

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE AGROSILVO PASTORIL
ESCUELA ACADÉMICO - PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**EFFECTOS DE FOSFONATO DE CALCIO EN EL CULTIVO DE
LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) VARIEDAD GRAND RAPIDS
WALDEMAN'S STRAIN - PROVINCIA DE LAMAS**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR LA BACHILLER:

ZOILA LUZ ORE AQUINO

TARAPOTO - PERÚ

2015

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE AGROSILVO PASTORIL
ESCUELA ACADÉMICO-PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



TESIS

**EFFECTOS DE FOSFONATO DE CALCIO EN EL CULTIVO
LECHUGA (*Lactuca sativa*) VARIEDAD GRAND RAPIDS
WALDEMAN'S STRAIN - PROVINCIA DE LAMAS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR LA BACHILLER:
ZOILA LUZ ORE AQUINO**

**TARAPOTO - PERÚ
2015**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE AGROSILVO PASTORIL
ESCUELA ACADÉMICO - PROFESIONAL DE AGRONOMÍA
ÁREA DE MEJORAMIENTO Y PROTECCIÓN DE CULTIVOS

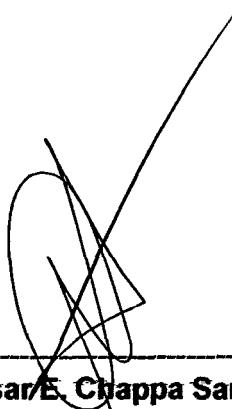
TESIS

**EFFECTOS DE FOSFONATO DE CALCIO EN EL CULTIVO
LECHUGA (*Lactuca sativa*) VARIEDAD GRAND RAPIDS
WALDEMAN'S STRAIN - PROVINCIA DE LAMAS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR LA BACHILLER:
ZOILA LUZ ORE AQUINO**

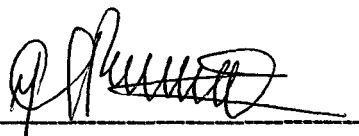
Jurados de Tesis



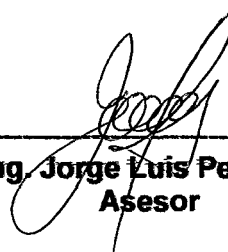
Ing. M.Sc. Cesar E. Chappa Santa María
Presidente



Ing. M.Sc. Elias Torres Flores
Secretario



Ing. María Emilia Ruiz Sánchez
Miembro



Ing. Jorge Luis Pelaez Rivera
Asesor

DEDICATORIA

A Dios.

Por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi madre LUZ.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre BACILIO.

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mis hermanos FLOR DE JESÚS, ALFONSO Y JERSON.

Por estar conmigo y apoyarme siempre durante la realización de mi carrera profesional, los quiero mucho.

A mis amigos LUIS, LAURA y FRANCO.

Por su apoyo y ayuda que me brindaron durante el desarrollo de mi carrera profesional que hicieron que cumpla con éxito mis objetivos trazados.

AGRADECIMIENTO

- ***Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.***
- ***A mis padres BACILIO Y LUZ, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo, todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.***
- ***Al Ing. JORGE LUIS PELAEZ RIVERA, por asesorarme en este trabajo de investigación y brindarme los conocimientos requeridos para culminar con éxito este trabajo.***

A LUIS, por su apoyo incondicional durante el proceso y culminación de este trabajo de investigación.

INDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
3.1. Origen Cultivo de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.)	4
3.2. Clasificación taxonómica	4
3.3. Morfología	4
3.4. Fenología del cultivo	5
3.5. Fertilización y deficiencias nutricionales	6
3.6. Enfermedades fungosas que atacan al cultivo de lechuga	7
3.7. Aplicación de riego	9
3.8. Variedades de lechugas	9
3.9. Contenido nutricional y principales usos	10
3.10. Requerimientos edafobioclimáticos	11
3.11. Requerimientos nutricionales del cultivo de lechuga	13
3.12. Bionova Group-Perú (2012)	15
3.13. Investigaciones con Fosfonato y efectos de Ca/P	16
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	17
4.1. Materiales	17
4.1.1. Ubicación del campo experimental	17
4.1.2. Antecedentes del campo	17
4.1.3. Vías de acceso	18
4.1.4. Características edafoclimáticas	18

4.1.5.	Componentes a estudiarse	20
4.2.	Metodología	20
4.2.1.	Diseño experimental	20
4.2.2.	Características del experimento	20
4.2.3.	Tratamientos en estudio	21
4.3.	Actividades desarrolladas	22
4.4.	Indicadores	23
V.	RESULTADOS	25
5.1.	Altura de planta	25
5.2.	Número de hojas por planta	26
5.3.	Diámetro del cuello de la planta	27
5.4.	Peso de la planta	28
5.5.	Rendimiento	29
5.6.	Análisis económico	30
VI.	DISCUSIONES	31
6.1.	De la altura de planta	31
6.2.	Del número de hojas por planta	33
6.3.	Del diámetro del cuello de la planta	35
6.4.	Del peso de la planta	36
6.5.	Del rendimiento	38
6.6.	Del análisis económico	41

VII.	CONCLUSIONES	42
VIII.	RECOMENDACIONES	43
IX.	BIBLIOGRAFÍA	44
	RESUMEN	
	SUMMARY	
	ANEXOS	

L INTRODUCCIÓN

Una de las prácticas agrícolas importantes es el manejo de la fertilización de los cultivos, teniendo en cuenta el uso adecuado de macro y micro nutrientes presentes en el suelo y requerido por los cultivos, todo esto debe necesariamente acompañarse con una buena dotación de materia orgánica para dar aporte nutricional y dinamismo en el suelo a los microorganismos. Con esta buena práctica estaremos presentando un producto de calidad al mercado.

La lechuga es la planta más importante del grupo de las hortalizas de hoja; se consume en ensaladas, es ampliamente conocida y se cultiva casi en todos los países del mundo. La lechuga presenta una gran diversidad dada principalmente por diferentes tipos de hojas y hábitos de crecimiento de las plantas.

Su origen no está claro. Algunos autores afirman que procede de la India, mientras que otros la sitúan en las regiones templadas de Eurasia y Norteamérica, a partir de la especie *Lactuca sativa*. Su cultivo comenzó hace 2500 años, era una verdura conocida por los egipcios, persas, griegos y romanos. En la Edad Media su consumo descendió, pero volvió a adquirir importancia en el Renacimiento. Las primeras lechugas de las que se tiene referencia son las de hoja suelta, mientras que las variedades acogolladas no se conocieron en Europa hasta el siglo XVI. Dos siglos más tarde se obtuvieron numerosas variedades, debidas principalmente a horticultores alemanes. En la actualidad la lechuga es una verdura que se cultiva al aire libre en las zonas templadas en todo el mundo y también en invernaderos (Aranceta y Pérez, 2006).

En el Departamento de San Martín, específicamente en la Provincia de Lamas, desde hace buen tiempo se viene fomentando el cultivo de la lechuga con la variedad Gran Rapid, el mismo que en la actualidad presenta limitaciones con relación al manejo de cultivo, implicancia y constancia de la variabilidad del clima, cuyos valores de la temperatura media, precipitación total mensual y humedad relativa exceden a los rangos máximos y mínimos, los mismos que estimulan la aparición de plagas y enfermedades, floración prematura, conjuntamente a la formación de látex en los tejidos vasculares, lo cual afecta la calidad del producto cosechado, así como en su comercialización.

El efecto de los problemas descritos está acarreado problemas en la fisiología de la variedad GRAND RAPIDS WALDEMAN'S STRAIN y por ende en el rendimiento del cultivo. Ante esta problemática hace necesario evaluar otras variedades que existen a nivel nacional con la finalidad de comparar y evaluar el comportamiento de las variedades introducidas en forma orgánica y bajo las condiciones agroecológicas de la Provincia de Lamas. La mejor variedad que sobresale en el estudio, será la que reemplace a la variedad actual, la misma que será evaluada e investigada dentro del proceso de la adaptación.

II. OBJETIVOS

2.1. General

Determinar el tratamiento de mejor efecto con la aplicación foliar del fosfonato de calcio, en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L.*) variedad “**Grand rapids waldeman’s strain**”, bajo condiciones agroecológicas en la provincia de Lamas.

2.2. Específicos

- Evaluar el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L.*) variedad **grand rapids waldeman’s strain** con la aplicación foliar de fosfonato de calcio bajo condiciones agroecológicas en la provincia de lamas.

- Realizar el análisis económico de los tratamientos en estudio.

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Origen Cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.)

El origen de la lechuga no parece estar muy claro, algunos autores afirman que procede de la India. El cultivo de la lechuga se remonta a una antigüedad de 2.500 años, siendo conocida por griegos y romanos. Las primeras lechugas de las que se tiene referencia son las de hoja suelta, aunque las acogolladas eran conocidas en Europa en el siglo XVI (Aranceta y Pérez, 2006).

3.2. Clasificación taxonómica

Dirección de Agricultura (2002), presenta la siguiente clasificación taxonómica:

Reino	: Vegetal
Clase	: Angiosperma
Subclase	: Dycotiledoneae
Orden	: Campanulales
Familia	: Compositae
Género	: <i>Lactuca</i>
Especie	: <i>sativa</i> L.
N. científico	: <i>Lactuca sativa</i> L.

3.3. Morfología

Biblioteca de la Agricultura (2002), menciona que es una planta bianual, con hojas más o menos redondas y semillas provistas de vilano plumoso.

Su capacidad de germinación es de 4 – 5 años. Infoagro (2000), describe que la lechuga tiene:

- ❖ **Raíz:** Que no llega nunca a sobrepasar los 25 cm de profundidad.
- ❖ **Hojas:** Están colocadas en roseta, desplegadas al principio; en unos casos siguen así durante todo su desarrollo (variedades romanas), y en otros se acogollan más tarde. El borde de los limbos puede ser liso, ondulado o aserrado.
- ❖ **Tallo:** Es cilíndrico y ramificado, es comprimido y en este se ubican las hojas muy próximas entre sí, generando el hábito de roseta típico de la familia.
- ❖ **Inflorescencia:** Son capítulos florales amarillos dispuestos en racimos o corimbos.
- ❖ **Semillas:** Están provistas de un vilano plumoso.

3.4. Fenología del cultivo

Solórzano (1992), menciona que el cultivo de la lechuga en nuestra región bajo el sistema de trasplante y siembra directa presenta la siguiente fenología:

Emergencia	:	6 días en siembra directa
Trasplante	:	25 a 30 días después del almácigo
Cosecha	:	60 a 80 días después del trasplante 45 a 70 días en siembra directa
Producción de semillas	:	120 días.

3.5. Fertilización y deficiencias nutricionales

Solórzano (1992), dice que el 60 – 65 % de todos los nutrientes son absorbidos en el periodo de formación del cogollo y éstas se debe de suspender al menos una semana antes de la recolección.

El aporte de estiércol en el cultivo de lechuga se realiza a razón de 3 kg/ m², cuando se trata de un cultivo principal desarrollado de forma independiente de otros. No obstante, cuando se cultiva en invernadero, puede no ser necesaria la estercoladura, si ya se aportó estiércol en los cultivos anteriores.

La lechuga es una planta exigente en abono potásico, debiendo cuidar los aportes de este elemento, especialmente en épocas de bajas temperaturas; y al consumir más potasio va a absorber más magnesio, por lo que habrá que tenerlo en cuenta a la hora de equilibrar esta posible carencia.

Sin embargo, hay que evitar los excesos de abonado, especialmente el nitrogenado, con el objeto de prevenir posibles fototoxicidades por exceso de sales y conseguir una buena calidad de hoja y una adecuada formación de cogollos. También se trata de un cultivo bastante exigente en molibdeno durante las primeras fases de desarrollo, por lo que resulta conveniente la aplicación de este elemento vía foliar, tanto de forma preventiva como para la corrección de posibles carencias.

3.6 Enfermedades fungosas que atacan al cultivo de lechuga

Rogg, H. (2001), reporta las siguientes enfermedades fungosas de importancia económica en el cultivo de lechuga.

❖ **Antracnosis (*Marssonina panattoniana*)**

Los daños se inician con lesiones de tamaño de punta de alfiler, éstas aumentan de tamaño hasta formar manchas angulosas-circulares, de color rojo oscuro, que llegan a tener un diámetro de hasta 4 cm.

❖ **Botritis (*Botrytis cinerea*)**

Los síntomas comienzan en las hojas más viejas con unas manchas de aspecto húmedo que se tornan amarillas, y seguidamente se cubren de moho gris que genera enorme cantidad de esporas. Si la humedad relativa aumenta las plantas quedan cubiertas por un micelio blanco, pero si el ambiente está seco se produce una putrefacción de color pardo o negro.

❖ **Mildiu velloso (*Bremia lactucae*)**

En el haz de las hojas aparecen unas manchas de un centímetro de diámetro, y en el envés aparece un micelio velloso; las manchas llegan a unirse unas con otras y se toman de color pardo. Los ataques más importantes de esta plaga se suelen dar en otoño y primavera, que es cuando suelen presentarse periodos de humedad prolongada, además las conidias del hongo son transportadas por el viento dando lugar a nuevas infecciones.

❖ **Esclerotinia (*Sclerotinia sclerotiorum*)**

Se trata de una enfermedad principalmente de suelo, por tanto las tierras nuevas están exentas de este parásito o con infecciones muy leves.

La infección se empieza a desarrollar sobre los tejidos cercanos al suelo, pues la zona del cuello de la planta es donde se inician y permanecen los ataques. Sobre la planta produce un marchitamiento lento en las hojas, iniciándose en las más viejas, y continúa hasta que toda la planta queda afectada. En el tallo aparece un micelio algodonoso que se extiende hacia arriba en el tallo principal.

La causa la muerte de las plántulas por estrangulamiento en la base del tallo, originada por lesiones de cualquiera de los 3 tipos de hongos que viven en el suelo (*Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Pythium*). Su aparición está condicionada por una excesiva humedad ambiental, provocada por el clima, mal manejo del riego, suelos con poco drenaje o siembras demasiado densas.

La traqueopitiosis es una enfermedad vascular de la lechuga (*Lactuca sativa* L), causada por el hongo *Pythium tracheiphilum*, los síntomas consisten en necrosis en la zona del cuello y del tallo que se extiende a las hojas interiores produciendo el oscurecimiento de los vasos en la zona del cuello y la muerte de la planta; la mezcla de metalaxil y mancozeb es eficaz para su control.

- ❖ ***Fusarium oxysporum f. sp. lactucae***, produce el marchitamiento de las plantas de lechuga, el hongo invade las plantas por las raíces, crece en el xilema de plantas, se transporta por el agua y los nutrientes de las raíces al follaje el xilema se obstruye, la planta se marchita y muere. Las plantas más viejas pueden sobrevivir, pero a menudo con retraso en el crecimiento, las plantas infectadas suelen mostrar decoloración rojiza en la corteza del tallo principal.

3.7 Aplicación de riego

Dirección de Agricultura (2002), menciona que existen otras maneras de regar la lechuga como el riego por gravedad y el riego por aspersión, pero cada vez están más en recesión, aunque el riego por surcos permite incrementar el nitrógeno en un 20 %.

Junta de Usuarios de Riego (2008), mencionan que la aplicación de agua en la Región San Martín para el cultivo de hortalizas es de 4000 m³/ha/campaña.

3.8 Variedades de lechugas

Las variedades de lechuga se pueden clasificar en los siguientes grupos botánicos (Angulo, 2008):

- ❖ **Parris Island Cos (Romana)**. Destaca especialmente por sus hojas crujientes y de sabor dulce, con una atractiva cabeza uniforme y grande y con un altura de 10 pulgadas, presenta hojas de color verde profundo exterior que protege el corazón de color blanco cremoso.

El tipo de hoja es lisa, verde amarillenta. La madurez fisiológica se produce a los 70 – 75 días.

- ❖ **White Boston.** Tiene un porte de pequeño a mediano y las hojas son de un color verde mantecosa. La cosecha se realiza a los 70 – 80 días.
- ❖ **Alface veneranda (Orgánica).** Sus hojas son de un color verde claro, tolerante a la pudrición y temperaturas elevadas. La cosecha se produce a los 60 – 65 días.
- ❖ **Grand Rapid.** De porte grande, no forma cogollo con hojas sueltas, tipo de planta recostada arrugada, la forma de la hoja es crespa, de un color verde claro. La cosecha se produce a los 70 – 80 días.
- ❖ **Great Lakes 659.** De tamaño mediano y cobertura foliar externa compacta, es tolerante a quemaduras de punta con hojas atractivas y borde ligeramente rizados. La cosecha se produce a los 75 – 85 días dependiendo de las condiciones de crecimiento. Buen comportamiento de templado a templado cálido.

3.9 Contenido nutricional y principales usos

Infoagro (2000), manifiesta que esta hortaliza se caracteriza por ser rica en calcio y fibra. Se utiliza en frescos, en ensaladas y como acompañante en diferentes platos de la cocina. Industrialmente se usa para la fabricación de cremas cosméticas. El aporte de calorías de esta hortaliza es muy bajo, mientras que en vitamina C es muy rica, teniendo las hojas exteriores más calidad de la misma frente a las interiores, también resulta una fuente importante de vitamina K, con lo que protege a la osteoporosis.

Otras vitaminas que destacan en la lechuga son la A, E y ácido fólico. Está compuesta en un 94 % de agua y aporta mucho potasio y fósforo.

La lechuga es una hortaliza pobre en calorías, aunque las hojas exteriores son más ricas en vitamina C, que las interiores.

Cuadro 1: Valor nutricional de la lechuga

Valor nutricional de la lechuga en 100 g de sustancia	
Carbohidratos (g)	20.1
Proteínas (g)	8.4
Grasas (g)	1.3
Calcio (g)	0.4
Fósforo (mg)	138.9
Vitamina C (mg)	125.7
Hierro (mg)	7.5
Niacina (mg)	1.3
Riboflavina (mg)	0.6
Tiamina (mg)	0.3
Vitamina A (U.I)	1155
Calorías (cal)	18

Fuente: FAO

3.10 Requerimientos edafobioclimáticos

- ❖ **Temperatura.** La temperatura óptima de germinación oscila entre 18 -20 °C. Durante la fase de crecimiento del cultivo se requieren temperaturas entre 14 - 18 °C por el día y 5 - 8 °C por la noche, pues la lechuga exige que haya diferencia de temperaturas entre el día y la noche. Durante el acogollado se requieren temperaturas en torno a los 12 °C por el día y 3 - 5 °C por la noche.

Este cultivo soporta peor las temperaturas elevadas que las bajas, ya que como temperatura máxima puede soportar hasta los 30 °C y como mínima temperaturas de hasta - 6 °C. Cuando la lechuga soporta temperaturas bajas durante algún tiempo, sus hojas toman una coloración rojiza, que se puede confundir con alguna carencia (Angulo, 2008).

- ❖ **Altitud.** Desde el nivel del mar hasta los 2500 msnm. No cultivar en zonas con problemas de heladas (Angulo, 2008).
- ❖ **Humedad relativa.** El sistema radicular de la lechuga es muy reducido en comparación con la parte aérea, por lo que es muy sensible a la falta de humedad y soporta mal un periodo de sequía, aunque éste sea muy breve. La humedad relativa conveniente para la lechuga es del 82 al 83%, aunque en determinados momentos agradece menos del 60%. Los problemas que presenta este cultivo en invernadero es que se incrementa la humedad ambiental, por lo que se recomienda su cultivo al aire libre, cuando las condiciones climatológicas lo permitan (Angulo, 2008).
- ❖ **Suelo.** Los suelos preferidos por la lechuga son los ligeros, arenoso-limosos, con buen drenaje, situando el pH óptimo entre 6,7 y 7,4. En los suelos húmidos, la lechuga vegeta bien, pero si son excesivamente ácidos será necesario encalar. Este cultivo, en ningún caso admite la sequía, aunque la superficie del suelo es conveniente que esté seca para evitar en todo lo posible la aparición de podredumbres de cuello. En cultivos de primavera, se recomiendan los suelos arenosos, pues se calientan más rápidamente y permiten cosechas más tempranas. En

cultivos de otoño, se recomiendan los suelos francos, ya que se enfrían más despacio que los suelos arenosos. En cultivos de verano, es preferible los suelos ricos en materia orgánica, pues hay un mejor aprovechamiento de los recursos hídricos y el crecimiento de las plantas es más rápido (Angulo, 2008; Infoagro, 2009).

3.11 Requerimientos nutricionales del cultivo de lechuga

Marschner (2002), menciona que previo a la siembra es importante el abonado o enmienda orgánica, con lo que se consigue mantener el suelo mullido, fundamentalmente para aquellos más pesados. Se puede utilizar estiércol de bovinos, de equinos, o de aves que contengan cáscara de arroz (cama de pollo parrillero). Para utilizarlos deben estar bien descompuestos y colocarlos, si es posible, en el cultivo precedente, o por lo menos con un mes de anticipación. Se recomiendan dosis de 12 a 15 toneladas por ha., en los casos que no se haya utilizado nunca y 4 a 5 toneladas cuando el suelo haya recibido abono anteriormente.

Los requerimientos de los principales nutrientes para una cosecha superior a los 21.000 kg.ha⁻¹ de M.V, son los siguientes:

- 80 a 100 kg.ha⁻¹ de nitrógeno
- 35 kg.ha⁻¹ de fósforo como P₂O₅
- 150 a 200 kg.ha⁻¹ de potasio como K₂O
- 40 kg.ha⁻¹ de calcio como O Ca.
- 10 kg.ha⁻¹ de magnesio como MgO.

La deficiencia de nutrientes afecta notoriamente el desarrollo de la planta, limita el rendimiento, deprime la calidad comercial y su capacidad para resistir el transporte.

Por otro lado, un exceso de nitrógeno hace que tienda a florecer con más facilidad y que tenga menor tolerancia al traslado hacia los centros de comercialización. El potasio es el elemento que la planta extrae en mayor proporción, debiéndose cuidar el aporte del mismo, especialmente en épocas de bajas temperaturas. Su absorción se encuentra relacionada con el nivel de magnesio y calcio, ya que un exceso de aquel, reduce la absorción de éstos últimos.

También existe una alteración de origen fisiológico llamada "quemadura del borde de las hojas", que está relacionada con el metabolismo del calcio. Esto no significa una deficiencia del elemento en el suelo, sino que es causada por una transpiración excesiva, cuando se combinan en el ambiente temperaturas elevadas y baja humedad relativa, acompañada de fluctuaciones en el suministro de agua al suelo.

Algunas recomendaciones para reducir estos inconvenientes son evitar la falta de calcio en el suelo, mantener constante la provisión de agua (regar a la tarde o a la noche), evitar el exceso de fertilizantes con amonio y potasio y pulverizar las hojas con soluciones de calcio. En verano se recomiendan como mínimo dos aplicaciones, en especial desde el estado de roseta del

cultivo, dependiendo de la rigurosidad del clima; a mayor temperatura ambiente, mayor cuidado se deberá tener con la provisión del calcio.

3.12 Bionova Group - Perú (2012)

A través de su producto comercial Saeta menciona que es un fosfonato foliar a base de fósforo y calcio que contiene doble acción como fertilizante (aporta fósforo y calcio asimilable) y como fungistático (previene ataque de enfermedades del grupo Oomycetos como Phytophthora, Pytium, Peronospora, Alternaria, etc.)

Además de ser una fuente de los nutrientes antes mencionados, proporciona un efecto fitotónico sobre las plantas tratadas por la presencia de fosforo en forma de ion fosfito. Saeta estimula la producción de fitoalexinas, que fortalecen y estimulan los mecanismos de defensa de la planta, especialmente en el tronco, cuello y raíz.

Con el fin de contrarrestar el exceso de nitrógeno, Saeta produce un efecto importante al intensificar el desarrollo radicular y estimular la entrada en producción. Importante es también su aplicación para dar consistencia a los cultivos en su fase de maduración. A pesar de que calcio y fosforo son elementos nutricionales normalmente incompatibles entre sí, cuando se formula como Saeta, en forma de fosfonato de calcio, proporciona fosforo y calcio solubles y compatibles. Adicionalmente protegen sus cultivos al incrementar la concentración de fitoalexinas.

❖ **Contenido:**

Ingredientes activos.

Anhídrido fosfórico (P_2O_5).....	40 %
Oxido de calcio.....	41 %
Ingredientes inertes.....	19 %

❖ **Beneficios:**

Tiene doble acción: fertilizante y fungistático.

Es altamente soluble: por lo que se desplaza rápidamente por la planta, lo que explica su efecto inmediato.

Tiene doble sistema: acopetala y simpeta.

3.13 Investigaciones con Fosfonato y efectos de Ca/P

Vinueza y Calvache (2004). Concluye en su trabajo del cultivo de papa que:

- A. Las máximas cantidades de Fósforo, Potasio y Calcio acumulado en los tubérculos fue en el tratamiento f_2d_2 (fosfonato de calcio, dosis 2.0 g / l) con 261.79 mg P / pl; 2263.69 mg K / pl y 307.99 mg Ca / pl.
- B. La mejor eficiencia de utilización del fertilizante foliar fue: para el Fósforo en el tratamiento f_2d_1 (fosfonato de calcio, dosis 1.5 g / l) con 28.32 %; para el Potasio en el tratamiento f_1d_1 (fosfonato de potasio, dosis 1.5 cc / l) con 65.39 %; mientras que para el Calcio en el tratamiento f_2d_1 (fosfonato de calcio, dosis 1,5 g / l) con 89,08 %.

IV. MATERIALES Y MÉTODO

4.1. Materiales

4.1.1 Ubicación del campo experimental

El presente trabajo de investigación se ejecutó en el Fundo Hortícola "El Pacífico", de propiedad del Ing. Jorge Luis Peláez Rivera, en el Distrito y provincia de Lamas.

a. Ubicación geográfica:

Latitud Sur : 06°20'15"
Longitud Oeste : 76°30'45"
Altitud : 835 m.s.n.m.

b. Ubicación política:

Fundo : Pacífico
Provincia : Lamas
Distrito : Lamas
Región : San Martín

4.1.2 Antecedentes del campo

En el Fundo Hortícola "El Pacífico", se vienen cultivando hortalizas de gran potencial comercial y cuenta con una extensión de dos hectáreas desde hace veinticuatro años.

4.1.3 Vías de acceso

La principal vía de acceso al campo experimental es la carretera Fernando Belaunde Terry a la altura del Km. 12, con un desvío al margen derecho a 9.5 Km. De la ciudad de Tarapoto.

4.1.4 Características edafoclimáticas

a. Características climáticas

Holdridge (1970), indica que el área experimental se encuentra en la zona de vida caracterizada por el Bosque Seco Tropical (bs-T), con una temperatura media anual de 22 °C, una precipitación total anual de 1,200 mm. Y una humedad relativa del 80 %. También se obtuvieron datos climáticos del SENAMHI de los meses que se realizó el proyecto de tesis.

Cuadro 2: Datos meteorológicos, según SENAMHI (2013)

Temperatura	Temperatura media mensual (°C)	Precipitación total mensual (mm)	Humedad relativa (%)
Julio	23,7	50	82,3
Agosto	23,2	120,5	84
Setiembre	24,3	68,8	85

Fuente: SENAMHI (2013).

b. Características edáficas

Se realizó toma de muestras de suelo para ser analizadas. El muestreo se realizó en forma de zigzag en el terreno, extrayendo muestras con una palana, se llevó al laboratorio y se hizo el análisis correspondiente del suelo.

Cuadro 3: Análisis físico químico del suelo

DETERMINACIONES		Dato	INTERPRETACIÓN
Ph		6.48	Ligeramente Ácido
M.O (%)		1.33	Bajo
C.E. (μ S)		156	
Análisis Físico de la muestra	(%) Arena	56.0	
	(%) Limo	32.0	
	(%) Arcilla	12.0	
	Clase Textural	Franco Arcillo Arenoso	
Elementos mayores disponibles	N (%)	0.067	Bajo
	P (ppm)	120.0	Alto
	K (ppm)	375.52	Alto
Análisis Químico de Cationes Cambiables	Ca ⁺⁺ (meq/100 g)	0.48	Bajo
	Mg ⁺⁺ (meq/100 g)	0.15	Bajo
	K ⁺ (meq/100 g)	0.96	Bajo
	Na ⁺ (meq/100 g)	0.25	Bajo
C.I.C. (meq/100 g)		13.63	Bajo

Fuente: Laboratorio de suelos – FCA – UNSM-T (2013)

4.1.5 Componentes a estudiarse

a. Semilla vegetativa

En el presente trabajo de investigación se utilizó semilla de lechuga Grean Rapid.

4.2 Metodología

4.2.1 Diseño experimental

Para la ejecución del presente trabajo de investigación se utilizó el diseño estadístico de bloques completamente al azar (DBCA), con cinco tratamientos y cuatro repeticiones.

Los componentes en estudio fue la variedad de lechuga Grean Rapid, con cuatro dosis de fosfonato de calcio.

4.2.2 Características del experimento

Cultivo: Lechuga variedad Grean Rapid.

Bloques

Número de bloques : 04

Tratamientos

Tratamientos por bloque : 05

Total de Tratamientos del experimento : 20

Largo de los Tratamientos : 4,25 m.

Ancho de los Tratamientos : 1,20 m.

Área de cada Tratamiento : 5,10 m²

Unidad Experimental

Número de Tratamientos	:	20
Área total de Tratamientos	:	5.10 m ²
Área total	:	177, 025 m ²

4.2.3 Tratamientos en estudio

Los tratamientos estudiados fueron cuatro dosis de fosfonato de calcio, con cuatro repeticiones con un total de 20 unidades experimentales, la ejecución del experimento se llevó a cabo entre los meses de agosto del 2013 hasta setiembre del 2013.

Utilizando para dicho experimento semillas de lechuga variedad Gran Rapid

Cuadro 4: Tratamientos estudiados

Tratamientos	Dosis de aplicación/ha
T ₀	Sin aplicación
T ₁	0,25 Kg.ha ⁻¹ fosfonato de calcio
T ₂	0,50 Kg.ha ⁻¹ fosfonato de calcio
T ₃	0,75 Kg.ha ⁻¹ fosfonato de calcio
T ₄	1,00 Kg.ha ⁻¹ fosfonato de calcio

4.3 Actividades desarrolladas

- a) **Preparación del terreno.** Inicialmente se realizó el desmalezado, procediendo a eliminar las malezas y rastrojos del suelo con la ayuda de un machete y una palana, luego se procedió a remover el suelo con el motocultor.

- b) **Demarcación del terreno.** Se procedió a delimitar el campo, luego se realizó la división en cuatro bloques con sus cinco respectivos tratamientos como se encuentra en croquis de campo experimental.

- c) **Siembra.** Se procedió a la siembra de forma directa en terreno definitivo. A un distanciamiento entre filas de 0,20 m y, 0,20 m entre plantas, colocando aproximadamente 5 semillas por golpe, para luego a los 15 días realizar el desahijé dejando una planta por golpe.

- d) **Aplicación de fosfonato de calcio.** Se realizó tres aplicaciones foliares, la primera fue 15 días después de la siembra, y las dos últimas aplicaciones se realizó con una frecuencia de 8 días, esto se realizó con el uso de un aspersor costal en horas de la tarde, y en dosis ya determinadas de 0,25; 0,50; 0,75; 1.kg.ha⁻¹ de fosfonato de calcio.

- e) **Riegos.** Se utilizó el riego por aspersión para una mejor humedad del suelo, y cuando las condiciones ambientales lo ameritaba.

- f) **Control de malezas.** La eliminación de malezas se hizo en forma manual de acuerdo a la incidencia.

- g) **Cosecha.** La cosecha se realizó a los 50-60 días aproximadamente después de la siembra cuando alcanzaron su madurez óptima del mercado.

- h) **Evaluaciones.** Las evaluaciones se realizaron en el momento de la cosecha de acuerdo a los parámetros establecidos para el experimento.

4.4 Indicadores

a. Diámetro de cuello (cm)

Se evaluó al momento de la cosecha, tomando al azar las 10 plantas seleccionadas por tratamiento, la medida se tomó de la parte media del cuello, con la ayuda de un vernier.

b. Longitud de planta (cm)

Se efectuó tomando al azar las 10 plantas seleccionadas al azar por tratamiento, la medición se realizó empleando una regla graduada, y se tomó desde la base de la cabeza de la lechuga hasta la parte terminal.

c. Numero de hojas

Se contó el número de hojas de las 10 plantas seleccionadas al azar, de cada tratamiento al momento de la cosecha.

d. Peso de planta (g)

Se pesaron las 10 plantas seleccionadas al azar por cada tratamiento, para lo cual se empleó una balanza de precisión.

e. Rendimiento en la producción en t.ha⁻¹

Se pesaron las 10 plantas tomadas al azar por cada tratamiento, se usó una balanza de precisión, el resultado se convirtió a t.ha⁻¹.

f. Análisis económico

Teniendo en cuenta el número de plantas cosechadas por hectárea se realizará el análisis económico a través de la relación beneficio costo.

$$\text{Beneficio /Costo} = \frac{\text{Beneficio bruto}}{\text{Costo de producción}} \times 100$$

V. RESULTADOS

5.1. Altura de planta

Cuadro 5: Análisis de varianza para la altura de planta (cm)

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F.C.	Sig. Del P-valor
Bloques	0,204	3	0,068	0,974	0,437 N.S.
Tratamientos	66,700	4	16,675	239,315	0,000 **
Error experimental	0,836	12	0,070		
Total	67,740	19			

$R^2 = 98,8\%$

C.V.= 1,1%

$\mu = 24,25$

Cuadro 6: Prueba múltiple de Duncan ($P < 0,05$) para promedios de tratamientos respecto a la altura de planta

Tratamientos	Altura (cm)	Duncan ($P > 0,05$)
Testigo	21,6	a
T1: 0,25 Kg.ha ⁻¹ fosfonato de Ca	22,6	b
T2: 0,50 Kg.ha ⁻¹ fosfonato de Ca	25,3	c
T4: 1,0 Kg.ha ⁻¹ fosfonato de Ca	25,5	c
T3: 0,75 Kg.ha ⁻¹ fosfonato de Ca	26,3	d

5.2. Número de hojas por planta

Cuadro 7: Análisis de varianza para el número de hojas por planta (datos transformados por \sqrt{x})

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F.C.	Sig. Del P-valor
Bloques	0,001	3	0,000	0,358	0,785 N.S.
Tratamientos	1,924	4	0,481	358,311	0,000 **
Error experimental	0,016	12	0,0013		
Total	1,942	19			

$R^2 = 99,2\%$

C.V. = 0,82%

$\mu = 4,43$

Cuadro 8: Prueba múltiple de Duncan ($P < 0,05$) para promedios de tratamientos respecto al número de hojas por planta

Tratamientos	Número de hojas	Duncan ($P > 0,05$)
Testigo	15,5	a
T1: 0,25 Kg.ha ⁻¹ fosfonato de Ca	18,2	b
T2: 0,50 Kg.ha ⁻¹ fosfonato de Ca	20,3	c
T4: 1,0 Kg.ha ⁻¹ fosfonato de Ca	21,5	d
T3: 0,75 Kg.ha ⁻¹ fosfonato de Ca	23,3	e

5.3. Diámetro del cuello de la planta

Cuadro 9: Análisis de varianza para el diámetro del cuello de la planta (cm)

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F.C.	Sig. Del P-valor
Bloques	0,00023	3	8,667-5	0,298	0,826 N.S.
Tratamientos	0,221	4	0,055	189,756	0,000 **
Error experimental	0,003	12	0,00025		
Total	0,225	19			

$R^2 = 98,4\%$

C.V. = 1,44%

$\mu = 1,1$

Cuadro 10: Prueba múltiple de Duncan ($P < 0,05$) para promedios de tratamientos respecto al diámetro del cuello de la planta

Tratamientos	Diámetro (cm)	Duncan ($P > 0,05$)
Testigo	0,92	a
T1: 0,25 Kg.ha ⁻¹ fosfonato de Ca	1,03	b
T2: 0,50 Kg.ha ⁻¹ fosfonato de Ca	1,15	c
T4: 1,0 Kg.ha ⁻¹ fosfonato de Ca	1,17	c
T3: 0,75 Kg.ha ⁻¹ fosfonato de Ca	1,21	d

5.4. Peso de la planta

Cuadro 11: Análisis de varianza para el peso de la planta (g)

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F.C.	Sig. Del P-valor
Bloques	5,129	3	1,710	1,422	0,285 N.S.
Tratamientos	5433,307	4	1358,327	1130,081	0,000 **
Error experimental	14,424	12	1,202		
Total	5452,860	19			

$$R^2 = 99,7\%$$

$$C.V. = 0,82\%$$

$$\mu = 134,42$$

Cuadro 12: Prueba múltiple de Duncan ($P < 0,05$) para promedios de tratamientos respecto al peso de la planta

Tratamientos	Peso (g)	Duncan ($P > 0,05$)
Testigo	111,6	a
T1: 0,25 Kg.ha ⁻¹ fosfonato de Ca	121,4	b
T2: 0,50 Kg.ha ⁻¹ fosfonato de Ca	136,4	c
T4: 1,0 Kg.ha ⁻¹ fosfonato de Ca	144,9	d
T3: 0,75 Kg.ha ⁻¹ fosfonato de Ca	157,9	e

5.5. Rendimiento en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$

Cuadro 13: Análisis de varianza para el rendimiento en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F.C.	Sig. Del P-valor
Bloques	320580,937	3	106860,312	1,422	0,285 N.S.
Tratamientos	3,3968	4	8,4907	1130,081	0,000 **
Error experimental	901480,000	12	75123,333		
Total	3,4088	19			

$R^2 = 99,7\%$

C.V.= 0,81%

$\mu = 33605,13$

Cuadro 14: Prueba múltiple de Duncan ($P < 0,05$) para promedios de tratamientos respecto al rendimiento en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$

Tratamientos	Rdto ($\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Duncan ($P > 0,05$)
Testigo	27887,5	a
T1: 0,25 $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ fosfonato de Ca	30337,5	b
T2: 0,50 $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ fosfonato de Ca	34100,0	c
T4: 1,0 $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ fosfonato de Ca	36231,9	d
T3: 0,75 $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ fosfonato de Ca	39468,8	e

5.6. Análisis económico

Cuadro 15: Análisis económico de tratamientos

Trats	Rdto (kg.ha⁻¹)	Costo de producción (S/.)	Precio de venta x kg (S/.)	Beneficio bruto (S/.)	Beneficio neto (S/.)	B/C
T0 (Testigo)	27.887,50	12 947.96	0,60	16 732, 50	3 785, 50	1,29
T1 (0,25 Kg.ha⁻¹)	30.337,50	12 965.84	0,80	24 270,00	11 304,16	1.87
T2 (0,5 Kg.ha⁻¹)	34.100,00	12 983.71	0,80	27 280,00	14 296,29	2.10
T3 (0,75 Kg.ha⁻¹)	39488,80	13 001.59	0,80	31 591,00	18 589,41	2.43
T4 (1 Kg.ha⁻¹)	36231,90	13 019.46	0,80	28 985,52	15 966,06	2.23

VI. DISCUSIONES

6.1. De la altura de planta

El análisis de varianza (cuadro 5) con una $P < 0,01$ detectó diferencias significativas entre tratamientos. Así mismo, evidencia que los tratamientos estudiados explican muy bien ($R^2 = 98,8\%$) sus efectos sobre la altura de planta expresada en centímetros. El Coeficiente de Variabilidad (C.V.) con un valor de 1,1% se encuentra dentro del rango de aceptación para trabajos en campo definitivo (Calzada, 1982).

La prueba múltiple de Duncan ($P > 0,05$) para los promedios ordenados de menor a mayor (cuadro 6) también detectó diferencias significativas entre tratamientos y donde se puede observar que el tratamiento T3 ($0,75 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de fosfonato de Ca) obtuvo el promedio más alto con 26,3 cm de altura de planta siendo estadísticamente superior a los tratamientos T4 ($1,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de fosfonato de Ca), T2 ($0,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de fosfonato de Ca), T1 ($0,25 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de fosfonato de Ca) y T0 (testigo) quienes obtuvieron promedios de 25,5 cm, 25,3 cm, 22,6 cm y 21,6 cm de altura de planta respectivamente.

A pesar de que calcio y fósforo son elementos nutricionales normalmente incompatibles entre sí, cuando se formula como Saeta, en forma de fosfonato de calcio, proporciona fósforo (40% de P_2O_5) y calcio (41% de CaO) solubles y compatibles. Adicionalmente protegen sus cultivos al incrementar la concentración de fitoalexinas.

Siendo que las respuestas obtenidas por los tratamientos estudiados se deban más a la acción de las fitoalexinas y en menor grado a las concentraciones de Ca y P contenidas en el Fosfonato de Ca.

Las fitoalexinas son compuestos antimicrobianos que se acumulan en algunas plantas en altas concentraciones, después de infecciones bacterianas o fúngicas y ayudan a limitar la dispersión del patógeno. Tienen varias características interesantes, como que se sintetizan muy rápido, en pocas horas después del ataque microbiano, su formación está restringida a una zona local alrededor del sitio de infección y son tóxicas a un espectro amplio de hongos y bacterias patógenas en plantas. Frecuentemente más de una fitoalexina es sintetizada durante una interacción con el patógeno, en tales casos las fitoalexinas son comúnmente relacionadas biosintéticamente. En frijol se han descrito cerca de 16 tipos diferentes, las más conocidas son faseolina, faseolidina, faseolinisoflavona y kievitona. En general las fitoalexinas no son potentes antibióticos y son de baja especificidad, muchas son biocidas y otras tienen efectos bioestáticos. Las razas de muchos microorganismos, particularmente los hongos muestran amplia variación en la sensibilidad, y frecuentemente las razas virulentas tienen mayor capacidad de detoxificación o tolerancia (Smith, 1996 indicado en <http://es.wikipedia.org/wiki/Fitoalexina>).

Es importante destacar que el fosfito también llamado fosfonato es una sal de ácido fosforoso o fosfónico y no debe confundirse con los fertilizantes a base de fosfatos que provienen de ácido fosfórico. A diferencia del ácido fosfórico que contiene cuatro átomos de oxígeno (H_3PO_4), el ácido fosforoso (H_3PO_3) y los

compuestos relacionados contienen solo tres átomos de oxígeno.

Por lo que las plantas no pueden utilizar los fosfitos en forma directa como fuente de P tal como lo hacen los fosfatos y por eso muchos autores (Abel *et al.*, 2002; Radjen y Gerendás, 2009; Brunnigs *et al.*, 2005; Landschoot y Cook, 2005; Thao *et al.*, 2009a; Thao *et al.*, 2009b) declaran que los fosfitos no deberían ser utilizados o difundidos como fertilizantes. Sin embargo, investigaciones realizadas por Lovatt (1990) con Lovatt y Mikkelsen (2006) quienes informaron que las aplicaciones foliares de fosfitos en cítricos y palta pueden reemplazar a los fosfatos cuando existe déficit de P. Por otro lado Richard (2000) indica también que los fosfitos generan consistentes aumentos de rendimiento y calidad en varios cultivos, generándose la discusión. Siendo de nuestra opinión que los efectos se deban más al control o supresión de enfermedades que a su efecto como fertilizante, por lo que el efecto deletéreo puede ser evidente en plantas con bajos niveles de fosfato pero no en plantas con niveles suficientes de fosfatos.

6.2. Del número de hojas por planta

El análisis de varianza (cuadro 7) con una $P < 0,01$ detectó diferencias significativas entre tratamientos. Así mismo, evidencia que los tratamientos estudiados explican muy bien ($R^2 = 99,2\%$) sus efectos sobre el número de hojas por planta. El Coeficiente de Variabilidad (C.V.) con un valor de 0,82% se encuentra dentro del rango de aceptación para trabajos en campo definitivo (Calzada, 1982).

La prueba múltiple de Duncan ($P > 0,05$) para los promedios ordenados de menor a mayor (cuadro 8) también detectó diferencias significativas entre tratamientos y donde se puede observar que el tratamiento T3 ($0,75 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de fosfonato de Ca) obtuvo el promedio más alto con 23,3 hojas por planta superando estadísticamente a los tratamientos T4 ($1,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de fosfonato de Ca), T2 ($0,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de fosfonato de Ca), T1 ($0,25 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de fosfonato de Ca) y T0 (testigo) quienes obtuvieron promedios de 21,5 hojas, 20,3 hojas, 18,2 hojas y 15,5 hojas por planta respectivamente.

Al parecer la acción del Ca en las dosis de fosfonato aplicado ha definido su acción en la formación y desarrollo de las hojas por planta. Tanto así que el calcio es un elemento estructural en la planta ya que constituye la lamina media, las paredes y membranas de la célula y, además, participa en la división y extensión celulares, influye en la compartimentalización de la célula, modula la acción de hormonas y señales, estabiliza la pared y membrana, y contribuye al equilibrio iónico de la célula (Marschner, 1986). Para la compartimentalización de la célula, la distribución del calcio se da según la cantidad de iones Ca^{2+} absorbidos por la raíz. Cuando hay una buena absorción, la mayor proporción de calcio total está en la lámina media, seguido por las membranas, los organelos y por último el citosol. En el apoplasto las concentraciones son más altas que en cualquier otro organelo, lo cual es lógico al saber que es la vía en donde este elemento se mueve mejor a través de toda la planta (White, 1998); sin embargo, el Ca^{2+} no se encuentra libre en el apoplasto sino que está unido en un 51% a pectatos, 27% al agua soluble, 17% a fosfatos, 4% a oxalatos y 1% en forma residual (Marschner, 1986).

Otra de las funciones del calcio es generar estabilización de la pared y las membranas celulares mediante su interacción con el ácido péptico que esta entre la pared celular y la lámina media. Esta reacción genera el pectato de calcio o pectinas, las cuales confieren estabilidad e integridad a la pared celular y, en general, a todos los tejidos de la planta (Salisbury y Ross, 1994) que a menudo son degradadas por la poligaracturonasa generando una desintegración de la pared celular. El calcio también inhibe drásticamente la acción de la poligaracturonasa, porque los niveles altos de calcio en el apoplasto de las células generan mayor proporción de pectatos y así mayor resistencia a la desintegración de las paredes (Marschner, 1986; Romeis *et al.*, 2001; García, 2001).

6.3. Del diámetro del cuello de la planta

El análisis de varianza (cuadro 9) con una $P < 0,01$ detectó diferencias significativas entre tratamientos. Así mismo, evidencia que los tratamientos estudiados explican muy bien ($R^2 = 98,4\%$) sus efectos sobre el diámetro del cuello de la planta. El Coeficiente de Variabilidad (C.V.) con un valor de 1,44% se encuentra dentro del rango de aceptación para trabajos en campo definitivo (Calzada, 1982).

La prueba múltiple de Duncan ($P > 0,05$) para los promedios ordenados de menor a mayor (cuadro 10) también detectó diferencias significativas entre tratamientos y donde se puede observar que el tratamiento T3 ($0,75 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de fosfonato de Ca) obtuvo el promedio más alto con 1,21 cm de diámetro del cuello de la planta superando estadísticamente a los tratamientos T4 (1,0

kg.ha⁻¹ de fosfonato de Ca), T2 (0,5 kg.ha⁻¹ de fosfonato de Ca), T1 (0,25 kg.ha⁻¹ de fosfonato de Ca) y T0 (testigo) quienes obtuvieron promedios de 1,17 cm, 1,15 cm, 1,03 cm y 0,92 cm de diámetro del cuello de la planta respectivamente.

6.4. Del peso de la planta

El análisis de varianza (cuadro 11) con una $P < 0,01$ detectó diferencias significativas entre tratamientos. Así mismo, evidencia que los tratamientos estudiados explican muy bien ($R^2 = 99,7\%$) sus efectos sobre el peso de la planta. El Coeficiente de Variabilidad (C.V.) con un valor de 0,82% se encuentra dentro del rango de aceptación para trabajos en campo definitivo (Calzada, 1982).

La prueba múltiple de Duncan ($P > 0,05$) para los promedios ordenados de menor a mayor (cuadro 12) también detectó diferencias significativas entre tratamientos y donde se puede observar que el tratamiento T3 (0,75 kg.ha⁻¹ de fosfonato de Ca) obtuvo el promedio más alto con 157,9 g de peso de la planta superando estadísticamente a los tratamientos T4 (1,0 kg.ha⁻¹ de fosfonato de Ca), T2 (0,5 kg.ha⁻¹ de fosfonato de Ca), T1 (0,25 kg.ha⁻¹ de fosfonato de Ca) y T0 (testigo) quienes obtuvieron promedios de 144,9 g, 136,4 g, 121,4 g y 111,6 g de peso de la planta respectivamente.

Partiendo de que fosfonato de calcio, proporciona fósforo (40% de P₂O₅) y calcio (41% de CaO) solubles y compatibles y de los resultados obtenidos donde en general el incremento de las dosis de fosfonato desde 0,25 a 0,75

kg.ha⁻¹ han reportado un incremento lineal positivo del peso de la planta y por ende del rendimiento, es que indicamos por un lado que el P juega un papel vital virtualmente en todos los procesos que requieren transferencia de energía en la planta. Los fosfatos de alta energía, que son parte de la estructura química de la adenosina difosfato (ADF) y de la ATF, son la fuente de energía que empuja una multitud de reacciones químicas dentro de la planta. La transferencia de los fosfatos de alta energía del ADF y ATF a otras moléculas (proceso denominado fosforilación), desencadena una gran cantidad de procesos esenciales para la planta. En tal sentido, la fotosíntesis como responsable de este proceso, la energía solar es capturada en la ATF e inmediatamente este compuesto está disponible como fuente de energía para muchas otras reacciones dentro de la planta.

Por otro lado, los azúcares formados se usan como bloques para construir otras células estructurales y compuestos para almacenamiento, son razones que explicarían los resultados obtenidos. Por otro lado la aplicación de Fosfonato de Ca implica que el fosfito por una parte, está implicado en activar los sistemas naturales de defensa de la planta. El ión fosfito provoca cambios en la pared celular, dando como resultado que fracciones de ésta actúen a modo de elicitores externos, desencadenando todo el proceso de activación de defensas de la planta, indicado por Creswell (1991).

6.5. Del rendimiento en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$

El análisis de varianza (cuadro 13) con una $P < 0,01$ detectó diferencias significativas entre tratamientos. Así mismo, evidencia que los tratamientos estudiados explican muy bien ($R^2 = 99,7\%$) sus efectos sobre el peso de la planta. El Coeficiente de Variabilidad (C.V.) con un valor de $0,81\%$ se encuentra dentro del rango de aceptación para trabajos en campo definitivo (Calzada, 1982).

La prueba múltiple de Duncan ($P > 0,05$) para los promedios ordenados de menor a mayor (cuadro 14) también detectó diferencias significativas entre tratamientos y donde se puede observar que el tratamiento T3 ($0,75 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de fosfonato de Ca) obtuvo el promedio más alto con un rendimiento de $39.468,8 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ superando estadísticamente a los tratamientos T4 ($1,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de fosfonato de Ca), T2 ($0,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de fosfonato de Ca), T1 ($0,25 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de fosfonato de Ca) y T0 (testigo) quienes obtuvieron promedios de $36.231,9 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, $34.100,0 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, $30.337,5 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $27.887,5 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ respectivamente.

El Ca está implicado en varias funciones importantes dentro de la planta, principalmente en la estabilización y rigidez de membranas y paredes celulares (Marschner, 2002). Esto se da porque en la pared celular el calcio forma enlaces con los grupos carboxilos en cadenas de poligalacturonanos adyacentes presentes en la lámina media de las paredes celulares, esto contribuye a la adhesión y cohesión célula-célula (Hernández-Muñoz *et al.*, 2008). A nivel de membranas, el calcio genera estabilidad al formar enlaces

con los fosfolípidos y proteínas mediante los puentes fosfatos y carboxílicos, preferencialmente en la superficie de membranas (Marschner, 2002).

Un suministro adicional y adecuado de calcio en plantas de lechuga es importante para prevenir el desorden fisiológico conocido como «tipburn» o «quemadura de los bordes», el cual es causado por una deficiencia localizada de calcio (Collier y Tibbitts, 1982). Beninni *et al.* (2003) demostraron que en plantas de lechuga cv. Vera, sembradas en sistema hidropónico, la aplicación foliar de cloruro de calcio incrementó la masa fresca y seca aérea. Por su parte, con nitrato de calcio en dosis de 200 mg.L^{-1} se obtuvieron resultados estadísticamente similares y, además, se aumentó el flujo de calcio, especialmente de las hojas exteriores, aunque también se reportan aumentos de calcio en las hojas interiores de la lechuga (Creswell, 1991). Así mismo, estudios realizados por Borkowski y Szwonek (1994) mencionan que en cultivares que forman cabeza, como es el caso del cv. Batavia, la aplicación foliar de calcio no es un método recomendable.

Por los resultados obtenidos donde una máxima dosis de fosfonato de Ca ($1,0 \text{ kg.ha}^{-1}$) no superó en su promedio al tratamiento con $0,75 \text{ kg.ha}^{-1}$, podemos inferir que para que un cultivo exprese su máximo rendimiento, es necesario que todos estos factores estén en un nivel óptimo. Si uno o más factores se presentan en niveles inadecuados, resultará en una disminución del rendimiento. El antagonismo consiste en que el aumento por encima de cierto nivel de la concentración de un elemento reduce la absorción de otro. Ejemplos: Na/Ca, K/Mg, Ca/Mg y K, Ca/Fe, Mn, Zn y B, Fe/Mn, N/K.

Por el contrario un sinergismo consiste en que el aumento en la concentración de un elemento favorece la absorción de otro. Ejemplo /Mg, P/Mg. Puede darse el caso de existir sinergismo negativo, donde la carencia de un determinado elemento propicia la deficiencia de otro, como el caso B/Ca. En muchas ocasiones dos elementos pueden comportarse como sinérgicos o antagónicos en función de sus proporciones relativas, de esta forma si guardan un correcto equilibrio se muestran como sinérgicos. (<http://www.uaaan.mx/postgrado/images/files/hort/simposio2/Ponencia02.pdf>).

La interacción entre nutrientes en las plantas cultivadas ocurre cuando al abastecimiento de uno de los nutrientes afecta la absorción y utilización de otros nutrientes, este tipo de interacción es muy común cuando un nutriente tiene un exceso de concentración en el medio de cultivo, Éstas interacciones pueden ocurrir en la superficie de la raíz o dentro de la planta y pueden ser clasificadas en dos categorías principales; en la primera están los precipitados o complejos que ocurren entre iones por su capacidad de formar vínculos químicos; en la segunda es entre iones con propiedades tan similares que compiten por el sitio de adsorción, absorción, transporte y función en la raíz de las plantas o dentro de sus tejidos, estas interacciones son comunes entre nutrientes de similar tamaño, carga, geometría de coordinación y configuración electrónica, este tipo de interacción es común entre Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , y Na^+ (Fageria, 2001).

6.6. Del análisis económico

El análisis económico de los tratamientos estudiados (cuadro 15), presenta los costos de producción y rendimiento por unidad de área y se pone en valor los resultados, considerándose el precio actual al por mayor en el mercado local calculado en S/ 0,6 nuevos para hojas de lechuga pequeñas y de S/ 0,8 nuevos soles para hojas más grandes por kg de peso de hoja de lechuga.

Se puede apreciar que todos los tratamientos que recibieron aplicaciones del Fosfonato de Ca obtuvieron índices B/C superiores al obtenido por el Tratamiento T0 (Testigo). En general todos los tratamientos obtuvieron ingresos netos superiores a los egresos netos. Por otro lado, se evidencia el efecto de la aplicación de dosis crecientes de Fosfonato de Ca y bajo las condiciones agroclimáticas donde se realizó el trabajo de investigación sobre el rendimiento y rentabilidad del cultivo de lechuga de la variedad GRAND RAPIDS WALDEMAN'S STRAIN. En resumen el tratamiento T3 ($0,75 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) obtuvo el mayor valor de B/C con 2,43 y un beneficio neto por ha de S/ 18 589,41 nuevos soles, seguido de los tratamientos T4 ($1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), T2 ($0,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), T1 ($0,25 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) y T0 (Testigo) quienes valores de B/C de 2,23; 2,10; 1,87; y 1,29 y beneficios netos de S/ 15 966,06; S/ 14 296,29; S/ 11 304,16 y S/ 3 785,50 nuevos soles respectivamente.

VII. CONCLUSIONES

- 7.1 El tratamiento T3 (0,75 kg.ha⁻¹ de fosfonato de Ca) obtuvo el promedio más alto de rendimiento, peso de la planta y número de hojas por planta con 39.468,8 Kg.ha⁻¹, 157,9 g y 23,3 hojas por planta respectivamente superando estadísticamente a los promedios obtenidos por los demás tratamientos.
- 7.2. El tratamiento T0 (testigo) obtuvo los promedios más bajos en rendimiento, peso de la planta y número de hojas por planta con 27.887,5 Kg.ha⁻¹, 11,6 g y 15,5 hojas por planta respectivamente.
- 7.3. Por los resultados obtenidos en las variables evaluadas donde la máxima dosis de fosfonato de Ca (T4) con 1,0 kg.ha⁻¹, no supero en su promedio al tratamiento con 0,75 kg.ha⁻¹ (T3), podemos inferir que dosis iguales o superiores han definido procesos de antagonismo no guardando un correcto equilibrio ocurriendo que uno de los nutrientes ha afectado la absorción y utilización de otros nutrientes.
- 7.4. El efecto de la aplicación de dosis crecientes de Fosfonato de Ca y bajo las condiciones agroclimáticas donde se realizó el trabajo de investigación y en el cultivo del cultivo de lechuga de la variedad Grand Rapids Waldeman's Strain, el tratamiento T3 (0,75 kg.ha⁻¹) obtuvo el mayor valor de B/C con 2,43 y un beneficio neto por ha de S/. 18 589,41 nuevos soles, seguido de los tratamientos T4 (1 kg.ha⁻¹), T2 (0,5 kg.ha⁻¹), T1 (0,25 kg.ha⁻¹) y T0 (Testigo) quienes valores de B/C de 2,23 2,10; 1,87 y 1,29 y beneficios netos de S/. 15 966,06; S/. 14 296,29; S/. 11 304,16 y S/. 3 785,50 nuevos soles respectivamente.

VIII. RECOMENDACIONES

Dado el análisis de los resultados y para el cultivo de lechuga variedad Grand Rapids Waldeman's Strain y bajos las condiciones edafoclimáticas de la zona en estudio, se recomienda:

- 8.1.** La aplicación foliar de $0,75 \text{ kg ha}^{-1}$ de fosfonato de Ca en el cultivo de lechuga variedad Grand Rapids Waldeman's Strain - porque asegura mayores rendimientos por unidad de área.
- 8.2.** Considerar y evaluar en otras investigaciones la aplicación fosfonato de Ca de una manera preventiva para el control de enfermedades.
- 8.3.** Considerar evaluaciones futuras en aplicación de Fosfonato de Ca por vía foliar o al suelo y con diferentes frecuencias de aplicación.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Abel S.; Ticconi C. A.; Delatorre C. A. (2002). Phosphate sensing in higher plants. *Physiol plant.* 115, 1-8
2. Angulo, M. C. M. (2008). *Producción de Lechuga*.
3. Aranceta, J y Pérez, C. (2006). *Frutas, verduras y salud*.
4. Beninni, E.R. y H. Takahashi y C.S. J. Neves. 2003. Manejo do calcio emalface de cultivo hidropónico. *Hortic. Bras.* 21(4), 605 – 610.
5. Biblioteca de la Agricultura. (2000). "Horticultura". Edit. Lexus. Barcelona-España.
6. BIONOVO GROUP – PERU (2012). *Best-K (fosfonato de potacio)* España.
7. Brunnigs A. M.; Daftnoff L. E.; Simmone E. H. (2005). Phosphorus Acid and Phosphoric Acid: When all P Sources are not equal. Horticultural Sciences Department. Florida, Cooperative Extension Service. Institute of food and Agricultural Science, University of Florida. Availabel at: <http://edis.ifas.ufl.edu/hs254>.
8. Calzada, B. (1982). *Métodos Estadísticos para la investigación*. Editorial Milagros S.A. Lima – Perú. 644 Págs.
9. Collier, G. y T. W. Tibbitts. (1982). Tipburn of lettuce. *Hort. Rev.* 4, 49 – 45.
10. Dirección de Agricultura. (2002). "Cultivo de la Lechuga (*Lactuca sativa*)". Ministerio de Asuntos campesinos y Agropecuarios "MACA" – Colombia.
11. Fageria, V. D. (2001). Nutrient interactions in crop plants. *Journal of Plant Nutrition*, 24(8):1269-1290.
12. García, J. (2002). Importancia del Ca en la resistencia de las plantas a enfermedades. pp.72-84. En: Silva, F. (ed.). *Los elementos secundarios*

(Ca, Mg, S) y el silicio en la agricultura. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Bogotá.

13. Holdridge, H. I. (1970). Clave Ecológica del Perú. Zonas de vida. Centro Tropical de Investigación y Enseñanza. Lima. Perú. 367 – 368 Págs.
14. Infoagro. (2000). "Cultivo de la Lechuga"
15. Infoagro. (2009). Agricultura. El cultivo de la lechuga. <http://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga/htm>.
16. Landschoot P. y Cook J. (2005) Sorting out the phosphonate products. Science for the Golf course, November 2005: 73 -77.
17. Lovatt C.J. (1990). A definitive test to determine whether phosphite fertilization can replace phosphate fertilization to supply P in the metabolism of Hass on Duke 7. California Avocado Society Yearbook: 64:71 – 64.
18. Lovatt C.J. y Mikkelsen R. L. (2006) Phosphite fertilizer : What are they? Can you use them? What can they do?. Better Crops With plant food. 90 (4) 11:13.
19. Marschner, H. (1986). Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, Londres. pp. 7-73, 285-299.
20. Radjen A.M. y Gerendás J. (2009). A critical assessment of the suitability of phosphite as a source of phosphorus. J. plant nutr, Soil Sci. 172, 821-828.
21. Romeis, T., A. A. Ludwig, R. Martin y J.D.G. Jones. (2001). Calcium dependent kinases play an essential role in a plant defense response. EMBO J. 20(20), 5556- 5567.
22. Richard D. A. (2000). Review of phosphorus acid and its salts as fertilizer materials. J. Plant Nutr. 23:161 – 180.

23. ROGG, H. (2001). Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades. Memorias Curso Internacional de Producción de Hortalizas. Quito, Ecuador.
24. Salisbury, F. y C. Ross. (1994). Fisiología Vegetal. Cuarta edición. Grupo Editorial Iberoamerica S.A. Mexico, D.F. pp. 3-177.
25. Solórzano, H. A. (1992). "Producción de hortalizas de hoja en Tarapoto". Separata de Olericultura. DAAP- UNSM-T – PERÚ.
26. Thao HTB.; Yamakahua T. (2009) Phosphite (phosphorous acid): fungicide. Fertilizer or bio-estimulator. Soil Science and Plant Nutritión V 55 (2): 228 – 234
27. Thao HTB; Yamakahua T; Sibata K. (2009). Effect of Phosphite – Phosphate interaction on growth and quality of hydroponic lettuce (*Lactuca sativa*) J. Plant Nutr. Soil Sci.172: 378 – 384.
28. Uhm, K.H., I.P. Ahn, S. Kim y Y.H. Lee. (2002). Calcium/ Calmodulindependent signaling for penetration development in *Colletotrichum gloeosporoides*. Biochem. Cell Biol. 93(1), 82-87.
29. UNSM – T. 2013. Fuente: Laboratorio de suelos.
30. Vinueza, G y Calvache (2004); Efecto de la aplicación foliar complementaria de dos fosfonatos en la nutrición mineral en el cultivo de papa, Universidad Central del Ecuador.

LINKOGRAFIA CONSULTADA

<http://www.uaaan.mx/postgrado/images/files/hort/simposio2/ponencia02.p>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Fitoalexina>

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado "EFECTOS DE FOSFONATO DE CALCIO EN EL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa*) VARIEDAD GRAND RAPIDS WALDEMAN'S STRAIN - PROVINCIA DE LAMAS, tuvo como objetivos Determinar el tratamiento de mejor efecto con la aplicación foliar del fosfonato de calcio y realizar el análisis económico de los tratamientos en estudio, para lo cual se evaluaron 4 tratamientos: T₀ (sin aplicación), T₁ (0,25 l.ha⁻¹ de fosfonato de Calcio), T₂ (0,50 l.ha⁻¹ de fosfonato de Calcio) y T₃ (0,75 l.ha⁻¹ de fosfonato de Calcio) T₄ (1.0 l.ha⁻¹ de fosfonato de Calcio). Los parámetros evaluados fueron: Diámetro de cuello, longitud de planta, número de hojas, peso de planta, rendimiento en la producción en t.ha⁻¹, análisis económico de todos los tratamientos estudiados.

Las conclusiones más relevantes fueron las que obtuvimos en el tratamiento T₃ (0,75 kg.ha⁻¹ de fosfonato de Ca) obtuvo el promedio más alto de rendimiento, peso de la planta y número de hojas por planta con 39.468,8 Kg.ha⁻¹, 157,9 g y 23,3 hojas por planta respectivamente superando estadísticamente a los promedios obtenidos por los demás tratamientos. El tratamiento T₀ (testigo) obtuvo los promedios más bajos en rendimiento, peso de la planta y número de hojas por planta con 27.887,5 Kg.ha⁻¹, 11,6 g y 15,5 hojas por planta respectivamente. Por los resultados obtenidos en las variables evaluadas donde la máxima dosis de fosfonato de Ca (T₄) con 1,0 kg.ha⁻¹, no supero en su promedio al tratamiento con 0,75 kg.ha⁻¹ (T₃), podemos inferir que dosis iguales o superiores han definido procesos de antagonismo no guardando un correcto equilibrio ocurriendo que uno de los nutrientes ha afectado la absorción y utilización de otros nutrientes. El efecto de la aplicación de dosis crecientes de Fosfonato de Ca y bajo las condiciones agroclimáticas donde se realizó el trabajo de investigación y en el cultivo del cultivo de lechuga de la variedad Grand Rapids Waldeman's Strain, el tratamiento T₃ (0,75 kg.ha⁻¹) obtuvo el mayor valor de B/C con 2,43 y un beneficio neto por ha de S/. 18 589,41 nuevos soles, seguido de los tratamientos T₄ (1 kg.ha⁻¹), T₂ (0,5 kg.ha⁻¹), T₁ (0,25 kg.ha⁻¹) y T₀ (Testigo) quienes valores de B/C de 2,23; 2,10; 1,87 y 1,29 beneficios netos de S/. 15 966,06; S/. 14 296,29; S/. 11 304,16 y S/. 3 785,50 nuevos soles respectivamente.

SUMMARY

This research work entitled "Effects of calcium phosphonate GROWING LETTUCE (*Lactuca sativa*) GRAND RAPIDS VARIETY WALDEMAN " S STRAIN - Province LAMAS, "Aimed to determine the best treatment effect of foliar application of calcium phosphonate and perform economic analysis of the treatments under study, for which 4 treatments were evaluated: T0 (no application), T1 (0.25 l. ha⁻¹ of Calcium phosphonate), T2 (0.50 l.ha⁻¹ of calcium phosphonate) and T3 (0.75 l.ha⁻¹ of calcium phosphonate) T4 (1.0 l.ha⁻¹ of calcium phosphonate). The parameters evaluated were: diameter neck, floor length, number of leaves, plant weight, yield in t ha⁻¹ production, economic analysis of all treatments studied.

The main conclusions were that we obtained in T3 (0.75 kg ha⁻¹ Ca phosphonate) treatment obtained the highest average yield, plant weight and number of leaves per plant with 39,468.8 kg ha⁻¹, 157.9 g and 23.3 leaves per plant respectively statistically outperforming the averages obtained by other treatments. The T0 treatment obtained the lowest average yield, plant weight and number of leaves per plant with 27887.5 Kg.ha⁻¹, 11.6 g and 15.5 leaves per plant respectively. By the results of the evaluated variables where the maximum dose of phosphonate Ca (T4) with 1.0 kg ha⁻¹, did not exceed in average treatment with 0.75 kg ha⁻¹ (T3), we can infer that the same or higher doses defined processes antagonism not keeping a good balance going to one of the nutrients has affected the absorption and utilization of other nutrients. The effect of the application of increasing doses of Ca phosphonate and agro-climatic conditions under which the research was conducted and the cultivation of the crop of lettuce variety Grand Rapids Waldeman " s Strain, the T3 treatment (0.75 kg. ha⁻¹) obtained the highest value of B / C to 2.43 and net income per ha of S / . 18 589,41 soles, followed by T4 treatment (1 kg ha⁻¹), T2 (0.5 kg ha⁻¹), T1 (0.25 kg ha⁻¹) and T0 (Control) those values of B / C 2,23; 2.10; 1,87; and 1,29 and net income of S/. 15 966,06; S/.14 296,29; S/. 11 304,16 and S / . 3 785,50 soles respectively.

ANEXOS

ANEXO 1: COSTO DE PRODUCCION DE 1 Ha T0

T₀ (Testigo)				
Especificaciones	Unidad	Costo \$/.	Cantidad	Costo \$/.
a. Preparación del terreno				2 700.00
Limpieza de campo	Jornal	30	30	900.00
Removido del suelo	Jornal	30	30	900.00
Mullido de suelo y nivelado	Jornal	30	30	900.00
b. Mano de Obra				4 400.00
Siembra	Jornal	30	25	750.00
Deshierbo	Jornal	30	30	900.00
Riego	Jornal	30	15	450.00
Aporque	Jornal	30	30	900.00
Aplicación de Abono Foliar	Jornal	30	10	300.00
Cosecha, Pesado y embalado	Jornal	30	30	900.00
Estibadores	Jornal	30	10	300.00
c. Insumos				70.00
Semilla	Kg.	140	0.5	70.00
Fosfonato de Ca	Litro	65	0	0.00
d. Materiales				1125.00
Palana de corte	Unidad	20	4.00	80.00
Machete	Unidad	10	4.00	40.00
Rastrillo	Unidad	15	4.00	60.00
Balanza tipo Reloj	Unidad	120	1.00	120.00
Cordel	M ³	0.3	200	60.00
Sacos	Unidad	1	500	500.00
Lampa	Unidad	20	4.00	80.00
Bomba Mochila	Unidad	150	1.00	150.00
Análisis de suelo	Unidad	35	1	35.00
e. Transporte	t	20	12.43	248.60
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				8 543.60
Gastos Administrativos (10%)				854.36
Beneficios sociales (50%)				3 550.00
TOTAL COSTOS INDIRECTOS				4 404.36
TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCIÓN				12 947.96

ANEXO 2: COSTO DE PRODUCCION DE 1 Ha T1

T₁ (0.25 l.ha⁻¹)				
Especificaciones	Unidad	Costo S/.	Cantidad	Costo S/.
a. Preparación del terreno				2 700.00
Limpieza de campo	Jornal	30	30	900.00
Removido del suelo	Jornal	30	30	900.00
Mullido de suelo y nivelado	Jornal	30	30	900.00
b. Mano de Obra				4 400.00
Siembra	Jornal	30	25	750.00
Deshierbo	Jornal	30	30	900.00
Riego	Jornal	30	15	450.00
Aporque	Jornal	30	30	900.00
Aplicación de Abono Foliar	Jornal	30	10	300.00
Cosecha, Pesado y embalado	Jornal	30	30	900.00
Estibadores	Jornal	30	10	300.00
c. Insumos				86.25
Semilla	Kg.	140	0.5	70.00
Fosfonato de Ca	Litro	65	0.25	16.25
d. Materiales				1125.00
Palana de corte	Unidad	20	4.00	80.00
Machete	Unidad	10	4.00	40.00
Rastrillo	Unidad	15	4.00	60.00
Balanza tipo Reloj	Unidad	120	1.00	120.00
Cordel	M ³	0.3	200	60.00
Sacos	Unidad	1	500	500.00
Lampa	Unidad	20	4.00	80.00
Bomba Mochila	Unidad	150	1.00	150.00
Análisis de suelo	Unidad	35	1	35.00
e. Transporte	t	20	12.43	248.60
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				8 559.85
Gastos Administrativos (10%)				855.99
Beneficios sociales (50%)				3 550.00
TOTAL COSTOS INDIRECTOS				4 405.99
TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCIÓN				12 965.84

ANEXO 3: COSTO DE PRODUCCION DE 1 Ha T2

T₂ (0.50 l.ha⁻¹)				
Especificaciones	Unidad	Costo S/.	Cantidad	Costo S/.
a. Preparación del terreno				2 700.00
Limpieza de campo	Jornal	30	30	900.00
Removido del suelo	Jornal	30	30	900.00
Mullido de suelo y nivelado	Jornal	30	30	900.00
b. Mano de Obra				4 400.00
Siembra	Jornal	30	25	750.00
Deshierbo	Jornal	30	30	900.00
Riego	Jornal	30	15	450.00
Aporque	Jornal	30	30	900.00
Aplicación de Abono Foliar	Jornal	30	10	300.00
Cosecha, Pesado y embalado	Jornal	30	30	900.00
Estibadores	Jornal	30	10	300.00
c. Insumos				102.5
Semilla	Kg.	140	0.5	70.00
Fosfonato de Ca	Litro	65	0.50	32.50
d. Materiales				1125.00
Palana de corte	Unidad	20	4.00	80.00
Machete	Unidad	10	4.00	40.00
Rastrillo	Unidad	15	4.00	60.00
Balanza tipo Reloj	Unidad	120	1.00	120.00
Cordel	M ³	0.3	200	60.00
Sacos	Unidad	1	500	500.00
Lampa	Unidad	20	4.00	80.00
Bomba Mochila	Unidad	150	1.00	150.00
Análisis de suelo	Unidad	35	1	35.00
e. Transporte	t	20	12.43	248.60
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				8 576.10
Gastos Administrativos (10%)				857.61
Beneficios sociales (50%)				3 550.00
TOTAL COSTOS INDIRECTOS				4 407.61
TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCIÓN				12 983.71

ANEXO 4: COSTO DE PRODUCCION DE 1 Ha T3

T₃ (0.75 l.ha⁻¹)				
Especificaciones	Unidad	Costo S/.	Cantidad	Costo S/.
a. Preparación del terreno				2 700.00
Limpieza de campo	Jornal	30	30	900.00
Removido del suelo	Jornal	30	30	900.00
Mullido de suelo y nivelado	Jornal	30	30	900.00
b. Mano de Obra				4 400.00
Siembra	Jornal	30	25	750.00
Deshierbo	Jornal	30	30	900.00
Riego	Jornal	30	15	450.00
Aporque	Jornal	30	30	900.00
Aplicación de Abono Foliar	Jornal	30	10	300.00
Cosecha, Pesado y embalado	Jornal	30	30	900.00
Estibadores	Jornal	30	10	300.00
c. Insumos				118.75
Semilla	Kg.	140	0.5	70.00
Fosfonato de Ca	Litro	65	0.75	48.75
d. Materiales				1125.00
Palana de corte	Unidad	20	4.00	80.00
Machete	Unidad	10	4.00	40.00
Rastrillo	Unidad	15	4.00	60.00
Balanza tipo Reloj	Unidad	120	1.00	120.00
Cordel	M ³	0.3	200	60.00
Sacos	Unidad	1	500	500.00
Lampa	Unidad	20	4.00	80.00
Bomba Mochila	Unidad	150	1.00	150.00
Análisis de suelo	Unidad	35	1	35.00
e. Transporte	t	20	12.43	248.60
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				8 592.35
Gastos Administrativos (10%)				859.24
Beneficios sociales (50%)				3 550.00
TOTAL COSTOS INDIRECTOS				4 409.24
TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCIÓN				13 001.59

ANEXO 5: COSTO DE PRODUCCION DE 1 Ha T4

T₄ (1.00 l.ha⁻¹)				
Especificaciones	Unidad	Costo S/.	Cantidad	Costo S/.
a. Preparación del terreno				2 700.00
Limpieza de campo	Jornal	30	30	900.00
Removido del suelo	Jornal	30	30	900.00
Mullido de suelo y nivelado	Jornal	30	30	900.00
b. Mano de Obra				4 400.00
Siembra	Jornal	30	25	750.00
Deshierbo	Jornal	30	30	900.00
Riego	Jornal	30	15	450.00
Aporque	Jornal	30	30	900.00
Aplicación de Abono Foliar	Jornal	30	10	300.00
Cosecha, Pesado y embalado	Jornal	30	30	900.00
Estibadores	Jornal	30	10	300.00
c. Insumos				135.00
Semilla	Kg.	140	0.5	70.00
Fosfonato de Ca	Litro	65	1.0	65
d. Materiales				1125.00
Palana de corte	Unidad	20	4.00	80.00
Machete	Unidad	10	4.00	40.00
Rastrillo	Unidad	15	4.00	60.00
Balanza tipo Reloj	Unidad	120	1.00	120.00
Cordel	M ³	0.3	200	60.00
Sacos	Unidad	1	500	500.00
Lampa	Unidad	20	4.00	80.00
Bomba Mochila	Unidad	150	1.00	150.00
Análisis de suelo	Unidad	35	1	35.00
e. Transporte	t	20	12.43	248.60
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				8 608.60
Gastos Administrativos (10%)				860.86
Beneficios sociales (50%)				3 550.00
TOTAL COSTOS INDIRECTOS				4 410.86
TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCIÓN				13 019.46

ANEXO 6: ANALISIS ECONÓMICO DE LOS TRATAMIENTOS ESTUDIADOS

Trats	Rdto (kg.ha ⁻¹)	Costo de producción (S/.)	Precio de venta x kg (S/.)	Beneficio bruto (S/.)	Beneficio neto (S/.)	B/C
T0 (Testigo)	27.887,50	12 947.96	0,60	16 732, 50	3 785, 50	1,29
T1 (0,25 Kg.ha ⁻¹)	30.337,50	12 965.84	0,80	24 270,00	11 304,16	1.87
T2 (0,5 Kg.ha ⁻¹)	34.100,00	12 983.71	0,80	27 280,00	14 296,29	2.10
T3 (0,75 Kg.ha ⁻¹)	39488,80	13 001.59	0,80	31 591,00	18 589,41	2.43
T4 (1 Kg.ha ⁻¹)	36231,90	13 019.46	0,80	28 985,52	15 966,06	2.23