup>
Variable dependiente: Rendimiento	Diámetro polar	cm
	Diámetro ecuatorial	cm
	Altura de planta	cm
	Número de frutos por planta	unidad
	Peso promedio de fruto	gramos
	Rendimiento total	t ha <sup>-1</sup>
	Rendimiento comercial	t ha <sup>-1</sup>

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Antecedentes**

El trabajo de investigación "Rendimiento y calidad del fruto de ocho cultivares de pimiento (*Capsicum annuum* L.) en el CEA III Los Pichones" se realizó con el objetivo de determinar el cultivar de mayor rendimiento y calidad del fruto. Se empleó ocho cultivares de pimiento: T1: California Wonder (testigo); T2: P08PE021; T3 (HA-P14); T4 (HA-P24); T5 (P08PE016); Te: (P08PE020); T1 (P08PE023) y Ta (P08PE032), cuya procedencia son de la empresa semillera Hazera Genetics. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar (D.B.C.A.) con ocho tratamientos y cuatro repeticiones. El área experimental fue de 26 m x 22 m con un total de 572 m<sup>2</sup>; la plantación se realizó a un distanciamiento de 0,5 m entre plantas y 1,5 m entre líneas. Para la variable de respuesta rendimiento (t ha<sup>-1</sup>), los tratamientos T4: (HA-P24); T2: (P08PE021) y el T8: (P08PE032) alcanzaron los mayores promedios con 19,54; 18,60 y 17,13 t ha<sup>-1</sup> respectivamente. Los resultados de diámetro ecuatorial revelan que los tratamientos: T3: (HA-P14) y T4: (HA-P24) obtuvieron el mayor diámetro ecuatorial con 7,91 y 7,79 cm, con respecto al peso unitario de fruto, los

tratamientos T3: (HA-P14) y Tz (P08PE021) obtuvieron los mayores promedios con 187,69 y 169,81 g. En la evaluación del diámetro polar, los tratamientos: T5: (P08PE016) y T8: (P08PE032) con 9,98 y 9,75 cm respectivamente, seguido de los tratamientos T6: (P08PE020) y T1: (P08PE023) con 9,70 y 9,57 cm respectivamente, en lo que respecta al grosor de paredes los tratamientos: T2: (P08PE021), T3: (HA-P14) y T4: (HA-P24) obtuvieron los mayores promedios con 5,89; 5,82 y 5,58 mm respectivamente. Los tratamientos T8 (P08PE032) y T1: California Wonder obtuvieron el mayor número de frutos con 4,67 y 3,60 frutos respectivamente (Churata, 2008).

El trabajo de investigación se realizó en la Estación Experimental Hortícola “San Agustín” de la Universidad de Oriente, Caripe, estado, Monagas, con el objetivo de evaluar el comportamiento agronómico de siete cultivares de pimentón. El diseño estadístico utilizado fue bloques completos al azar con siete tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento. Los cultivares presentaron diferencia en el inicio de la floración de al menos tres y ocho días. Los cultivares que tardaron más días a floración fueron “Enterprise” (35,0 días) y “Master 714” (34,8 días). Los mejores cultivares para el rendimiento de frutos por hectárea fueron “Esmeralo” (12,5 t ha<sup>-1</sup>) y “Prima Donna” (12,352 t ha<sup>-1</sup>). El cultivar “Master 714” produjo los frutos más largos (11,47 cm). El cultivar “Esmeralo”

produjo los frutos más anchos (7,14 cm). Los frutos más pesados lo produjeron “Esmeralo” (136,32 g), “Camelot” (128,10 g) y “Prima Donna” (120,40 g) sin diferencias estadísticas entre ellos. El mayor número de frutos por planta lo obtuvo el cultivar “Master 714” (8,0). Los mejores cultivares para el peso de frutos por planta fueron “Esmeralo” (500g) y “Prima donna” (494g). El mayor número de frutos por kilogramo lo obtuvieron los cultivares y “Enterprise” (23,1) y “Master 714” (22,9). “Master 714” obtuvo el menor número lóculo\*fruto-1 (2,92). No hubo diferencias estadísticas en el número de días a la primera cosecha entre los cultivares evaluados. El promedio general fue de 75,4 días. Los frutos de “Prima donna”, “Esmeralo” y “Karma I” son de forma redonda, mientras que “Camelot”, “Enterprise” y “Cacique” tienen frutos cuadrados y “Master 714” frutos de forma alargada (Montaño y Belizario, 2001).

El trabajo de investigación realizado con el objetivo de conocer la eficacia de formulaciones de  $(\text{CaNO}_3)_2$  líq  $(\text{CaNO}_3)_2$  sol-1,  $(\text{CaNO}_3)_2$  sol-2 y  $(\text{CaNO}_3)_2$  sol-3, así como la dosis más adecuada de cada formulación, para inducir mayor rendimiento de frutos en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.), se realizó la investigación en un invernadero tipo capilla, al trasplantar una planta por maceta de plástico con capacidad de 12 L, en las cuales se aplicaron dosis de 21, 20, 19, 18, 17, 16 y 15 L ha<sup>-1</sup> de solución con cada formulación. El diseño experimental fue bloques completos al azar con tres

repeticiones por tratamiento. Las formulaciones más adecuadas fueron la de  $(\text{CaNO}_3)_2$  líq y  $(\text{CaNO}_3)_2$  sol-1, ya que la primera ocasionó que el peso seco de frutos se incrementara 24,5; 31,9 y 44,4% en relación al que se obtuvo con las formulaciones de  $(\text{CaNO}_3)_2$  sol-1,  $(\text{CaNO}_3)_2$  sol-2 y  $(\text{CaNO}_3)_2$  sol-3, respectivamente. Mientras que con el  $(\text{CaNO}_3)_2$  sol-1 los incrementos fueron de 5,9% en comparación al que se logró con  $(\text{CaNO}_3)_2$  sol-2 y 15,9% con respecto al obtenido con  $(\text{CaNO}_3)_2$  sol-3. De tal manera que el rendimiento de las plantas con  $(\text{CaNO}_3)_2$  líq superó en los respectivos 11,2; 26,8 y 60,8% a los promedios que se obtuvieron con  $(\text{CaNO}_3)_2$  sol-1,  $(\text{CaNO}_3)_2$  sol-2 y  $(\text{CaNO}_3)_2$  sol-3, respectivamente. Con base al peso seco de frutos, las dosis más adecuadas fueron 17; 15; 18 y 19  $\text{Lha}^{-1}$ , en el mismo orden de las formulaciones de calcio mencionadas, pero con 15 y 17  $\text{L ha}^{-1}$  se tuvo más influencia en la sustentabilidad agrícola (Álvarez et al., 2015).

## **3.2 Características del pimiento**

### **3.2.1 Origen**

Todas las especies de chile son originarias de América y en la colonia los chiles fueron llevados a España, desde donde se dispersaron por toda Europa y de allí al resto del mundo. Es más, algunas variedades de chile que llegaron a Estados Unidos fueron introducidas por los

inmigrantes europeos, en vez de haber llegado directamente desde México o Sudamérica (López, 2003).

El origen del pimiento es América del sur, concretamente en el área de Perú – Bolivia, desde donde se expandió al resto de América central y meridional (Maroto, 1983). El pimiento es originario de las regiones meridionales de Norteamérica (México), Perú y de otros países americanos (Fersini, 1979).

### 3.2.2 Clasificación Taxonómica:

Todas las formas de pimiento, chile o ají pertenecen al género *Capsicum*. El nombre científico del género deriva del griego: *kapso* (picar) y de *kapsakes* (cápsula). Este género se incluye en la extensa familia de las Solanáceas (Núñez, Gil, y Costa, 1996).

Reino	:	<i>Vegetal</i>
Línea XIV	:	<i>Angiospermae</i>
Clase A	:	<i>Dicotyledones</i>
Rama 2	:	<i>Malvales –Tubiflorae</i>
Orden XXI	:	<i>Solanales</i>
Orden	:	<i>Tubiflorales</i>
Familia	:	<i>Solanaceae</i>
Género	:	<i>Capsicum</i>
Especie	:	<i>Capsicum annuum L.</i>
Nombre común	:	<i>Pimiento</i>

### **3.2.3 Características botánicas**

Es una planta anual herbácea, de sistema radicular pivotante y profundo, que puede llegar hasta 70 – 120 cm. Provisto y reforzado de un número elevado de raíces adventicias (Maroto, 1983).

El pimiento es una planta herbácea, anual con tallo que se vuelve leñoso, con ramas erguidas; hojas alternas, lanceoladas, pecioladas; flores solitarias, blancas y nacen en la axila de la hoja. Los frutos son bayas cartilaginosas no jugosas, de color y forma variada, con dos o tres celdas internas no completamente separadas, pues los tabiques y las placentas no llegan hasta el vértice del fruto. Contiene numerosas semillas deformes aplanadas (Delgado de la Flor, 1983).

El fruto es una baya hueca, semicartilaginosa y deprimida, de color variable (verde, rojo, amarillo, naranja, violeta o blanco); algunas variedades van pasando del verde al anaranjado y al rojo a medida que van madurando. Su tamaño es variable, pudiendo pesar desde escasos gramos hasta más de 500 gramos. Las semillas se encuentran insertas en una placenta cónica de disposición central. Son redondeadas, ligeramente reniformes, de color amarillo pálido y longitud variable entre 3 y 5 centímetros (Guevara, 2005).

### **3.2.4 Generalidades sobre la variedad**

La clasificación hortícola que divide los pimientos en tipos o grupos de acuerdo a las características de sus frutas, principalmente para los de la especie *C. annuum*, por ser los más importantes en los mercados estadounidenses. De éstos, los de mayor importancia en Puerto Rico son los del tipo “cubanelle” y los del tipo “campana”. A los del tipo “cubanelle” se les conoce localmente como pimiento de cocinar y a los del tipo “campana” como pimiento para rellenar o pimiento morrón. El nombre común de pimiento morrón también se utiliza en algunos lugares para los pimientos del tipo “pimiento” (mayormente de forma acorazonada, de sabor dulce, utilizado para procesar), refiriéndose a éste como pimiento morrón de conserva (Estación Experimental Agrícola, 2005).

El pimiento de tipo California tiene forma cuadrada o blocosa, con frutos de 7 a 10 centímetros de longitud y 6 a 9 centímetros de ancho. Son de pulpa gruesa y se diferencian del tipo lamuyo por tener cuatro hombros bien marcados (Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano - UJTL y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - MADR, 2012). Los frutos tienen paredes rectangulares o cuadradas, ligeramente redondeadas o en forma de barril. Son de peso mayor a 100 gramos y con alto número de semillas. Este tipo es el que predomina en el mercado internacional por su

presentación y firmeza; el pimentón California Wonder es el más comercializado en Colombia, y se encuentra de color verde, rojo o amarillo (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Corpoica y Gobernación de Antioquia, 2014).

En Arica – Chile, en el año 1985 – 1986 se realizó un ensayo de cultivares de pimiento bajo riego por goteo, entre los cuales se encuentran los de poblaciones estándar (California Wonder 300, Keystone Resistans Giant, Estándar Select VR – 2 y los de población híbrido (Dalton, Gator Belle y Bell Boy) (Idea, 1986).

De los resultados se pueden concluir los siguientes aspectos:

- todas las variedades ensayadas responden a las condiciones de manejo cultural sometidas, destacando los cultivares Dalton y Gator Belle con rendimientos superiores a 54 toneladas de producto comercial por hectárea.
- El cultivar California Wonder, actualmente cultivado en el valle de Azapa en forma masiva, con un promedio de rendimiento de 7.5 t/ha, demuestra una sub-utilización de su potencialidad, ya que al incorporar un cierto grado de tecnología se puede llegar a rendimientos por sobre las 40 t ha<sup>-1</sup>.

- La alta producción de esta especie en el valle de Azapa está demostrada por sucesivas floraciones, las que ocurren durante el transcurso de la cosecha.
- La producción de pimiento en el valle de Azapa no presenta restricciones, por lo que constituye en una especie hortícola de promisorios resultados económicos (Idea, 1986).

### **3.3 Elementos nutritivos de los vegetales**

El número de elementos químicos que han sido detectados en los tejidos de los vegetales es muy grande, llegando a ser más de 60, sin embargo, de ellos solamente 16 se consideran esenciales para la vida de las plantas, estos son:

- Carbono (C), hidrogeno (H) y oxígeno (O): la planta los obtiene del aire y del agua.
- Nitrógeno (N), fósforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg), y azufre (S); conocidos como elementos mayores o macronutrientes, debido a las grandes cantidades que de ellos requieren lo vegetales.
- Hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), boro (Bo), zinc (Zn), molibdeno (Mo) y cloro (Cl); denominados elementos menores o micro elementos, ya que son muy reducidas las cantidades de ellos necesitadas por las plantas. Sin embargo, a pesar de estos bajos

requerimientos, son igualmente indispensables y esenciales para la vida vegetal, determinando su baja disponibilidad síntomas de enfermedades fisiológicas (Calderon, 1990).

### **3.4 El calcio en el suelo**

En general el calcio es el catión de intercambio más importante que existe en los suelos fértiles, sin embargo, la mayor proporción de calcio del suelo se encuentra en forma no intercambiable, unida químicamente a minerales primarios del tipo de la anortita ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ). Por efecto de la meteorización, este calcio puede pasar a forma utilizable. Gran parte del calcio intercambiable existente en el suelo se encuentra absorbido sobre la superficie de las micelas de arcilla. Las cargas negativas de las micelas atraen cationes tales como el  $\text{H}^+$  y  $\text{Ca}^{++}$  con bastante fuerza, de modo que estos cationes queden absorbidos sobre la superficie de la micela (Delvin, 1982).

Los nutrientes disponibles para la nutrición vegetal se encuentran en el suelo en varias formas. De acuerdo a su disponibilidad se pueden agrupar en la forma siguiente: disuelto en la solución del suelo (principalmente como  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ , etc.): compuesto orgánico. La planta puede absorber fácilmente los nutrientes de la solución del suelo, así como

los absorbidos en los coloides. Los demás son inaccesibles, deben disolverse o descomponerse para liberar los nutrientes (Vejarano, 1990).

El calcio en el suelo se presenta formando parte de numerosos minerales (caliza, dolomita, yeso) y en forma de ion calcio. Bajo esta forma está en la solución del suelo y absorbidas por el complejo; inversamente cuando la solución del suelo pueden perderse arrastrados por el agua de percolación, lo que provoca la acidificación del suelo (Fuentes, 2002).

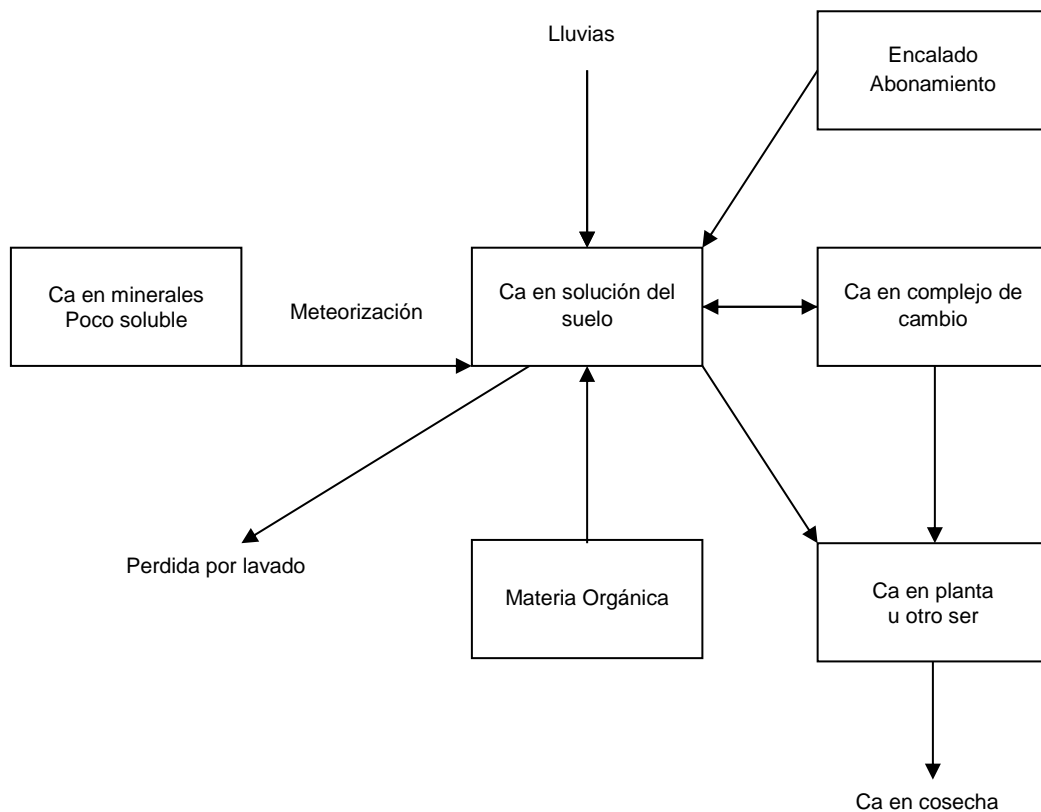
Como regla general, los suelos de textura gruesa, en regiones húmedas, formado por rocas pobres en minerales cálcicos, son bajos en su contenido de este elemento. Los suelos que son de textura fina y formados por rocas ricas en minerales cálcicos son mucho más ricos en su contenido tanto de calcio total como de calcio cambiante. Sin embargo, en regiones húmedas, incluso los suelos formados por piedras calizas son frecuentemente ácidos en las capas superficiales a causa de la eliminación del ion calcio por una filtración excesiva (Tislade y Nelson, 1988). La cantidad total de Ca en el suelo fluctúan entre 0,1 hasta alrededor del 25%, los suelos áridos y calcáreos contienen los niveles más altos de calcio. Los suelos viejos de los trópicos contienen muy poco calcio y tiene un valor del pH muy bajo. Los suelos arcillosos contiene más Ca que los suelos arenosos (Instituto de la Potasa y el Fosforo, 1997).

En los suelos que contiene exceso de carbonato cálcico la cantidad de calcio en la solución del suelo es dependiente en una cierta extensión de la cantidad de calcio cambiante presente, el grado de saturación del complejo de intercambio, el tipo de coloide del suelo y la naturaleza de los iones complementarios absorbidos por el barro. La cantidad absoluta de calcio cambiante presente en frecuencia no es tan importante para la nutrición de las plantas. Como la cantidad presente en relación a las cantidades y tipos de otros cationes retenidos por el barro, o el grado de saturación del calcio (Tislade y Nelson, 1988).

En la Figura 1, se observa el ciclo del Ca en la naturaleza. Este es similar al del K, pero no presenta el fenómeno de fijación. Los procesos de meteorización reducen rápidamente el contenido de Ca que es relativamente alto en las rocas ígneas, las que son fuente inicial del elemento, Una parte apreciable del Ca permanece en el complejo catiónico, en equilibrio con la solución suelo. Este equilibrio explica las rápidas pérdidas antes indicadas.

Mucha de estas pérdidas ocurre por el arrastre superficial, ya que el movimiento de Ca que penetra hasta 80 cm. después de cuatro años y como resultado de un fuerte encalado; esto es diferente a lo observado en los suelos fuertemente meteorizados. También se sabe que la pérdida de

calcio aumenta con el nivel de encalado en condiciones húmedas. La observación de calcio, varía desde 20 a más de 180 kg ha<sup>-1</sup>, encontrándose valores particularmente altos en el caso de las leguminosas, como la alfalfa. La mineralización rápida de una parte apreciable de la materia orgánica devuelve una fracción importante del Ca de la misma. La solución del suelo contiene al Ca como catión principal en la mayoría de los suelos (Fassbender, 1994).



*Figura 1.* Ciclo de calcio en el suelo

Fuente: (Fassbender, 1994).

El calcio tiene en el suelo una función doble. Es un nutriente fundamental, pero las cantidades que absorben la mayoría de los cultivos no son muy grandes. El calcio es también la base dominante y hace que se mantenga en los suelos una reacción neutra. En suelos saturados de calcio los iones  $\text{Ca}^{++}$  neutralizan la mayor parte de las cargas negativas. Si los iones de calcio que se pierden por infiltración no se reemplazan, los iones de hidrogeno con carga positiva (que producen la acides del suelo) toman su lugar y el terreno se vuelve acido (Delgado de la Flor, 1983).

### **3.5 Dinámica del calcio en los suelos cultivados**

El calcio en el suelo se encuentra combinado en compuestos minerales (silicatos, aluminosilicatos, fosfatos sulfatos y otros) y orgánicos (materia orgánica, humatos y fosfohumatos de cal). Existe, además, calcio iónico ( $\text{Ca}^{2+}$ ) fijado sobre el complejo absorbente o libre en la solución del suelo. En el complejo de cambio suele ser el catión más abundante y está retenido con alta energía de fijación. En ocasiones, el  $\text{Ca}^{2+}$  fijado llega a representar hasta el 80% de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo (Wills et al., 1998). La determinación del calcio total contenido en el suelo no sirve como medida de su actividad ni de su capacidad para alimentar los cultivos, debido a la gran variedad de formas combinadas que existen y al grado tan diferente de alterabilidad que estas formas presentan.

El calcio activo está representado por el calcio libre en la solución del suelo y el fijado sobre el complejo de cambio. La concentración mínima de la solución del suelo para garantizar la nutrición de las plantas cultivadas es del orden de  $10^{-3}$  de molaridad (M) (2 meq Ca/L). Sin embargo, en los suelos de fertilidad media la concentración se sitúa alrededor de  $5 \times 10^{-3}$  M (10 meq Ca/L) y en los suelos con alto contenido en calcio activo puede superar, incluso,  $10^{-2}$  M (Wild, 1988).

### **3.5.1 Balance de calcio en los suelos cultivados**

La pérdida de calcio se produce en los cultivos como consecuencia de:

- **Exportación por los cultivos y la vegetación adventicia.**

Aunque la planta absorbe el calcio en forma iónica ( $\text{Ca}^{2+}$ ), las cantidades absorbidas, Así como la riqueza de los abonos y enmiendas, suelen expresarse en cal (CaO). Para relacionar los valores numéricos según se expresa en CaO o en Ca, se utiliza el coeficiente  $\text{CaO}/\text{Ca} = 1,4$ . Las cosechas extraen y exportan del suelo cantidades muy variables que dependen de la propia composición de los órganos vegetales y de los rendimientos. El contenido CaO en las cenizas de las principales plantas cultivadas varía entre cifras tan amplias como el 0,5 y 5% materia seca (m.

s.) las cifras más bajas (entre 0,5 y 1%, aproximadamente) corresponde a los cereales y a las gramíneas forrajeras y la más elevadas, a las leguminosas de grano y forrajeras (entre el 2 y 4%), remolacha azucarera (del 1 al 4,2%), papa (del 2,7 al 4,7 %).

Las cifras de la tabla 2, indican que los cultivos tradicionales de los secanos mediterráneos presentan una exportación del orden de 30 a 50 kg CaO ha<sup>-1</sup>. Las exportaciones de los cultivos de regadío pueden llegar con facilidad los 200 kg CaO ha<sup>-1</sup> y aun superar, en ocasiones, los 300 kg CaO ha<sup>-1</sup>.

Tabla 2

*Cantidades de cal (CaO) exportadas por algunas cosechas\**

<b>Cultivos</b>	<b>Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Materia Seca (%)</b>	<b>Contenido En CaO (%)</b>	<b>Exportación kg. CaO ha<sup>-1</sup></b>
Trigo	2,500	88	1,2	26,4
Habas	30,000	86	4,0	51,6
Maíz	12,000	87	1,2	125,3
Alfalfa	60,000	15	2,0	180,0
Remolacha	60,000	30	2,0	360,0
Papa	30,000	30	4,0	360,0

*\*se considera que se entierran los residuos del cultivo que no constituyen la cosecha principal.*

Fuente: (Urbano, 1992).

- **Lixiviación por las aguas de lluvia y de riego**

Cantidades muy variables según las clases de suelos (mayores en los de textura gruesa), contenido de cal, régimen pluviométrico y sistema de cultivo (secano o regadío). En la zona mediterránea, estas cifras pueden variar entre 50 a 200 kg CaO ha<sup>-1</sup> año.

- **Desplazamiento por algunos fertilizantes**

Los fertilizantes amoniacales y potásicos pueden desplazar Ca<sup>2+</sup> del complejo y favorecer su lixiviación en forma de CaCl<sub>2</sub> y Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Estas pérdidas suelen ser bastantes menores que las consideradas en los apartados anteriores (Urbano, 1992).

### **3.5.2 Las ganancias de Ca en los suelos cultivados se producen**

**por:**

Las enmiendas y fertilizantes orgánicos: Una estercoladura de 20 t ha<sup>-1</sup> aporta 100 kg CaO ha<sup>-1</sup>, si se considera una riqueza del 0,5 %. De la misma manera el aporte de 100 m<sup>3</sup> de estiércol licuado ha<sup>-1</sup> representa unos 300 kg CaO ha<sup>-1</sup>.

Los fertilizantes y enmiendas minerales: En la Tabla 3, se recoge la riqueza en CaO de los principales fertilizantes y enmiendas minerales, Aunque las dosis de los fertilizantes minerales a aplicar a los cultivos se

calculan en función de los elementos NPK, las cantidades de CaO que acompañan a estos fertilizantes pueden ser importantes en muchos casos. Por ejemplo, una fórmula fertilizante para un cultivo de regadío que se llevara 500 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simple y 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrato de calcio, aporta del orden de 180 kg CaO ha<sup>-1</sup> (Urbano, 1992).

Tabla 3

*Riqueza en CaO de los principales fertilizantes y enmiendas*

<b>Fertilizantes</b>	<b>Riqueza (% CaO)</b>
Estiércol	0,5
Nitrato Cal: Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	20
Cianamida cálcica: CaCN <sub>2</sub>	40
Superfosfato Triple	15
Superfosfato Simple	20
Escorias Thomas	35
Fosfatos naturales: Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	33
Yeso: CaSO <sub>4</sub> - 2H <sub>2</sub> O	20

Fuente: (Urbano, 1992)

### **3.6 Rol fisiológico del calcio en las plantas**

El calcio cumple un rol vital nutricional y fisiológico en el metabolismo de la planta. Es esencial en los procesos que preservan la estructura y la integridad funcional de las membranas de las plantas, estabiliza la estructura de la pared celular, regula el transporte de iones y controla el intercambio iónico así también la actividad de las enzimas de la pared celular. Debido a que el calcio es fácilmente desplazado de sus sitios de enlace extracelular por otros cationes, estas funciones pueden ser seriamente afectadas por la disponibilidad reducida de  $\text{Ca}^{++}$ . El crecimiento radicular y sus funciones pueden ser restringidas por una alta relación  $\text{Na}^{++}/\text{Ca}^{++}$  (Ramírez, 1993).

El calcio se usa en la síntesis de nuevas paredes celulares, particularmente en la lámina media que separa las nuevas células divididas; se requiere para un normal funcionamiento de las membranas vegetales y ha sido implicado como segundo mensajero en diferentes respuestas de las plantas tanto en señales ambientales como hormonales (Taiz y Zeiger, 2006). En frutos, el Ca es importante porque regula la maduración, activa ciertas enzimas y afecta las tasas de respiración y producción de etileno (Ferguson y Droback, 1986).

El incremento del nivel de Ca es una medida para mejorar la resistencia natural a enfermedades y mantiene la calidad del fruto (Fallahi, et al., 1997). Posiblemente el calcio interviene en la organización del huso acromático del aparato mitótico, siendo necesario para que se realice una mitosis normal. También afecta la estructura de los cromosomas. En consecuencia influye en el desarrollo del tejido meristemático y alargamiento celular (Vejarano, 1990).

Entre las especies vegetales existen notables diferencias en cuanto a sus requerimientos de calcio, lo que ha motivado el establecimiento de dos grupos totalmente diferenciados. Algunas especies precisan un medio edáfico en el que abunde este elemento y constituyen el grupo de plantas calcícolas, entre las que se encuentran la remolacha azucarera, la zanahoria, algunas leguminosas, etc.; otras se desarrollan mejor cuando son escasas las formas más o menos solubles de calcio y está poco saturado el complejo absorbente, constituyendo el grupo de las especies acidófilas (altramuz, sandía, etc.). La mayor parte de las plantas cultivadas se sitúan entre ambos extremos, es decir, viven mejor y les basta con que el complejo de cambio esté suficientemente saturado con una adecuada proporción de calcio (Sánchez y Dios, 1976). El calcio y el magnesio son elementos menos móviles, como resultado el calcio se acumula en las hojas durante la temporada de crecimiento, ya que sube por el xilema

después de su absorción posiblemente por intercambio iónico pero no baja o lo hace muy difícilmente por el floema (Vejarano, 1990).

Una vez en la planta, el Ca funciona por varias formas incluyendo las siguientes: estimula el desarrollo de las raíces y de las hojas; forma compuesto que son parte de las paredes celulares, este fortalece la estructura de la planta; ayuda a reducir el nitrato ( $\text{NO}_3$ ) en la planta; ayuda a activar varios sistemas de enzimas; ayuda a neutralizar los ácidos orgánicos en la planta; influye indirectamente en el rendimiento al reducir la acides del suelo (carbonato de calcio), esto reduce la solubilidad y toxicidad del manganeso, cobre y aluminio. Influye indirectamente en el rendimiento al mejorar las condiciones de crecimiento de las raíces y estimula la actividad microbiana, la disponibilidad del molibdeno y la absorción de otros nutrientes; es requerido a grandes cantidades por las bacterias fijadoras de nitrógeno (Instituto de la Potasa y el Fósforo, 1997).

### **3.7 Síntomas de deficiencia de calcio**

Las deficiencias en elementos móviles suelen aparecer primero en las hojas más viejas de la planta, mientras que las deficiencias en elementos no móviles tales como el calcio suelen aparecer primero en las hojas jóvenes (Vejarano, 1990).

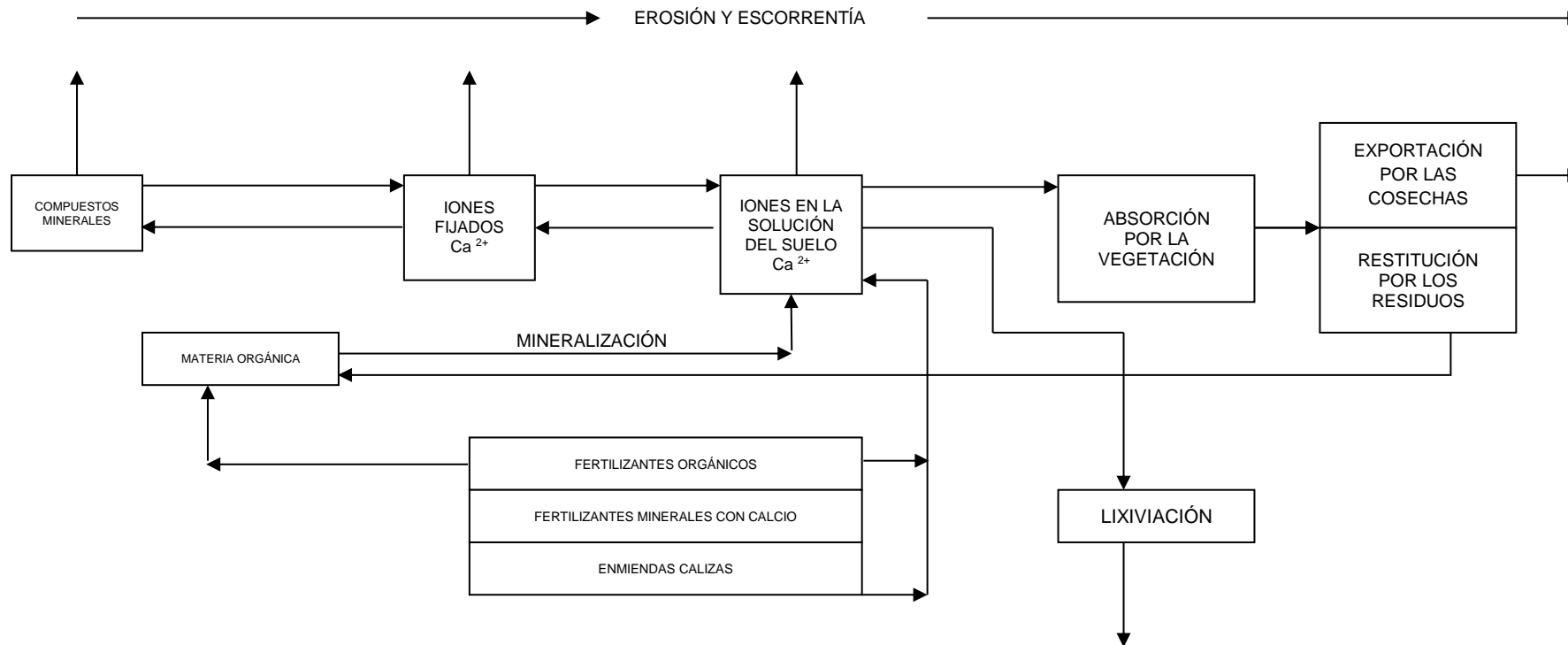


Figura 2. Formas y evolución del calcio en los suelos cultivados

Fuente: (Urbano, 1992)

La capacidad limitada de las plantas para regular la distribución del  $\text{Ca}^{++}$  internamente en relación a la demanda de los órganos de baja capacidad transpiratoria (hojas, frutos, tubérculos) ha conllevado a tales desordenes fisiológicos típicos del  $\text{Ca}^{++}$  como necrosis apical en tomate y pimiento, corazón negro en el apio y tostado en la lechuga y alcachofa (Ramírez, 1993).

El calcio es un mineral cuya deficiencia es fácilmente reconocida y está asociada con más alteraciones fisiológicas en cultivos de hortalizas ocasionados en los frutos de podredumbre del extremo apical afectado directamente al fruto o a la porción consumida como hortaliza (Urbano, 2002).

La necrosis apical es una anomalía que se presenta porque en la extremidad de los frutos aparecen zonas circulares de color blanquecino que más tarde se deprimen, necrosándose y adquiriendo una coloración negruzca. Sobre esta zona puede proliferar el ataque de diferentes hongos de tipo saprofitos. Esta anomalía, se cree, está desencadenada por causas diversas entre ellas bloqueo de la absorción de calcio y en general todos aquellos factores que pueden inducir una mala translocación del calcio (Maroto, 1983).

Las regiones meristemáticas y apicales del tallo, de las hojas y de las raíces, resultan fuertemente afectadas y pueden acabar muriendo, por la cual cesa el crecimiento de estos órganos. Las raíces pueden acortarse, engrosarse y adquirir una coloración parda, como ocurre en las tomateras deficientes del calcio (Delvin, 1982).

### **3.8 Exceso de calcio**

Cantidades muy elevadas de calcio asimilable en el suelo, originan problemas importantes en la fisiología de la planta, por su interacción con otros macro y micro elementos. Exceso de calcio puede inducir deficiencias de fosforo, potasio, hierro, zinc, magnesio y boro (Pineda, 1999).

Son notorios los antagonistas con el potasio que se presentan en los suelos calizos o después de fuertes encalados. Pueden producir carencia de potasio, motivado por insuficiente absorción de este elemento, debido al antagonismo  $\text{Ca}^{2+} = \text{K}^+$ . En realidad, el antagonismo se produce en los dos sentidos, pero en la práctica suele ser más importante en el sentido  $\text{Ca}^{2+} = \text{K}^+$  por el mayor contenido de  $\text{Ca}^{2+}$  en los suelos y, en su caso, por ser mayores las dosis que se utilizan con las enmiendas calizas que las utilizadas con la fertilización potásica. La precipitación de los fosfatos, tanto en las soluciones del suelo como en los jugos celulares, reduce su asimilación y metabolismo en la planta, provocando deficiencias en los

mecanismos de almacenamiento y transferencias de energía. Antagonismos con algunos micro elementos (Fe, Mn, B, Zn), pueden originar estados carenciales por deficiente absorción por la planta, como se verá más adelante al estudiar estos elementos (Urbano, 2002).

### **3.9 Aplicación de fertilizantes con calcio**

En determinadas condiciones de cultivo, en las zonas húmedas y en cultivos de regadío, para especies de alta exigencias y cuando se emplean elevadas dosis de abonos amoniacales y potásicos, pueden producir pérdidas importantes de calcio. En estos casos, el balance de calcio en el suelo puede ser claramente negativo si no se emplean abonos que aporten calcio (tabla 4).

El calcio como alimento de la planta suele formar parte de los fertilizantes nitrogenados y fosfatados. Ocurre, sin embargo, que, al calcular las cantidades de fertilizantes a aportar, la decisión se adopta en función de las necesidades de nitrógeno y fósforo, y el calcio que les acompaña en el abono elegido puede ser insuficiente asistiéndose, de esta manera, a una progresiva descalcificación del suelo cultivado.

Los análisis de suelo, realizado con cierta frecuencia (cada tres años, por ejemplo), permitirán comprobar en la práctica las estimaciones hechas desde el punto de vista teórico. Cuando se presentan situaciones

de descalcificación del suelo, puede hacerse un encalado de mantenimiento cada dos o tres años para evitar este problema. Generalmente, si se mantiene un nivel adecuado de calcio edáfico estará asegurado (Urbano, 1992).

### **3.10 Fuentes de calcio para la fertilización**

Los fertilizantes no se fabrican simplemente como suministrantes de calcio. Este elemento es suministrado más económicamente en aplicaciones periódicas de cal agrícola. En el pasado, muchos fertilizantes mixtos contenían aproximadamente el 12 % de calcio por que se basaban sobre todo en superfosfato ordinario. Diversos materiales fertilizantes utilizados hoy en día contienen cantidades significativas de calcio.

El calcio puede ser suministrado por medio de varias fuentes (tabla 4). Si se considera que la mayoría de los suelos que tienen deficiencias de calcio son ácidos, un buen programa de encalado puede incrementar el contenido de este nutriente en el suelo de una manera más eficiente. La calcita y la dolomita son excelentes fuentes de Ca. El yeso puede también suministrar Ca cuando el pH del suelo sea lo suficientemente alto como para necesitar cal, pero que al mismo tiempo sea deficiente en Ca. (Este caso no se presente comúnmente). También se puede añadir Ca al suelo mediante la aplicación de superfosfato simple que contiene 50% de yeso y

superfosfato triple que contiene Ca en menor cantidad (Tislade y Nelson, 1988).

Se debe tener precauciones cuando se usan fuentes de Ca diferentes a la calcita y a la dolomita. Por ejemplo, un exceso de cal hidratada y de cal apagada puede esterilizar parcialmente al suelo. El añadir grandes cantidades de Ca y Mg a suelos con deficiencia de K, o el añadir Ca a suelos deficientes en Mg. Puede causar un desbalance nutricional y un pobre crecimiento del cultivo. Se deben suministrar todo el nutriente necesario para aliviar las condiciones nutricionales que limitan el crecimiento del cultivo (Instituto de la Potasa y el Fósforo, 1997).

Tabla 4

*Contenido promedio de calcio en materiales corrientes*

<b>Fuentes de calcio</b>	<b>Calcio (%)</b>
Nitrato de calcio	19,4
Mezclas de cal y nitrato de amonio	8,2
Cianamida de calcio	38,5
Yeso	22,3
Mineral de fosfato	33,1
Superfosfato ordinario	19,6
Superfosfato triple	14,3

Fuente: (TISLADE, 1988).

Con frecuencia se afirma que los fertilizantes potásicos tienen poco efecto sobre las pérdidas de calcio, pero las grandes cantidades que se utilizan, aportan cantidades equivalentes de cloruros que se lixivian, debe perderse un peso equivalente del catión y, por lo tanto, los empleos de aplicaciones considerables de potasio aumentan las pérdidas de calcio. Si se aplican nitrógeno en forma de nitrato de sodio o de calcio, se conserva el calcio del terreno.

En suelos ligeros muy ácidos que tienen muy poco calcio, las cantidades que se agregan en los fertilizantes pueden tener bastante importancia para aumentar el calcio intercambiable. Las mezclas de nitrato de amonio con caliza conservan la provisión de calcio del terreno. El estiércol de granja y la mayoría de los desperdicios orgánicos aportan algo de calcio, pero la gallinaza no contiene calcio suficiente para compensar el nitrógeno que contiene y tiende a acidificar los suelos (Cooke, 1986).

### **3.11 Características del Nitrato de calcio**

Fórmula química	:	$(\text{NO}_3)_2\text{Ca} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$
Peso molecular	:	236
Ley	:	15 a 15,5% N y 28% CaO
Tipo abono	:	abono simple, nitrogenado, nítrico.

### **3.11.1 Nitrato de calcio**

Su aspecto en forma de abono se presenta como gránulos revestidos para protegerlos de la humedad. La densidad aparente del nitrato cálcico granulado es algo superior a la unidad; 100 kg, ocupan entre 87 y 100 litros. Es muy soluble en agua, 100 litros de agua pueden disolver 147 Kg de nitrato de calcio hidratado a 20 grados centígrado (°C). Es muy higroscópico, presentando a diversas temperaturas, los siguientes coeficientes de higroscopicidad (a 20 °C = 44,6; a 30 °C = 53,5 y a 40 °C = 64,5). Reacción del abono; alcalina, índice de alcalinidad 21, índice de salinidad 52,5.

### **3.11.2 Propiedades químicas**

Es un abono muy soluble, de acción muy rápida que el poder absorbente del suelo retiene mal.

### **3.11.3 Productos comerciales**

El nitrato de calcio se ofrece a los agricultores en diferentes dosis, siendo su contenido más frecuente: 15 y 15,5 % y 28 % CaO. Los granulas suelen protegerse de la humedad mediante un revestimiento y se embalan en sacos impermeables (Villagarcia, 1986).

#### **3.11.4 Utilización como abono**

Su gran higroscopicidad, aunque dificulta su empleo, constituye una ventaja agronómica. Es un abono nitrogenado de acción rápida, muy soluble, que el poder absorbente del suelo retiene mal. En época de sequía, el nitrato cálcico es el abono que más fácilmente absorben las plantas. Se emplea en cobertura, en cultivo en plena vegetación. Puede utilizarse con buenos resultados en suelos pesados. También se ha señalados su acción mejorador en los suelos salinos, especialmente los salinos alcalinos.

#### **3.11.5 Compatibilidad de mezcla**

El nitrato cálcico puede mezclarse con la mayor parte de los abonos simples, pero solo en el momento de su empleo, mezcla no aconsejable con el guano de isla ni el fosfato de amonio (Villagarcia, 1986). Todos los nitratos son solubles en agua. Las diferencias entre sus acciones sobre los cultivos dependen de los otros iones de la sal fertilizante, que puede ser potasio, sodio, calcio o amonio. En cualquier país los nitratos resultan inapropiados para tierras que se encharquen en forma temporal o permanente. Los nitratos de calcio y los de sodio son higroscópicos y difíciles de manejar, debiendo ser empacados en sacos herméticos o aperdigándose (Cooke, 1986).

### **3.11.6 Características técnicas y agroquímicas**

Es altamente concentrado en calcio, nutriente importante durante el desarrollo y crecimiento del fruto, tubérculos, bulbos, turiones y semillas. Permite corregir en forma rápida los desórdenes fisiológicos ocasionados por la deficiencia de calcio en los diferentes cultivos. Es completamente soluble en agua.

En el cultivo del tomate, se concluyó que la concentración recomendada de nitrato de calcio como nutriente para suplir la deficiencia del calcio en dichos cultivos es de 0,5 % de este elemento aplicado de manera foliar directamente al cultivo (Maroto, 1983).

Desde, el punto de vista agrícola, los suelos se consideran fértiles cuando los cultivos en que en ellos se desarrollan proporcionan rendimientos que se estiman elevados para las condiciones agro climáticas de la localidad, sin que sea necesario utilizar cantidades importantes de abono o realizar tratamientos significativos. Por ello, para garantizar la nutrición de los cultivos y asegurar, en consecuencia, sus rendimientos en cantidad y calidad, el empleo de fertilizantes minerales es una práctica de uso generalizado. Pero la exigencia de sostenibilidad económica y de génesis de mínimos impactos ambientales que actualmente condicionan la actividad agrícola obligan a que la aplicación de fertilizantes minerales se

calcule y aplique con el máximo rigor científico y técnico. Todos los suelos deben de presentar un contenido suficiente de calcio, magnesio y azufre asimilable para que el desarrollo de los cultivos pueda producirse con normalidad. Sin embargo, aunque las necesidades de los cultivos en estos nutrientes pueden ser superior, incluso, a las de nitrógeno, fósforo o potasio, en el cálculo de las fórmulas de fertilización suelen considerarse en forma indirecta (Urbano, 1992).

### **3.12 Requerimiento de fertilización del pimiento**

Para una cosecha de  $54 \text{ t ha}^{-1}$  de la variedad "Pimiento dulce de las Landas" el nivel de extracciones por hectárea es de 210 kg de potasio, 160 kg de CaO y de 40,6 kg de MgO (Influvec, 1970).

Un programa de fertilización de tipo medio puede constar: 30 – 40 t  $\text{ha}^{-1}$  de estiércol, 100 unidades de fertilización (UF) de Nitrógeno, 90 – 150 UF de Fósforo, 200 – 300 UF de Potasio, Como abonado de fondo.

En cobertera y sobre todo en cultivo forzado puede añadirse 150 – 200 UF de Nitrógeno complementarios, distribuido en cuatro o cinco aplicaciones: la primera con el riego después de la plantación. La segunda cuando se produce el cuajado de los primeros frutos y el resto de forma periódica y combinada con los riegos a lo largo de la recolección normalmente cada dos riegos. Las relaciones entre el crecimiento de las

variedades "Keystone Resistant Giant" y las variedades en la absorción de nutrientes, observando que la mayor acumulación de N - P - K - Mg y Ca se produce 28 - 42 días tras el trasplante, es decir en el periodo rápido de crecimiento de los frutos, cuando mayor resulta la tasa absoluta de absorción de nutrientes, siendo las extracciones totales a los 112 días tras el trasplante, en que se habían recolectado 13,4 t ha<sup>-1</sup> de frutos, 111,1 kg de Nitrógeno; 53,2 kg de Fósforo; 135,6 kg de Potasio; 33,1 kg de Calcio y 34 kg de magnesio (Miller, 1979).

El pimiento necesita una aplicación de materia orgánica, a la preparación del terreno, todo el P, K, y la mitad de N al trasplante. Además, manifiesta que la fórmula de abonamiento es de 160 - 80 - 100 kg de N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O, respectivamente (Delgado de la Flor, 1983).

### **3.13 La interacción de los nutrientes minerales y la importancia en la nutrición**

Un cambio excesivo en el contenido de un elemento en el tejido de la planta, invariablemente va acompañado por cambios secundarios en el contenido de otros elementos. Un elemento es antagónico a otro, cuando al aumentar el contenido de dicho elemento provoca un déficit en aquel. Cuando ocurre el caso contrario, que el incremento en la concentración de un elemento provoca también un incremento en el otro, se denomina

sinergismo. No siempre las interacciones se manifiestan solo entre parejas de elementos, estas pueden suceder entre varios elementos. Si una planta es introducida a una solución diluida de cloruro de potasio hasta alcanzar niveles tóxicos, dando lugar a la muerte de la planta. Sin embargo, si agregamos pequeñas cantidades de calcio en la solución, la absorción del potasio se reduce en forma notable, no llegando a presentar toxicidad. Aquí decimos que el calcio antagoniza la absorción del potasio. Un exceso de sodio en el suelo podría inducir una deficiencia de calcio debido al antagonismo (Vejarano, 1990).

El exceso de amoníaco produce deficiencias de calcio. El exceso de potasio contribuye a las deficiencias del nitrógeno, calcio, magnesio, zinc o hierro. El exceso de calcio impide la absorción de potasio y de amonio. El exceso de calcio puede contribuir a deficiencias de magnesio y boro, Los niveles elevados de magnesio suelen producir deficiencias de calcio. El alto contenido de calcio, manganeso, fósforo, cobre o zinc dificulta la absorción de fierro y reduce la toxicidad del aluminio y manganeso (Red agraria, 2004).

La ley del mínimo de Liebig indica que el rendimiento de los cultivos está regulado por el factor más limitante y que el rendimiento se puede incrementar únicamente con la corrección de ese factor limitante.

Incrementos posteriores en rendimiento ocurrirán solamente si este factor es corregido. Este proceso se repite con incrementos de rendimiento escalonados hasta que no existan factores limitantes. Por otro lado, la ley del mínimo de Mitscherlich indica que el rendimiento está influenciado por todos los factores limitantes simultáneamente. La influencia de cada uno de los factores limitantes es proporcional a su grado de limitación. Con esta ley, el rendimiento obtenido, en un conjunto dado de condiciones, está en relación a la suma integrada de todo los factores limitantes remanentes (Inpofos, 1993).

En condiciones actuales de producción en lugar de leyes del mínimo, se debe de hablar de una ley del máximo, la cual no puede operar si existen factores limitantes del tipo Liebig. Esta ley tiene dos características principales: 1) el efecto de una medida correctiva se incrementa progresiva a medida que otros factores limitantes son corregidos. El resultado final es más grande que la suma de los efectos individuales debido a la forma en el cual ellos interaccionan. La interacción multiplica los efectos de cada uno. 2) los rendimientos pueden ser más altos o máximos solamente si existe el factor limitante; mayor será el rendimiento del cultivo. Que tan cerca de este punto se pueda llegar, depende. Por supuesto de factores económicos. Afortunadamente cuando se están manejando factores de este tipo

Mitscherlich se puede escoger primero aquellos más económicos (Inpofos, 1993).

### **3.14 Factor agua**

Todos los procesos fisiológicos de las plantas son afectados directa o indirectamente por la cantidad de agua existente en el suelo. La producción es una función de las actividades fisiológicas de los vegetales y esta naturalmente subordinada a factores, que, como el agua, afecta dichas actividades.

Las necesidades de agua de la planta varían prioritariamente con la necesidad de la misma, fertilidad del suelo y características climáticas de la zona (humedad, radiación, temperatura, horas de sol). Así mismo las plantas precisan grandes cantidades de agua, material alimentario y transporte, siendo el agua el solvente que permite la penetración en ellas de nitrógeno y de las sustancias minerales (Bear, 1987). El agua puede influir sobre la mayoría de los factores que controlan el crecimiento de las plantas (estructura, textura, aireación, salinidad, hábitos de enraizamiento, temperatura, humedad y otros), que cualquier otro factor. Así mismo influye en todo los factores del suelo, altera el microclima al que está expuesto la planta misma, además de cambios en el balance entre el crecimiento vegetativo y reproductivo (Fuentes, 1995).

### **3.15 Fertirrigación**

La fertirrigación es la aplicación de los fertilizantes disueltos en el agua de riego de una forma continua o intermitente. La fertirrigación no se puede hacer con todos los sistemas de riego, ya que la principal exigencia es obtener la máxima uniformidad en la distribución de los fertilizantes, por eso, esta práctica se asocia básicamente a los sistemas de riego localizado de alta frecuencia goteo y microaspersión, pero también puede aplicarse al riego por aspersión (Fuentes, 2002).

### **3.16 Riego localizado**

El riego localizado consiste en aplicar el agua a una zona más o menos restringida del volumen del suelo que habitualmente ocupan las raíces. Las características principales son:

- No se moja en su totalidad el suelo
- Se utilizan caudales a baja presión
- El agua se aplica con alta frecuencia

La localización del agua en la proximidad de las plantas se manifiesta en que se modifican algunas características de la relación suelo – agua - planta, tales como; reducción de la evaporación, distribución del sistema radicular, régimen de salinidad. La alta frecuencia de aplicación del

agua implica importantes consecuencias sobre su aprovechamiento, ya que al estar siempre el suelo en capacidad de campo o muy próximo a ella, las plantas absorben agua con mucha facilidad (Valdivia, 1993). Con riego por micro aspersión, el agua se aplica mediante dispositivos que la echan en forma de lluvia fina, con caudales comprendidos entre 16 y 200 litros/hora por punto de emisión (Mercado, 1994).

### **3.17 Riego por goteo**

El sistema de riego por goteo se puede adecuar a diferentes condiciones de suelo y cultivos en hilera, adoptando tamaños diferentes de emisores en descargas mayores a lo largo de las líneas laterales y entre las laterales. El riego por goteo usa dispositivos que echan el agua gota a gota o por flujo continuo con un caudal inferior a 163 litros/hora por punto de emisión por metro lineal de manguera de goteo (Valdivia, 1993).

El riego por goteo, siendo localizado reduce el desperdicio de agua, aplicando solamente la cantidad necesaria y por lo cual puede decirse que toda el agua consumida se debe a la transpiración (Razuri, 1989).

### **3.17.1 Características del riego por goteo**

- El agua se aplica al suelo desde una fuente que puede considerarse puntual, se infiltra en el terreno y se mueve en dirección horizontal y vertical. No se moja todo el suelo sino parte del mismo.
- El nivel de humedad que se mantiene en el suelo es inferior a la capacidad de campo, lo cual es muy difícil de conseguir con otros sistemas de riego.
- Requiere abonamiento frecuente, pues como consecuencia de movimientos permanentes del agua en el bulbo puede producirse un lavado excesivo de nutrientes (Arteaga, 1986).

### **3.17.2 Ventajas del riego por goteo**

- Ahorro importante de agua (50% de ahorro del consumo de agua respecto a los sistemas convencionales) mano de obra, abonos y productos fitosanitarios.
- Posibilidad de regar cualquier tipo de terreno.
- No se necesita de nivelación del suelo.
- Se puede usar agua de baja calidad (salinidad alta).
- Aumento de producción, adelanto de cosecha y mejor calidad de frutos.
- Permite realizar simultáneamente el riego y otras labores culturales.

- No altera la estructura del suelo.
- Las boquillas o goteros descargan el agua por gotas, a lo largo de la hilera de plantas, cada boquilla distribuye más o menos con exactitud la misma cantidad de gotas (la pérdida de presión a lo largo de las líneas laterales es mínima). Por lo tanto, la distribución es altamente uniforme ya que también está completamente controlado (Mercado, 1994).

### **3.17.3 Desventajas del riego por goteo**

- es un sistema de alto costo de instalación.
- No se puede aplicar a todos los cultivos.
- En zonas frías y con cultivos sensibles a las heladas el riego por goteo no protege contra las mismas.
- En zonas áridas en la que no existe posibilidad de lavado, el uso sistémico y durante varios años de agua de mala calidad puede arruinar los terrenos de cultivo si no se riega en forma adecuada.
- Obstrucción de goteros con partículas en suspensión mayor de un micrón.
- Se precisa una mayor capacitación de los usuarios que en cualquiera de los otros sistemas (Valdivia, 1993).

## **CAPÍTULO IV**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **4.1 Tipo de investigación**

El tipo de investigación es experimental es el procedimiento más indicado para investigar relaciones de causa efecto.

#### **4.2 Población y muestra**

##### **4.2.1 Población**

La población estuvo constituida por el número de plantas de pimiento en una hectárea.

##### **4.2.2 Muestra**

La muestra estuvo conformada por el número de plantas de la unidad experimental.

#### **4.3 Ubicación del Campo Experimental**

El presente trabajo de investigación se realizó en el Centro Experimental Agrícola - CEA III "Los Pichones" de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Nacional "Jorge Basadre Grohmann de Tacna",

ubicada en el distrito, provincia y región de Tacna a una altitud de 508 msnm, latitud sur 17°54'38" y longitud oeste 70°14'22".

#### **4.4 Historia del campo experimental**

Por referencias del técnico de campo encargado del Centro Experimental, los cultivos que antecedieron fueron: brócoli, tomate y pimiento.

#### **4.5 Condiciones climáticas**

Las informaciones meteorológicas (tabla 5) de las condiciones climáticas corresponden a los meses de octubre del 2008 y a junio del 2009, periodo en que se realizó el presente trabajo de investigación.

El pimiento requiere una temperatura óptima entre 18 a 28 °C, con una máxima de 32 °C y una mínima de 12 °C; así como de humedad relativa comprendida entre el 50 y 70% y una buena iluminación. Al comparar estas exigencias climáticas con las registradas en la estación MAP "Jorge Basadre Grohmann" (tabla 5) se tienen que satisfacen enteramente dichas exigencias para el cultivo de pimiento.

#### 4.6 Características Edáficas

Para la determinación de las características físico químicas, se llevó a cabo el análisis de suelo, los resultados se muestran en la tabla 6, donde se tiene un suelo con textura franco arenoso. El contenido de materia orgánica es bajo, el pH acusa un suelo ligeramente ácido, la conductividad eléctrica lo ubica entre los suelos de salinidad media, el potasio muy alto y finalmente el nitrógeno con un contenido pobre en este elemento.

Tabla 5

*Condiciones meteorológicas CEA III "Los Pichones" cultivo de pimiento (2008 -2009)*

MES	Temperatura			H.R.	PP	Tanque A Mm/día
	Máx.	Min.	Med.			
OCT	24,5	13,8	19,0	65	0,0	5,5
NOV	24,6	13,9	19,3	70	0,0	5,5
DIC	25,5	14,6	20,1	66	T	6,8
ENE	27,3	16,1	21,7	70	T	6,8
FEB	28,1	16,5	22,3	72	0,0	6,9
MAR	26,8	15,8	21,3	77	0,0	6,0
ABR	24,9	14,1	19,0	82	T	4,5
MAY	25,6	14,6	21,3	83	0,0	4,8
JUN	26,8	14,8	22,3	79	0,0	4,6

Fuente: Estación Meteorológica Agrícola Principal - MAP "Jorge Basadre Grohmann" – SENAMHI.

El análisis físico realizado revela que la clase textural que posee el suelo es franco arenoso. En cuanto al análisis químico, nos muestra que según la conductividad eléctrica es un suelo débilmente salino. Donde el rendimiento del cultivo muy sensible puede ser restringido; el pH es neutro. La presencia de carbonatos de calcio es muy baja. El porcentaje de materia orgánica también es bajo; fósforo disponible bajo, muy alto en contenido de potasio y un porcentaje muy bajo de nitrógeno. Además, posee una capacidad de intercambio catiónico baja, siendo la óptima entre 13 y 25.

Es muy importante conocer las relaciones entre los distintos cationes intercambiables del suelo. Ya que afectan en la disponibilidad de los mismos y por consiguiente afectan el desarrollo de los cultivos. La relación ideal entre los cationes  $K^+/Mg^{++}$  es de 0,2 a 0,3; en este caso se tiene que este valor es de 0,75 por lo tanto existe carencia de Mg por exceso K. la relación ideal entre los cationes  $Ca^{++}/Mg^{++}$  se da cuando este valor es menor o igual a 5, tenemos que el valor de esta relación es de 2,88; por lo tanto, se encuentra dentro de una relación ideal. Como se dijo anteriormente el contenido de sodio y de potasio se encuentra en niveles altos, por tal motivo antagonizan la absorción del calcio siendo poco factible su absorción por las plantas. Sumada esta obstaculización de la absorción del calcio al lento movimiento de este elemento en el suelo, se tiene por

conveniente aplicar calcio al cultivo de manera foliar directamente al follaje para que pueda ser adsorbido más fácilmente.

Tabla 6

*Análisis físico químico del suelo, CEA III "Los Pichones"- Tacna 2008*

<b>Análisis físico</b>	<b>Resultados</b>
Capacidad de campo %	16,70
Punto de marchites permanente	8,82
Densidad Aparente g/ cm <sup>3</sup>	1,48
Arena %	68,12
Limo %	13,14
Arcilla %	18,74
Clase textural	Franco arenosa
<b>Análisis químico</b>	<b>Resultados</b>
C.E. ds/m a 25°C	6,66
Capacidad de intercambio catiónico	11,50
PH a 25°C	7,12
Calcio cambiabile (me/100)	6,50
Materia Orgánica %	1,85
Fósforo disponible (ppm)	11,98
Potasio disponible (ppm)	90,68
Potasio cambiabile (me/100)	0,12
Nitrógeno %	0,08
Magnesio (me/100)	2,25
Sodio (me/100)	0,47

Fuente: Laboratorio de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno

#### **4.7 Condiciones de Riego**

El trabajo de investigación contó con un sistema de riego presurizado mediante cintas de goteo.

#### **4.8 Material Experimental**

Se utilizó semillas de pimiento de la variedad California Wonder y nitrato de calcio.

##### **Características de la variedad California Wonder**

- Polinización abierta
- Ampliamente adaptado, vigoroso y productivo durante largo periodo de tiempo.
- Resistente al mosaico del tabaco
- Días desde el transplante: 75 a 80 días
- Tamaño: 10 a 11,5 cm
- Lóbulos: 4 generalmente
- Pulpa gruesa, verde oscuro o rojo
- Colgante, 71 – 76 cm. De altura erecta
- Habito de fructificación: pendiente
- Paredes: gruesas.

**Los tratamientos fueron los siguientes:**

Niveles de Calcio (kg ha <sup>-1</sup> )	:	Tratamiento
0	:	t <sub>0</sub>
40	:	t <sub>1</sub>
80	:	t <sub>2</sub>
120	:	t <sub>3</sub>
160	:	t <sub>4</sub>

**Fuente de calcio que se utilizó a diferentes niveles:**

- Nitrógeno Total.....15,50 %
- Nitrógeno Amoniacal.....1,10 %
- Nitrógeno Nítrico.....14,4 %
- Calcio (CaO).....26,5 %

Su aplicación fue en tres partes, durante el trasplante, crecimiento y cosecha del cultivo.

#### 4.9 Variables respuesta:

- **Diámetro polar y ecuatorial del fruto (cm):** Se registraron el calibre polar y ecuatorial de cada uno de los frutos cosechados con la ayuda de un vernier, con estas variables se determinaron las características métricas del fruto.
- **Altura de Planta (cm):** Se registró en el momento del inicio de la cosecha, midiendo desde la base hasta el ápice del eje central de las plantas.
- **Número promedio de frutos por planta (unidad):** Se procedió a la recolección y conteo de frutos por planta al inicio de la cosecha.
- **Peso promedio de frutos (g):** Se registró pesando cada fruto por tratamiento, para determinar su promedio.
- **Rendimiento Total (Kg ha-1):** El rendimiento total se determinó en la unidad experimental pesando los frutos seleccionados en tres categorías primera, segunda y descarte. Posteriormente fue expresado en kg ha-1.
- **Rendimiento comercial (kg ha-1):** Para lograr información del rendimiento comercial se pesó los frutos de las categorías: primera y segunda por unidad experimental. Después se transformó en kg ha-1.

## **Características del campo experimental:**

### **Campo experimental**

- Largo : 36 m
- Ancho : 12 m
- Área : 432 m<sup>2</sup>
- Número de plantas : 720 u

### **Bloques**

- Número : 4 u
- Largo : 18 m
- Ancho : 6 m
- Área : 108 m<sup>2</sup>
- Número de plantas : 180 u

### **Unidad experimental**

- Largo : 18 m
- Ancho : 0,80 m
- Área : 18 m<sup>2</sup>
- Número de líneas : 1 u
- Distanciamiento ente unid. exp. : 0,40 m

- Distanciamiento entre planta : 0,5 m
- Número de plantas : 36 u

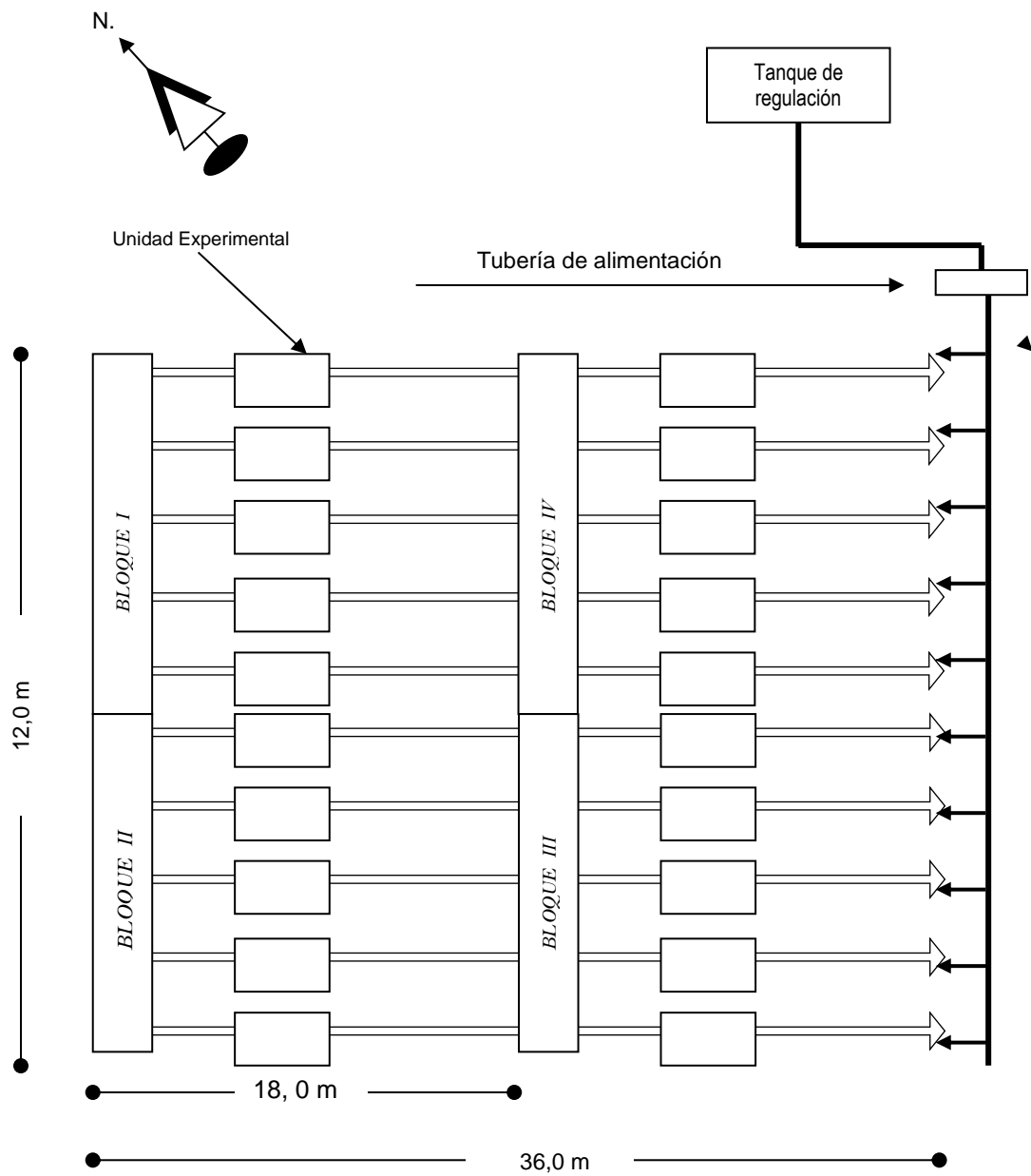


Figura 3. Croquis de distribución de los tratamientos en el campo experimental

#### 4.10 Diseño Experimental

El diseño experimental utilizado fue: bloques completos aleatorios con cuatro repeticiones.

#### 4.11 Análisis Estadístico

El análisis de datos se realizó usando la técnica del análisis de varianza (ANVA), la prueba estadística fue F a un nivel de significación de 0,05 y 0,01. Se utilizó el análisis de regresión para establecer la forma de relación entre las variables, estimar el modelo y predecir el valor de la otra variable.

El modelo aditivo lineal fue:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

$$i = 1, 2, \dots, t = \text{número de tratamientos}$$

$$j = 1, 2, \dots, j = \text{número de bloques}$$

$$Y_{ij} = \text{Unidad experimental que recibe el tratamiento } i \text{ y está en el bloque } j$$

$$\mu = \text{El verdadero efecto medio}$$

$$\beta_j = \text{El verdadero efecto del } j \text{-ésimo bloque}$$

$t_i$  = El verdadero efecto del  $i$  - ésimo tratamiento

$\epsilon_{ij}$  = El verdadero efecto de la unidad experimental en el  $j$  - ésimo bloque que está sujeto al  $i$  - ésimo tratamiento (error experimental)

## **4.12 Conducción del trabajo experimental**

### **4.12.1 Preparación del suelo y sustratos de crecimiento**

La preparación de campo definitivo y aplicación de materia orgánica se llevó a cabo el 20 de octubre del 2008, roturando el suelo, con ayuda de un pico, luego se incorporó gallinaza a razón de un saco de 30 kg por fila de 18 metros, esta cantidad representa aproximadamente 30 t/ha.

### **4.12.2 Almacigos, Siembra, trasplante y Desahije de plantas**

**Pre almacigo:** La preparación de la almaciguera se inició el 15 de octubre del 2008, con el uso de bandejas de polietileno, estas tienen la capacidad de albergar a 135 semillas. Se las lleno de humus de lombriz formando un adoquín de 60 g, posteriormente se humedeció con mucha suavidad y quedaron listas para la siembra en el vivero.

**Siembra:** La siembra se efectuó el 15 de octubre del 2008, en las bandejas preparadas en el vivero, en cada compartimiento se profundizo 1 cm, donde se colocó la semilla para luego taparlas con humus,

compactarlas en seguida darle un ligero riego, observándose después de 15 días pequeñas plántulas.

**Trasplante:** Se trasplanto manualmente el 02 de noviembre del 2008. Las raíces de las plántulas estaban cubiertas con su cono, tenían 4 a 5 hojas verdaderas y con 13 a 15 cm de altura, luego del trasplante se aplicó un ligero riego.

**Desahíje de plantas:** Se efectuó cuando las plántulas lograron aproximadamente los 18 cm de altura, más de tres pares de hojas, de esta forma seleccionamos y separamos las plántulas más vigorosas de las débiles.

#### **4.12.3 Requerimientos nutricionales del pimiento**

**Abonamiento:** Esta labor se hizo 15 días después de la germinación utilizando una fórmula de abonamiento de 10 - 10 - 10 de N P K respectivamente.

**Fertilización:** La aplicación de fertilización se realizó utilizando la fórmula  $180 - 120 - 0 \text{ kg ha}^{-1}$  de N - P - K, respectivamente considerando el resultado del análisis de suelo, las fracciones se observan según el programa de fertilización que se muestra en la tabla 7. El fósforo fue incorporado utilizando fosfato mono amónico, el 34% en cada unidad

experimental junto con la materia orgánica, al costado de la planta; el 33% al inicio de la floración y el 33% al inicio de la formación de frutos.

El nitrógeno se incorporó como urea (45% de N) y nitrato de calcio (15,5% de N). Se aplicó después del trasplante a los 45 días el 17% del fertilizante; el 40% se incorporó desde el inicio de la floración a comienzos de la fructificación fraccionado en 3 partes, por inyección en el sistema de riego; y el 43% restante desde la formación de frutos al final de la cosecha fraccionado en 8 partes vía foliar.

Tabla 7

*Programa de fertilización según etapa fenológica del cultivo de Pimiento, CEA III “Los Pichones”- Tacna 2008 – 2009*

Aplicación de fertilizantes por etapa fonológica	Dosis Kg ha <sup>-1</sup>			
	DDT (*)	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Trasplante – establecimiento o desarrollo.	0 - 45	30,60	40,80	-
Desde iniciación de la floración a comienzos de la fructificación.	45 - 90	72,00	39,6	-
Desde la formación de fruto al final de la cosecha.	90 - 146	77,40	39,6	-
Total	0 - 146	180,0	120,0	-

(\*) = Días después de Trasplante

#### 4.12.4 Requerimientos hídricos del pimiento

Haciendo uso del riego presurizado, se instaló el sistema de riego por goteo. La aplicación del riego se efectuó según el programa que se muestra en la tabla 8.

**Demanda de Agua por el Cultivo:** La información de evaporación media diaria se tomó del cilindro tipo “A” presente en la estación Meteorológica Agrícola Principal “Jorge Basadre Grohmann” – SENAMHI. Los cálculos de la demanda de agua se encuentran en el anexo 14, los resultados en la tabla 9.

Tabla 8

*Programa de riego para el cultivo de pimiento. CEA III “Los Pichones” (octubre 2008 – junio 2009)*

Estado de crecimiento	Duración		Frecuencia de riego (días)	Número de riegos	Kc.
	Desde (días)	Hasta (días)			
Siembra	0	1	1	1	-
Germinación	3	11	3	4	0,7
Crecimiento	12	46	3	23	0,8
Floración	47	108	3	28	0,95
Cosecha	110	146	3	7	0,8

#### **4.12.5 Control de malezas**

Durante la campaña del cultivo no se presentaron malezas que perjudiquen significativamente al rendimiento del cultivo, ya que las plántulas trasplantadas una vez que lograron prender con éxito, rápidamente crecieron con lo que imposibilitaron el desarrollo de las malezas. Sin embargo, algunas que alcanzaron crecer fueron controladas manualmente.

Las malezas que se presentaron con mayor frecuencia fueron:

- Cadillo *Cenchrus equinatus* L.
- Verdolaga *Portulaca oleracea*.
- Yuyo *Amaranthus* spp.
- Tabaquillo *Nicotiana glauca*
- Grama dulce *Sorghum helepense*
- Chiriro *Bidens pilosa*

#### **4.12.6 Control fitosanitario**

Durante la fase de almacigo no se presentó problemas de plagas y enfermedades, pero se empleó preventivamente Benlate al 2%.

### **Control plagas:**

Se observó daño por plagas, las cuales se controlaron en forma oportuna con productos específicos, los ataques fueron los siguientes:

- **Gusano de tierra *Feltia spp*:** Se presentó a los 2 o 3 días emergida la planta, atacaron el 2%, para su control se aplicó Force (Teflurin) en una cantidad de 1kg.
- **Mosca minadora *Liriomyza huidobrensis*:** Atacaron al comienzo del cultivo, aproximadamente a los 15 días y a la mitad del cultivo (75 días). Para su control se empleó Padan (Cartap) al 1% alternando con Tamaron (Metamidofos) al 1,5%.
- **Pulgones *Aphis* sp:** Iniciaron su ataque al mes de sembrado, el ataque fue del 10%. Para su control se usó Padan al 1% alternando con Tamaron al 1,5%.
- **Gusano medidor *Pseudoplusia rogationis*:** Se presentó el ataque a los dos meses del cultivo controlandose oportunamente.
- **Ácaros de tostado *Eriophies destructor*:** Comenzaron atacar a los 2 meses y medio del cultivo, aproximadamente 2%. Se aplicó para su control Morestan (Quinometionato) a una dosis del 1%.
- **Gusano perforador del fruto y comedor de hojas *Prodenia sp*:** Atacaron en la fructificación alrededor del 2%, se aplicó para su

control Baytroid (Cyflutrin) alternando con Padan a una dosis de 1,5 ‰ y 0,5 ‰ respectivamente.

#### **Control de enfermedades:**

- **Chupadera fungosa *Rhizoctonia solani*:** Se detectó a la semana de emergidas las plantas, el daño ocasionado fue en un porcentaje del 5%, se controló con Benlate (Benomyl) a una dosis del 1 ‰, el mismo que se destinó por el sistema de riego.
- **Marchitez o *Will Fusarium anua*:** Se detectó en la fructificación cerca del 3%. Para su control se aplicó Benlate a una dosis del 1,5 ‰ mediante el sistema de riego.

#### **4.12.7 Cosechas**

Se inició el 20 de marzo y concluyó el 30 de junio del 2009, se hicieron en total 5 cosechas considerando los dos tipos de madures: la fisiológica y la comercial.

Tabla 9

*Demanda de agua para el cultivo de pimiento. CEA III "Los Pichones" (Octubre 2008 – Junio 2009)*

Sistema de Riego	:	Goteo	C.C. (%)	:	16,45
Eficiencia de Riego	:	85%	P.M.P. (%)	:	8,82
Período Vegetativo	:	148 días	Da	:	1,48
Goteo m <sup>3</sup> /hora-módulo	:	0,17	Pr	:	12
Área Mojada	:	216	Área cultivada	:	432 m <sup>2</sup>

	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
m <sup>3</sup> /mes/ha	271,76	960,00	1140,00	1156,76	1005,88	254,12
Evaporación tanque "A" mm/día	5,5	6,8	6,8	6,9	6,0	4,5
Kc	0,7	0,8	0,95	0,95	0,95	0,8
ET(o)mm/día	3,85	5,44	6,46	6,555	5,7	3,6
Eficiencia de Aplicación (mm/día)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Lamina de aplicación mm/día	4,53	6,40	7,60	7,71	6,71	4,24
m <sup>3</sup> /mes-Área	11,74	41,47	49,25	49,97	43,45	10,98
ciclo de riego(días)	2	2	2	2	2	2
Número riego/mes	6	15	15	15	15	6
Período de riego(horas)	9,06	12,80	15,20	15,42	13,41	8,47
total m <sup>3</sup> /área-campaña	:	206,86				
volumen total m <sup>3</sup> /hectárea-campaña	:	4788,53				

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1 Resultados

##### 5.1.1 Diámetro polar

En el anexo 2, se presentan los datos del diámetro polar expresados en centímetros. El análisis de varianza se presenta en la tabla 10.

Tabla 10

*Análisis de varianza del diámetro polar en centímetros. Los Pichones – Tacna. Junio 2009*

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>c</sub>	F <sub>α</sub>		Sign.
					0,05	0,01	
<b>Bloques</b>	3	1,38146	0,460485	0,94	3,49	5,95	NS
<b>Tratamientos</b>	4	2,30973	0,577433	1,18	3,26	5,41	NS
<b>Error</b>	12	5,88367	0,490306				
<b>Total</b>	19	9,57485					
<b>C.V. = 10,29 %</b>							

NS = No significativo \* = Significativo \*\* = Altamente significativo

La tabla 10, del análisis de varianza muestra que no existen diferencias estadísticas entre bloques, lo cual indica que los bloques fueron

homogéneos. Entre tratamientos no hubo diferencias estadísticas; el coeficiente de variabilidad fue de 10,29 %.

### 5.1.2 Diámetro ecuatorial

La tabla 11 del análisis de varianza se efectuó con el anexo 3, datos de diámetro ecuatorial expresados en centímetros.

Tabla 11

*Análisis de varianza del diámetro ecuatorial de los frutos de pimiento en centímetros. Los Pichones – Tacna. Junio 2009*

<i>F. de V.</i>	<i>G.L.</i>	<i>S.C.</i>	<i>C.M.</i>	<i>Fc</i>	<i>F<sub>α</sub></i>		<i>Sign.</i>
					<i>0,05</i>	<i>0,01</i>	
<b>Bloques</b>	3	0,37542	0,125138	0,62	3,49	5,95	NS
<b>Tratamientos</b>	4	0,88473	0,221182	1,09	3,26	5,41	NS
<b>Error</b>	12	2,42551	0,202126				
<b>Total</b>	19	3,68565					
<b>C.V. = 5,65 %</b>							

NS = No significativo \* = Significativo \*\* = Altamente significativo

La tabla 11, muestra que no existen diferencias estadísticas entre bloques y entre tratamientos; en consecuencia los niveles de calcio no causaron ningún efecto en el diámetro ecuatorial del fruto.

### 5.1.3 Altura de planta

Con los datos del anexo 4 se realizó, la tabla 12 del análisis de varianza para altura de planta.

Tabla 12

*Análisis de varianza de altura de planta en centímetros. Los Pichones – Tacna. Junio 2009*

<i>F. de V.</i>	<i>G.L.</i>	<i>S.C.</i>	<i>C.M.</i>	<i>Fc</i>	<i>F<math>\alpha</math></i>		<i>Sign.</i>
					<i>0,05</i>	<i>0,01</i>	
<b>Bloques</b>	3	102,051	34,017	1,76	3,49	5,95	NS
<b>Tratamientos</b>	4	65,3943	16,349	0,85	3,26	5,41	NS
<b>Error</b>	12	231,425	19,285				
<b>Total</b>	19	398,870					
<b>C.V. = 11,07 %</b>							

NS = No significativo \* = Significativo \*\* = Altamente significativo

La tabla 12, muestra que no existen diferencias estadísticas entre bloques y entre tratamientos; en consecuencia los niveles de calcio no ocasionaron ningún efecto en altura de planta.

### 5.1.4 Número promedio de frutos por planta

El número promedio de frutos por planta del anexo 5 se emplearon para desarrollar el análisis de varianza de la tabla 13.

Tabla 13

*Análisis de varianza del número promedio de frutos por planta. Los Pichones – Tacna. Junio 2009*

<i>F. de V.</i>	<i>G.L.</i>	<i>S.C.</i>	<i>C.M.</i>	<i>Fc</i>	<i>F<sub>α</sub></i>		<i>Sign.</i>
					<i>0,05</i>	<i>0,01</i>	
<b>Bloques</b>	3	37,8378	12,6126	0,55	3,49	5,95	NS
<b>Tratamientos</b>	4	89,8422	22,4606	0,97	3,26	5,41	NS
<b>Error</b>	12	277,360	23,1134				
<b>Total</b>	19	405,040					
<b>C.V. = 26,91 %</b>							

NS = No significativo \* = Significativo \*\* = Altamente significativo

La tabla 13, muestra que no existen diferencias estadísticas entre bloques y entre tratamientos; en consecuencia las aplicaciones de diferentes niveles de calcio no causaron ningún efecto en el número promedio de frutos por planta.

### **5.1.5 Peso promedio de frutos**

En el anexo 6, se observan los datos del peso promedio de frutos expresados en gramos. El análisis de varianza se presenta en la tabla 14.

Tabla 14

*Análisis de varianza del peso promedio de frutos en gramos. Los Pichones – Tacna. Junio 2009*

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	F $\alpha$		Sign.
					0,05	0,01	
<b>Bloques</b>	3	2734,4225	911,474	2,62	3,49	5,95	NS
<b>Tratamientos</b>	4	5871,7629	1467,940	4,22	3,26	5,41	*
<b>Error</b>	12	4169,6629	347,472				
<b>Total</b>	19	12775,8484					

**C.V. = 12,37 %**

NS = No significativo \* = Significativo \*\* = Altamente significativo

La tabla 14 del análisis de varianza de peso promedio de frutos, señala que entre bloques no existen diferencias estadísticas. Entre tratamiento se observa que existen diferencias estadísticas significativas en sus promedios, el coeficiente de variabilidad fue de 12,37%.

Tabla 15

*Análisis de regresión del peso promedio de frutos en (g). Los Pichones – Tacna. Junio 2009*

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	F $\alpha$		Sign.
					0,05	0,01	
<b>Regresión</b>	2	3593,715	1796,858	3,327	3,59	6,11	NS
<b>Residuo</b>	17	9182,253	540,133				
<b>Total</b>	19	12775,968					

NS = No significativo \* = Significativo \*\* = Altamente significativo

En el análisis de regresión cuadrática de peso promedio de frutos (tabla 15) no se observa estadísticamente significancia, lo que indica que los datos no son adecuados para el modelo.

### 5.1.6 Rendimiento total

Con los datos presentados en el anexo 7, se efectuó el análisis de varianza (Tabla 16) del rendimiento total para frutos de pimientos expresados en toneladas por hectárea.

Tabla 16

*Análisis de varianza del rendimiento total para frutos de pimiento ( $t\ ha^{-1}$ ).  
Los Pichones – Tacna. Junio 2009*

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	F $\alpha$		Sign
					0,05	0,01	
<b>Bloques</b>	3	1,9501	0,6500	0,71	3,49	5,95	NS
<b>Tratamientos</b>	4	456,1469	114,0367	123,88	3,26	5,41	**
<b>Error</b>	12	11,0465	0,9205				
<b>Total</b>	19	469,1435					
<b>C.V. = 5,47 %</b>							

NS = No significativo \* = Significativo \*\* = Altamente significativo

La tabla 16 del análisis de varianza para rendimiento total de frutos de pimiento, indica que no existen diferencias estadísticas entre bloques, consiguientemente los bloques fueron homogéneos. Para tratamientos en

estudio las diferencias estadísticas son altamente significativas, es decir al menos uno de los tratamientos tiene mayor promedio. El coeficiente de variabilidad fue de 5,47 %.

Tabla 17

*Análisis de regresión del rendimiento total para frutos de pimiento (t ha<sup>-1</sup>).  
Los Pichones – Tacna. Junio 2009*

<b>F. de V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>F<sub>α</sub></b>		<b>Sign.</b>
					<b>0,05</b>	<b>0,01</b>	
<b>Regresión</b>	2	450,617	225,309	208,639	3,59	6,11	**
<b>Residuo</b>	17	18,358	1,080				
<b>Total</b>	19	468,975					
					<b>R<sup>2</sup> = 0,956</b>		

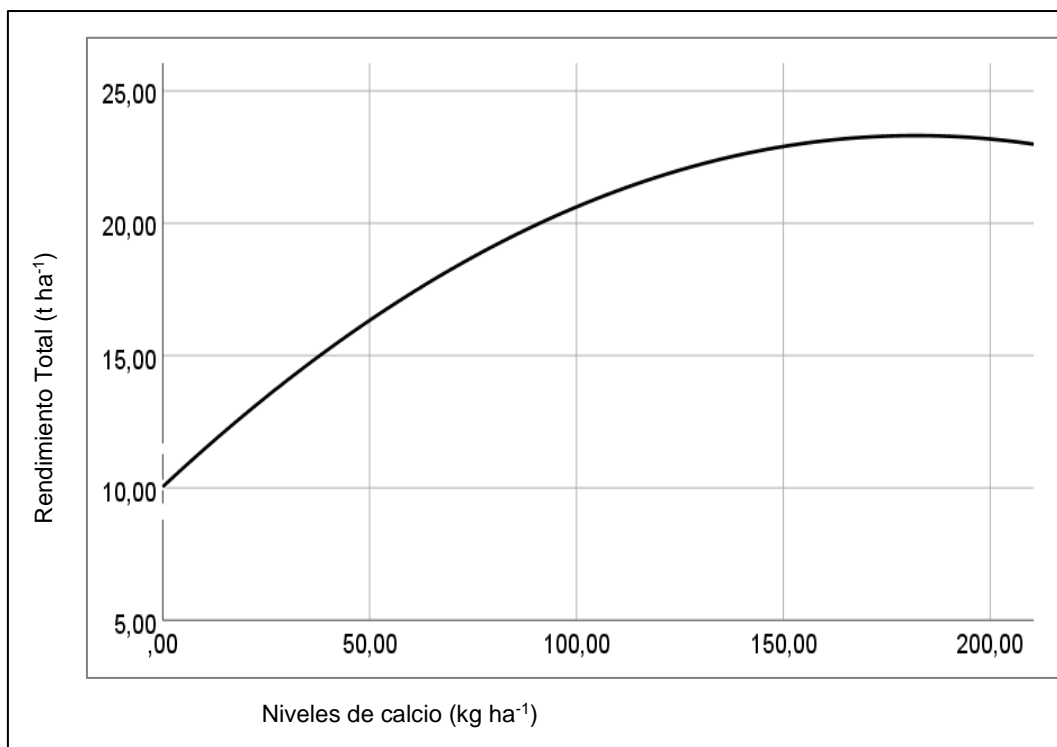
NS = No significativo \* = Significativo \*\* = Altamente significativo

La tabla 17, de análisis de regresión para rendimiento total de frutos en pimientos es altamente significativa, por tanto el modelo utilizado es apropiado para explicar el comportamiento del cultivar a la aplicación de los tratamientos. La función de respuesta resultante fue:

$$\hat{Y} = 10,0378 + 0,1458X - 0,0004X^2$$

Al derivar la ecuación precedente se determinó el nivel óptimo de calcio que fue 182,25 kg ha<sup>-1</sup>, lo que permitió estimar en 23,32 t ha<sup>-1</sup> el rendimiento total de frutos en pimiento.

Al derivar la ecuación precedente se determinó el nivel óptimo de calcio que fue 182,25 kg ha<sup>-1</sup>, lo que permitió estimar en 23,32 t ha<sup>-1</sup> el rendimiento total de frutos en pimiento.



*Figura 4.* Rendimiento total (t ha<sup>-1</sup>) de frutos en relación a los niveles de calcio. Los Pichones – Tacna. Junio 2009

La figura 4 muestra la trayectoria del modelo donde el nivel óptimo de calcio fue 182,25 kg ha<sup>-1</sup>, con el que se estimó el rendimiento total en 23,32 t/ha en frutos de pimiento. El coeficiente de determinación  $r^2 = 0,9560$  indica que el 95,60 % de la variabilidad del rendimiento total es debido a la aplicación del calcio.

### 5.1.7 Rendimiento comercial

Con los datos presentados en el anexo 8, se efectuó el análisis de varianza (Tabla 18) para el rendimiento comercial de frutos de pimientos expresados en toneladas por hectárea.

Tabla 18

*Análisis de varianza del rendimiento comercial de frutos - pimiento (t ha<sup>-1</sup>).  
Los Pichones - Tacna. Junio 2009*

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	F $\alpha$		Sign
					0,05	0,01	
<b>Bloques</b>	3	1,9397	0,6466	0,4147	3,49	5,95	NS
<b>Tratamientos</b>	4	305,5938	76,3985	49,0076	3,26	5,41	**
<b>Error</b>	12	18,7069	1,5589				
<b>Total</b>	19	326,2405					
<b>C.V. = 8,73 %</b>							

NS = No significativo \* = Significativo \*\* = Altamente significativo

En el análisis de varianza para rendimiento comercial de frutos en pimiento (tabla 18), muestra que no existen diferencias estadísticas entre bloques, consiguientemente los bloques fueron homogéneos. Para tratamientos en estudio las diferencias estadísticas son altamente significativas, es decir al menos uno de los tratamientos tiene mayor promedio. El coeficiente de variabilidad fue 8,73 %.

Tabla 19

*Análisis de regresión del rendimiento comercial para frutos de pimiento (t ha<sup>-1</sup>). Los Pichones – Tacna. Junio 2009*

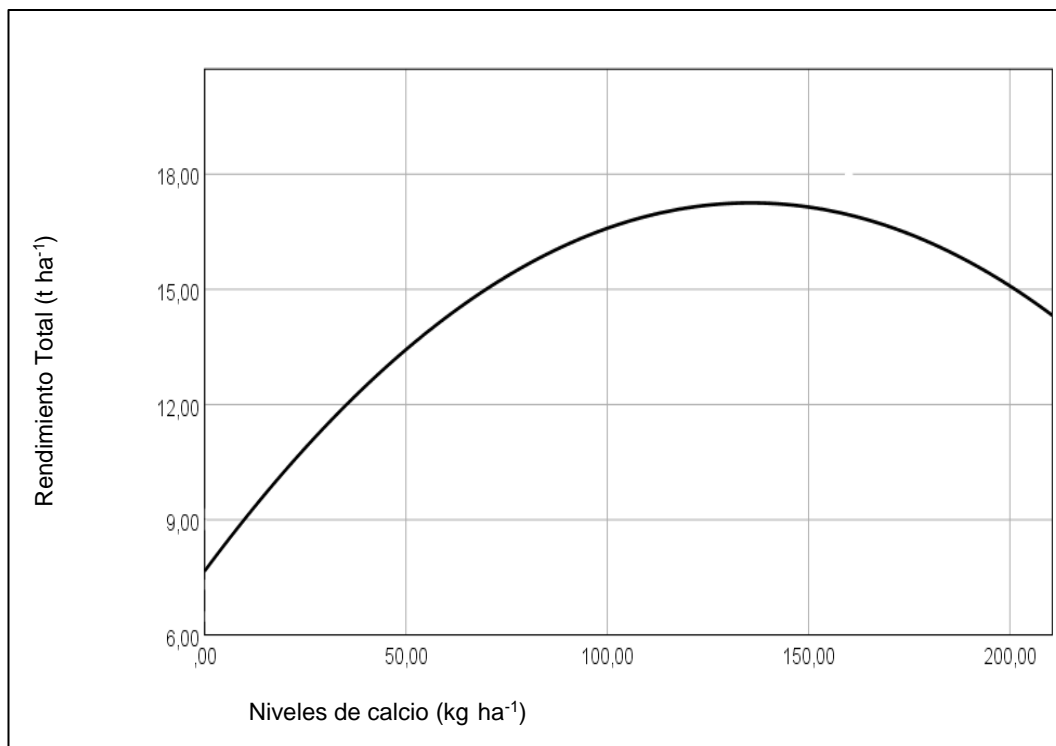
<b>F. de V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>F<sub>α</sub></b>		<b>Sign.</b>	
					<b>0,05</b>	<b>0,01</b>		
<b>Regresión</b>	2	254,244	127,122	36,157	3,59	6,11	**	
<b>Residuo</b>	17	59,769	3,516					
<b>Total</b>	19	314,013						
					<b>R<sup>2</sup> = 0,810</b>			

NS = No significativo \* = Significativo \*\* = Altamente significativo

El análisis de regresión (tabla 19) del rendimiento comercial de frutos en pimiento, se observa que es altamente significativa, por tanto el modelo utilizado es adecuado para explicar el comportamiento del cultivar a la aplicación de los tratamientos. La función de respuesta resultante es la siguiente:

$$\hat{Y} = 7,6621 + 0,1414X - 0,0005X^2$$

Con la ecuación anterior se determinó en 141,44 kg ha<sup>-1</sup> el nivel óptimo del calcio y se estimó el rendimiento comercial en 17,65 t ha<sup>-1</sup> de frutos en pimiento.



*Figura 5.* Rendimiento comercial (t ha<sup>-1</sup>) de pimientos en función a los niveles de calcio. Los Pichones – Tacna. Junio 2009

En la figura 5 nos muestra la relación entre niveles de calcio y el rendimiento comercial. El nivel óptimo de calcio fue 141,44 kg ha<sup>-1</sup>, con lo que se estimó el rendimiento comercial en 17,65 t ha<sup>-1</sup>. El coeficiente de determinación  $r^2 = 0.8100$  indica que el 81.00 % de la variabilidad del rendimiento comercial es debido a la aplicación del calcio.

## **5.2 Discusión**

De acuerdo a los resultados obtenidos para los tratamientos, podemos decir que las aplicaciones de calcio durante las etapas fenológicas especificadas dan un resultado favorable en el rendimiento total y comercial. En comparación al tratamiento testigo sin aplicación de calcio, notamos una disminución considerable en la cantidad de producto final, menos que el resultado obtenido en el tratamiento con aplicaciones frecuentes de calcio, de tal forma coincidimos con lo dicho por Saborio, Sáenz y Arauz (2004), que el calcio juega un rol determinante en el rendimiento comercial de ciertos frutos para garantizar la cantidad de las cosechas. (Saborio, Sáenz, y Arauz, 2004).

De acuerdo a los resultados se observa que los aportes frecuentes del elemento calcio en las etapas fenológicas del cultivo si estimulan el logro de resultados óptimos de la producción final, lo que se puede observar que nuestros resultados si coinciden con lo dicho por el Instituto de la

Potasa y el Fósforo (1997) y por Devlín (1982), donde afirma que el calcio influye indirectamente en el rendimiento que reduce la acidez del suelo y mejora las condiciones de crecimiento de las raíces estimulando la actividad microbiana. Podemos afirmar que el calcio ayuda al desarrollo de la planta y también influye en el rendimiento del pimiento.

Según los resultados obtenidos para los diferentes tratamientos y en función de las aplicaciones de calcio, se puede establecer que las aplicaciones frecuentes durante todas las etapas fenológicas de la planta estimulan resultados favorables para suplir la deficiencia de este elemento y casi evitar desórdenes fisiológicos típicos por la falta de calcio que desencadena en la pudrición apical de los frutos, confirmando así lo dicho por Wills, Mc Glasson, Graham y Joyce (1998), que el calcio es un mineral cuya deficiencia es fácilmente reconocida, ocasionando en los frutos la podredumbre del extremo apical.

El calcio es un elemento que juega un papel importantísimo en la estructura de la pared celular dándole rigidez a la célula y participando en la formación de la membrana celular además por ser un elemento poco móvil, frecuentemente no llega a distribuirse equitativamente por toda la planta afectándose así las zonas meristemáticas de la planta y apicales de los frutos, teoría que coincide por lo dicho por Ramírez (1993), donde afirma

que la capacidad limitada de la planta por regular la distribución de calcio internamente conlleva a desordenes fisiológicos típicos tales como necrosis apical en tomate y pepinillo.

Por otro lado, podemos notar que al comparar el tratamiento testigo con los demás tratamientos, este demuestra desordenes con mayor frecuencia e intensidad. De igual manera podemos ampliar el análisis para las aplicaciones realizadas en las demás etapas fenológicas de la planta.

Por lo tanto podemos concluir que el calcio es un elemento esencial durante todas las etapas de crecimiento de la planta que evita la presencia de desórdenes fisiológicos especialmente si se trata de especies exigentes en nutrición mineral.

Al ser este elemento considerado como esencial para garantizar la calidad y resistencia de las cosechas vemos que su aplicación continua en las diferentes etapas fenológicas del cultivo ayuda a la mejor conservación y consistencia de los frutos de pimiento. Por lo tanto coincidimos con lo dicho por Vivas y Guayta (2006), que el calcio es capaz de producir un aumento importante en el contenido de materia seca, por lo tanto beneficiara a la capacidad o resistencia que tendrán los frutos para ser almacenados o para el transporte (Vivas y Guayta, 2006).

## CONCLUSIONES

1. Respecto al diámetro polar de frutos, diámetro ecuatorial de frutos y altura de planta del cultivo de pimiento; se observó que no existen diferencias significativas para efecto de bloques y tratamientos; demostrándose que los tratamientos son estadísticamente similares entre sí, y los niveles de calcio no produjeron ningún efecto sobre estas variables.
2. Las variables evaluadas: número y peso promedios de frutos, no son influenciados por los tratamientos aplicados, por lo tanto no son diferenciados.
3. El nivel óptimo de calcio fue  $182,25 \text{ kg ha}^{-1}$ , con el que se estimó el rendimiento total en  $23,32 \text{ t ha}^{-1}$  en frutos de pimiento. El coeficiente de determinación  $r^2 = 0,9560$  indica que el 95,60 % de la variabilidad del rendimiento total es debido a la aplicación del calcio.
4. El nivel óptimo de calcio fue  $141,44 \text{ kg ha}^{-1}$ , con lo que se estimó el rendimiento comercial en  $17,65 \text{ t ha}^{-1}$ . El coeficiente de determinación  $r^2 = 0.8100$  indica que el 81.00 % de la variabilidad del rendimiento comercial es debido a la aplicación del calcio.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda fertilizar con  $141,44 \text{ kg ha}^{-1}$  de calcio, bajo las condiciones propuestas en este trabajo de investigación, puesto que es un elemento necesario para la nutrición de los cultivos e influye directamente en el rendimiento y la calidad del fruto.
2. Es fundamental que el calcio este en los programas de fertilización de los cultivos de pimiento, puesto que actúa como elemento estructural, colaborando en la rigidez de la planta, en la defensa contra patógenos y fitotoxicidades. Además actúa como elemento catalizador de muchas reacciones hormonales, por lo que al final del proceso influye en maximizar la fortaleza de los cultivo.
3. Por otro lado es recomendable la utilización del riego tecnificado, para usar racionalmente el recurso hídrico, cuya escasez constituye el principal factor que agobia a nuestra región, así mismo, la adopción del riego por goteo aumentara la producción de los cultivos alimentarios y mejorara los ingresos de los agricultores.
4. Es recomendable realizar un estudio de mercado concienzudo que nos garantice la buena comercialización de nuestro producto y así

5. justificar los gastos. Una buena alternativa que se debe aprovechar es el mercado internacional que demanda de productos de excelente calidad.
  
6. Se recomienda continuar realizando evaluaciones, pruebas, estudios y comparaciones con otras fuentes de calcio para que encontremos resultados que nos permitan elegir la fórmula y el grado preciso de fertilización con calcio, para obtener cultivos de pimientos con mejores rendimientos, frutos de calidad e incremente su vida comercial.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez et al. (2015). Eficacia de formulaciones y dosis de calcio en el rendimiento de pimiento morrón. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*.
- Arteaga, C. (1986). *El riego a presión en la Yarada. I seminario: aplicación agraria en el departamento de tacna*. Perú: CORDE.
- Bear, M. (1987). *Suelo y Fertilizantes*. Barcelona, España: Arancibia.
- Calderon, E. (1990). *Manual del Fruticultor Moderno*. México: Limusa S. A.
- Chipana, J. (1996). *Estudio agrológico del CEA III Los "Pichones" (tesis pregrado)*. Tacna, Perú: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Churata, D. (2008). *Rendimiento y calidad del fruto de ocho cultivares de pimiento (Capsicum annum L.) en el CEA III "Los Pichones"*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann . Tacna, Perú: (Tesis pregrado).
- Cooke, G. W. (1986). *Fertilización para rendimientos máximos*. México: Continental S.A.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Corpoica y Gobernación de Antioquia. (2014). *Modelo productivo del pimentón bajo condiciones protegidas en el Oriente antioqueño. Recuperado*

en julio. Recuperado el 30 de julio de 2015, de <http://conectarural.org/sitio/sites/default/>.

Cruz et al. (2009). Altas densidades con despunte temprano en rendimiento y período de cosecha en chili pimiento. *Agricultura Técnica en México*, 70 -77.

Delgado de la Flor, F. (1983). *Cultivos Hortícolas*. Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina.

Delvin, R. (1982). *Fisiología Vegetal* (Cuarta ed.). Barcelona, España: Omega.

Estación Experimental Agrícola. (2005). características de la Planta. *Conjunto tecnológico para la producción de pimiento*, 1 - 5.

Fallahi, et al. (1997). The role of calcium and nitrogen in postharvest quality and disease resistance of apples. *Hort Science*.

Fassbender, H. (1994). *Química de suelos con énfasis en suelos de America latina* (Segunda ed.). Costa Rica: IICA.

Ferguson , I. B., & Droback, B. K. (1986). *Calcium and the regulation of plant growth and senescence*. HortScience.

Fersini, A. (1979). *Horticultura Práctica*. México: Diana.

Fuentes, J. (1995). *Efecto de cuatro reguladores de crecimiento en el rendimiento del cultivo de la cebolla (Allion cepa L.) Var. Texas Early*

- Grano 502 (tesis pregrado)*. Tacna - Perú: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Fuentes, J. (2002). *Manual Practico Sobre Utilización de Suelo y Fertilizantes*. España: Mundi Prensa.
- Fuentes, J. (2002). *Manual Práctico sobre utilización de suelo y fertilizantes*. España: Mundi Prensa.
- Guevara, S. (2005). *Estudio de Tratamientos Sobresalientes de Vermicomposta en la Producción de Plántulas de Pimiento Morrón (Capsicum annum) var. Capistrano, Bajo Condiciones de Invernadero*. Tesis pregrado, Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro, México.
- Idea. (1986). *Corporación de Fomento de la Producción Gerencia de Desarrollo. Introducción de Nuevas Especies y Variedades de Hortalizas a la Primera Región*. Arica - Chile. (IDEA, Ed.)
- Iglesias et al. (2008). *Evaluación de la productividad de cultivares de pimiento (Capsicum annum) en invernadero en el Alto valle de Rio Negro*. Alto Valle de Rio Negro, Argentina.
- Influec. (1970). *Institut Nationale pour la vulgarization des fruit legumens et champignons, El pimiento Economía - Producción - Comercialización* (Acribia ed.). Zaragoza, España.

- Inpofos. (1993). información Agronómica N° 12. *Instituto de la potasa y el fósforo - INFOBOS*, 15.
- Instituto de la Potasa y el Fosforo. (1997). *Manual Internacional de fertilidad de suelos* (Primera ed.). España: Research Education.
- López, R. (2003). *Chilli: La especia del Nuevo Mundo*. Ciencias.
- Maroto, J. (1983). *Horticultura Herbácea Especial*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Mercado, C. (1994). La necesidad del riego tecnificado, para modernizar el agro nacional. *Revista del Agro*.
- Miller, C. (1979). *Relación entre el crecimiento del pimiento Bell (Capsicum annum L.) y acumulación de Nutrientes sobre un campo a medio ambiente*. *S. Amer. Soc. Hort. Sci.*
- Montaño, N., y Belizario, H. (2001). *Comportamiento agronómico de siete cultivares de pimentón (Capsicum annum L.)*. Escuela de Ingeniería Agronómica, Núcleo de Monagas, Universidad de Oriente, Agronomía, Venezuela.
- Navarro S, y Navarro G. (2003). *Química agrícola: el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal*. Madrid, España: Mundi - Prensa.
- NÚEZ, F., GIL, R., y COSTA, J. (1996). *El Cultivo de Pimientos, Chiles y Ajíes*. Mundi - Prensa.

- Pineda, L. (1999). Manejo de la fertilidad del sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. MOENCH). *La Calera*.
- Ramírez, F. (1993). *Prácticas de fertilidad avanzada de suelo I*. Universidad Nacional Agraria la Molina., Escuela de Post-grado, Lima.
- Razuri, L. (1989). *Diseño de riego por goteo*. Madrid, España: CIDIAT.
- Red agraria. (2004). *Divulgación, capacitación, investigación*. Recuperado de [http: WWW.redagraria.com](http://WWW.redagraria.com).
- Reséndiz et al. (2010). Variedades de pimiento morrón manejadas con despunte temprano en dos densidades de población. *Chapingo Ser. Hortic*, 223-229.
- Saborio, Sáenz, y Arauz. (2004). [www.mag.go.cr/rev\\_agr/v24n02\\_007.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_agr/v24n02_007.pdf).
- Sánchez, B., y Dios, G. (1976). *Macronutrientes*. En: *Las tierras cultivadas del municipio de Pontevedra Misión Biológica de Galicia*.
- Taiz, L., y Zeiger, E. (2006). *Plant physiology* (Segunda ed.). Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates.
- Tislade, y Nelson, W. L. (1988). *Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes* (Primera ed.). Barcelona, España: Montaner y Simón S. A.
- Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano - UJTL y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - MADR. (2012). *Manual de producción de pimentón bajo invernadero*. Bogotá: Gente Nueva.
- Urbano, P. (1992). *Fitotecnia* (Primera ed.). Madrid, España: Mundi Prensa.

- Urbano, P. (2002). *Fitotecnia: Ingeniería de la producción vegetal* (Primera ed.). Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Valdivia, H. (1993). *Métodos y sistemas de riego por goteo*. Arequipa - Perú: CIPA II.
- Vejarano, A. (1990). Nutrición mineral de las plantas.
- Villagarcía, S. (1986). *Manual de uso de Fertilizantes*. Lima, Perú.
- Vivas, y Guayta. (2006). *Instituto Nacional de Tecnología*. Recuperado de [http de: www.rafaela.inta.gov.ar/productores97\\_98/p1.htm-7K](http://www.rafaela.inta.gov.ar/productores97_98/p1.htm-7K).
- Wild, A. (1988). *Potassium, Sodium, Calcium, Magnesium, Sulphur, Silicon* (11° edición ed.). Wild.
- Wills et al. (1998). *Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales* (Segunda ed.). Zaragoza, España: Acribia S.A.

## **ANEXOS**

**Anexo 1. Cálculo de la cantidades de fertilizante en kilogramo por hectárea para el pimiento, CEA III “Los Pichones”- Tacna 2008 – 2009**

fertilizantes	Tratamiento t <sub>0</sub> : 0					
	Kg/ha	N/180	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /120	K <sub>2</sub> O	CaO	Ca/0
Nitrato de calcio	-	-	-	-	-	-
Urea	336,13	154,62	-	-	-	-
Fosfato monoamónico	230,76	25,38	120,00	-	-	-
fertilizantes	Tratamiento t <sub>1</sub> : 40					
	Kg/ha	N/180	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /120	K <sub>2</sub> O	CaO	Ca/40
Nitrato de calcio	211,20	32,74	-	-	55,97	40
Urea	264,97	121,88	-	-	-	-
Fosfato monoamónico	230,76	25,38	120,00	-	-	-
fertilizantes	Tratamiento t <sub>2</sub> : 80					
	Kg/ha	N/180	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /120	K <sub>2</sub> O	CaO	Ca/80
Nitrato de calcio	422,40	130,94	-	-	111,94	80
Urea	193,80	89,15	-	-	-	-
Fosfato monoamónico	230,76	25,38	120,00	-	-	-
fertilizantes	Tratamiento t <sub>3</sub> : 120					
	Kg/ha	N/180	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /120	K <sub>2</sub> O	CaO	Ca/120
Nitrato de calcio	633,60	98,21	-	-	167,90	120
Urea	122,63	56,41	-	-	-	-
Fosfato monoamónico	230,76	25,38	120,00	-	-	-
fertilizantes	Tratamiento t <sub>4</sub> : 160					
	Kg/ha	N/180	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /120	K <sub>2</sub> O	CaO	Ca/160
Nitrato de calcio	844,77	130,94	-	-	223,86	160
Urea	51,48	23,68	-	-	-	-
Fosfato monoamónico	230,76	25,38	120,00	-	-	-

**Anexo 2. Diámetro polar de frutos en pimiento (cm): CEA III "Los Pichones"**

TRATAMIENTOS	BLOQUES				SUMA	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
t <sub>0</sub>	7,62	5,80	5,82	6,21	25,45	6,36
t <sub>1</sub>	6,16	6,49	6,47	6,78	25,90	6,48
t <sub>2</sub>	7,49	6,58	7,10	7,46	28,63	7,16
t <sub>3</sub>	6,94	5,81	8,37	7,64	28,77	7,19
t <sub>4</sub>	6,39	7,19	6,39	7,32	27,29	6,82
<b>SUMA</b>	34,59	31,87	34,15	35,42	136,03	34,01

**Anexo 3. Diámetro ecuatorial de frutos en pimiento (cm): CEA III "Los Pichones"**

TRATAMIENTOS	BLOQUES				SUMA	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
t <sub>0</sub>	8,39	7,60	7,20	7,65	30,84	7,71
t <sub>1</sub>	7,50	7,88	8,10	7,51	30,99	7,75
t <sub>2</sub>	8,53	7,84	8,14	7,39	31,90	7,97
t <sub>3</sub>	8,47	7,50	8,52	8,54	33,02	8,25
t <sub>4</sub>	8,07	8,35	7,66	8,39	32,48	8,12
<b>SUMA</b>	40,97	39,16	39,62	39,47	159,22	39,81

**Anexo 4. Altura de la planta en pimiento (cm): CEA III "Los Pichones"**

TRATAMIENTOS	BLOQUES				SUMA	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
t <sub>0</sub>	38,84	47,22	35,93	34,63	156,62	39,16
t <sub>1</sub>	43,51	40,02	38,86	46,47	168,86	42,21
t <sub>2</sub>	33,59	40,67	36,94	35,83	147,03	36,76
t <sub>3</sub>	48,67	40,67	36,66	36,87	162,87	40,72
t <sub>4</sub>	38,40	43,43	32,61	43,59	158,03	39,51
<b>SUMA</b>	203,01	212,01	181,00	197,38	793,40	198,35

**Anexo 5. Número promedio de frutos en pimiento por planta (unidad): CEA III "Los Pichones"**

TRATAMIENTOS	BLOQUES				SUMA	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
t <sub>0</sub>	12,40	20,40	13,70	12,90	59,40	14,85
t <sub>1</sub>	19,10	15,30	16,40	20,30	71,10	17,78
t <sub>2</sub>	17,50	18,40	14,10	15,70	65,70	16,43
t <sub>3</sub>	23,10	21,40	17,60	15,70	77,80	19,45
t <sub>4</sub>	20,00	17,80	32,61	12,90	83,31	20,83
<b>SUMA</b>	92,10	93,30	94,41	77,50	357,31	89,33

**Anexo 6. Peso promedio de frutos en pimiento (g): CEA III "Los Pichones"**

TRATAMIENTOS	BLOQUES				SUMA	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
t <sub>0</sub>	150,43	128,86	123,57	135,29	538,14	134,54
t <sub>1</sub>	128,74	112,14	152,57	156,57	550,03	137,51
t <sub>2</sub>	198,00	138,29	170,86	148,86	656,00	164,00
t <sub>3</sub>	185,57	137,45	210,29	177,71	711,02	177,76
t <sub>4</sub>	151,71	144,86	134,31	127,43	558,31	139,58
<b>SUMA</b>	814,46	661,59	791,59	745,86	3013,50	753,38

**Anexo 7. Rendimiento total de frutos en pimiento (t ha<sup>-1</sup>). CEA III "Los Pichones"**

TRATAMIENTOS	BLOQUES				SUMA	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
t <sub>0</sub>	10,11	9,21	11,48	8,99	39,79	9,95
t <sub>1</sub>	14,57	14,57	14,42	13,97	57,53	14,38
t <sub>2</sub>	16,46	17,99	19,48	18,34	72,26	18,07
t <sub>3</sub>	23,87	22,74	20,18	22,07	88,86	22,21
t <sub>4</sub>	22,17	19,71	17,69	19,68	79,24	19,81
<b>SUMA</b>	87,18	84,21	83,25	83,05	337,69	84,42

**Anexo 8. Rendimiento comercial de frutos en pimiento (t ha<sup>-1</sup>). CEA III  
"Los Pichones"**

TRATAMIENTOS	BLOQUES				SUMA	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
t <sub>0</sub>	7,73	11,60	9,16	6,48	34,97	8,74
t <sub>1</sub>	11,82	17,74	13,32	13,08	55,96	13,99
t <sub>2</sub>	14,82	22,23	13,44	13,43	63,91	15,98
t <sub>3</sub>	19,31	28,96	17,74	19,37	85,37	21,34
t <sub>4</sub>	17,96	26,94	15,76	18,81	79,46	19,86
<b>SUMA</b>	71,64	107,45	69,42	71,17	319,68	79,92

**Anexo 9. Aplicaciones de fertilizantes kg ha<sup>-1</sup>. CEA III "Los Pichones"**

tratamiento	Ca	CaO	Cantidad de nitrógeno (N) que aporta el nitrato de calcio	Cantidad de nitrógeno (N) que aporta el fosfato monomónico	Cantidad de nitrógeno (N) según fórmula de abonamiento	Cantidad de nitrógeno (N) que aportara la urea	Cantidad de fertilizante urea (Kg/ha)	Cantidad de fertilizante fosfato monomónico (Kg/ha)	Cantidad de fertilizante nitrato de calcio (Kg/ha)
T <sub>0</sub>	<b>0,00</b>	0,00	0,00	25,38	180,00	180,00	<b>391,30</b>	<b>230,73</b>	<b>0,00</b>
T <sub>1</sub>	<b>40,00</b>	55,97	32,73	25,38	180,00	121,89	<b>264,98</b>	<b>230,73</b>	<b>211,16</b>
T <sub>2</sub>	<b>80,00</b>	111,93	65,47	25,38	180,00	89,15	<b>193,80</b>	<b>230,73</b>	<b>422,39</b>
T <sub>3</sub>	<b>120,00</b>	167,90	98,20	25,38	180,00	56,42	<b>122,65</b>	<b>230,73</b>	<b>633,55</b>
T <sub>4</sub>	<b>160,00</b>	223,86	130,94	25,38	180,00	23,68	<b>51,48</b>	<b>230,73</b>	<b>844,77</b>

**Anexo 10. Aplicaciones de nitrógeno y nitrato de calcio g/U.E. (18 m<sup>2</sup>). CEA III "Los Pichones"**

tratamiento	Ca	CaO	Cantidad de nitrógeno (N) que aporta el nitrato de calcio	Cantidad de nitrógeno (N) que aporta el fosfato monomónico	Cantidad de nitrógeno (N) según fórmula de abonamiento	Cantidad de nitrógeno (N) que aportara la urea	Cantidad de fertilizante urea (g/U.E.)	Cantidad de fertilizante fosfato monomónico (g/U.E.)	Cantidad de fertilizante nitrato de calcio (g/U.E.)
T <sub>0</sub>	<b>0,00</b>	0,00	0,00	45,68	324,00	324,00	<b>704,35</b>	<b>415,31</b>	<b>0,00</b>
T <sub>1</sub>	<b>72,00</b>	100,75	58,91	45,68	324,00	219,40	<b>476,96</b>	<b>415,31</b>	<b>380,09</b>
T <sub>2</sub>	<b>144,00</b>	201,47	117,85	45,68	324,00	160,47	<b>348,85</b>	<b>415,31</b>	<b>760,30</b>
T <sub>3</sub>	<b>216,00</b>	302,22	176,76	45,68	324,00	101,56	<b>220,77</b>	<b>415,31</b>	<b>1140,39</b>
T <sub>4</sub>	<b>288,00</b>	402,95	235,69	45,68	324,00	42,20	<b>92,66</b>	<b>415,31</b>	<b>1520,59</b>

**Anexo 11. Aplicación porcentual de fertilizantes por etapa fenológica del cultivo de pimiento. CEA III "Los Pichones"**

Aplicación de fertilizantes por etapa fenológica	Dosis %		
	DDT (*)	Nitrato de calcio %	urea %
Transplante – establecimiento o desarrollo.(aplicación por sistema de riego)	15	7	17
	30	10	-
	45	10	-
Desde iniciación de la floración a comienzos de la fructificación	60	10	40
	90	20	-
	97	13	43
Desde la formación de fruto al final de la cosecha.	104	10	-
	111	10	-
	118	10	-
	146	-	-
	<b>Total</b>	<b>0 - 146</b>	<b>100%</b>

(\*) = Días después de Transplante

**Anexo 12. Fertilización de tratamientos según etapa fenológica del cultivo de pimiento. CEA III "Los Pichones"**

Aplicación de fertilizantes por etapa fenológica	Dosis g/U.E. (18m <sup>2</sup> )										
	DDT (*)	t <sub>0</sub>		t <sub>1</sub>		t <sub>2</sub>		t <sub>3</sub>		t <sub>4</sub>	
		Nitrato de calcio Kg/U.E. (g/18 m <sup>2</sup> )	urea (g/18 m <sup>2</sup> )	Nitrato de calcio Kg/U.E. (g/18 m <sup>2</sup> )	urea (g/18 m <sup>2</sup> )	Nitrato de calcio Kg/U.E. (g/18 m <sup>2</sup> )	urea (g/18 m <sup>2</sup> )	Nitrato de calcio Kg/U.E. (g/18 m <sup>2</sup> )	urea (g/18 m <sup>2</sup> )	Nitrato de calcio Kg/U.E. (g/18 m <sup>2</sup> )	urea (g/18 m <sup>2</sup> )
desde iniciación de la floración a los comienzos de la fructificación	15	-	119,740	26,606	81,083	53,227	59,305	79,827	37,531	106,441	15,752
	30	-	-	38,009	-	76,038	-	114,039	-	152,059	-
	45	-	-	38,009	-	76,038	-	114,039	-	152,059	-
Transplante - establecimiento o desarrollo	60	-	281,740	38,009	190,784	76,038	139,540	114,039	88,308	152,059	37,064
	90	-	-	76,018	-	152,076	-	228,078	-	304,118	-
	97	-	302,871	49,412	205,093	98,849	150,006	148,251	94,931	197,677	39,844
Desde la formación de fruto al final de la cosecha	104	-	-	38,009	-	76,038	-	114,039	-	152,059	-
	111	-	-	38,009	-	76,038	-	114,039	-	152,059	-
	118	-	-	38,009	-	76,038	-	114,039	-	152,059	-
	146	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>total</b>	<b>0 -146</b>	<b>0,00</b>	<b>704,350</b>	<b>380,090</b>	<b>476,960</b>	<b>760,380</b>	<b>348,850</b>	<b>1140,390</b>	<b>220,770</b>	<b>1520,590</b>	<b>92,660</b>

(\*) = Días después de Transplante; U.E. = unidad experimental.

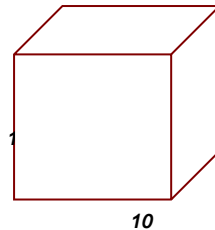
### **Anexo 13. Cálculo para hallar la fórmula de abonamiento**

$$\text{Volumen del suelo} = 100 \times 100 \times 0,15 = 1\,500 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso del suelo} = V \times D_a$$

$$\text{Peso del suelo} = 1\,500 \times 1,48$$

$$\text{Peso del suelo} = 2\,220 \text{ t}$$



#### **Materia orgánica (M.O.):**

$$2\,220 \text{ t} \text{ ---- } 100 \%$$

$$X \text{ ---- } 1,85 \%$$

$$X = 41,07 \text{ t de M. O.}$$

#### **Nitrógeno (N):**

$$2\,220 \text{ kg de N} \text{ ---- } 100 \%$$

$$X \text{ ---- } 0,08 \%$$

$$X = 1,776 \text{ t de N total}$$

$$X = 1\,776 \text{ kg de N total}$$

#### **Mineralización:**

$$1\,776 \text{ kg de N} \text{ ---- } 100 \%$$

$$X \text{ ---- } 2,5 \%$$

$$X = 44,40 \text{ kg de N mineral/ha/año}$$

$$X = 44,40/2 = 22,20 \text{ kg de N mineral/ha/campaña}$$

### **Fósforo (P):**

1 000 000 kg de suelo ---- 11,98 kg de P

2 220 000 kg de suelo ---- X

X ---- 26,59 kg de P ha<sup>-1</sup>

$P_2O_5 = 22,39 \times 2,3 = 61,17$  kg de  $P_2O_5$ /ha

### **Potasio (K):**

1 000 000 kg de suelo ---- 90,68 kg de K

2 220 000 kg de suelo ---- X

X ---- 200,31 kg de K/ha

$K_2O = 200,31 \times 1,2 = 241,57$  kg de  $K_2O$ /ha

### **Cultivo del pimiento**

Rendimiento Promedio: 13,0 t/ha

Necesidades del rendimiento promedio:

<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>
100	50	130

### **N<sub>2</sub>:**

13,0 t ---- 100,0 kg

20,0 t ---- X

X = 153,85 kg de N

**P:**

13,00 t ---- 50,00 kg

20,00 t ---- X

X = 76,92 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

**K:**

13,00 t ---- 90,00 kg

20,00 t ---- X

X = 138,46 kg de K<sub>2</sub>O

N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
153,85	76,92	138,46

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<b>Extrae del suelo</b>	153,85	76,92	138,46
<b>Aporta el suelo</b>	22,20	61,17	241,57
<b>Diferencia</b>	131,65	15,75	----

**Eficiencia de fertilizantes:**

N = 80 %; P = 15 %; K = 70 %

131,65 kg de N ---- 80 %

X ---- 100 %

X = 164,56 kg de N

15,75 kg de  $P_2O_5$  ---- 15 %

X ---- 100 %

X = 105,00 kg de  $P_2O_5$

**Fórmula de abonamiento:**

<b>N</b>	<b><math>P_2O_5</math></b>	<b><math>K_2O</math></b>
180	120	----

**Anexo 14. Cálculo de la demanda de agua para el cultivo de sandía, en el sistema de riego por goteo.**

Los cálculos de la demanda de agua son como sigue:

- 1. Evaporación del tanque tipo "A"**  
Información de meteorología
- 2. Coeficiente del cultivo (Kc)**  
Se considera los datos de la tabla 7
- 3. Evaporación del cultivo (Etc)**

La evaporación del cultivo se obtuvo con la siguiente fórmula:

Dónde:

ET(c) = evapotranspiración del cultivo

$K(c)$  = evaporación empírica de uso consuntivo del cultivo.

$ET(a)$  = evaporación del tanque tipo "A" (mm/día).

#### **4. Eficiencia del sistema de riego**

Se ha considerado una eficiencia del orden del 85 % debido a que no presenta pérdidas por conducción, distribución, efectos de vientos, las pérdidas por evaporación son muy bajas.

#### **5. Lámina de aplicación (mm/día)**

Lamina de aplicación =  $Et(c)$  (mm/día)/Eficiencia de aplicación

#### **7. Determinación de la lámina de riego**

Para la determinación de la lámina de riego se tomó en cuenta:

$$H.A. = (C.C-P.M.P)/100 \times Da \times Pr$$

$$H.A. = (16,45 - 8,82)/100 \times 1,48 \times 12$$

$$H.A. = 1,355 \text{ cm}$$

$$H.A. = 13,55 \text{ cm}$$

Reemplazando valores se tiene:

$$H.A. = 1,355 \text{ cm}$$

$$H.A. = 13,55 \text{ cm}$$

Dónde:

H.A. : Humedad Aprovechable.

C.C. : Capacidad de campo.

P.M.P : Punto de marchitez Permanente.

Da : Densidad aparente.

Pr : Profundidad de raíces.

Lr : Lámina de riego.

Considerando que después del primer riego, los riegos que siguen serán aplicados cuando exista el 50 % de H.A. en el suelo.

La lámina de riego será:

$$Lr = 50\% \text{ de H.A.}$$

$$Lr = 13,55/2 \text{ mm}$$

$$Lr = 6,78 \text{ mm}$$

#### **7. Ciclo de riego (CR)**

$$\text{C.R.} = Lr/UC = 6,78 \text{ mm}/5,27 \text{ mm/día}$$

$$\text{C.R.} = 1,29 \text{ días.}$$

$$\text{C.R.} = 2 \text{ días.}$$

Dónde: UC : Uso consuntivo mayor ET(c) mayor.

#### **8. Período de riego (P.R.)**

Se ha calculado según las necesidades hídricas del cultivo, durante cada mes, para ello se ha tenido que medir los volúmenes de agua que la cinta goteó antes del cultivo, resultando 170 litros por hora por módulo. Basándose en este valor se calcularon las horas de riego según el ciclo de riego. (Tabla 9).

## Anexo 15. Costo de producción por hectárea

Cultivo	:	<b>Pimiento</b>
Periodo vegetativo	:	146 días
Zona	:	CEA III "Los pichones" - FCAG -UNJBG
Sistema de riego	:	Goteo
Jornal campo	:	25 soles
Tracción Mecánica	:	45 soles
Rendimiento Promedio kg ha <sup>-1</sup>	:	14980,00
Precio promedio de la venta unitaria (S/. X kg)	:	1,20

Actividad	Unidad	Cant.	Costo Unitario	Costo Parcial	Costo Total
<b>1. COSTO DEL CULTIVO</b>					
<b>A. PREPARACIÓN DEL TERRENO</b>					515,00
Análisis de suelo	análisis	1,00	50,00	50,00	
Incorporación de M.O.	jornal	3,00	25,00	75,00	
Aradura	h/m	3,00	45,00	135,00	
Desterronado	h/m	2,00	45,00	90,00	
Nivelado	h/m	2,00	45,00	90,00	
Instalación de cintas de riego	jornal	3,00	25,00	75,00	
<b>B. SIEMBRA</b>					125,00
Siembra en bandejas	jornal	2,00	25,00	50,00	
Resiembra	jornal	1,00	25,00	25,00	
Transplante	jornal	2,00	25,00	50,00	
<b>C. LABORES CULTURALES</b>					250,00
Desahije	jornal	1,00	25,00	25,00	
Podas	jornal	3,00	25,00	75,00	
Fertirrigación	jornal	3,00	25,00	75,00	
Deshierbo manual	jornal	3,00	25,00	75,00	
<b>D. RIEGOS</b>					100,00
Mano de obra	jornal	4,00	25,00	100,00	
<b>F. CONTROL FITOSANITARIO</b>					75,00
Mano de obra	jornal	3,00	25,00	75,00	
<b>G. COSECHA</b>					250,00
Cosecha, selección y empaque	jornal	10,00	25,00	250,00	
<b>SUB TOTAL COSTO DEL CULTIVO</b>					<b>1315,00</b>
<b>2. COSTOS ESPECIALES</b>					

<b>A. Insumos</b>					180,00
Semillas	Kg	1,00	180,00	180,00	
<b>B. Fertilizantes</b>					2180,00
Urea	kg	300,00	1,20	360,00	
Nitrato de calcio	kg	400,00	2,00	800,00	
fosfato monoamónico	kg	150,00	3,80	570,00	
Estiércol	TM	15,00	30,00	450,00	
<b>C. Insecticidas</b>					380,00
Force	kg	5,00	12,00	60,00	
Tamarón	L	1,00	55,00	55,00	
Confidor	L	1,00	60,00	60,00	
Padan	kg	1,00	55,00	55,00	
Lannate	kg	1,00	150,00	150,00	
<b>D. Fungicidas</b>					150,00
Benlate	kg	1,00	150,00	150,00	
<b>E. Otros</b>					250,14
Adherente	L	1,00	20,00	20,00	
Canon de agua m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	4185,98	0,01	30,14	
Equipo de riego (10 % depreciación anual)		1,00	200,00	200,00	
<b>SUB TOTAL COSTO ESPECIALES</b>					<b>3140,14</b>
<b>3. COSTOS GENERALES</b>					
<b>leyes sociales (15 % del valor de la mano de obra)</b>					142,50
Gastos de administración (8%)					356,41
Imprevistos (10%)					445,51
Costos financieros (16 %, 6 meses)					712,82
<b>SUB TOTAL COSTO GENERALES</b>					<b>1657,25</b>
<b>4. GASTOS POR TRASLADO DE PRODUCTO</b>					
Transporte de producto al mercado					<b>600,00</b>

<b>5. RESUMEN</b>		
<b>1. COSTO DEL CULTIVO</b>		<b>1315,00</b>
<b>2. COSTOS ESPECIALES</b>		<b>3140,14</b>
<b>3. COSTOS GENERALES</b>		<b>1657,25</b>
<b>5. GASTOS POR TRASLADO DE PRODUCTO</b>		<b>600,00</b>
<b>6. VALORACIÓN DE LA COSECHA</b>		
Rendimiento kg/ha		14980,00
Precio promedio de venta unitaria S/. * kg		1,20
Valor bruto de la producción S/.		17976,00
<b>7. ANÁLISIS ECONÓMICO</b>		
Valor bruto de la producción		17976,00
Costo de la producción total (C.P.T.)		6712,39
Utilidad bruta de la producción		11263,61
Precio promedio de la venta unitaria (kg)		1,20
Costo de la producción por kilo		0,45
Margen de utilidad por kilo		0,75
<b>8. DISTRIBUCION DE LA COSECHA</b>	<b>cantidad kg</b>	<b>Valor</b>
Mermas y pérdidas 5% de la producción total	749	898,80
Producción vendida 95 % de la producción total (P.T.)	14231	17077,20
Utilidad Neta: 95 % (U.N.P. = P.T. - C.P.T.)		10364,81
Producción vendida 95 % de la producción total (P.T.)		17077,20
Costo de la producción total (C.P.T.)		6712,39
<b>Índice de rentabilidad: U.N.P./C.P.T. X 100</b>		<b>154,41</b>
Utilidad Neta: 95 % (U.N.P. = P.T. - C.P.T.)		10364,81
Costo de la producción total (C.P.T.)		6712,39
<b>RELACION BENEFICIO/COSTO</b>		<b>1,54</b>
Utilidad Neta: 95 % (U.N.P. = P.T. - C.P.T.)		10364,81
Costo de la producción total (C.P.T.)		6712,39