

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMIA



**“APLICACIÓN DE CITRATO DE CALCIO Y SULFATO DE CALCIO
EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL ESPÁRRAGO (*Asparagus
officinalis* L)”**

**Tesis para optar el título de
INGENIERO AGRÓNOMO**

Presentado por:

MORENO SALAZAR TOMAS RAFAEL

Lima-Perú

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA

**“APLICACIÓN DE CITRATO DE CALCIO Y SULFATO DE
CALCIO EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL
ESPÁRRAGO (*Asparagus officinalis* L.)”**

Presentado por:
TOMAS RAFAEL MORENO SALAZAR

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Oscar Loli Figueroa
PRESIDENTE

Ing. M. S. Andrés Casas Díaz
ASESOR

Dr. Julio Toledo Hevia
MIEMBRO

Ing. Mg. Sc. Ruby Vega Ravello
MIEMBRO

Lima - Perú

2017

**A mis padres Tomas y Felicinda
por su comprensión, esfuerzo y
perseverancia que depositaron
en mi persona.**

AGRADECIMIENTO

A los Ingenieros; Dante Norberto Poggi Estremadoyro y Pablo Castillo Sánchez por darme la confianza y oportunidad.

Al Ing. Mg. Sc. Andrés Casas por el apoyo en el desarrollo del presente trabajo.

Al Ing. Rubén Bazán Tapia por su consejo y conocimiento.

A mis compañeros Edwin Raúl Macuri Núñez, José Luis Cabanillas y al señor Ruder Payano Ramos por la ayuda brindada.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION LITERARIA.....	3
2.1 El espárrago.....	3
2.1.1 Generalidades del cultivo.....	3
2.1.2 Requerimientos edafoclimaticos.....	3
2.1.3 Fenología del espárrago.....	5
2.1.4 Fertilización del espárrago.....	6
2.2 El calcio.....	7
2.2.1 El calcio en la naturaleza.....	7
2.2.2 El calcio en la agricultura.....	7
2.2.3 El calcio en el suelo.....	8
2.2.4 El calcio en las plantas.....	13
2.2.5 Transporte y absorción de calcio en las plantas.....	16
2.2.6 Funciones del calcio en las plantas.....	20
2.2.7 Efectos de la deficiencia de calcio en las plantas.....	23
2.2.8 Medidas de corrección en la deficiencia del calcio.....	26
2.3 El citrato de calcio.....	26
2.4 El sulfato de calcio.....	28
III. MATERIALES Y METODOS.....	32
3.1 Materiales.....	32
3.1.1 Ubicación del campo experimental.....	32
3.1.2 Características del suelo.....	32
3.1.3 Características del agua de riego.....	33
3.1.4 Características climatológicas de la zona experimental.....	35
3.1.5 Características del cultivar.....	37
3.1.6 Manejo del cultivo de espárrago.....	37
3.2 Tratamientos evaluados.....	40
3.2.1 Características del campo experimental.....	41
3.2.2 Diseño experimental.....	41
3.2.3 Análisis estadístico.....	41

3.2.4 Modelo estadístico.....	42
3.2.5 Evaluaciones realizadas.....	43
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	46
4.1 Variables del crecimiento del cultivo de espárrago.....	46
4.2 Rendimiento del cultivo de espárrago.....	49
4.3 Calidad de la producción.....	52
4.4 Porcentaje de materia seca y concentración de calcio en el follaje y turiones.....	55
V. CONCLUSIONES.....	60
VI. RECOMENDACIONES.....	61
VII. BIBLIOGRAFIA.....	62
VIII. ANEXOS.....	

RELACION DE CUADROS

Cuadro N°1	Análisis químico del suelo.....	33
Cuadro N°2	Análisis de agua.....	34
Cuadro N°3	Datos meteorológicos de la zona de Asia.....	36
Cuadro N°4	Tratamientos evaluados.....	39
Cuadro N°5	Tratamientos evaluados a base de calcio.....	39
Cuadro N°6	Análisis de variancia.....	42
Cuadro N°7	Distribución de calibres.....	43
Cuadro N°8	Altura de planta (m), número de tallos por metro cuadrado y peso del follaje (Kg/ha) en espárrago, empleando tres niveles y dos fuentes de calcio....	46
Cuadro N°9	Rendimiento total (Kg/ha), numero de turiones por metro cuadrado y peso promedio del turión en espárrago, empleando tres niveles y dos fuentes de calcio.....	50
Cuadro N°10	Número de turiones y peso promedio de turiones por categoría en espárrago, empleando tres niveles y dos fuentes de calcio.....	53
Cuadro N°11	Porcentaje de materia seca (%) en follaje y turiones de espárrago, empleando tres niveles y dos fuentes de calcio.....	55
Cuadro N°12	Concentración de calcio (%) en follaje y turiones de espárrago, empleando tres niveles y dos fuentes de calcio.....	57

INDICE DE FIGURAS Y GRAFICOS

Figura N° 01	Estados fenológicos del cultivo de espárrago.....	38
Figura N° 02	Diagrama del campo experimental del cultivo de espárrago.....	41
Grafico N° 01	Altura de planta (m) de espárrago, empleando tres niveles y dos fuentes de calcio.....	47
Grafico N° 02	Número de tallos por metro cuadrado de espárrago, empleando tres niveles y dos fuentes de calcio.....	47
Grafico N° 03	Peso fresco del follaje de espárrago (Kg/ha), empleando tres niveles y dos fuentes de calcio.....	48
Grafico N° 04	Rendimiento total del espárrago (Kg/ha), empleando tres niveles y dos fuentes de calcio.....	51
Grafico N° 05	Número de turiones de espárrago por metro cuadrado, empleando tres niveles y dos fuentes de calcio.....	51
Grafico N° 06	Peso promedio de turiones de espárrago (g), empleando tres niveles y dos fuentes de calcio.....	52
Grafico N° 07	Número de turiones de espárrago por categoría, empleando tres niveles y dos fuentes de calcio.....	54
Grafico N° 08	Peso promedio de turiones de espárrago por categoría (g), empleando tres niveles y dos fuentes de calcio.....	54
Grafico N° 09	Primer y segundo porcentaje de materia seca (%) en el follaje de espárrago , empleando tres niveles y dos fuentes de calcio.....	56
Grafico N° 10	Porcentaje de materia seca (%) en turiones de espárrago, empleando tres niveles y dos fuentes de calcio.....	56

Grafico N° 11	Primer y segundo porcentaje de calcio (%) en el follaje de espárrago, empleando tres niveles y dos fuentes de calcio.....	58
Grafico N° 12	Porcentaje de calcio (%) en turiones de espárrago, empleando tres niveles y dos fuentes de calcio.....	58

RELACION DE ANEXOS

Anexo 8.1: Altura de planta (m).....	74
Anexo 8.2: Número de tallos/m ²	74
Anexo 8.3: Peso del follaje (Kg/ha).....	75
Anexo 8.4: Número de turiones/m ²	75
Anexo 8.5: Peso promedio de turiones (g).....	76
Anexo 8.6: Rendimiento total (Kg/ha).....	76
Anexo 8.7: Número de turiones de la categoría Small / U. Exp.....	77
Anexo 8.8: Número de turiones de la categoría Medium / U. Exp.....	77
Anexo 8.9: Número de turiones de la categoría Large / U. Exp.....	78
Anexo 8.10: Peso promedio de turiones de la categoría Small (g) / U. Exp.....	78
Anexo 8.11: Peso promedio de turiones de la categoría Medium (g) / U. Exp.....	79
Anexo 8.12: Peso promedio de turiones de la categoría Large (g) / U. Exp.....	79
Anexo 8.13: primer peso fresco de follaje (g/m ²).....	80
Anexo 8.14: primer peso seco de follaje (g/m ²).....	80
Anexo 8.15: primer porcentaje de materia seca en el follaje (%).....	81
Anexo 8.16: primer porcentaje de calcio en el follaje (%).....	81
Anexo 8.17: segundo peso fresco de follaje (g/m ²).....	82
Anexo 8.18: segundo peso seco de follaje (g/m ²).....	82
Anexo 8.19: segundo porcentaje de materia seca en el follaje (%).....	83
Anexo 8.20: segundo porcentaje de calcio en el follaje (%).....	83
Anexo 8.21: Peso fresco de turiones (g/m ²).....	84
Anexo 8.22: Peso seco de turiones (g/m ²).....	84

Anexo 8.23: porcentaje de materia seca en turiones (%).....	85
Anexo 8.24: porcentaje de calcio en turiones (%).....	85
Anexo 8.25: Peso total de turiones cosechados (gr).....	86
Anexo 8.26: Número total de turiones cosechados.....	87
Anexo 8.27: Calidad de la producción - Peso total de turiones (g).....	88
Anexo 8.28: Calidad de la producción -Número total de turiones.....	89
Anexo 8.29: Análisis especial de muestras de extractos foliares de espárrago.....	90
Anexo 8.30: Sulfato de Calcio y sus derivados.....	91
Anexo 8.31: Contenido mineral de algunos suplementos de calcio y magnesio.....	91
Anexo 8.32: Importantes características de las fuentes de calcio comúnmente utilizadas en la industria.....	91
Anexo 8.33: Características de diferentes fuentes de calcio.....	92
Anexo 8.34: Análisis del citrato de calcio.....	93
Anexo 8.35: Cronología del ensayo experimental.....	94
Anexo 8.36: Actividades agronómicas en el fundo key.....	95
Anexo 8.37: Plan de fertilización.....	95
Anexo 8.38: Fertilizantes utilizados durante el ensayo.....	96
Anexo 8.39: Características del Sistema de riego.....	96
Anexo 8.40: Registró de consumo de agua en el área experimental.....	97

RESUMEN

El espárrago es el producto abanderado de las exportaciones hortofrutícolas peruanas, por lo que el presente trabajo de investigación, tuvo por objetivo evaluar el efecto de la fertilización de dos fuentes de calcio en el rendimiento del cultivo de espárrago (*Asparagus officinalis* L.) cv. Atlas en su tercer año de producción, bajo riego por gravedad, realizado en el fundo Key S.A.C, ubicado en el distrito de Asia (la capilla) provincia de Cañete, departamento de Lima, desde julio del 2014 a mayo del 2015. A nivel de campo fueron probados tres niveles de citrato de calcio (90,180 y 270 Kg/ha de Calcio) y 3 niveles de sulfato de calcio (90,180 y 270 Kg/ha de Calcio). Se aplicó el diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con cuatro repeticiones. El área de ensayo por tratamiento fue de 50.22 m², con una distancia entre surcos de 1.5 metros y distancia entre plantas de 0.35 metros. El consumo de agua en riego por gravedad, durante los 279 días del ciclo vegetativo del cultivo de espárrago cv Atlas, fue de 3455.63 m³/ha. Los promedios de las variables de crecimiento: altura de planta fue de 1.54 m, número de tallos/m² fue de 77.83 y el peso del follaje fue de 2059.24 Kg/ha. En cuanto al rendimiento del cultivo de espárrago: el rendimiento total fue de 1464.61 Kg/ha, el número de turiones/m² fue de 19.49 y el peso promedio de turión fue de 7.77 gr. En cuanto a la calidad de la producción, el número de turiones para las categorías small, médium y large fueron de 12.8, 9.17 y 1.92 unidades respectivamente. Asimismo, los pesos promedio de turiones fueron de 6.21 gr para small, 9.98 gr para médium y 12.15 gr para la large. En cuanto al porcentaje de materia seca y concentración de calcio en el follaje y turiones, en la primera muestra foliar el porcentaje de materia seca fue de 34.74 % y la concentración de calcio fue de 0.71%, en la segunda muestra foliar el porcentaje de materia seca fue de 39.61% y la concentración de calcio fue de 0.71%. En la muestra de turiones el porcentaje de materia seca fue de 7.93 % y la concentración de calcio fue de 0.16%. El número de tallos por m², muestra alta significación, alcanzando en ambas fuentes cálcicas el máximo valor a nivel de 90 Kg/ha de Calcio: con citrato de calcio fue de 112.64 tallos/m² y con sulfato de calcio fue de 82.39 tallos/m², el testigo presentó el menor valor con 38.61 tallos/m². Asimismo en el peso del follaje, se observa significación estadística, donde el máximo valor que se obtiene con respecto al citrato de calcio fue a nivel de 90 Kg/ha de Calcio con 2538.14 Kg/ha. Con el sulfato de calcio el máximo valor alcanzado fue a nivel

de 270 Kg/ha de Calcio con 2576.80 Kg/ha, el testigo presenta el menor valor con 1677.69 Kg/ha

I. INTRODUCCION

El espárrago es una hortaliza demandada en muchos países, no solo es consumido en temporada sino durante todo el año. En el Perú se produce exclusivamente para la exportación y es posible producir espárrago durante todo el año, debido a que pueden realizarse dos cosechas al año por las condiciones de climas especiales y la ubicación geográfica que son favorables para este cultivo.

Actualmente las variedades que se producen y exportan son de dos tipos: el espárrago blanco, que crece bajo tierra y se usa principalmente para las conservas, aunque en un porcentaje menor se exporta fresco. Y el más conocido, el espárrago verde, se exporta principalmente en fresco a diversos mercados. De esta manera, son varias las empresas que exportan la hortaliza en sus tres categorías: frescos, conservas y congeladas.

Según el Sistema Integrado de Estadística Agraria (**SIEA**)-**MINAGRI-2014**, señala que las áreas de este cultivo en nuestro país se concentran en los departamentos de Ica con 13484.00 Has, le sigue La Libertad, con 13331.00 Has, en tercer lugar se ubica la región Ancash con 2295.00 Has, seguido por Lima con 2111.00 Has y por último Lambayeque con 699.00 Has.

En el mundo existen 179.487 hectáreas dedicadas al cultivo de espárragos, de las cuales 25.000 Has se instalan en Perú, representando el 14% del total, y ubicando al país como el segundo con mayor superficie dedicada a dicho producto. China es el país con mayor área de sembríos de espárragos, ya que cuenta con aproximadamente 70 mil hectáreas de la mencionada hortaliza (39% del total). Alemania ocupa el tercer lugar en el ranking, con una extensión de alrededor de 22 mil Has de espárragos (12%). Le siguen México con 16 mil hectáreas (8%), Estados Unidos con 8.975 Has (5%), otros países concentran el 22%. De los primeros cuatro países mencionados, la superficie de México es la que más rápido está aumentando debido al incremento de su oferta hacia Estados Unidos, país cuya superficie de espárragos ha sufrido un declive de casi el 65% en los últimos doce años. Este incremento de la producción mexicana es perjudicial para el comercio de los productores peruanos, que también orientan sus espárragos hacia Estados Unidos.

El rendimiento del espárrago esta genéticamente fijado y determinado por las condiciones medioambientales del lugar de la producción siempre que exista un suministro constante de elementos minerales (**Feher, 1992**). Dentro de los elementos minerales que requiere el espárrago el calcio ocupa el cuarto lugar con un contenido en el follaje de entre 1.5 y 3.5% del peso del follaje (**Sánchez, 1992**). El calcio es un macronutriente muy importante en la nutrición del espárrago ya que tiene participación en las paredes y membranas celulares. La carencia de este elemento provoca el debilitamiento y colapso de tejidos ocasionando finalmente la disminución de rendimientos.

Actualmente el jugo de limón recocido proveniente de la industria del aceite esencial de limón (cachaza), es desechado hacia los rellenos sanitarios. Esta cachaza, el cual contiene ácido cítrico, al adicionarle carbonato de calcio se obtiene el citrato de calcio, el cual generalmente se usa para la preservación y condimentación de alimentos o como suplemento dietético de calcio. Sería importante promover este citrato de calcio a los intereses de la fertilización agronómica, ya sea para corregir problemas de acidez de suelos, la recuperación de suelos sódicos o ser empleada como fuente de calcio en cultivos.

Por lo que el presente trabajo de investigación tiene por finalidad determinar la aplicación de tres niveles y dos fuentes de calcio (citrato calcio y sulfato de calcio) en el rendimiento y calidad del espárrago.

II. REVISIÓN LITERARIA

2.1 El espárrago

2.1.1 Generalidades del cultivo

El espárrago (*Asparagus officinalis* L.) es una especie herbácea perenne, monocotiledónea, nativa de Europa y Asia. Pertenece a la familia Liliaceae junto a otras 150 especies descritas. Dentro del género *Asparagus* existen especies tanto comestibles como otras que son utilizadas como ornamentales. Como cultivo se desarrolló posiblemente en la zona este del Mediterráneo, y se expandió hacia el noroeste de Europa en la época de los romanos (**Del Pozo, 1999**).

2.1.2 Requerimientos edafoclimaticas

Clima

La planta de espárrago crece perfectamente tanto en climas templados como en subtropicales e incluso se adapta a climas tropicales, a pesar de que el clima del mediterráneo, de donde es originario es templado. Se acostumbra a reemplazar el periodo de estrés producido por el frío, por el de sequía o por podas (**Delgado de la flor et al; 1993**). Los climas donde progresa el cultivo del espárrago varían desde los más fríos hasta los extremadamente calientes. Sin embargo, se necesitan temperaturas promedio de 23 a 24°C para su crecimiento óptimo, por encima de estas su crecimiento se ve acelerado. Temperaturas del suelo debajo de 8°C y encima de 35°C inhiben el crecimiento (**Universidad de California, 1977; Souther, 1987; Benages, 1990; Domínguez, 1997**). A temperaturas muy bajas se retarda el crecimiento vegetativo y detiene el crecimiento de turiones, los deforma o acentúan el color morado de las puntas, mientras que las temperaturas altas aceleran el crecimiento, causando la apertura de los brotes primarios del turión y el rápido desarrollo de las yemas apicales (**Delgado de la flor et al; 1993**).

Castañeda (1998), menciona que el espárrago requiere climas templados, subtropicales e incluso se adapta a climas tropicales. En general el espárrago es una planta que se adapta a gran diversidad de climas. Sin embargo, se desarrolla mejor en zonas con primaveras tempranas y suaves ya que incide en la precocidad y en el periodo de recolección. Para la brotación de turiones se necesita 12°C, desarrollo vegetativo de 20-25°C y para el reposo menos de 12°C.

Suelo

Los mejores suelos para el espárrago son los sueltos o arenosos, bien profundos, sin piedras, de estructura suelta, bien drenados y con buen contenido de materia orgánica. Los suelos franco arenosos permiten el desarrollo de raíces sanas y turiones erectos, sin heridas; además el suelo debe poseer una buena capacidad de retención de humedad con fácil drenaje y poca compactación. Los suelos con pH entre 6.2 y 7.8 son los más adecuados para el cultivo de espárrago. Que tengan una textura suelta, con proporciones de arena alta, para garantizar un óptimo desarrollo de los delicados brotes. El espárrago es una planta que resiste un alto contenido de alcalinidad y salinidad comparado con otras plantas cultivadas, pero al mismo tiempo no tolera suelos muy ácidos. A pesar de su resistencia a la salinidad, el espárrago no rinde igual en un suelo salino que en uno no salino, en suelos alcalinos requiere contenidos altos de boro y posiblemente de calcio. **(Benages ,1990; Richards ,1990; Delgado de la Flor, 2000).**

Agua

Es exigente en agua, tanto en la etapa de desarrollo vegetativo como en la época de cosecha. Tratándose de una planta que contiene 90% de humedad en sus brotes, se justifica las necesidades de agua, sino la deshidratación disminuirá la calidad del turión y la falta de humedad evitará la absorción de nutrientes **(Delgado de la flor et al., 1993).**

Aunque el espárrago se desarrolla de forma óptima con regadío, es una planta que resiste bastante bien la sequía, aunque se reduce la producción notablemente **(Benages, 1990).** El estrés hídrico es negativo para el espárrago, reduciendo el crecimiento de la parte aérea y disminuyendo el rendimiento. La disminución en los niveles de riego afecta los diferentes estadios fenológicos del espárrago, restringiendo el crecimiento del turión, o disminuyendo los fotosintatos y el desarrollo de las yemas, reduciendo el rendimiento. Sin embargo, el espárrago tolera la sequía y es capaz de brotar con un moderado estrés hídrico **(Drost, 1997).**

Humedad relativa

La humedad relativa óptima en el crecimiento de los turiones está comprendida entre 60 y 70 %. Si el cultivo es al aire libre, el efecto del viento puede tener una especial incidencia al final del desarrollo del tallo, pues pueden llegar a afectarlos. No habiéndose comprobado pernicioso este efecto en el cultivo. En zonas con vientos dominantes en una dirección fija, se realizarán las hileras de cultivo en esa dirección. **(IPEH, 2011).**

2.1.3 Fenología del espárrago

El espárrago, por ser una planta perenne, podemos dividir su ciclo de vida en dos partes: ciclo de vida total y ciclo de vida estacional (**Benages, 1990; San Agustín, 1989**). El ciclo de vida total del espárrago está caracterizado por tres etapas bien definidas. La primera, de implantación o de crecimiento activo, donde hay un predominante crecimiento radicular; el fósforo, calcio y potasio tienen gran importancia en la formación de tejidos de reserva (abarca del primer al cuarto año). La segunda etapa, llamada de producción o de máximo rendimiento, es donde precisamente se alcanzan los máximos rendimientos del cultivo, existe una demanda constante de agua y nutrientes y tiene un abundante sistema radicular (abarca del cuarto al octavo año). La tercera etapa o de producción decreciente, caracterizada por una disminución paulatina del rendimiento y de la demanda de agua y nutrientes, se deteriora el sistema radicular, hay suberización de tejidos, etc. (**Sánchez, 2005**).

El ciclo vegetativo estacional, está referido a la campaña-cosecha, ésta puede ser anual, dos cosechas por año, tres cosechas en dos años, etc. En el Perú, se utilizan los tres esquemas mencionados y dependiendo de la estación de crecimiento pueden lograrse entre dos a cinco brotaciones sucesivas. Cada una de estas brotaciones constituyen a su vez un pequeño “ciclo de vida”, que difieren unos de otros en el tiempo de maduración, siendo siempre el primer brote después de la cosecha el que madura más rápidamente (**Sánchez, 1998**).

2.1.4 Fertilización

La fertilización según **Román (1996)**, debe ser completa, es decir debe incluir todos los nutrientes extraídos por el cultivo, balanceada, es decir que las cantidades aplicadas deben estar de acuerdo a las necesidades reales del cultivo; global, es decir debe considerar los nutrientes necesarios tanto para los turiones como para el follaje y corona, medible, es decir que se debe considerar el aporte de nutrientes del suelo, el agua y las enmiendas y, finalmente, dinámica, es decir que en la medida que los rendimientos son mayores, más nutrientes son utilizados por la planta.

Ferreira (1995) menciona que la principal característica del cultivo del espárrago es que cada año se establece una migración orgánica dentro de la planta. Esto quiere decir que cada vez terminada la cosecha, se inicia el crecimiento de los tallos y cladios para estimular la fotosíntesis hasta que la planta alcance su máximo desarrollo. Los productos

obtenidos de la fotosíntesis se translocan a los rizomas y raíces donde se acumulan. Este proceso da origen a las yemas las cuales se forman exclusivamente con las reservas acumuladas en la fotosíntesis. De todo este proceso se argumenta que la aplicación de una fertilización balanceada tiene como objetivo asegurar el adecuado crecimiento aéreo y radicular para poder almacenar la mayor cantidad de carbohidratos en los órganos especializados.

El espárrago durante su ciclo de vida total, presenta diferentes etapas, en cada una de las cuales la demanda de nutrientes es diferenciada, siendo la etapa de máxima producción (del cuarto al octavo año) la que muestra mayor extracción de nutrientes (**Benages, 1990**).

Sánchez (1992), refiere experiencias en Chile y España que demuestran que el espárrago en cuanto a sus necesidades de nutrientes, tiene alta respuesta a las aplicaciones de N y medianamente en P, Ca, Mg y Fe y baja demanda en las aplicaciones de Cu, Zn, Mn y Asimismo menciona que la absorción por las plantas de los nutrientes aplicados foliarmente puede ser de 2 a 30 veces más eficiente en el tiempo que aplicados en el suelo.

Para nuestras condiciones, se han reportado numerosos ratios de extracción de nutrientes, basados en el análisis del follaje final y de los turiones cosechados, dando una aproximación confiable (**Román, 1996; Sánchez, 1998**).

Sánchez (2005) propone una dosis de abonamiento en esparragueras en función de la edad y número de cosechas por año, la cual muestra en el siguiente cuadro

Condición / dosis (Kg/ha)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	B(sal)	Mic EDTA
A. Menores de 2 años							
Una cosecha x año	250	180	250	80	40	5	10
Más de una cosecha x año	200	120	220	40	20	3	5
B. Mayores de 2 años							
Una cosecha x año	350	150	350	60	30	5	15
Más de una cosecha x año	250	120	280	40	20	3	10

Fuente, Sánchez, 2005.

Por otro lado, **Delgado de la flor, et al., (2000)** sugiere que se emplee una dosis de 250-120-150 por campaña de NPK en Kg/ha.

2.2 El calcio

2.2.1 El calcio en la naturaleza

El calcio se encuentra en el grupo I de la tabla periódica (metales alcalinos), además de estar entre los más abundantes de la corteza terrestre y a pesar de su abundancia, no se descomponen fácilmente (**Petrucci et al., 2003**). En la estructura humana es un componente esencial en el esqueleto óseo y el consumo de calcio por diferentes fuentes serán determinantes para tener una buena salud (**Martínez et al., 2012**).

2.2.2 El Calcio en la agricultura

Las sustancias que se utilizan como fertilizantes proporcionan un aporte simultaneo de calcio, el cual tiende a solubilizarse y cambiar a la forma bicarbonatada, debido al contenido de ácido carbónico del suelo, simultáneamente los coloides del suelo comienzan a fijar los iones Ca^{+2} , que serán asimiladas por las plantas(**Donald,1996**).

2.2.3 El calcio en el suelo

Como elemento nutritivo, el calcio es el catión más abundante en el complejo de cambio, pero la proporción que se asimila depende del grado de saturación del suelo. El calcio fijado en el complejo coloidal y el unido a los compuestos húmicos son las formas naturales más abundantes del horizonte fértil. Incluso en suelos ácidos casi siempre hay cantidades suficientes para la adecuada nutrición de las plantas cultivadas, sobre todo cuando las especies son poco existentes. En general, para regiones templadas y húmedas, el calcio intercambiable es unas diez veces más abundante que el potasio cambiante. Sin embargo, en su mayor parte, se halla como no intercambiable, formando parte de los minerales como la anortita ($\text{CaCO}_2\text{-Si}_2\text{O}_8$), aunque paulatinamente se puede hacer disponible por descomposición del mineral. Los suelos áridos y semiáridos contienen cantidades apreciables de calcita (CaCO_3); y los alcalinos de fosfatos cálcicos más o menos solubles dependiendo de la acidez y producto de solubilidad de la sal. Así, los iones calcio, pueden reaccionar con los iones fosfato del suelo formando precipitados de distinta solubilidad (**Jackobsen 1993b**).

Urbano (2002) menciona que el calcio en el suelo se encuentra combinado en compuestos minerales (silicatos, aluminosilicatos, fosfatos, sulfatos, etc.) y orgánicos (materia orgánica, humatos y fosfohumatos de cal). Existe además de calcio iónico 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 calcio total contenido en el suelo no sirve como medida de su actividad, ni de su capacidad para cubrir las necesidades extractivas de los cultivos, debido a la gran variedad de formas combinadas que existen y al grado de alterabilidad de estas formas. Así este calcio disuelto en la solución suelo, puede trasladarse por flujo de masas y por difusión, pero el calcio cambiante posee muy poca movilidad. Las raíces de las plantas no penetran en las capas de suelo carentes de calcio, aunque las restantes condiciones le sean favorables.

Bermejo (1980) reporta que el calcio contenido en los suelos, aparte de aquel añadido como medio encañador o en fertilizantes, provienen de las rocas o materiales de los cuales está formado el suelo, dolomita, calcita, apatita, feldespatos cálcicos y anfíboles. Estos minerales en el suelo van liberando gradualmente el calcio que contienen, pasando a la solución del suelo y de aquí a las plantas. La velocidad de liberación del calcio de los silicatos minerales primarios es relativamente lenta.

Fuentes (2002) indica que 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 contiene pocos iones, una cierta cantidad de iones adsorbidos pasan del complejo a la solución del suelo pueden perderse arrastrados por el agua de percolación, lo que provoca la acidificación del suelo.

Gutiérrez (1995) reporta que todos los suelos agrícolas contienen calcio procedente de las rocas originarias, dominando entre los demás cationes. La mayor o menor cantidad se refleja en el grado de saturación de la arcilla, cuyo indicador es el pH del terreno. Mientras que **Navarro y Navarro (2003)** señala que el calcio en el suelo está formando compuestos como: carbonatos entre los cuales tenemos, calcita (CaCO_3), dolomita [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$] y fosfatos como fluorapatito [$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$], oxiapatito [$3(\text{PO}_4)_2\text{Ca}_3\text{CaO}$], entre otros. Todos estos compuestos por efecto de la meteorización, van liberando compuestos intermedios de calcio, como carbonatos de calcio y bicarbonatos, que posteriormente serán solubilizados por los microorganismos, haciéndolos disponibles para las plantas en forma de ion Calcio (Ca^{+2}). El calcio se encuentra también en el suelo formando parte de la materia orgánica o combinado con los ácidos húmicos y fosfóricos.

Tisdale (1991) menciona que el calcio está contenido en un cierto número de minerales dolomita, calcita,

apatita, feldespato, calcio y anfíboles para nombrar solo algunos y por su desintegración y descomposición es liberado el calcio. Los iones de calcio situados libremente en soluciones pueden ser: perdidos en las aguas de drenaje, absorbidos por organismos, absorbidos en las partículas de barro circundantes o reprecipitados como un compuesto cálcico secundario. **Malavé (2005)** indica que el calcio se encuentra como componente de ciertos minerales entre los que se encuentran: los carbonatos, como la dolomita y calcita; los fosfatos, como flúor apatito y carbonato apatito; los silicatos aluminicos, como feldespatos cálcicos y anfíboles; por último, el sulfato de calcio. El calcio es liberado de estos minerales por procesos de meteorización. **Malavolta (1967)** expresa que el calcio es absorbido como catión bivalente y se encuentra en el suelo en forma de carbonato, silicato, fosfato, sulfato, en la materia orgánica descompuesta y en la solución del suelo. La cantidad de calcio de 10-30 ton/ha es suficiente para atender las necesidades de la mayoría de los cultivos.

La forma en que el calcio es asimilable, es en forma de catión Ca^{+2} , la pérdida o equilibrio del catión en el suelo dependerá de la mayor o menor facilidad de liberación de calcio adsorbido. Si disminuye el contenido de calcio en la disolución, como puede ocurrir por lixiviación o consumo de la planta, parte del calcio adsorbido tiende a pasar a la disolución para restablecer el equilibrio; y si la concentración en el suelo aumenta debido a la aplicación de fertilizantes, una fracción de este se unirá electrostáticamente a los materiales coloides (**Thompson y Troeh, 2002**).

Una gran cantidad de calcio es absorbido por los coloides orgánicos e inorgánicos del suelo siendo usualmente el catión predominante en el complejo de cambio, si bien es cierto que por la fuerza con la que el Ca^{+2} es retenido por los coloides, sería deseable un porcentaje de ocupación del 70-80% de las posiciones de cambio por calcio, para obtener un correcto equilibrio nutricional en la solución del suelo de la que se nutren las raíces, ya que el orden según la energía de absorción a los coloides del suelo es $\text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2} > \text{K}^{+} > \text{Na}^{+}$. Derivado de estos procesos el calcio se encuentra en estado iónico (Ca^{+2}) que se encuentra fijado en la superficie de los coloides arcillosos y húmicos, floculando estas partículas para formar el complejo arcillo-húmico en donde este catión suele ser el más abundante. En ocasiones, el Ca^{+2} fijado llega a representar el 80% de la capacidad de intercambio catiónico del complejo (**Alarcón, 2005; Urbano, 1999**).

Tisdale (1991) menciona que los factores del suelo que se cree son de la máxima importancia en determinar la disponibilidad del calcio para las plantas son: la cantidad del 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 las arcillas. El tipo de arcilla influencia el grado de disponibilidad de calcio; las arcillas 2:1 requieren un grado de saturación mucho mayor para un nivel dado de utilización de las plantas que las arcillas 1:1, las arcillas montmorilloníticas requiere una saturación de calcio del 70% o más para que este elemento sea liberado con suficiente rapidez para el crecimiento de las plantas. Sin embargo, **Alcántara y Trejo (2007)** mencionan que el calcio presentara problemas para su absorción y permanencia en el suelo por la presencia de magnesio que aumentara su lixiviación al formar iones que elevan su solubilidad; este además puede sufrir adsorción en el complejo de intercambio, dependiendo del tipo de coloide, y por ende afectar su disponibilidad. Por ejemplo, en una arcilla Montmorillonita se requiere 70% para su saturación mientras que en una caolinita solo 40 a 50 %, por lo que la determinación del calcio total contenido en el suelo tiene importancia poco significativa si se usa como medida de su capacidad para alimentar a los cultivos, debido a la gran variedad de formas que existen y el grado diferente de alterabilidad que poseen estas formas. Existe un efecto antagónico entre calcio y el boro en el suelo (**Troech y Thompson, 1993; Urbano, 1999**), esto según **Urbano (1999)**, está ligado al pH; el Boro disminuye su disponibilidad con su incremento, lo que es particular en suelos calcáreos y con un alto contenido de arcilla, presumiblemente como resultado de la formación de B(OH) y la adsorción aniónica.

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 la arcilla. Las cargas negativas de las micelas atraen cationes tales como el H^+ y Ca^{2+} con bastante fuerza, de modo que estos cationes queden absorbidos sobre la superficie de la micela (**Devlin, 1982**).

Cooke (1987) menciona que los suelos no tienen mecanismos para conservar (fijar) el calcio excedente en forma no intercambiable, pero potencialmente útiles, como lo hace con la mayor parte del potasio, y evitar con ello las pérdidas por lixiviación. En suelo

agrícolas, la tasa de pérdida anual es de unos 60 kg/ha Ca. La cantidad absoluta de calcio cambiante presente con 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 la micela, o el grado de saturación del calcio. El calcio cambiante del suelo presenta una relación importante con el pH y con la disponibilidad de varios nutrientes. La cantidad de calcio y de otros cationes básicos desciende al aumentar la acidez del suelo y aumenta cuando este deviene más alcalino. El exceso de carbonato cálcico (calcio precipitado) tapona el pH en un valor cercano a 8 dando una baja solubilidad del fósforo, hierro, manganeso, boro y zinc causando, a veces, deficiencia en uno o más de estos nutrientes **(Tisdale et al ,1988; Thompson ,2002).**

La cantidad total de calcio en el suelo fluctúa entre 0,1 hasta 25%. Los suelos áridos y calcáreos contienen los niveles más altos de calcio. Los suelos viejos de los trópicos contienen muy poco calcio y tienen un valor de pH muy bajo. Los suelos arcillosos contienen más calcio que los suelos arenosos. El calcio en el suelo y en las plantas, se encuentra en forma de catión divalente Ca^{2+} . El calcio puede constituir más del 5%, en peso, de un suelo salino en región árida o apenas el 0.01% en peso de un suelo en zona tropical húmeda. Las concentraciones más bajas de calcio ocurren en suelos muy lavados, con CIC bajas. El calcio en el suelo se puede encontrar en diferentes concentraciones que varían de acuerdo al tipo de suelo; por ejemplo, suelos no calizos contienen entre el 0.1 y 0.2 %, mientras que en suelos calizos puede alcanzar valores hasta de 25% como niveles extremos. La mayor o menor cantidad se refleja en el grado de saturación de la arcilla, cuyo indicador práctico es el pH del terreno **(Instituto de la Potasa y el Fósforo ,1997; Thompson, 2002; Navarro y Navarro, 2003).**

Troeh y Thompson (1993) reportan que la determinación del calcio total contenido en el suelo tiene importancia poco significativa si se usa como medida de su capacidad para alimentar a los cultivos, debido a la gran variedad de formas que existen y el grado diferente de alterabilidad que poseen estas formas. La cantidad de calcio en los suelos también depende de la pluviometría de la zona, por ejemplo en regiones donde ésta es débil, el contenido de calcio en el suelo será alto, ya que la lixiviación es esta condición, es poca; en suelos ácidos, normalmente situados en zonas sometidas a una alta pluviometría, el calcio se moverá más ampliamente, será adsorbido por los coloides en forma intercambiable y como minerales no descompuestos, el contenido de calcio en este tipo de condiciones es bajo, ya que está sometido a un continuo lavado, el agua disuelve

las bases solubles que se pierde por lixiviación. El calcio en la corteza terrestre tiene un contenido de 3.6%, siendo el quinto elemento más abundante en peso de las rocas parentales, aunque el contenido en calcio de los diferentes tipos de suelo varia ampliamente dependiendo principalmente de los materiales de origen y del grado en que la meteorización y la lixiviación han influenciado en la edafización. El contenido de iones totales en la solución del suelo varia, pero, en la mayoría de los casos, el Ca^{+2} contiene el 60-80% del total de estos iones y, aunque las raíces aprovechan menos del 3% del calcio disponible, esta cantidad suele ser suficiente para satisfacer las demandas que, por ejemplo, tienen los frutales (**Barber *et al.*, 1963; Urbano, 2003; Alarcón, 2005**).

Los suelos pueden ser pobres en calcio por las siguientes razones: estar expuestos a alta cantidad de lluvia, que lixivia el calcio a estratos inferiores, por el poco aporte de este elemento proveniente del material parental meteorizado y por la precipitación de este elemento por los aniones CO_3^{2-} , PO_4^{3-} y SO_4^{2-} . En climas áridos suelen aparecer costras calizas y de yeso. Los suelos muy ácidos suelen ser pobres y con escasa capacidad de intercambio, estando equilibradas las cargas negativas de las arcillas con H^+ . Para fertilizar este tipo de suelos, escasos en nuestro país, donde el problema suele ser más bien el contrario, se suele proceder aun encalado con CaCO_3 o CaO , de modo que los protones son desplazados y forman agua, aumentándose, por consiguiente, la capacidad de intercambio. Por otra parte, es importante controlar cuidadosamente el pH para que no rebase el valor 7 (**Gil, 1995; Havlin *et al.*, 1999**).

Morín (1985) señala que el calcio desempeña numerosas funciones en el suelo, tanto desde el punto de vista físico, al actuar como enmienda, como químico al influir en el pH. Entre todos los elementos del suelo, el calcio parece tener el mayor efecto de control y balance; en los suelos fértiles el calcio representa más de 50% de las bases activas y está unido en forma intercambiable a los coloides. Las pérdidas de calcio por lixiviación significan siempre una disminución de fertilidad. El carbonato es el más importante de los compuestos del calcio en el suelo, aunque también se presenta como nitrato, fosfato y sulfato, además de silicatos solubles o insolubles en los suelos ácidos. 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 los suelos saturados de calcio los iones Ca^{2+} neutralizan la mayor parte de las cargas negativas. Si los iones de calcio que se pierden por infiltración no se reemplazan, los iones de hidrógeno con carga positiva

(que producen la acidez del suelo) toman su lugar y el terreno se vuelve ácido. Atendiendo a la actividad fisiológica del calcio podría establecerse que: facilita la respiración radicular, favorece la evolución de la materia orgánica en el suelo mediante procesos de humificación o mineralización, estimula la actividad de organismos nitro fijadores, y reduce la virulencia de algunas de las enfermedades criptogámicas (**Fuentes, 1997; Cooke, 1986**).

2.2.4 El calcio en las plantas

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 Vidal, 1976**).

Según **Navarro y Navarro (2003)** el calcio se encuentra en la planta tanto en forma mineral soluble: sulfato cálcico (SO_4Ca), como insoluble: $[(\text{PO}_4)_2\text{Ca}_3]$ y carbonatos cálcicos (CO_3Ca). Asimismo, se le encuentra bajo forma orgánica especialmente en plantas como leguminosas, crucíferas y remolacha azucarera, como oxalatos y pectinatos cálcicos. En las plantas jóvenes se encuentran preferente mente en el protoplasma y en las membranas celulares, mientras que en plantas adultas se halla en las vacuolas. En diferentes muestras de una misma especie vegetal el contenido de calcio es variable, ya que depende mucho de la cantidad de calcio asimilable presente en el suelo. **Morín (1985)** indica que el calcio en la planta se encuentra en las paredes celulares, en forma de Pectato de calcio y en algunos tejidos, en forma de oxalato de calcio y combinado con ácidos orgánicos. **Marschner (1997)** establece que una alta proporción de Ca^{+2} en el tejido de la planta se localiza en las paredes celulares. Existen dos áreas distantes en la pared celular con alta concentración de Ca^{+2} que tiene esencialmente función estructural, específicamente la regulación de la permeabilidad de la membrana y procesos relacionados y el fortalecimiento de las paredes celulares respectivamente.

El calcio es relativamente inmóvil en el floema de la planta, lo cual significa que una vez ubicado en un tejido en particular, su movimiento es lento o casi nulo (**Epstein, 1973**). 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**). El calcio es un elemento muy poco móvil en la planta, siendo muy escaso el movimiento de arriba hacia abajo (**Dominguez, 1997**). El calcio es poco móvil y tiende a acumularse en los órganos más viejos, mientras que los de mayor actividad metabólica (hojas en crecimiento, flores, frutos y meristemas apicales) son los que necesitan un mayor aporte; por tanto, la deficiencia de este macronutriente afecta en primer lugar a las partes en formación y meristemas en crecimiento, donde queda fijado y prácticamente inmóvil en sus paredes celulares. Debido a esta inmovilidad, las hojas viejas pueden tener concentraciones normales de calcio, mientras que las hojas jóvenes, frutos u otros órganos pueden presentar niveles por debajo de la normalidad (**Chiu y Bould, 1977**).

El contenido de calcio en las plantas depende de la solubilidad en el suelo y de las formas nitrogenadas que absorbe la planta; así, las plantas que absorben $\text{NO}_3\text{-N}$ generalmente absorben más calcio que las nutridas con $\text{NH}_4\text{-N}$ (**Vidal, 2001**). El calcio, al igual que el potasio, es absorbido por las plantas como ion, Ca^{2+} , lo cual se verifica ampliamente de la solución del suelo y posiblemente, en una menor extensión, por el proceso de cambio por contacto (**Tisdale, 1991**). El calcio es absorbido como ion divalente Ca^{2+} a través del sistema radicular por el flujo generado por la corriente transpiratoria, o por difusión desde una zona de mayor concentración a una zona de menor concentración de iones, siendo la primera responsable del grueso de la absorción. Estos procesos ocurren principalmente en los pelos radicales y en los ápices de raíces jóvenes, aun no suberizadas (**Silva, 1991**). La forma como es absorbido el calcio es en su forma iónica y se produce por intercepción radicular y por flujo de masas (**León, 2009**). El calcio es absorbido por las plantas en su forma catiónica Ca^{2+} y es parte constituyente de las sales en la solución del suelo (**Rodríguez, 1992**). El calcio es requerido por todas las plantas superiores; es absorbido bajo la forma de ion Ca^{+2} (**Tisdale y Nelson, 1985**).

La necesidad de calcio de los cultivos agrícolas depende de la familia, género y especie considerada, así como de factores medioambientales como el suelo y las condiciones climáticas. Según **Yamada (1975)** una concentración foliar de calcio de 0.5% en la materia seca se considera un nivel adecuado para la mayoría de las plantas, aunque las leguminosas

tienen requerimientos cinco veces mayores (**Kamprath y Foy, 1971**). Las cantidades de calcio absorbidas del suelo varían entre 10 y 100 Kg/ha. Así, en la mayor parte de los casos, la concentración de Ca^{+2} en tejidos vegetales es superior a la considerada como óptima. **Robles (1996)** indica que el calcio siguiendo el enfoque de la nutrición es considerado un elemento secundario no es considerado como base en una fórmula de fertilización, su concentración promedio en las diferentes especies vegetales varía de 0.5 a 4% de la materia seca vegetal. **Marschner (1997)** expresa que el contenido de calcio de las plantas varía entre 0,1 y > 5% del peso seco dependiendo en las condiciones de crecimiento, especie y órganos. En cambio, para **Domínguez (1997)** el contenido de calcio en las plantas suele ser bastante alto, variando mucho de un cultivo a otro (0.5-3% sobre materia seca total). **Chapman y Prat (1979)** reportan que la riqueza del calcio total en la materia seca de las plantas oscila entre 0.1 a 10% y que su concentración depende básicamente de su localización en la planta y el tipo de especie vegetal. Además, el contenido de calcio en las plantas, depende de la solubilidad del mismo y de la forma de nitrógeno existentes en el suelo. Así, las plantas absorben más calcio, si en el suelo predomina el nitrato como fuente de nitrógeno para la absorción de las plantas. De otro lado **Tisdale y Nelson (1985)** mencionan que este elemento se le encuentra en abundantes cantidades en las hojas de las plantas y en algunas especies, en las células de las plantas precipitado en forma de oxalato cálcico. Puede presentarse también en la savia de las células bajo forma iónica. Entre todos los órganos, las hojas contienen la mayor concentración. La abundancia de calcio en las hojas puede ser debido a la formación de pectatos de calcio en la lamela media de las células. El calcio se encuentra en mayor proporción en hojas y tallos que en semillas y frutos. Sus contenidos dependen directamente del calcio asimilable presente en el entorno radical y de la presencia de otros cationes en la solución (que interaccionan en su absorción). Los altos contenidos presentes en plantas superiores están más relacionados con los elevados niveles presentes en la disolución del suelo que con la eficacia del mecanismo de absorción cálcica por las células de la raíz (**Rahma y Punga, 2007; Gil, 1995**).

2.2.5 Transporte y absorción de calcio en las plantas

El movimiento del calcio es unidireccional, ascendiendo desde las raíces hacia las zonas meristemáticas y los tejidos jóvenes. Una vez depositado en el tejido foliar no recircula, incluso bajo condiciones de estrés cálcico (**Hanger, 1979**).

La movilidad del calcio es mucho mayor en la compartimentación extracelular de la planta, constituida por el apoplasto (conjunto de paredes celulares, incluidas las células del xilema) que en la compartimentación intracelular o simplasto, comunidad de protoplastos vivos, incluidos los tubos del floema (**Marschner, 1983**).

La toma de calcio por las plantas está influenciada por su estado redox, por el pH del suelo y por la concentración de otros cationes, además de estar relacionado con sus funciones en la pared celular, respiración, fotosíntesis, transpiración y efectos específicos (antagonismo y/o sinergismo) de otros iones. Las plantas lo absorben únicamente en forma iónica y es transportado hacia la parte aérea de la planta por el flujo de transpiración a través del xilema. A diferencia de K^+ y Mg^{2+} , iones que, como el nitrógeno y los compuestos de fósforo, son fácilmente transportados en el floema (**Tagliavini et al., 2000**); los iones calcio y boro, son transportados exclusivamente a través de los vasos del xilema (**Bergman 1992**), bien en forma iónica o acompañado con los ácidos málico o cítrico (**Vang-Peterson, 1980**).

De acuerdo con **Fried y Shapiro (1961)**, la concentración de calcio en la mayoría de las soluciones del suelo varía entre 3.4 y 14 mM mientras que en la superficie de la raíz es de 0.1-1 mM siempre que no se den excesos de otros iones. Así para que los minerales del suelo sean absorbidos por las plantas deben, en primer lugar, pasar de la solución del suelo al interior de las células de la raíz. El calcio absorbido atraviesa la epidermis, el parénquima cortical a través de los canales citoplasmáticos que conectan las células, la endodermis y el parénquima vascular, penetrando en los vasos leñosos del xilema encargados de conducir agua y sales por toda la planta.

Tras alcanzar la superficie de la raíz, el calcio se mueve pasivamente por el flujo de transpiración acompañando al agua (**Kirkby y Pilbeam, 1984**). Este mecanismo se realiza a través de una serie de reacciones de intercambio iónico de calcio en las paredes cargadas negativamente de los vasos del xilema hacia las diferentes partes del vegetal. Es decir, la fuerza impulsora del movimiento del agua por el árbol es la evaporación a través de las hojas, y el calcio se arrastra por la corriente de transpiración.

El calcio es transportado y absorbido por mecanismos pasivos, influenciados por la transpiración de la planta, por tanto, cualquier factor medio ambiental que afecte este proceso también afectará el movimiento del calcio (**Hotchmuth, 1991**). El calcio es transportado hacia la planta por el fenómeno de corriente transpiratoria, por tanto, un incremento en la transpiración aumentará la traslocación del calcio hacia la zona de raíces. Sin embargo, afirma que las plantas no han desarrollado un mecanismo eficiente para la absorción de calcio. La absorción del calcio se encuentra restringido a las puntas de las raíces. Su transporte a larga distancia se realiza generalmente a través del xilema. La ruta utilizada para su transporte puede ser por medio de los plasmodesmos (simplasto) o por los espacios intercelulares (apoplasto). En el apoplasto, parte del calcio está firmemente ligado a las estructuras, otra parte es intercambiable en las paredes celulares y en la superficie exterior de la membrana plasmática. En la planta una elevada cantidad de calcio formando complejos con aniones orgánicos como el malato e inorgánicos como el nitrato y el cloruro se encuentran almacenados en las vacuolas, cloroplasto y retículo endoplásmico rugoso, mientras que su concentración en el citoplasma es extremadamente baja. Una concentración baja de calcio en el citoplasma es esencial para prevenir la precipitación del P_i , competencia con el magnesio por los sitios de unión y posiblemente como prerrequisito para que funcione como mensajero secundario (**Marschner, 1995**). Probablemente, el calcio, al igual que otros iones, penetran por las puntas de las raíces, de donde se mueve por el apoplasto hacia los vasos del xilema (**Ferguson y Clarkson, 1976; Clarkson, 1993; White, 2001**), en los cuales principalmente ocurre su movimiento, siguiendo el flujo de agua causado por la transpiración (**Epstein y Bloom, 2005**). La mayor parte de calcio absorbido es por flujo de masas y solo por las partes jóvenes del sistema radicular (**Domínguez, 1993**). Por otra parte, en las raíces de cebolla (*Allium cepa*) existen evidencias de que el transporte de calcio en el xilema puede ocurrir a través del simplasto (**Cholewa y Peterson, 2004**). Se considera que en esta ruta los iones de calcio entran al simplasto a través de canales permeables a calcio de la membrana plasmática, siendo bombeadas después a los tejidos de conducción por las Ca^{2+} -ATPasa y los intercambiadores H^+/Ca^{2+} , los transportadores de Ca^{2+} más importantes de las células vegetales (**White y Broadley, 2003**). El calcio es un catión divalente relativamente grande que penetra fácilmente en el apoplasto y es ligado en una forma intercambiable a las paredes celulares y a la superficie exterior de la membrana plasmática (**Marschner, 1997**). El calcio es absorbido por las regiones jóvenes (no suberizadas) de las raíces de las plantas como Ca^{+2} . Su concentración en la planta puede variar desde 0.1% hasta porcentajes superiores al 5% o más, dependiendo de la especie vegetal, condiciones de cultivo y del órgano de la

planta considerado. Bien es cierto, que los requerimientos de calcio para monocotiledóneas son muy inferiores a los de dicotiledóneas. A pesar de que el calcio es absorbido en grandes cantidades y su contenido en los tejidos vegetales es elevado, la concentración de Ca^{+2} libre en el citoplasma y los cloroplastos es muy baja. El calcio se absorbe y transporta en forma iónica y su movilidad es mucho mayor en el apoplasto que en el simplasto (**Clarkson, 1985**).

El calcio es el elemento que con mayor frecuencia aparece en los desórdenes nutricionales de las plantas. Su dificultad de absorción (pasiva) y transporte (por el xilema) prácticamente sin translocación, le hacen muy susceptible a carencias locales y estacionales, en gran medida independientes de su presencia y concentración en la solución nutritiva. En efecto, su toma por la raíz se ve afectada por causas tan diversas como: intensidad de la transpiración, concentración salina de la solución (natural o por deficiencias de riego), concentración de cationes antagónicos (magnesio, potasio, sodio, amonio), temperatura del sustrato, etc. (**Martínez, 1993**). La absorción del calcio por la raíz se ve afectada por la concentración salina de la disolución principalmente debida al antagonismo con ion sodio y el efecto competitivo debido a elevadas concentraciones de otros cationes rápidamente absorbidos por la raíz como K^+ , Mg^{+2} , NH_4^+ , e incluso iones H^+ y factores que afectan la transpiración de la planta como la temperatura del suelo/sustrato, estado hídrico del suelo, vigor radicular, humedad relativa, viento, cultivar seleccionado, etc. (**Hopkins, 1995**).

El calcio se encuentra como ion libre o combinados con grupos de escasa movilidad en la planta y es absorbido en menor proporción que el potasio. Sin embargo, se extrae por la planta en cantidad muy superior, debido a que el contenido de calcio en la solución del suelo es unas 10 veces mayor que el de potasio, además menciona que el calcio puede ser absorbido solo por las partes jóvenes de la raíz, la vía de entrada del calcio es a través de espacio libre intercelular (**Domínguez, 1997**).

La toma de calcio y su distribución por los distintos órganos se incrementa a medida que lo hace la tasa de transpiración. Por el contrario, la inhibición de esta transpiración disminuye la translocación de calcio, especialmente a los brotes apicales y a los frutos, aunque también puede hacerlo al resto de la planta (**Armstrong y Kirkby, 1979**).

Marschner (1997) menciona que un incremento en la concentración de Ca en la concentración externa lleva a un incremento en el nivel de Ca en las hojas, pero no necesariamente en los órganos de baja transpiración como frutos carnosos o tubérculos que son alimentados principalmente vía floema. Las plantas han desarrollado un mecanismo para

restringir el transporte de calcio a estos órganos manteniendo niveles bajos de Ca en la savia del floema o precipitando el Ca como oxalato a lo largo de los vasos conductores o en la cubierta de la semilla, además expresa que el calcio es fácilmente reemplazado, de su lugar de unión en el exterior de la superficie de la membrana plasmática por otros cationes, Los requerimientos de Ca se incrementa con el aumento de la concentración de metales pesados, cloruro de sodio o protones en la solución externa.

2.2.6 Funciones del calcio en las plantas

El calcio cumple funciones en las plantas como: Forma parte de los compuestos que constituyen las paredes y mantiene las células unidas entre sí, influye en la utilización de magnesio, potasio y boro y en el movimiento de los alimentos producidos por las hojas, aumenta el vigor general de la planta y endurece los tallos, está relacionado con la síntesis de proteínas que aumenta la absorción del nitrógeno en forma de nitrato, estimula la producción de granos y semilla, el calcio juega un papel importante en la membrana y pared celular, actuando como barrera para la entrada de organismos causantes de enfermedades **(Lindsay, 2001; Osorio, 2012)**.

La mayoría de las funciones del calcio como componente estructural de macromoléculas tienen relación con su capacidad de coordinación, mediante el cual el calcio provee mecanismos de conexión intermoleculares estables, pero reversibles, predominantemente en las paredes celulares y en la membrana plasmática. El calcio es un componente integral de la pared celular y está involucrado en la unión de las moléculas pépticas. La unión del calcio como un pectato en la lámina media es esencial para fortalecer las paredes celulares y los tejidos de las plantas. Esta función del calcio se refleja claramente en la estrecha y positiva correlación entre la capacidad de intercambio de cationes de las paredes celulares y el contenido de calcio en los tejidos de las paredes celulares y el contenido de calcio en los tejidos de la planta, requeridos para un óptimo crecimiento. La función fundamental del calcio en la estabilidad de la membrana y en la integridad celular se refleja de varias formas. Esto se puede demostrar por el aumento de la fuga de solutos de bajo peso molecular desde las células de tejidos deficientes en calcio y, en las plantas con deficiencia severa de este, por una desintegración de las estructuras de la membrana y una pérdida de la compartimentación de la célula, El calcio estabiliza las membranas celulares al unir el grupo fosfato y el carboxílico en fosfolípidos y proteínas, preferentemente en la superficie de la membrana, por lo tanto, para cumplir su función en la membrana del plasma, el calcio debe

estar siempre presente en la solución externa, donde regula la selectividad de la absorción de iones y previene la pérdida desde el citoplasma (**Rahman y Punja, 2007; Marschner, 1995**). La mayoría de las funciones del calcio como componente estructural de las membranas y paredes celulares se debe principalmente a la capacidad que tiene el elemento para realizar complejos estables pero reversibles, con los pectatos de la lamela media, las cuales están conformadas de cadenas de residuos de ácido poligalacturónico con inserciones de ramnosa y, los grupos fosfatos y carboxilatos de las proteínas de dichas estructuras, manteniendo de esta manera la permeabilidad selectiva, la integridad y la compartimentalización celular. El calcio es componente estructural de la pared celular y por tanto es vital para la formación de nuevas células (**Domínguez, 1997**). El calcio actúa en la planta como componente estructural de las paredes y membranas celulares, y como cofactor de varias enzimas (**Barcello, 1980**). El calcio juega 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 en las membranas de las plantas, estabiliza las estructuras de la pared celular, regula el transporte de iones y controla el intercambio iónico, así como también la actividad de las enzimas de la pared celular. Debido a que el Ca^{2+} es fácilmente desplazado de sus sitios de enlaces extracelular por otros cationes, estas funciones pueden ser seriamente afectadas por una disponibilidad reducida de Ca^{2+} . El crecimiento radicular y sus funciones pueden ser restringidas por una alta relación $\text{Na}^+ / \text{Ca}^{2+}$ (**Delgado de la Flor, 1988**). El calcio está involucrado en la elongación y división celular, este último por jugar un rol importante en la mitosis celular. Tiene un efecto tampón en las células, así como también como ion regulador en la translocación de carbohidratos debido a su presencia en las paredes celulares (**Bennett, 1994**).

El calcio forma sales con los ácidos orgánicos e inorgánicos del interior de las células regulando la presión osmótica de la misma. Interviene en la formación de la *lecitina*, que es el fosfolípido importante en la membrana celular, siendo un factor importante en la permeabilidad de estas membranas. Igualmente actúa en la división mitótica de las células, en el crecimiento de los meristemas y en la absorción de nitratos (**Rodríguez, 1992**). El calcio interviene en la formación de pectatos de calcio que actúan en el proceso de absorción de nutrientes, forma sales con los ácidos orgánicos e inorgánicos, regulando la presión osmótica de las células (**Haag y Belfort, 1988**). La proporción de pectatos de calcio en la pared celular es importante porque determina la susceptibilidad a infecciones fungosas y a

la madurez de fruta (**Marschner, 1997**). En el interior de la planta el calcio es un elemento poco móvil interviniendo en la formación de los pectatos de calcio de la laminilla media de las células que intervienen en el proceso de absorción de los elementos (**Rodríguez, 1992**). El calcio es importante por formar parte de las paredes celulares en forma de pectatos de calcio, composición básicamente también de la lámina media, que conforma el sistema de endomembranas (**Devlin, 1976**).

La función del calcio como mensajero secundario puede influir sobre la actividad enzimática de la célula y regular procesos tan importantes como la elongación y división celular, además de los procesos bioquímicos de la senescencia, en los cuales el calcio inhibe la acción de enzimas pectolíticas (**Ferguson et al, 1988**). A pesar de ser un elemento secundario, el Ca tiene funciones importantes para las plantas entre las cuales se puede mencionar: actúa formando la estructura de la protopectina de la planta (agente que ayuda a mantener las células unidas), es importante en el desarrollo de las raíces, multiplicación celular, crecimiento y neutralización de los hidrogeniones (**Navarro y Navarro, 2003**).

Morín (1985) indica que se estima que debe proteger a las células contra una peligrosa acumulación de ácidos orgánicos, que son subproductos de la síntesis de proteínas, combinándose con ellos para formar sales neutras. Al respecto **Bennet (1993)**, indica que el calcio sirve como un agente detoxificante combinándose con los componentes tóxicos y manteniendo el balance anion-cation en la vacuola; así mismo indica que el calcio normalmente no produce toxicidad en altas concentraciones. El calcio es un elemento importante en la conformación de la pared y membrana celular, como translocador de señales para desencadenar una respuesta por parte de la planta a la infección de patógenos en términos de elongación y crecimiento celular, y como afecta a la incidencia de enfermedades. Muchos hongos y bacterias parásitos, invaden los tejidos de las plantas, produciendo enzimas pectolíticas extracelulares como las poligalacturonasas, que disuelven la lámina media. La actividad de estas enzimas es disminuida drásticamente por el calcio (**Marschner, 1995**).

Este nutriente cumple un papel antitóxico o amortiguador contra los aniones ácidos (Sulfatos, fosfatos, carbonatos, etc.) o minerales que estuvieran en exceso en el suelo o en las aguas de regadío neutralizando su acción negativa. Tal es el caso del boro, que en algunas zonas de nuestra costa está en niveles de franca toxicidad y que de no ser por el calcio resultaría dañino a los cultivos (**Robles, 1997a**).

Otras funciones atribuidas al calcio son: regular la absorción de nitrógeno; actuar sobre la traslocación de los hidratos de carbono y proteínas en el interior de la planta; neutralizar los ácidos orgánicos que se pueden originar en el metabolismo vegetal, tal cual ocurre con el ácido oxálico. Esto implica que interviene en la regulación del pH celular y en su osmorregulación; activando enzimas como amilasa y fosfolipasa. También se ha descrito que regula la absorción o contrarresta los efectos perjudiciales del exceso de otros elementos como potasio, sodio o magnesio (**Hanson, 1984**).

2.2.7 Efectos de la deficiencia del calcio en las plantas

Las alteraciones fisiológicas asociadas con la nutrición cálcica son factores importantes para los cultivos. De hecho, según **Poovaiah (1993)** al aumentar la concentración de calcio en tejidos vegetales debería disminuir la incidencia de estas fisiopatías y, por tanto, mejorar la calidad del producto. Sin embargo, niveles de calcio bajos en determinados órganos de una planta no siempre son el resultado de una absorción de calcio insuficiente, sino que puede deberse a problemas de distribución (**Paiva et al., 1998**).

Los excesos de calcio pueden inmovilizarse en forma de cristales de oxalato de calcio. Estos cristales se encuentran en los tallos y peciolo, así la movilidad del calcio podría estar sujeta a restricciones fisiológicas que limitan su absorción durante el desarrollo del fruto. Por otro lado, el calcio es muy poco tóxico para los vegetales, de modo que concentraciones muy altas suelen provocar pocos efectos negativos. (**Marschner, 1995; Terblanche et al, 1979; Swietlik y Faust, 1984**).

El calcio una vez incorporado a la savia bruta, se dirige preferentemente a las partes de la planta de mayor transpiración, de este modo cuando la transpiración es intensa y la entrada de calcio insuficiente, los órganos de menor índice de transpiración (frutos y hojas jóvenes) presentan una carencia localizada de este elemento, ya que el calcio apenas se retransporta vía floema, ello provoca la aparición de trastornos nutricionales tales como “blossom end rot” (BER) en tomate, pimiento y sandía, “bitter pit” en manzana, “tipburn” en lechuga, “encamado” en tulipanes, “corazón negro” en apio, “rumple” en limón, “vitrescencia” en melón, etc. Debido más que a una baja absorción, a la limitada capacidad de las plantas para regular la distribución interna de calcio en relación con la demanda de órganos de baja transpiración; hojas de rápido crecimiento, tubérculos, frutos (**Kirkby, 1979; Bangerth, 1979**). Así, las altas temperaturas y la baja humedad relativa inducen deficiencias de calcio manifestadas en los frutos por el aumento desmesurado de la transpiración en hojas. Por el

contrario, en épocas frías las bajas temperaturas y la elevada humedad relativa provocan deficiencias cálcicas manifestadas ahora preferentemente en hojas, debido a la ralentización del proceso de transpiración (**Adams, 1966**). En situaciones de transpiración reducida, el flujo del xilema depende, sobre todo, de la presión radicular, por lo que la absorción cálcica dependerá de la disponibilidad de agua en el entorno radicular. Por esta razón, en soluciones salinas con elevada presión osmótica, se reduce el transporte de calcio originando los trastornos nutricionales ya citados (**Bradfield y Gutteridge, 1984**).

Las deficiencias de calcio son raras en la naturaleza, pero pueden ocurrir en suelos con baja saturación de bases y altos niveles de depósitos ácidos. Debido a que su transporte se realiza preferiblemente por las células muertas del xilema, los síntomas visuales de deficiencia generalmente son observados en los tejidos jóvenes. Las zonas meristemáticas de las raíces, los tallos y las hojas, donde existen divisiones celulares permanentes son las más susceptibles, quizás porque es fundamental para que se forme una nueva lamela media (**Taiz y Zeiger, 2006**). Dada la baja movilidad del calcio dentro de la planta, su deficiencia se aprecia inicialmente en las hojas nuevas y puntos nuevos de crecimiento como brotes y yemas débiles o muertas (**Salisbury y Ross, 1992**). La deficiencia de calcio se caracteriza por una reducción en el crecimiento de los tejidos meristemáticos los cuales se deforman y se ponen cloróticos. El tejido afectado se ablanda debido a la ruptura de las paredes celulares, colapsando las células de la parte distal del fruto y/o presentando manchas necróticas (**Mengel y Kirkby, 1987**).

Según **Morín (1985)** el calcio tiene muy baja movilidad vía floema, pero vía xilema si es muy móvil. La deficiencia de este elemento, se refleja en el análisis de tejidos por un aumento de potasio y disminución de calcio en todas las partes de la planta, salvo en el tronco y raíces principales, consecuencia de la escasa movilidad del calcio. La deficiencia de calcio, especialmente en el tejido meristemático puede reducir la estabilidad de la pared y la membrana celular, conduciendo a la muerte del tejido. Su deficiencia puede ser debida más a un transporte inadecuado por los conductos vasculares de la planta causada por baja absorción o disponibilidad en el suelo (**Cresswell y Weier, 1997**).

Marschner (1997) afirma que la poligalacturonasa degrada a los Pectatos, y además es inhibida drásticamente por altas concentraciones de calcio (Ca^{+2}); por tanto en tejidos deficientes de calcio la actividad de la poligalacturonasa se incrementa y un síntoma típico de la deficiencia de calcio es la desintegración de las paredes celulares y el colapso de tejido afectado, como en los peciolos y las partes superiores de los tallos. La degradación de los

pectatos en los procesos de incidencia de patógenos y los desarrollados en la maduración normal de los frutos son mediados por enzimas conocidas como pectinasas y poligalacturonasas, las cuales incrementan su actividad en los tejidos deficientes en calcio, acelerando la desintegración de las membranas y paredes celulares y el colapso de los tejidos afectados (**Rahman y Punja, 2007**).

Baeyns (1970), manifiesta que la carencia de este elemento en las plantas se presenta desde la germinación, impidiendo el transporte de sustancias elaboradas producidas por las hojas lo cual conduce a la presencia de manchas cloróticas en las hojas. Asimismo **Stoller (1994)**, manifiesta que su deficiencia impide el crecimiento de pelos radiculares, escasa síntesis de hormonas radiculares como citoquininas, deformación y necrosis de los tejidos y zonas meristemáticas, hojas nuevas con clorosis en las puntas, abortos de flores y frutos en forma excesiva, mayor susceptibilidad a enfermedades, etc. siendo los periodos críticos los estados iniciales de crecimiento, brotamiento, floración y fructificación, y en el llenado de frutos. Las raíces deficientes en calcio a menudo se ponen negras y se pudren fundamentalmente debido a la elevación del pH en suelos calizos. Se detiene el desarrollo radicular, originando raíces cortas, gruesas y con una coloración parda. Las hojas se desarrollan y se forma necrosis en los bordes. Todos estos síntomas aparecen siempre en las hojas jóvenes y la planta en si disminuye su crecimiento. Las carencias de calcio se manifiestan con una menor capacidad de síntesis de proteínas en las plantas, menor desarrollo radical, clorosis marcada en hojas principalmente jóvenes, poco crecimiento de los tallos y hojas, produciéndose, además, una muerte de los meristemas, la planta se muestra menos crecida y desarrollada. En suelos calizos con elevado pH, por ejemplo, el exceso de carbonato de calcio puede provocar deficiencia de potasio motivada por una insuficiente absorción de este, debido al antagonismo produce clorosis férrica o inmovilizar el zinc, cobre y fosforo; no se considera que exista un exceso de calcio, pero si pueden presentarse consecuencias indirectas derivadas del uso excesivo de cal (**Navarro y Navarro ,2003; Rodríguez ,1992; Thompson y Troeh ,2002**).

Para el caso del espárrago, **García (1998)** indica que la deficiencia de calcio se observa principalmente en los turiones, apreciándose estos vacíos, doblados o con rajaduras observándose este síntoma más frecuentemente en el espárrago blanco. Al igual **Sánchez (2005)**, afirma que la deficiencia de calcio, junto a un exceso de nitrógeno provoca turiones huecos; y junto a la variación de régimen hídrico se muestran acanaladuras en el turión. **Robles (1999)** menciona que en plantas de crecimiento muy rápido o que simultáneamente

tienen muchos meristemas en desarrollo como es el caso del espárrago, las necesidades de calcio y boro son muy grandes, siendo frecuente ver terminales flácidos, con aspecto de marchitez, que después se secan. La situación se agrava en los suelos salinos donde abunda el sodio, que es un elemento antagónico del calcio y la tensión osmótica es grande, produciendo estrés por el mayor esfuerzo que deben hacer las plantas para tomar agua.

2.2.8 Medidas de corrección en la deficiencia del calcio

Benson (1994) menciona que el calcio no es usualmente limitado en la disponibilidad de la planta especialmente en suelos calcáreos. Suelos con baja reacción al pH son usualmente enmendados con compuestos que contienen calcio, por ejemplo, limo, yeso o piedra dolomita. Aplicaciones de nitrato de calcio pueden suplir los requerimientos tanto de calcio como de nitrógeno. A continuación, se muestran algunas fuentes comunes de calcio reportadas por **Davelouis (1990)**:

Material	% Ca
Calcita	31.7
Dolomita	21.5
Escorias básicas	29.3
Yeso	22.5
Cal hidratada	46.1
Cal viva	60.3

Davelouis (1990), indica que para corregir esta deficiencia se recomienda realizar aspersiones de productos que contengan Ca o Ca-B, desde la aparición de los primeros síntomas, o desde un mes antes de la floración, en intervalos que van desde 7,15 o 30 días. La dosis recomendada esta entre 350 a 400 ppm.

2.3 Citrato de calcio

El citrato de calcio puede obtenerse a partir de la cáscara de huevo (carbonato de calcio, magnesio y fósforo) y el jugo de limón o naranja (ácido cítrico) (**Quintín.1993**), mediante la siguiente reacción química: $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3 + \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \rightarrow \text{HO-C-COOH Ca} + 2\text{CH}_2\text{-COO}$ (**Murillo ,1998; Lenz del rio 1993**).

En los alimentos se utilizan tres sales de Calcio del ácido cítrico; citrato monocalcico ($\text{Ca H}_4(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), citrato dicálcico ($\text{Ca}_2\text{H}_2(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) y citrato tricálcico ($\text{Ca}_3(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), que se obtienen como subproductos en la producción del ácido cítrico. Se utilizan como endurecedores y como secuestrantes en frutas y verduras procesadas y en aceites vegetales, como emulsionantes y aromatizantes en repostería, como reguladores de la acidez en mermeladas, jaleas, bebidas refrescantes y vino, y como potenciadores de la gelificación en los geles de pectina. Los citratos monocalcico y dicálcico se utilizan como sales de fusión en el queso (**Cameron. 1999**).

El citrato de calcio es una sal orgánica de calcio siendo su digestión y absorción superior a la del carbonato (**Seeman.2010**). Las sales de citrato de calcio son muy solubles, por lo que, al ingerirlas, se disuelven sin ningún problema en el estómago y en el intestino. Este tipo de calcio es más biodisponible que el carbonato, cuando es consumido con las comidas, es decir, tiene una mejor absorción de aproximadamente un 22 a un 27%, ya sea con las comidas o con el estómago vacío, permanece en forma soluble en el medio alcalino del intestino delgado, se usa para la prevención y el tratamiento de la osteoporosis, las carencias de calcio, en los periodos de crecimiento, el embarazo, la lactancia y por dietas insuficientes (**Sakhaee et al., 1999**).

El citrato de calcio es un suplemento que provee el 21% de calcio elemental (**Varela y Figueroa, 2002**). Es el calcio de mejor absorción y biodisponibilidad que existe, con lo que se consigue un mejor efecto antirresortivo, lo que no ocurre con otras sales, puede administrarse con o sin alimentos, sin que afecte su absorción, resultando esto en una enorme ventaja al poder utilizarlo en cualquier momento del día, puede administrarse en presencia de litiasis renal (**Zurita, 2002**).

El citrato de calcio es una materia prima de calidad farmacéutica obtenida a partir de dolomitas cubanas a través de un procedimiento con el objetivo de ser empleada en la producción de formas terminadas para suplir calcio y magnesio en personas con deficiencias de estos minerales (**Rodríguez et al; 2002**).

El Citrato de Calcio o sal amarga es la sal del ácido cítrico e hidróxido de calcio. Es una de las formas más comunes de suplementos de calcio. Ha habido un número de estudios conducidos en las ventajas del citrato del calcio. En todos los estudios, el citrato del calcio proporcionó mayores ventajas que cualquier otra forma de calcio. Es utilizado para la

preservación y condimentación de alimentos, en Medicina se usa como complemento nutricional unido a la lisina (**Procaña, 2016**).

Los minerales que componen las conchas de los moluscos pueden ser aislados en forma de sales de citrato de calcio, estas al ser añadidas a alguna bebida como el néctar de durazno, contribuye significativamente a la absorción de estos minerales en la forma más simple y más agradable (**Steinmetz e Ingelheim, 1999**).

2.4 Sulfato de calcio

El yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) es un mineral ampliamente distribuido en el mundo, encontrándose principalmente en depósitos de sedimentarios. Existen grandes reservas en los EEUU (Arizona, Nuevo México, New York, Texas y Iowa), Canadá, Francia, Inglaterra y la actual Federación Rusa. El principal uso comercial del yeso es la construcción de paredes y como aditivo para la industria del cemento, pero cada vez son mayores las demandas del mercado agrícola para enmiendas de suelo. Existen otras fuentes no geológicas de sulfato de calcio, que tienen su origen en los desechos de la producción de ácido fosfórico, que se obtiene de rocas fosfatadas (apatitas). El ácido fosfórico obtenido a partir de las rocas se utiliza para obtener fertilizantes ricos en fósforo, mientras que el yeso es un producto de desecho del proceso. Este yeso se formula como un granulado fino, y se le denomina fosfoyeso. Es producido en grandes cantidades en el estado de Florida (USA), Europa, y otros lugares donde existen grandes fábricas de ácido fosfórico, representando un grave problema de desechos. Otras industrias que tienen como residuo ácido sulfúrico, también generan yeso por medio de la neutralización del ácido con cal (**Shainberg et al., 1989**).

El yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) es un material que desde el punto de vista agronómico desempeña tres funciones en el tratamiento de suelos: mejoramiento, acondicionamiento y fertilización. El yeso que se utiliza en la agricultura es el fosfoyeso, que es un producto de la fabricación del ácido fosfórico a partir de rocas fosfatadas usando ácido sulfúrico. A nivel mundial la cantidad producida de fosfoyeso es superior a 150 millones de toneladas, lo que ha ocasionado en algunos países como España problemas de manejo de residuos sobre el impacto ambiental (**Enresa, 2006**).

El yeso es comúnmente utilizado como enmienda en la recuperación de suelos salino-sódicos, principalmente por sus bajos costos. El uso del yeso ha sido una de las formas como se ha mejorado la productividad agrícola a nivel mundial en suelos con estrés de sales (**Makoit et al., 2010**). Al comparar varias enmiendas químicas para la remediación de suelos salino-sódicos, se ha demostrado que el yeso es el que ha removido al Na^+ en las más altas tasas, cuando es utilizado en altas concentraciones (100% del requerimiento de yeso), y que cuando es utilizado al 50% unido a prácticas como siembra de *leptochloa fusca* fue el tratamiento más efectivo (**Qadir et al., 1996**).

Las enmiendas de yeso también pueden mejorar las propiedades físicas y químicas de los suelos, reduciendo así las pérdidas por erosión de los suelos y las concentraciones de nutrientes (especialmente fósforo) en el agua de escorrentía. El yeso es el modificador más comúnmente utilizados para la recuperación de suelos sódicos y puede ser incluido como un componente de suelos sintéticos utilizados en los viveros, invernaderos, y aplicaciones de jardinería. Estos usos múltiples de yeso representan beneficios potenciales para los usuarios agrícolas y hortícolas (**Chen y Dic, 2011**). El yeso se utiliza en la recuperación de suelos sódicos; donde el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) de los suelos sódicos es demasiado alto; la forma más económica es añadir yeso que proporciona calcio. El calcio reemplaza al sodio en los sitios de unión a la arcilla. El sodio puede ser lixiviado como sulfato de sodio a un sumidero adecuado (**Shainberg et al., 1989**). El yeso o sulfato de calcio ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) es una fuente que proporciona calcio (17-27%) y azufre (14-18%). El yeso es un insumo agrícola que mejora el sistema radicular de las plantas debido a que el anión sulfato reacciona con el ion aluminio precipitándolo, además por ser tan soluble puede llegar hasta el subsuelo. El principal uso del yeso en la agricultura mundial es en la corrección de suelos sódicos (**Raij, 2008**). El yeso ha sido usado por muchos años como un acondicionador y mejorador de suelos sódicos. Recientemente se ha visto su utilidad en el mejoramiento de suelos ácidos e infértiles como un corrector de la acidez del subsuelo, del encostramiento superficial y como fuente de calcio y azufre en los cultivos (**Sumner, 1993**).

Ali (2001) indica que se puede utilizar el yeso como medida preventiva contra la sodicidad y que la eficacia del yeso depende del grado de finura, de la forma en la que se incorporan en el suelo y de la eficiencia del sistema de drenaje. Su estudio concluye que el uso del yeso aumenta la infiltración del suelo, que su efecto permanece vigente por un

periodo de unos tres años y que la aplicación de yeso del 50% del requerimiento de los suelos parece ser más económico que la aplicación del 100%.

Al momento de formular recomendaciones para el uso de yeso en la agricultura, es importante que se tenga un buen entendimiento de su composición y propiedades. Composición de yeso puro ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) es de 79% de sulfato de calcio (CaSO_4) y 21% de agua (H_2O), el yeso puro contiene 23,3% de calcio (Ca) y el 18.6% de azufre(S).el yeso es moderadamente soluble en agua (2.5 g por litro), o aproximadamente 200 veces mayor que la cal (CaCO_3) (**Chen y Dic, 2011**).

El yeso y sus productos derivados: sulfato de calcio (anhidrita), yeso (dihidrita sulfato de calcio), y hemihidrato (yeso de París), son sales levemente solubles en soluciones acuosas, llegando a los 2,5 g/l. Este nivel de solubilidad contribuye sustancialmente a la fortaleza iónica de la mayoría de las soluciones. Otras sales de calcio son mucho menos solubles, como es el carbonato de calcio (CaCO_3), o más solubles como son el cloruro de calcio (CaCl_2) y nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$). Un factor determinante en la solubilidad del yeso es el tamaño de las partículas. A mayores tamaños, la solubilidad disminuye debido a la relación inversa que existe entre área y volumen. Es así, que para mantener concentraciones relativamente altas de calcio en la película de agua que queda sobre el suelo, el tamaño de la partícula debe ser lo suficientemente pequeño para una rápida disolución. Igualmente, la tasa de movimiento del calcio en el perfil vía percolación del agua de riego depende del mismo parámetro (**Shainberg et al., 1989**). Entre mayor sea la profundidad de incorporación y la distribución del yeso en el perfil de suelo mayor será la solubilidad efectiva por efecto de mayor capacidad de disolución. La disolución del yeso aumenta a medida que la RAS es mayor, razón por la cual su acción resulta más notoria en suelos altamente sódicos. Desde el punto de vista agrícola se ha aplicado a los suelos agrícolas por más de 250 años. El yeso es una fuente moderadamente soluble de los nutrientes esenciales, calcio y azufre, y puede mejorar el crecimiento de las plantas en general (**García y Pantojal, 1998; Chen y Dic, 2011**).

Se han evaluado un conjunto de prácticas culturales como la rotación de cultivos, la siembra de cultivos permanentes, el manejo de barbechos, el uso de canales de drenaje, la incorporación de restos de cultivos, entre otras, unidas a la utilización de yeso (**Ilyas et al.,1997**).

La aplicación de yeso no cambia el pH, pero si elimina aluminio tóxico, proporcionando calcio y generando un efecto en el subsuelo. Con la aplicación de yeso, el desplazamiento del aluminio de la solución del suelo se da a través de los radicales sulfatos, los cuales captan el aluminio de la solución formando el sulfato de aluminio, el cual precipita como una forma de aluminio no tóxica **(Castro y Gómez, 2010)**.

Existe comúnmente una cierta confusión entre el papel de las cales y el yeso en la corrección de la acidez del suelo. Los dos productos son muy diferentes. Las calizas son carbonatos de calcio, son sales básicas que reaccionan con cualquier ácido, se usan universalmente en suelos ácidos. Se usa cal cuando uno de los objetivos es subir el pH del suelo, para disminuir la concentración de Al^{3+} y además subir la concentración de Ca^{2+} . Se usa el yeso cuando ya se ha alcanzado un pH deseado o cercano a la neutralidad, este no corrige la acidez, pero es una buena fuente de calcio soluble y de azufre. El yeso es usado en suelos de climas semiáridos o áridos para la remoción del sodio del suelo **(Cales de Antioquia, 1979)**.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Ubicación del campo experimental

El presente trabajo de investigación fue realizado entre los meses de julio del 2014 y marzo de 2015, en el fundo Key S.A.C, ubicado a la altura del Km 100 de la Panamericana Sur, distrito de Asia (la capilla), provincia de Cañete, departamento de Lima.

La ubicación geográfica es:

Latitud: 12°46'59''Sur

Longitud: 76°36'59''Oeste

Altitud: 35 m.s.n.m.

3.1.2 Características del suelo

Las características de suelos en el distrito de Asia están determinadas por los procesos tectónicos, geológicos, geomorfológicos y climáticos. Los suelos de buenas condiciones para los cultivos intensivos y arables son de origen fluvial y se extienden a lo largo del valle del río y en sus terrazas adyacentes. Tienen una superficie aproximada de 2120 has cultivadas anualmente.

El resto son suelos marginales o no apropiados para fines agrícolas ni forestales, no obstante, con la tecnología moderna algunos podrían ser utilizados para tales fines después de una evaluación más detallada.

El área de estudio comprendió la zona agrícola del valle bajo de Asia. El suelo donde se estableció el experimento está clasificado según Taxonomía de Suelos *Soil Taxonomy* (USDA, 2002) como:

- **Solonchak Ortico.** Son suelos formados sobre depósitos de origen aluvial, su relieve topográfico dominante es plano. Su máxima capacidad de uso es la Clase IV, con suelos de buena a medianamente baja potencialidad para fines agrícolas, siempre y cuando se elimine la aridez y salinidad y se proporcione riego adecuado. Existen suelos sin ninguna potencialidad que pertenecen a la Clase VIII aptos solo para pastoreo.

Para la caracterización físico-química del suelo se realizó un muestreo al azar del área de estudio, previamente al experimento. La muestra fue procesada en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Universidad Nacional agraria La Molina (LASPAF-UNALM).

Los resultados obtenidos del análisis se muestran en el cuadro N°1. Se aprecia que el suelo presenta una textura franco arcilloso, lo cual confiere al suelo una deficiente aireación y una alta capacidad de retención de agua. De reacción básica, con un contenido medio de calcáreo total; de acuerdo a la conductividad eléctrica el suelo se clasifica como no salino. El porcentaje de materia orgánica es bajo y, por tanto, la disponibilidad de nitrógeno en el suelo será también limitada. Se reportó un contenido medio de fósforo y potasio. La capacidad de intercambio catiónico muestra fertilidad potencial media del suelo. Respecto a los cationes cambiables, el magnesio y el calcio predominan saturando el suelo en 20.7 % y 67.3% del complejo de cambio respectivamente. Esta característica establece relaciones catiónicas: Ca/Mg de 3.2 (bajo), Ca/K de 15 (óptimo), Mg/K de 4.6 (muy alto), lo que indicaría una elevada concentración de magnesio respecto del calcio y de potasio, valores que sobrepasan largamente los niveles normales para una adecuada nutrición mineral potásica en primer lugar y cálcica en segundo lugar.

3.1.3 Características del agua de riego

En el cuadro N° 2 se muestra el análisis de agua de riego del área experimental, siendo clasificada por USDA como agua de riego tipo C₃-S₁, es decir de alta salinidad y con bajo nivel de sodio(S₁), ya que el RAS es bajo, lo que indica que no tiene problema de alcalinidad. Además, se observa que hay predominio del catión calcio. La dureza del agua es de 49° grados franceses, lo que la califica como agua dura, provocándose formación de precipitados de calcio. Entre las sales presentes los cloruros se hallan en niveles altos, los sulfatos y bicarbonatos en un nivel bajo y no se encuentran carbonatos. A pesar de ser esta una condición desfavorable, el espárrago es un cultivo tolerante a sales. El pH se encuentra dentro de los rangos normales. La cantidad de boro presente es de 0.26 ppm, no representando peligro de toxicidad para el espárrago al ser un nivel bajo; según FAO (1985).

Cuadro N° 01: Análisis químico del suelo en la zona del ensayo

Determinación	Resultado	Unidad	Método de Análisis
Conductividad eléctrica(CEe)	1.88	dS/m	Lectura de extracto de la pasta saturada
Análisis Mecánico			
Arena	27	%	Hidrómetro de bouyoucos
Limo	42	%	Hidrómetro de bouyoucos
Arcilla	31	%	Hidrómetro de bouyoucos
Clase textural	Franco Arcilloso		Triangulo textural
pH	7.87	%	Potenciómetro relación suelo-agua 1:1
Calcáreo total	2.0	%	Gas volumétrico
Materia orgánica	0.62	%	Walkey y Black
Fosforo disponible	7.0	ppm	Olsen modificado
Potasio disponible	134	ppm	Acetato de amonio 1N pH 7
CIC	11.84	Cmol/kg	Acetato de amonio 1N pH 7
Cationes cambiables			
Mg	2.45	Cmol(+)/kg	Espectrofotometría de absorción atómica
k	0.53	Cmol(+)/kg	Espectrofotometría de absorción atómica
Na	0.89	Cmol(+)/kg	Espectrofotometría de absorción atómica
Ca	7.97	Cmol(+)/kg	Espectrofotometría de absorción atómica

Fuente: LASPAF-UNALM.

Según el análisis el porcentaje de materia orgánica es baja, se debe aportar no sólo las cantidades correspondientes a un abonado de mantenimiento sino una cantidad mayor para mejorar la fertilidad del suelo. En cuanto a las relaciones catiónicas, hay deficiencia de potásica, el calcio y el magnesio presentan un claro efecto antagónico frente al potasio. La deficiencia de potasio restringe el crecimiento de raíces, la gradiente de presión

osmótica que lleva el agua dentro de la planta y dificulta el transporte de fosfatos, nitratos ,Ca y Mg a través del xilema y de azúcares a través del floema. Por su parte el calcio cambiante no es inmediatamente disponible para la planta.

Cuadro N°2: Análisis del Agua del pozo

Parámetro	Unidad	Valor
pH		7.78
C.E	dS/m	1.36
Calcio	meq/l	7.95
Magnesio	meq/l	2.58
Potasio	meq/l	0.05
Sodio	meq/l	4.13
Suma de cationes		14.71
Nitratos	meq/l	0.08
Carbonatos	meq/l	0.00
Bicarbonatos	meq/l	3.58
Sulfatos	meq/l	2.50
Cloruros	meq/l	8.50
Suma de aniones		14.66
Sodio	%	28.08
RAS		1.80
Boro	ppm	0.26
CLASIFICACION		C3-S1

Fuente: LASPAF-UNALM.

El análisis muestra que esta agua subterránea es un agua dura, por lo general, el agua subterránea es más dura que el agua de superficie. La dureza elevada del agua de riego implica alto contenido de Ca^{2+} y Mg^{2+} , o lo que todos conocemos como la CAL. La formación de la CAL es un problema para las plantas y sus raíces. El Fosfato de Calcio a menudo se precipita de las soluciones nutrientes en forma de Cal. Cuando se forman incrustaciones de cal en las raíces de las plantas, estas no pueden absorber los nutrientes como calcio, magnesio, fósforo y otras sales que añadimos a nuestros abonos. Son aguas

con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio. Su ph está dentro del rango normal. Como la C.E= 1.36 Ds/m, hay un problema creciente de salinización, puede usarse en riego por gravedad y por aspersión necesitando practicas especiales en el manejo del riego, control de la salinidad. La sal predominante de esta agua es cloruro de calcio el cual es una sal extremadamente salina y soluble, además de la presencia de bicarbonato. En aguas salinas de preferencia se debe utilizar las fuentes con más bajo indice salino. Se tendría que acidular el agua (ácido fosfórico, ácido sulfúrico o ácido nítrico) para obtener una mayor disponibilidad de nutrientes menores (Zn, fe, etc.), prevenir y eliminar obturaciones (químicas o biológicas). Teóricamente a las aguas duras no se le aplica calcio, tiene que ver más con el tema de la curva de máxima demanda de calcio en la planta, cuántas unidades de calcio la planta toma del agua. Si se ve que no es suficiente hay que adicionar calcio. Cada cultivo tiene requerimientos diferenciados.

3.1.4 Características climáticas de la zona experimental

De acuerdo con el sistema modificado de Koppen Geiger, basado en promedios anuales de temperatura y precipitación, a la zona de Asia le corresponde la clasificación de desierto subtropical árido caluroso. En el cuadro N° 3 se muestra las observaciones meteorológicas mensuales desde el mes de julio del año 2014 a abril del 2015, registrados en la estación meteorológica del SENAMHI “**Punta Lobos**” ubicada en Pucusana. De los datos mostrados en el cuadro, la temperatura es la variable más importante en el manejo del cultivo, teniendo en cuenta para el inicio de la cosecha una temperatura mínima de 18°C.

La campaña se inició en julio del 2014, con una temperatura media mensual de 18.4 °C, aumentando en agosto a 18.55 °C, en setiembre a 19.3°C, disminuye en octubre a 17.76 °C, para ir en aumento en noviembre a 19.32 °C. En diciembre la temperatura media es de 20.92 °C, en enero es de 22.35 °C, en febrero es de 23.70 °C y en marzo es de 24.25 °C. luego disminuye en abril a 22.90 °C y en mayo a 21.95 °C.

Cuadro N°3

Datos meteorológicos de la zona de Asia

Periodo experimental: JULIO 2014-MAYO 2015

AÑO	Mes	Temperatura Máxima	Temperatura Mínima	Temperatura Media Mensual	Humedad Relativa Media Mensual (%)
		T°			
2014	Julio	22.8	14	18.40	85
	Agosto	23.7	13.4	18.55	82
	Setiembre	23.8	14.8	19.30	85
	Octubre	21.5	14.0	17.76	87
	Noviembre	23.1	15.5	19.32	85
	Diciembre	25.3	16.6	20.92	80
2015	Enero	27.7	17.0	22.35	79
	Febrero	28.9	18.5	23.70	75
	Marzo	29.6	18.9	24.25	75
	Abril	27.8	18.0	22.90	78
	Mayo	26.4	17.5	21.95	79

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú-SENAMHI

Tanto los meses de julio, agosto y setiembre del 2014 las temperaturas máximas y mínimas en el valle de Asia estaban dentro de las normales, pero en los meses de octubre y noviembre se apreciaron variaciones de temperaturas tanto máximas como mínimas fuera de lo normal, con días nublados y escasa presencia de sol en comparación con años anteriores, se aprecia que las temperaturas bajas retardan el crecimiento vegetativo y se detiene el crecimiento de turiones, los deforma o acentúa el color morado de las puntas .durante la cosecha de abril- mayo del 2015 las temperaturas altas de la zona aceleraron la apertura de los brotes primarios del turión y el rápido desarrollo de las yemas apicales.

3.1.5 Características del cultivar

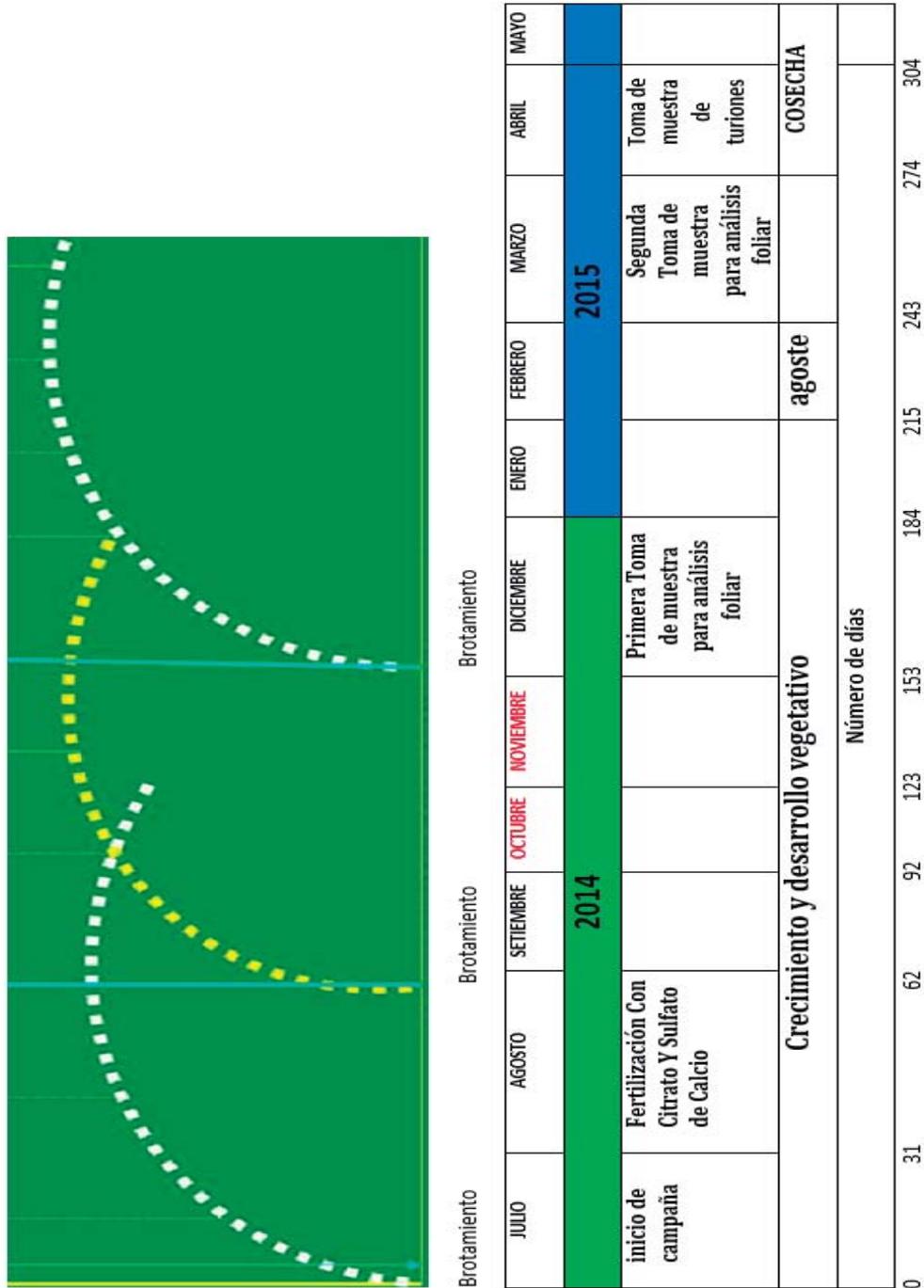
El cultivar Atlas es un híbrido clonal, de alto rendimiento, precoz y uniforme (**Delgado de la Flor et al., 1993**). Se caracteriza por producir turiones de coloración verde oscuro, brácteas verdes, con poca coloración púrpura en la punta. El ápice del turión es cerrada, compacta, puntiaguda y bajo contenido de fibra. Es un cultivar precoz, de producción alta y uniforme. Es altamente tolerante a *Fusarium spp*, así como a la Roya *Puccinia asparagi*. Este híbrido fue desarrollado para el clima de California y, por tanto, es apropiada para zonas cálidas, presentando rendimientos entre 25 y 50 % superiores al cv. UC-157. La punta de los turiones es más compacta que la del cv. UC-157 (**Benson, 1994**). **Apaza, et al. (1999)** encontraron en una prueba comparativa de varios cultivares de espárrago verde, que el cv. Atlas fue uno de los que mostró mejor comportamiento para la zona de Villacuri (Ica- Perú).

3.1.6 Manejo del cultivo de espárrago

Durante el crecimiento y desarrollo vegetativo del cultivo de espárrago cv. Atlas en el fundo “Key” se siguen una serie de actividades agronómicas, cuyos detalles se mencionan en el anexo 8.36. Cabe mencionar que esta esparraguera fue instalada mediante coronas en el 2011. El presente ensayo se instaló a los 3 años de edad, el sistema de riego que utiliza el fundo es por gravedad, del cual proviene de un pozo de agua del subsuelo, cuyas características se detallan en el anexo 8.39. Generalmente el fundo utiliza entre 8000-10000 m³/campaña/Ha/año y se aplican 7 riegos en época de invierno, en verano cada 3-4 días, dependiendo de cómo esté la humedad en el suelo. Se realizaron 7 riegos durante el crecimiento y desarrollo vegetativo del espárrago y 5 riegos durante la cosecha. El registro de consumo de agua se detalla en el anexo 8.40. Respecto al control de plagas y enfermedades, por ser la zona muy húmeda, entre las enfermedades de mayor incidencia está el *Stemphylium*. En cuanto a plagas, están la *Prodiplosis*, araña roja y *Trips*. Durante el ensayo la principal plaga fue *Prodiplosis longifila*, presentándose durante el primer brotamiento en forma leve, y severa durante el segundo brotamiento, por lo cual se hicieron aplicaciones de pesticidas como Imidacloprid y Clorpirifos. Después de cada cosecha, se fertiliza y se le suministra al suelo los nutrientes necesarios para la siguiente campaña. El plan de fertilización N-P-K consistió en 350-150-350, mayores detalles se muestran en el anexo 8.37. El periodo de crecimiento y desarrollo vegetativo del espárrago tuvo una duración de 279 días, los estados fenológicos del espárrago durante el ensayo se resumen en la figura N°1. Concluido los periodos de fructificación, maduración

y agoste se realizó el corte del follaje (chapado) y la limpieza del campo. Posteriormente se inició la cosecha, la cual tuvo una duración de 31 días. La recolección de los turiones fue manual y en forma diaria.

Figura N°1: Estados Fenológicos del espárrago en la zona del ensayo



3.2 Tratamientos evaluados

En el presente ensayo se evaluaron dos fuentes de calcio y tres dosis de cada una (**Cuadro N°4**) en base a un testigo no fertilizado. Las fuentes evaluadas fueron: citrato de calcio con 19.41 % de calcio y sulfato de calcio con 24.49 % de calcio.

Primeramente, en el área de del ensayo se fertilizo con NPK + el Mix de fertilizantes destinadas solo al área de ensayo, el cual se detalla en el anexo 8.38. Acto seguido se fertilizo con las fuentes y dosis de calcio en cada unidad experimental a los 38 días de finalizada la cosecha anterior. En el **cuadro N° 5** se detallan los tratamientos evaluados.

CUADRO N°4. Tratamientos evaluados

Fuentes	Dosis de Ca (Kg/ha)
Testigo	0
Citrato de calcio	90
	180
	270
Sulfato de calcio	90
	180
	270

Cuadro N°5. Tratamientos evaluados a base de calcio

Tratamientos	Fuentes de calcio	Nivel Ca (Kg/ha)	Kg de la fuente / tratamiento
T0	Testigo	0	0
T1	Citrato de Calcio	90	2.33
T2		180	4.66
T3		270	6.99
T4	Sulfato de Calcio	90	1.85
T5		180	3.69
T6		270	5.54

3.2.1 Características del campo experimental

Características de la parcela o unidad experimental

De la parcela:

Largo efectivo	8.37 m
Ancho efectivo	6.0 m
Área efectiva	50.22 m ²

Del bloque:

Número de unidades experimentales por bloque	7
Área por unidad experimental	50.22 m ²
Área del bloque	351.6 m ²

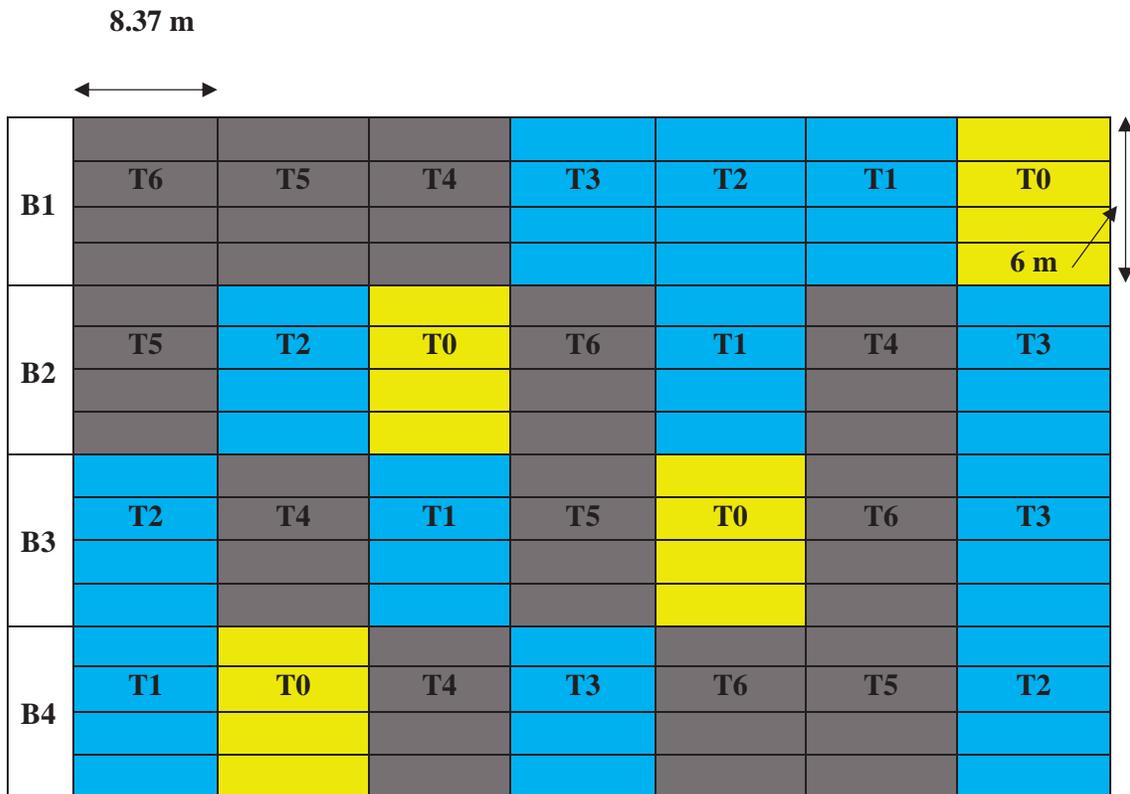
Del ensayo:

Número de bloques	4
Área del bloque	351.6 m ²
Área del ensayo	1406.4 m ²

3.2.2 Diseño experimental

El diseño experimental empleado en el presente trabajo de investigación fue el diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con cuatro repeticiones. En la figura N° 2 se muestra la distribución de los tratamientos en el campo.

Fig. N°02: Diagrama del campo experimental



T0: Testigo

T1: 90 Kg/ha Ca de Citrato de calcio

T2: 180 Kg/ha Ca de Citrato de calcio

T3: 270 Kg/ha Ca de Citrato de calcio

T4: 90 Kg/ha Ca de Sulfato de calcio

T5: 180 Kg/ha Ca de Sulfato de calcio

T6: 270 Kg/ha Ca de Sulfato de calcio

3.2.3 Análisis estadístico

Se realizó el análisis de variancia (ANVA) de las variables evaluadas en el cultivo, de acuerdo a las fuentes de variación, y la prueba de comparación de las medias de los tratamientos Duncan, con un nivel de significación $\alpha=0.05$. En el cuadro N° 6 se muestra el análisis de variancia.

CUADRO N° 6. Análisis de variancia

Fuentes de variabilidad	Grados de libertad
tratamientos	6
bloques	3
error	18
Total	27

El procesamiento de datos se realizó empleando el paquete estadístico denominado SAS, versión N° 9.2.

3.2.4 Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + e_{ij}$$

Y_{ij} = Es el rendimiento obtenido con el i-ésimo nivel de calcio y j-ésimo bloque.

μ = Es el efecto de la media general

α_i = Es el efecto del i-ésimo nivel de calcio

β_j = Es el efecto del j-ésimo bloque

e_{ij} = Efecto del error experimental

3.2.7 Evaluaciones realizadas

a. Variables Morfológicas:

La evaluación de estas variables fue hecha al final de la maduración del tercer brote. La muestra consto de cinco plantas elegidas aleatoriamente de cada parcela.

Altura de planta (m)

Se determinó la longitud del tallo desde la base (cuello de planta) hasta el final del tallo principal.

Número de tallos/m²

Se determinó el total de tallos del espárrago de cada tratamiento y luego se expresaron a metros cuadrados.

Peso del follaje (Kg/ha)

Es el peso total de la parte aérea del espárrago (follaje) después del chapodo y luego expresado a kilogramos por hectárea.

b. Rendimiento del cultivo de espárrago**Rendimiento total (Kg/ha)**

Peso de todos los turiones por tratamiento cosechados.

Número de turiones/m²

Relación del número total de turiones de cada tratamiento por metro cuadrado.

Peso promedio de turiones (g)

Se calculó del peso total de turiones y el número total de turiones de cada tratamiento y en cada cosecha.

d. Calidad de la producción

En cada cosecha se clasificó la producción de acuerdo a su grosor como se muestra en el cuadro N° 7.

CUADRO N° 7. Distribución de calibres

Categoría	Diámetro del turión (cm) *
Large	De 1.60 a 1.12 cm
Medium	De 1.12 a 0.79 cm
Small	De 0.79 a 0.48 cm

*medidas a 2.5 cm de la base del turión, no se consideran turiones floreados, torcidos y con daños de plagas y/o enfermedades.

Número de turiones por categoría (U)

Es el número total de turiones cosechados en cada tratamiento por categoría.

Peso promedio de turiones por categoría (gr)

Relación del peso total de turiones cosechados y el número total de turiones cosechados en cada tratamiento por categoría.

e. Determinación de Calcio foliar

Durante el ensayo, se realizaron dos tomas de muestras de follaje de espárrago. El primer muestreo se realizó a los 179 días de empezada la campaña y el segundo muestreo fue a los 254 días de empezada la campaña con el fin de determinar el porcentaje de Calcio en el follaje, además de las variables: peso fresco en el follaje (gr/m^2), peso seco en el follaje (g/m^2) y el porcentaje de materia seca en el follaje. Durante la cosecha se tomaron aproximadamente 200 gr de turiones por cada tratamiento, se realizó el mismo procedimiento y se determinó las mismas variables que con las muestras de follaje.

Peso fresco en el follaje (gr/m^2)

De cada tratamiento se tomaron dos muestras de plantas al azar de espárrago, el cual se cortaron desde el ras del suelo. Las muestras frescas fueron transportadas al laboratorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina, donde se trozaron y pesaron las muestras en húmedo, para luego convertir este resultado haciendo uso del área por planta a metro cuadrado.

Peso seco en el follaje (gr/m^2)

Las muestras frescas de espárrago fueron puestas a estufa a 75°C , después de 72 horas se procedió a la molienda y pesaje de cada muestra seca, para luego convertir este resultado haciendo uso del área por planta a metro cuadrado.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Variables del crecimiento del cultivo de espárrago

El cuadro N° 8 presenta los resultados obtenidos en las variables: altura de planta, número de tallos/m² y peso del follaje de la parte aérea en los diferentes tratamientos evaluados. Se aprecia que la altura de planta varía entre 1.47 y 1.61 m. Según el análisis de variancia no se observa diferencias entre los tratamientos evaluados, como se observa en el grafico N°1. Realizadas la prueba de comparación de medias de Duncan al 5%, no existen diferencias significativas en esta variable, por lo que se puede concluir que bajo las condiciones del presente ensayo no se observó influencia de las fuentes y dosis de calcio en esta característica de la planta de espárrago. El número de tallos por m² varía entre 38.61 y 112.64. Según el análisis de variancia se observa alta significación estadística para tratamientos. Realizadas la prueba de comparación de medias Duncan al 5%, como se observa en el grafico N°2, el tratamiento 90 Kg/ha Ca de citrato de calcio es diferente de los demás tratamientos, pero es estadísticamente similar al tratamiento 270 Kg/ha Ca de citrato de calcio. El testigo tuvo el menor promedio e inferior estadísticamente a los demás tratamientos con excepción de los tratamientos 180 y 270 Kg/ha Ca de sulfato de calcio que fueron similares estadísticamente. Por lo que se puede concluir que bajo las condiciones del presente ensayo se observó influencia de las fuentes y dosis de calcio en esta característica de la planta de espárrago. Asimismo, en el peso del follaje varía entre 1677.69 y 2576.80 Kg/ha. Según el análisis de variancia se observa significación estadística para tratamientos. Realizadas la prueba de comparación de medias Duncan al 5%, como se observa en el grafico N°3, el tratamiento 270 Kg/ha Ca de sulfato de calcio es diferente de los demás tratamientos, pero es estadísticamente similar al tratamiento 90 Kg/ha Ca de citrato de calcio. Aparentemente hay una respuesta relativa al calcio en la producción de follaje, ya que el testigo sin calcio mostro el menor peso de follaje inferior estadísticamente a lo observado por los tratamientos con 90 Kg/ha Ca de citrato y con 270 Kg/ha Ca de sulfato.

Del análisis de los resultados en las variables morfológicas del cultivo de espárrago, se aprecia que hay un efecto del calcio en la producción de follaje y número de turiones por metro cuadrado, ya que, en ambas variables, el testigo sin calcio mostro los valores más bajos e inferior estadísticamente con algunas fuentes y dosis. Sin embargo, no se observa un efecto definido del calcio en las variables evaluadas.

En otros ensayos donde se ha evaluado niveles de calcio (Santamaría, 2011; Taboada, 2013) ambos en alcachofa, encontraron respuesta a la aplicación de niveles de 120 y 80 Kg/ha de Calcio respectivamente, estos resultados fueron bajo otras condiciones y con otras especies. En experiencias de fertilización cálcica realizadas a niveles de 80 y 160 Kg/ha de calcio en espárrago, se encontró valores de altura de planta (m), que varían entre 1.79-1.94 y 1.77-1.92 respectivamente. En cuanto al número de tallos/m² antes del chapodo, los valores varían a nivel de 80 Kg/ha de calcio entre 49.41- 66.89, y a nivel de 160 Kg/ha de calcio entre 50.46-63.67 (Hurtado, 2009).

Cuadro N° 8 Altura de planta (m), número de tallos por metro cuadrado y peso del follaje (Kg/ha) en espárrago (*A. officinalis*) empleando tres niveles y dos fuentes de calcio.

Niveles de fertilización		Altura de planta (m)	Numero de tallos/m ² antes del chapodo	Peso del follaje (Kg/ha) (1)
Testigo		1.47 a	38.61 c	1677.69 b (2)
Citrato Ca (Kg/ha)	90	1.61 a	112.64 a	2538.14 a
	180	1.50 a	83.29 b	1724.64 b
	270	1.59 a	109.15 a	2030.59 b
	X	1.57	101.69	2097.79
Sulfato Ca (Kg/ha)	90	1.50 a	82.39 b	1871.20 b
	180	1.58 a	66.47 c	1995.65 b
	270	1.54 a	52.24 c	2576.80 a
	X	1.54	67.03	2147.88
Promedio general		1.54	77.83	2059.24
Significación		n.s	***	*
CV. (%)		8.135	26.3	9.79

(1) peso de la parte aérea antes de la cosecha (chapodo).

(2) medias seguidas con la misma letra son iguales según la prueba de Duncan al 5%.

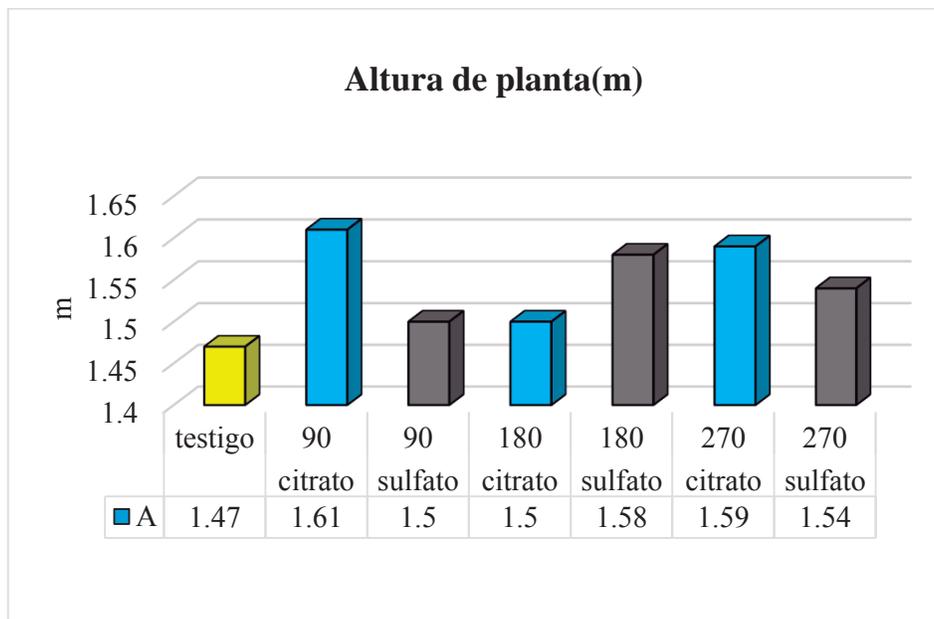


Grafico N° 1: Altura de planta (m) de espárrago, empleando tres niveles y dos fuentes de calcio.

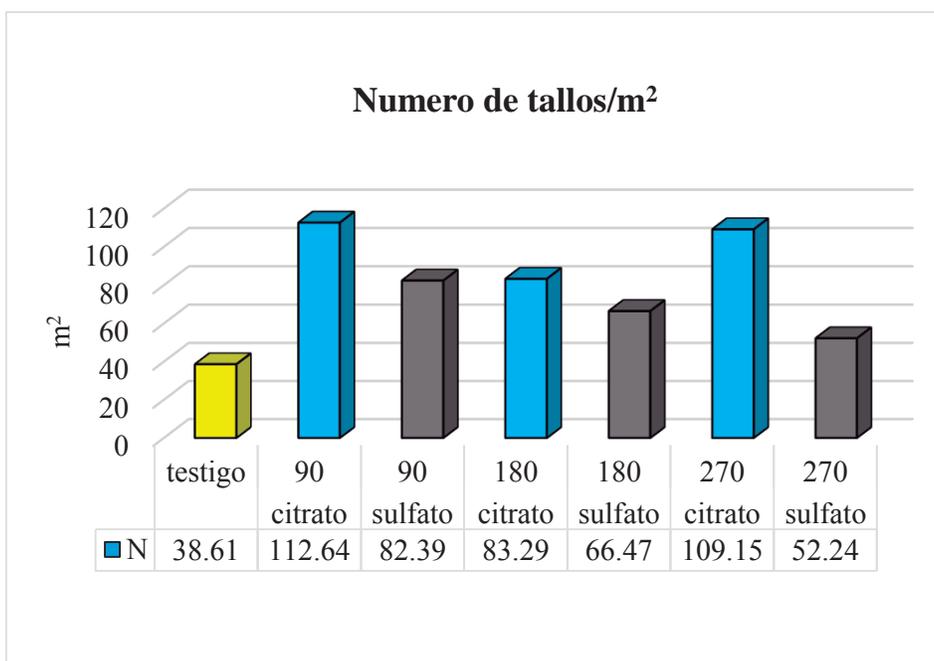


Grafico N° 2: Número de Tallos por metro cuadrado de espárrago, empleando tres niveles y dos fuentes de calcio.

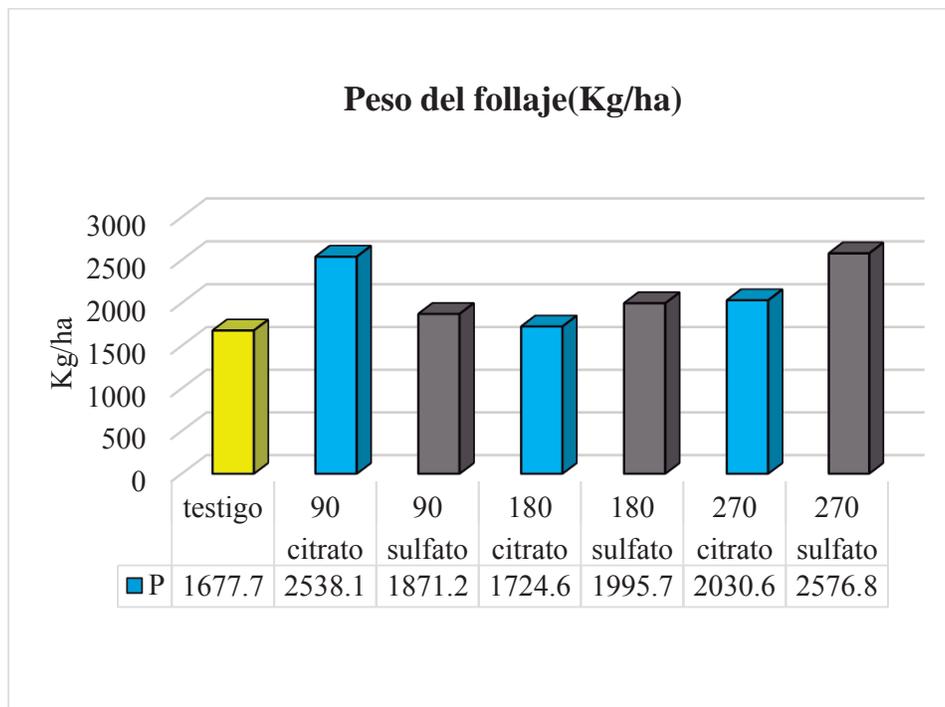


Grafico N° 3: Peso fresco del follaje de espárrago (Kg/ha), empleando tres niveles y dos fuentes de calcio.

4.2 Rendimiento del cultivo de espárrago

En el cuadro N° 9 se muestra los resultados obtenidos en las variables: rendimiento total (Kg/ha), número de turiones/m² y peso promedio de turión (g) en el cultivo de espárrago. Se aprecia que el rendimiento total varía entre 1248.20 y 1967.03 Kg/ha. Según el análisis de variancia no se observa diferencias significativas entre los rendimientos de los tratamientos evaluados, como se observa en el grafico N°4. Realizadas la prueba de comparación de medias Duncan al 5%, no existen diferencias significativas en esta variable. Por lo que se puede concluir que bajo las condiciones del presente ensayo no se observó influencia de las fuentes y dosis de calcio en esta característica de la planta de espárrago. El número de turiones por metro cuadrado varía entre 15.68 y 24.35. Según el análisis de variancia no se observa diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Realizadas la prueba de comparación de medias Duncan al 5%, como se observa en el grafico N°5, el tratamiento 90 Kg/ha Ca de citrato de calcio es estadísticamente diferente a los demás tratamientos, alcanzando el máximo valor de 24.35 turiones/m² y un incremento de 55.29% respecto del testigo no fertilizado. En conclusión, bajo las condiciones del presente ensayo no se observó influencia de las fuentes y dosis

de calcio en esta característica de la planta de espárrago. En cuanto al peso promedio de turión (g) este varía entre 7.11 y 8.55. Según el análisis de variancia no se observa diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, como se observa en el gráfico N°6. Realizadas la prueba de comparación de medias Duncan al 5%, no existen diferencias significativas en esta variable, por lo que se puede concluir que bajo las condiciones del presente ensayo no se observó influencia de las fuentes y dosis de calcio en esta característica de la planta de espárrago. De los resultados obtenidos se aprecia que a nivel de 90 Kg/ha Ca de citrato de calcio se logró mejor promedio de rendimiento total, sin embargo, el sulfato de calcio, a niveles superiores a 90 Kg/ha Ca, se obtiene promedios superiores al citrato de calcio. Asimismo, bajo este mismo nivel de citrato de calcio se obtuvo mayor número de turiones por metro cuadrado. No se observa un efecto evidente del calcio en las variables evaluadas.

En el presente ensayo la baja producción obtenida se explica en cierta forma por la densidad de la plantación, al momento de realizar el ensayo, estimando la densidad sería aproximadamente de 8 mil plantas por hectárea. Los rendimientos en la zona bajo poblaciones normales esta entre 20 a 25 mil plantas por hectárea reportando rendimientos cercanos a los 3-4 ton/ha por campaña.

Las experiencias de fertilización cálcica realizadas en diversos cultivos bajo fertirriego han determinado dosis adecuadas que optimizan el rendimiento comercial. Así por ejemplo en la sandía cv. Royal, cultivado en la costa central de Perú, se obtuvo una respuesta significativa en el rendimiento con aplicaciones al suelo en dosis de 120 Kg/ha de calcio (**García, 1999**); en maíz, también realizado en la costa central del Perú, se obtuvo un incremento en el rendimiento comercial de 1.92 t/ha con relación al testigo con la aplicación de 60 Kg/ha de calcio (**Toscano, 2003**). En el cultivo de brócoli, se obtuvo el mayor rendimiento mediante la aplicación combinada de 160 Kg/ha de calcio y 3 Kg/ha de B (**Lam, 2009**). En cultivo de tomate el rendimiento máximo se presentó a nivel de 90 Kg/ha de calcio con 56.9 T/ha siendo el incremento de 7.8% respecto al testigo o fertilizado (**Vega, 2000**). En cultivo de arándano evaluando fuentes de calcio, solo el yeso incrementó significativamente el rendimiento a nivel de 46.5 Kg/ha Ca (**Flores, 2014**). En otros ensayos donde se han evaluado niveles de calcio (**Carrasco, 2013; Hurtado, 2009; Santamaría, 2011**) todos en alcachofa (*Cynara Scolymus L*), encontraron respuesta a la aplicación a niveles de 120, 160 y 80 Kg/ha de calcio respectivamente. En espárrago se obtuvo el mayor rendimiento total en 14,072.8 Kg/ha, a nivel de la aplicación

de 120 Kg/ha de calcio. En este mismo nivel para el número de turiones por planta presento mayor valor con 10.7 turiones/planta, siendo el testigo el de menor valor con 9.7 turiones/planta. Asimismo, el peso promedio del turión alcanzo los mayores valores a nivel de 60 y 180 Kg/ha de calcio con 19.4 y 19.5 gr sin presentar diferencias entre sí (**Vidal ,2001**). Por su parte **Hurtado (2009)**, bajo niveles de fertilización cálcica, obtuvo a nivel de 80 Kg/ha de calcio, pesos promedio de turiones, que varían entre 12.65 y 13.88 gr, mientras que a nivel de 160 Kg/ha de calcio, los pesos promedio de turiones varían entre 12.59 y 14.18 gr. Todos estos resultados bajo otras condiciones y con otras especies.

Cuadro N° 9 Rendimiento total (Kg/ha), numero de turiones por metro cuadrado y peso promedio del turión en espárrago (*A. officinalis*) empleando tres niveles y dos fuentes de calcio

Niveles de fertilización		Rendimiento total (Kg/ha)	Número de turiones/m ²	Peso promedio turión(g)
Testigo		1248.20 a	15.68 b	8.43 a *
Citrato Ca (Kg/ha)	90	1967.03 a	24.35 a	8.55 a
	180	1273.53 a	18.27 b	7.12 a
	270	1283.76 a	16.37 b	8.03 a
	x	1508.11	19.66	7.90
Sulfato Ca (Kg/ha)	90	1283.88 a	16.93 b	7.59 a
	180	1486.91 a	22.22 b	7.11 a
	270	1708.94 a	22.61 b	7.55 a
	x	1493.24	20.59	7.42
Promedio general		1464.61	19.49	7.77
Significación		n.s	n.s	n.s
CV. (%)		29.655	25.24	16.47

* Medias seguidas con la misma letra son iguales según la prueba de Duncan al 5%.

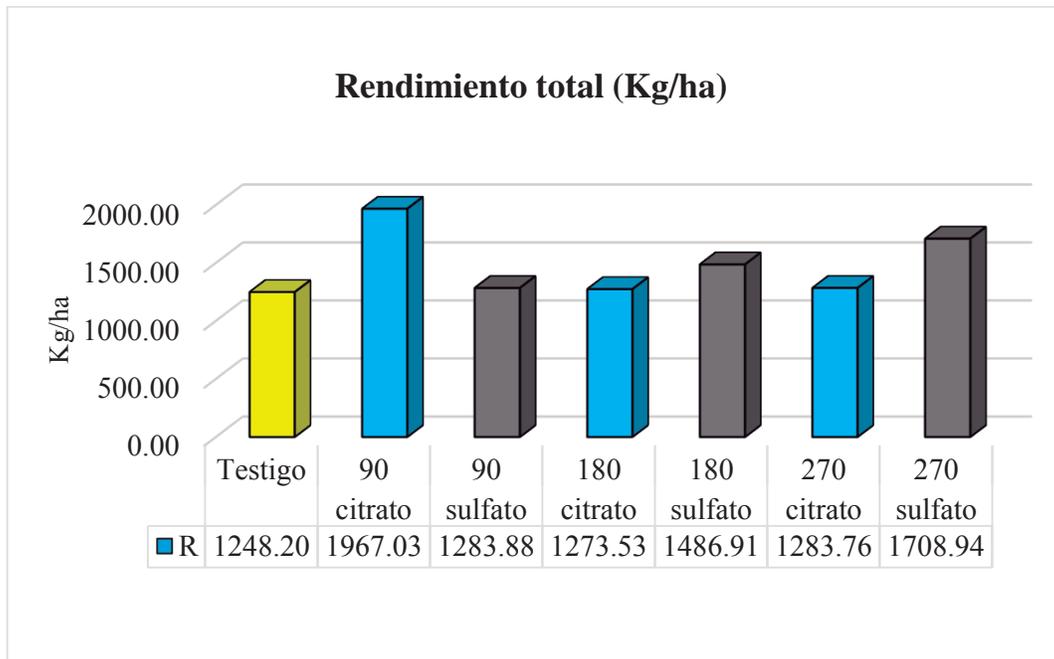


Grafico N° 4: Rendimiento total del espárrago (Kg/ha), empleando tres niveles y dos fuentes de calcio.

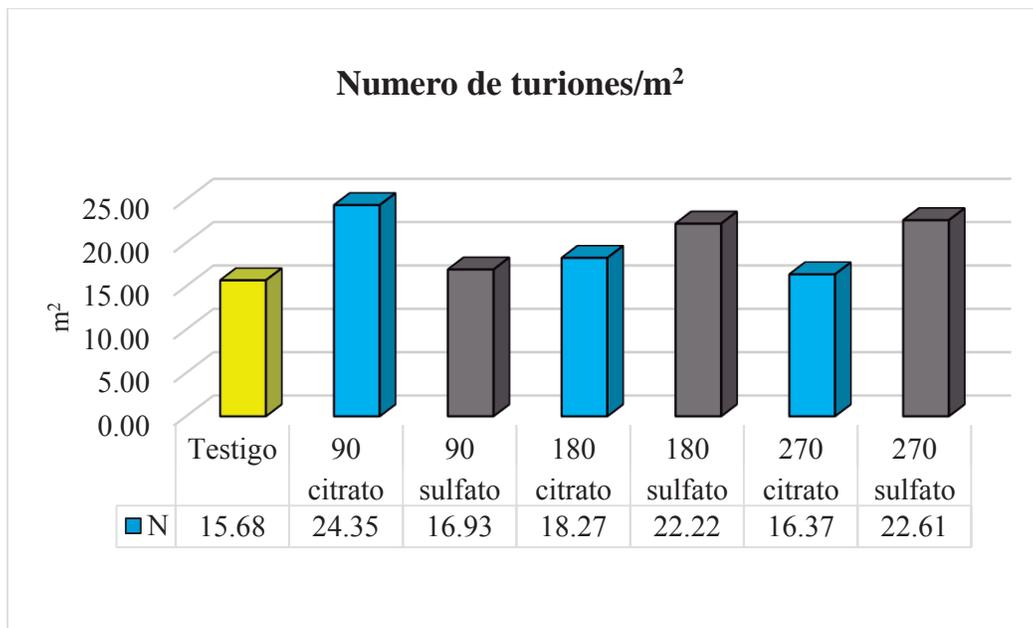


Grafico N° 5: Número de turiones de espárrago por metro cuadrado, empleando tres niveles y dos fuentes de calcio.

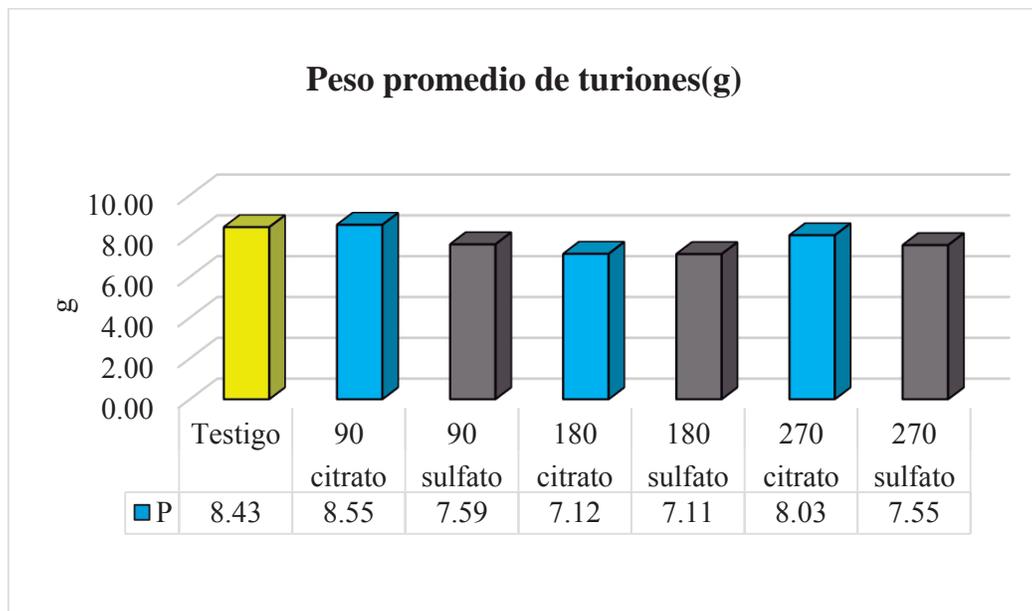


Grafico N° 6: Peso promedio de turiones de espárrago (g), empleando tres niveles y dos fuentes de calcio.

4.3 Calidad de la producción

En el cuadro N°10 muestra los resultados obtenidos en la variable: número de turiones y el peso promedio de turiones en las categorías small, médium y large en el presente ensayo. Se aprecia que el número de turiones por categoría varía: para small entre 11 y 17.25 unidades, para médium entre 8 y 12.25 unidades y para large entre 1.50 y 4.25 unidades. Según el análisis de variancia en las tres categorías no se observa diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, como se observa en el grafico N°7. Realizadas la prueba de comparación de medias Duncan al 5%, no existen diferencias significativas en esta variable. En cuanto al peso promedio de turiones por categoría varia: para small entre 5.89 y 6.40 gr, para médium entre 8.88 y 10.44 gr y para large entre 9.98 y 16.19 gr. Según el análisis de variancia en las tres categorías tampoco se observó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, como se observa en el grafico N°8. Realizadas la prueba de comparación de medias Duncan al 5%, tampoco hubo diferencias significativas en esta variable. Bajo las condiciones del presente ensayo no se observó influencia de las fuentes y dosis de calcio en estas características evaluadas.

Los tratamientos evaluados con los niveles de citrato de calcio tuvieron mejores promedios que los tratados con sulfato de calcio tanto en el número de turiones por categoría, como en el peso promedio de turiones (g). No se observa un efecto evidente del calcio tanto en el número de turiones por categoría como en el peso promedio de ellos.

En un ensayo realizado por **Vidal (2001)**, bajo la aplicación de 120 Kg/ha de calcio y micronutrientes obtuvo 8.9 turiones en la categoría small, 2.95 para médium, 2.04 para large, 0.68 extralarge y 0.18 jumbo; bajo la aplicación de 180 Kg/ha de calcio y micronutrientes obtuvo 8.18 turiones en la categoría small, 2.52 para médium, 2.65 para large, 0.73 extralarge y 0.23 jumbo. Por su parte **Hurtado (2009)**, bajo niveles de fertilización cálcica, obtuvo a nivel de de 80 Kg/ha de calcio, pesos promedio de turiones, que varían: para small entre 3.94 y 4.19 gr, para médium entre 7.64 y 8.19 gr, para large entre 13.77 y 14.42 gr, mientras que a nivel de 160 Kg/ha de calcio, los pesos promedio de turiones varían: para small entre 3.84 y 4.09 gr, para médium entre 7.61 y 7.97 gr, para large entre 13.67 y 14.49 gr. En el presente ensayo se puede apreciar que, del total de número de turiones por categoría, el calibre predominante fue el small con 53.94%, segundo el médium con 36.38% y por último el large con 9.68%.

Cuadro N° 10 Número de turiones y peso promedio de turiones por categoría en espárrago (*A. officinalis*) empleando tres niveles y dos fuentes de calcio.

Niveles de fertilización		Número de turiones por categoría (1)			Peso promedio de turiones(g) por categoría		
		Small	Médium	Large	small	médium	large
Testigo		12.50 a	8.50 a	3.25 a	6.12 a	10.44 a	9.98 a *
Citrato Ca	90	16.25 a	12.25 a	4.25 a	6.14 a	10.17 a	16.19 a
	180	13.00 a	8.75 a	2.0 a	6.31 a	10.03 a	11.92 a
	270	17.25 a	8.75 a	2.25 a	6.33 a	10.28 a	10.76 a
	x	15.5	9.92	2.83	6.26	10.16	12.96
Sulfato Ca	90	11.00 a	9.0 a	1.50 a	6.27 a	9.63 a	11.58 a
	180	11.25 a	8.0 a	1.50 a	6.40 a	8.88 a	13.61 a
	270	16.25 a	10.5 a	2.75 a	5.89 a	10.43 a	11.00 a
	x	12.8	9.17	1.92	6.19	9.65	12.06
%		53.94%	36.38%	9.68%	-	-	-
Promedio		13.93	9.39	2.5	6.21	9.98	12.15
Significación		n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
CV. (%)		22.02	23.69	16.83	3.65	5.23	23.67

* Medias seguidas con la misma letra son iguales según la prueba de Duncan al 5%.

(1): Números referidos a la unidad experimental cuya área fue de 50.22 m². Promedio de cinco muestras a lo largo de la cosecha que duro 31 días.

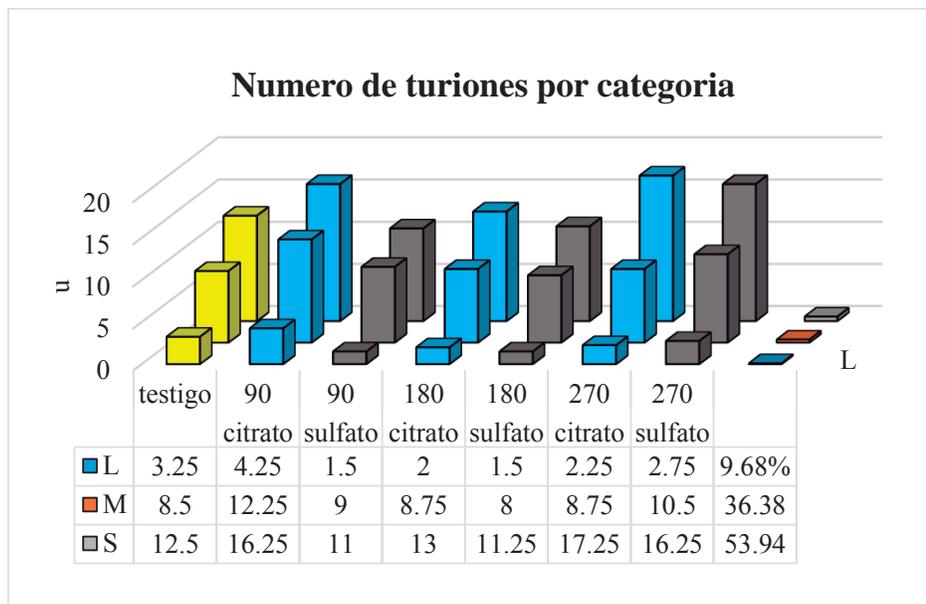


Grafico N° 7: Número de turiones de espárrago por categoría, empleando tres niveles y dos fuentes de calcio.

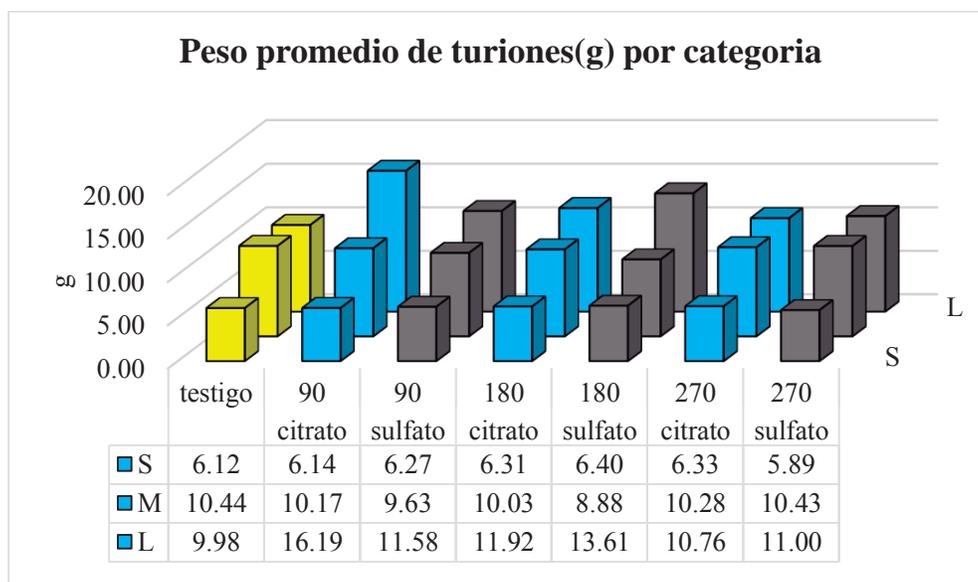


Grafico N° 8: Peso promedio de turiones de espárrago por categoría, empleando tres niveles y dos fuentes de calcio.

4.4 Porcentaje de materia seca y concentración de calcio en el follaje y turiones

Durante el ensayo, además de determinar el porcentaje de calcio en el follaje (%), también se determinó el porcentaje de materia seca en el follaje (%). En el cuadro N° 11 se muestra el porcentaje de materia seca (%) obtenidos en los dos muestreos de follaje y el muestreo en turiones. En los diferentes tratamientos evaluados. Se aprecia que, en el primer muestreo del follaje, el porcentaje de materia seca (%) varía entre 32.11 y 38.21 %,

mientras en el segundo muestreo del follaje, el porcentaje de materia seca (%) varía entre 36.24 y 43.09 %. Según el análisis de variancia solo en el segundo muestreo de follaje se observa diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Realizadas la prueba de comparación de medias de Duncan al 5%, como se observa en el grafico N°9, el tratamiento de 180 Kg/ha Ca de citrato de calcio es estadísticamente diferente de los demás tratamientos. En el muestreo de turiones, el porcentaje de materia seca (%) varía entre 7.23 y 8.47 %. Según el análisis de variancia no se observó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, como se observa en el grafico N°10. Según la prueba de comparación de medias de Duncan al 5%, no existían diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. Bajo las condiciones del presente ensayo no se observó influencia de las fuentes y dosis de calcio en la concentración de calcio en el follaje y los turiones.

Cuadro N° 11 Porcentaje de materia seca (%) en follaje y turiones de espárrago (*A. officinalis*) empleando tres niveles y dos fuentes de calcio.

Niveles de fertilización		Primera muestra foliar (1)	Segunda muestra foliar (2)	Muestreo de turiones (3)
Testigo		33.82 a	41.54 b	8.47 a *
Citrato Ca (Kg/ha)	90	33.60 a	36.63 b	7.32 a
	180	33.96 a	43.09 a	7.23 a
	270	38.21 a	41.42 b	7.98 a
	x	35.26	40.38	7.51
Sulfato Ca (Kg/ha)	90	35.54 a	40.06 b	8.24 a
	180	35.94 a	36.24 b	8.13 a
	270	32.11 a	38.29 b	8.13 a
	x	34.53	38.20	8.17
Promedio general		34.74	39.61	7.93
Significación		n.s	n.s	n.s
CV. (%)		10.27	9.70	11.21

* Medias seguidas con la misma letra son iguales según la prueba de Duncan al 5%.

(1): muestreo realizado a los 179 días de empezada la campaña.

(2): muestreo realizado a los 254 días de empezada la campaña.

(3): muestreo realizado a los 294 días de empezada la campaña.

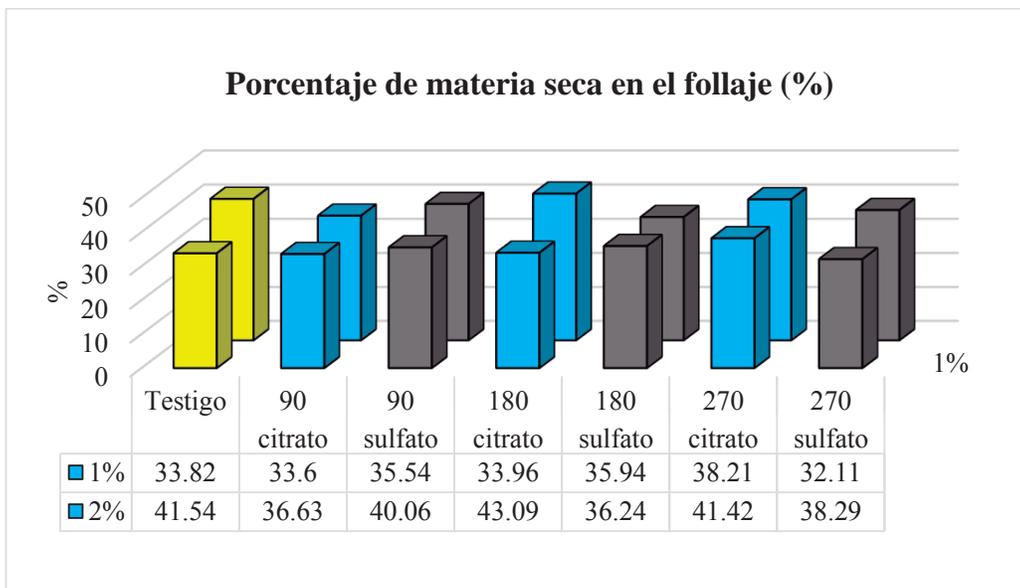


Grafico N° 9: Primer y segundo porcentaje de materia seca (%) en el follaje de espárrago empleando tres niveles y dos fuentes de calcio.

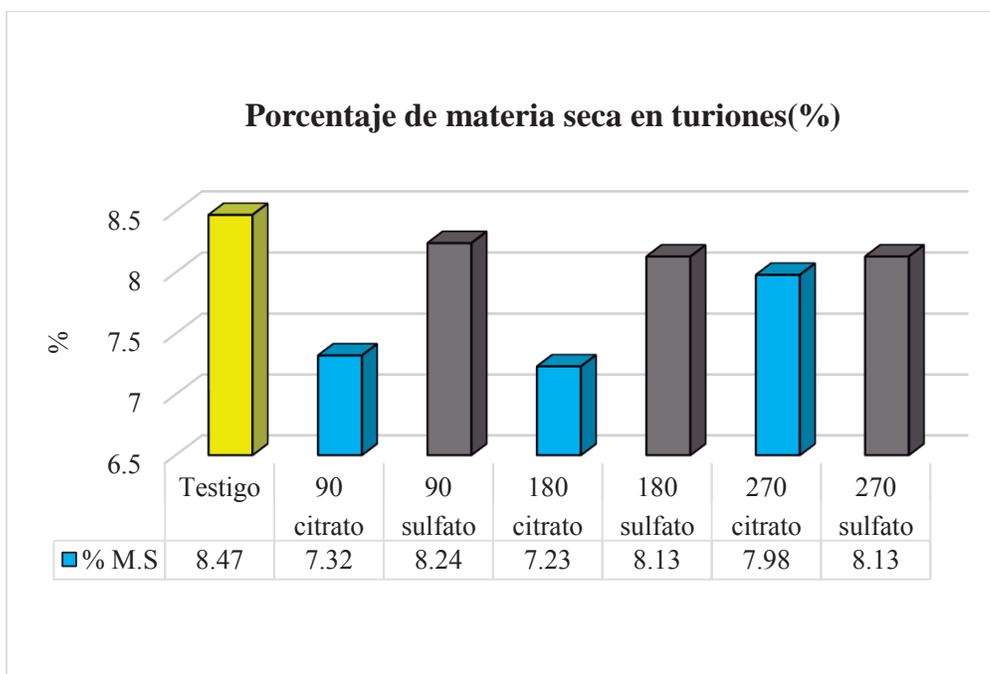


Grafico N° 10: Porcentaje de materia seca (%) en turiones de espárrago, empleando tres niveles y dos fuentes de calcio.

En el cuadro N° 12 se muestra las concentraciones de calcio obtenidos en los dos muestreos de follaje y el muestreo en turiones. En los diferentes tratamientos evaluados. Se aprecia que, en el primer muestreo del follaje, el porcentaje de calcio (%) varía entre 0.64 y 0.76 %, mientras en el segundo muestreo del follaje, el porcentaje de calcio (%)

varía entre 0.65 y 0.80 %. Según el análisis de variancia no se observa diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Realizadas la prueba de comparación de medias de Duncan al 5%, como se observa en el grafico N°11, tampoco existían diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. En el muestreo de turiones, el porcentaje de calcio (%) varía entre 0.15 y 0.17 %. Según el análisis de variancia no se observó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, como se observa en el grafico N°12. Según la prueba de comparación de medias de Duncan al 5%, no existían diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. Bajo las condiciones del presente ensayo no se observó influencia de las fuentes y dosis de calcio en la concentración de calcio en el follaje y los turiones.

Cuadro N° 12 Concentración de calcio (%) en follaje y turiones de espárrago (*A. Officinalis*) empleando tres niveles y dos fuentes de calcio

Niveles de fertilización		Primera muestra foliar (1)	Segunda muestra foliar (2)	Muestreo de turiones (3)
Testigo		0.64 a	0.66 a	0.15 a *
Citrato Ca (Kg/ha)	90	0.68 a	0.72 a	0.15 a
	180	0.76 a	0.71 a	0.16 a
	270	0.70 a	0.80 a	0.16 a
	x	0.71	0.74	0.16
Sulfato Ca (Kg/ha)	90	0.72 a	0.65 a	0.15 a
	180	0.76 a	0.65 a	0.17 a
	270	0.72 a	0.79 a	0.15 a
	x	0.73	0.70	0.16
Promedio general		0.71	0.71	0.16
Significación		n.s	n.s	n.s
CV. (%)		4.82	4.98	13.40

* Medias seguidas con la misma letra son iguales según la prueba de Duncan al 5%.

(1): muestreo realizado a los 179 días de empezada la campaña.

(2): muestreo realizado a los 254 días de empezada la campaña.

(3): muestreo realizado a los 294 días de empezada la campaña.

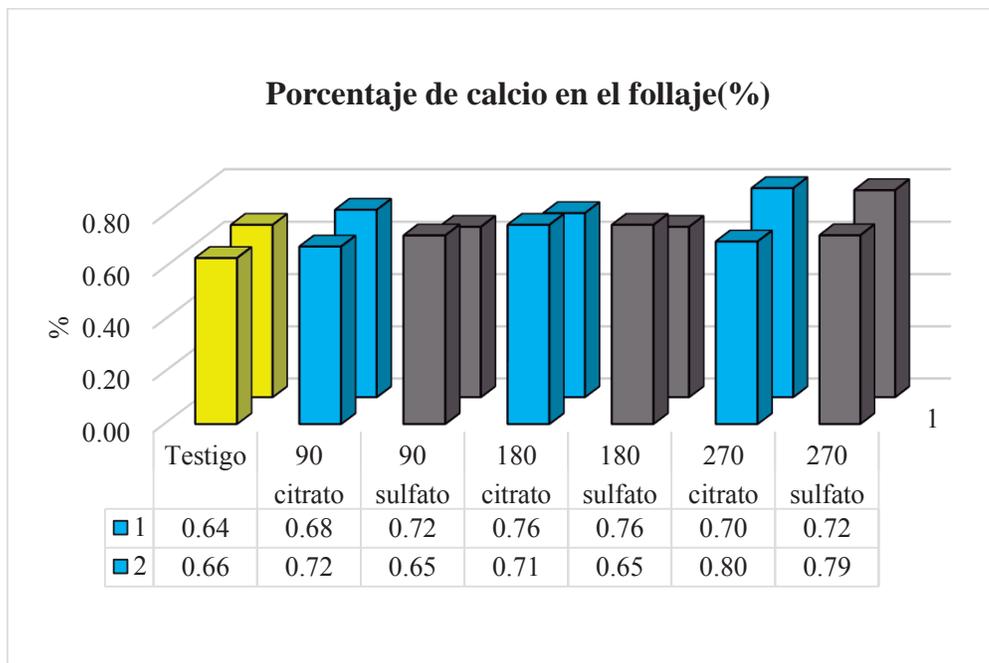


Grafico N° 11: Primer y segundo porcentaje de calcio (%) en el follaje de espárrago empleando tres niveles y dos fuentes de calcio.

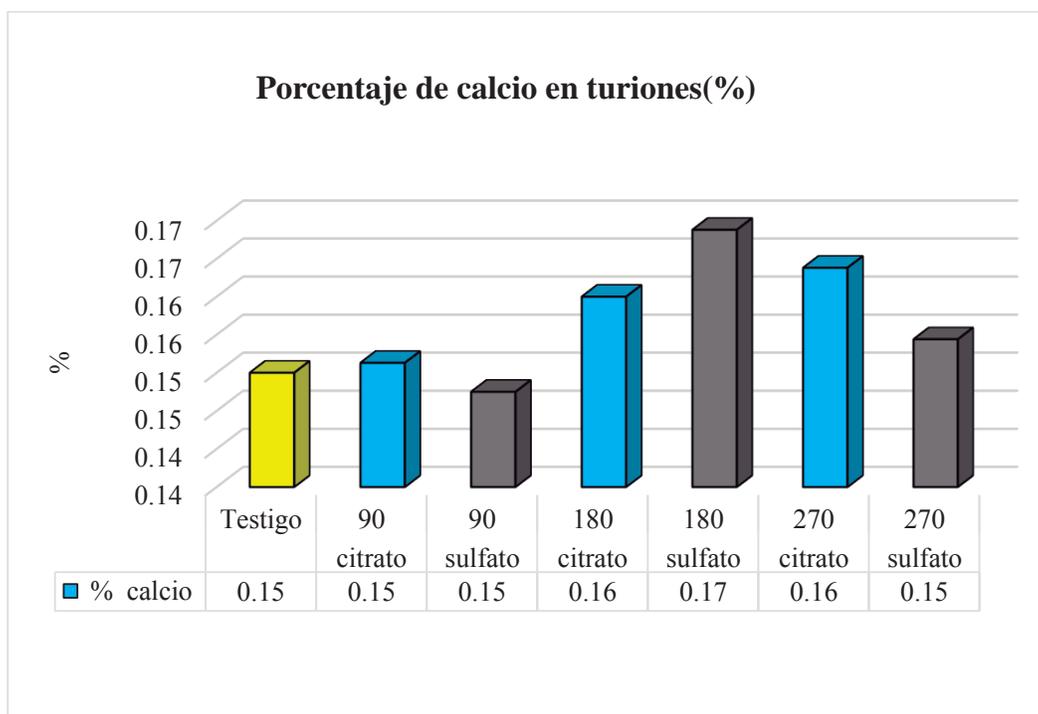


Grafico N° 12: Porcentaje de calcio (%) en turiones de espárrago, empleando tres niveles y dos fuentes de calcio.

El primer muestreo foliar se realizó a los 179 días de empezada la campaña y el segundo muestreo foliar se realizó a los 254 días de empezada la campaña, mientras que la muestra de turiones se realizó a la mitad de la cosecha. El porcentaje promedio de calcio en el follaje obtenido de las dos muestras foliares de espárrago fueron en ambas de 0.71%, mientras en la muestra de turiones el porcentaje de calcio fue de 0.16%. Cabe señalar que los niveles de Ca en el follaje, fueron mayores que los encontrados en los turiones. A pesar de que el calcio es absorbido en grandes cantidades y su contenido en los tejidos vegetales oscila entre 0.1 y 7% de la materia seca, la concentración de Ca^{2+} libre en el citoplasma y los cloroplastos es muy baja, del orden de $1\mu\text{M}$ (**Guardiola y García, 1990; Marschner, 1997**).

En un ensayo estudiando la composición nutricional de turiones de espárrago verde (*Asparagus officinalis L.*) y su relación con la vida post-cosecha, se tomaron muestras de turiones verdes de espárrago al inicio, media y final de cosecha de 6 fundos del valle de chincha en 1996, donde la concentración de calcio (%) fueron en promedio: 0.33 ,0.39 y 0.37 respectivamente. **Krarrup (1987)** mencionado por **Sáenz (1994), Roman (1996)** y **Makus (1995)**, mencionan concentraciones de calcio en turiones de 0.56, 0.6 y 0.16 % respectivamente. En cuanto al porcentaje de materia seca en turiones (%), sus promedios fueron: 6.91 ,6.50 y 6.04, respectivamente (**Núñez, 2001**). En otro ensayo realizado con fertilización cálcica en espárrago, a niveles de 80 y 160 Kg/ha de calcio, se encontró valores de porcentaje de materia seca del follaje (%), que varían entre 28.66-39.83 y 30.52-33.18, respectivamente (**Hurtado, 2009**). En experiencias de concentración de calcio en espárrago realizadas por **León (2007)** y **Castillo (1999)** encontraron una concentración promedio de calcio (%) en la materia seca de la parte aérea, cuyos valores oscilaron entre 0.84-1.58 y 0.1-1.4 respectivamente.

V.CONCLUSIONES

Las fuentes (citrato de calcio y sulfato de calcio) y los niveles (90,180 y 270 Kg/ha Ca) de calcio evaluadas no afectaron a las variables: altura de planta (m), número de turiones por metro cuadrado, peso promedio de turiones(g), rendimiento total (Kg/ha), numero de turiones de las categorías small, médium y large; peso promedio de turiones de las categorías small, médium y large; primer y segundo porcentaje de materia seca del follaje (%); porcentaje de materia seca de turiones (%); primer y segundo porcentaje de calcio en el follaje (%) y el porcentaje de calcio en turiones.

Solo el número de tallos por metro cuadrado y el peso del follaje mostraron respuesta a la fertilización cálcica.

El número de tallos por metro cuadrado, mostró alta significación, alcanzando en ambas fuentes de calcio el máximo valor a nivel de 90 Kg/ha Ca; obteniendo en promedio 112.64 tallos por metro cuadrado con citrato de calcio y 82.39 tallos por metro cuadrado con sulfato de calcio. El testigo presentó el menor valor en promedio con 38.61 tallos por metro cuadrado. Asimismo el peso del follaje, mostró significación estadística, obteniendo con citrato de calcio 2538.14 Kg/ha a nivel de 90 Kg/ha Ca y con sulfato de calcio 2576.80 Kg/ha a nivel de 270 Kg/ha Ca. El testigo presento el menor valor con 1677.69 Kg/ha.

VI. RECOMENDACIONES

- Evaluar los mismos niveles y fuentes de calcio en espárrago, bajo otras condiciones climatológicas o zonas.
- Evaluar el citrato de calcio en otros cultivos como alternativa de fuente de calcio.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. **Adams, F. 1966.** Calcium deficiencias a causal agent. Of ammonium phosphate injury to Cotton seedings. Soil Sci Soc. Am PROC.30. 485-488.
2. **Alarcón, L. 2005.** Bases prácticas para optimizar la asimilación del calcio. Fruticultura profesional N° 161 edición Septiembre-octubre 2006.
3. **Alcántara, G; Trejo, L.2007.** Nutrición de cultivos. México D.F., MX. Editorial Mundi-Prensa Mexico.452 p.
4. **Ali, T.2001.** “Role of gypsum in amelioration of saline-sodic and sodic soil”. *International Journal of Agriculture and Biology*, Vol.3, N°3, (pp.326-332).
5. **Armstrong, MJ; Kirkby, EA .1979.** The influence of humidity on mineral composition of tomato Plants with special reference to calcium distribution. Plant and Soil 52: 427-435.
6. **Apaza, w; Van, Oordt; Vaccari, F; Carrillo, J.M.1999.** Preliminary results of the second internacional asparagus cultivar trial in Ica. Asociación de agricultores de Ica. San Camilo. Ica. Perú.
7. **Baeyens, J.1970.** Nutrición de las plantas cultivadas. Versión, J. Mateo Box. Ed. Lemos. Madrid.
8. **Bangerth, F.1979.** Calcium-related physiological Disorders of Plants. Annu. Rev.Phytopathol.17, 97-112.
9. **Barber, S.A., Walker, J.M., Vasey, E.H. (1963)** Mechanisms for the movement of plant nutrients from the soil and fertilizar to the plant root. *Journal of Agricultural And Food Chemistry* ,11:204-207.
10. **Barcello, C.J.1980.** Fisiología vegetal. Ed. Pirámide S.A. Madrid-España 750 p.
11. **Benages S, S.1990.** El espárrago Ediciones. Mundi-Prensa. Madrid, España.224 p.
12. **Bennett, W.F.1993.** Nutrient Deficiencies and Toxicities in Crop Plants. Edit. The American Phytopathological Society- Minnesota pag.165-170.
13. **Bennett, F.W.1994.** Plant nutrient utilization and ignotic plant symptoms. In: Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants. F. William. Ed. American Phytopathological Society. St. Minnesota.
14. **Benson, L.1994.** Perspectives for the Peruvian Asparagus Industry. Asparagus seed and transplant Inc.
15. **Bermejo H. 1980.** Los fertilizantes, su fabricación e importancia agrícola en Venezuela. Ediciones Amón.

16. **Bergmann, W.1992.**Nutritional disorders of plants. Development, visual and analytical diagnosis, pp 132-151.
17. **Bradfield, E.G., and Gutteridge, C.G. 1984.**Effects of night. Of night-Time humidity and Nutrient solution concentration on the Calcium-content of tomato. *Fruit Sci. Hortic. (Amsterdam)* 22,2007-217.
18. **Cales de Antioquia limitada. 1979.** Traducción: Encalado agrícola, 100 preguntas y respuestas. National lime association. Primera edición. pp. 1-28.
19. **Cameron Fox. 1999.** Ciencia de los Alimentos, Nutrición y Salud. México, Limusa Noriega Editores. Pág. 100-105.
20. **Carrasco A, 2013.** Efecto de la Aplicación de Nitrógeno y de calcio en el Crecimiento y Rendimiento de alcachofa (*Cynara Scolymus L.*), bajo riego por goteo.Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
21. **Castañeda T, C.A.et.al.1998.**Elaboracion de un plan HACCP para el manejo Post cosecha del Espárrago Verde Fresco en la Empresa Litus Export, S. A.
22. **Castillo I, 1999.** Evaluación de la concentración de nutrimentos en las soluciones del suelo, raíces y hojas del cultivo de espárrago (*Asparagus officinalis L.*) cv. UC 157 F1, en función del tiempo .Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
23. **Castro H.; Gómez M. 2010.** Fertilidad de suelos y fertilizantes. Sociedad Colombiana de la Ciencia del suelo. Ciencia del suelo, principios básicos. pp. 77-137.
24. **Chapman, H., y Prat, F. 1979.**Métodos de Análisis para Suelos, Plantas y Agua. Ed. Trillas, México.
25. **Chen, L. and Dic, W.2011.** “Gypsum as an Agricultural Amendment: General Use Guidelines”. Ohio State University Extension.35 p.
26. **Chiu, T. F. y Bould, C. (1977).** Sand-culture studies on the calcium nutrition of young Apple trees with particular reference to bitter pit *.Journal of Horticultural Science, 52:19-28.*
27. **Cholewa E., Peterson C.A. 2004.** Evidence for symplastic involvement in the radial movement of calcium in onion roots. *Plant Physiol.*V.134.p.1793-1802.
28. **Clarkson D.T. 1985.**Factors effecting mineral Nutrient acquisition by Plants. *Ann Rev. Plant. Ann Rev. Plant. Physiol*, 36:77-115.
29. **Clarkson D.T. 1993** .Roots and the delivery of solutes to the xylem. *Pylosoph. Transact. Royal. Soc. Series B V.341. P.5-17.*

30. **Cooke, G.W., 1986** “Fertilización para rendimientos máximos”, editorial continental S.A, segunda edición, México.
31. **Cooke, G.W. ,1987.** Fertilización para rendimientos máximos. Impreso en México.
32. **Cresswell, G.C., Weir, R.G., 1997.** Plant Nutrient Disorders 5: Ornamental Plants and Shrubs. Inkata Press, Melbourne.
33. **Davelouis, J.R. 1990.** Aplicaciones de estiércol verde para minimizar la toxicidad del aluminio en la Amazonía peruana. Tesis doctoral. Universidad del estado de Carolina del Norte, NC, los EEUU.
34. **Delgado de la Flor F. 1988.** “Cultivo Hortícolas” Concytec Lima – Perú.
35. **Delgado de La Flor, F., R. Montauban Y F.Hurtado, 1993.** Cultivo del Espárrago .Editorial EdiAgraria. Primera Edición. Lima, Perú.127 p.
36. **Delgado de La Flor F., Ugás R., Siura S., Casas A. y Toledo J.2000.** Hortalizas, Datos Básicos. Programa de Hortalizas. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima.
37. **Del Pozo A. 1999.** Morfología y funcionamiento de la planta. pp. 9-28. Boletín INIA N° 6. INIA Quilamapu. Chillán, Chile.
38. **Devlin R., 1976.** “Fisiología Vegetal”, edición Omega S.A, Barcelona-España.
39. **Devlin R., 1982** “Fisiología Vegetal”, edición Omega, cuarta edición, Barcelona-España.
40. **Domínguez V, A.1993.**Fertirrigacion.Editorial Mundiprensa.España.216p.
41. **Domínguez V, A.1997.**Tratado de fertilización. Editorial Mundiprensa.3º edición. Madrid-España.
42. **Donald, K. 1996.**Fertilidad de suelos (Primera ed.).San José, Costa Rica: EUNED.
43. **Drost D.T. 1997.** Asparagus. pp. 621-649. In: H.C. We in (Ed). The physiology of vegetable Crops. CAB International. New York, U.S.A.
44. **Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (Enresa, 2006):** Febex Projeet final report: Final THG modelling report. Publicación técnica 05-3/2006. Madrid.
45. **Epstein, E. 1973.** Flow in the phloem and the immobility of calcium and boron: A new hypothesis in support of an old one. Experientia, 29:133-136.
46. **Epstein E., Bloom J. (Eds.).2005.** Mineral nutrition in Plants: principles and perspectives. Sinauer Associates,Inc. Sunderland ,Massachusetts.401 p.
47. **FAO.1985.** Water quality for agriculture. Ayers R.R., Westcot D.W. (Eds.), FAO Irrigation and Drainage Paper 29 (Rev. 1), Rome, 174 pp.
48. **Feher, E .1992.** Asparagus Akademiai Kiadó.Budapest.161 p.

49. **Ferguson I.B., Clarkson D.T.1976.** Simultaneous uptake and translocation of magnesium and calcium in barley *Hordeum vulgare roots*. *Planta* V.128.p-267-269.
50. **Ferguson, I.B, Droback, B. 1988.** “Calcio y la regulación en el crecimiento de las plantas y la senescencia”. *Hortscience*. 266 pág.
51. **Ferreyra E, Raúl Y Selles Van S, Gabriel.1995.** Respuesta nutricional del espárrago ante diferentes niveles de estrés hídrico. Facultad de Ciencias Agrarias Y Forestales, Universidad de Chile. Santiago de Chile, pp17.
52. **Flores, D.A.; Vázquez, M.E.; Mildemberg, J.C. y Beltrano, J. 2014.** Efecto de la fertilización cálcica sobre el rendimiento y tamaño de fruto en arándano alto del sur (*Vaccinium corymbosum* L.). *Horticultura Argentina* 33(81): 31-36.
53. **Fried, M.; Shapiro, R.E.1961.** Soil –Plant relationships in ion uptake. *Annual Review of Plant Physiology*, 12: 91-112.
54. **Fuentes J.L. 1997.**Manual Práctico sobre utilización de Suelos y Fertilizantes.
55. **Fuentes J.L. 2002** “Manual práctico sobre utilización de suelos y fertilizantes”, editorial Mundi – prensa, España.
56. **García B, S. 1998.**Abonos de fondo, sostenimiento y complementos foliares en esparragueras de Ica. Tesis Ing. Agr. UNALM. Lima-Perú.
57. **García B.; Pantojal C. 1998.** Fertilización del cultivo de la papa en el departamento de Nariño. Fertilización de cultivos en clima fríos. Monómeros Colombo Venezolanos, segunda edición, pp. 23-42.
58. **García, e.1999.** Efecto de la relación K/Ca en el rendimiento del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*) var. Royal Sweet bajo R.L.A.F: goteo. Tesis Ing. Agr. Lima. PE.UNALM.72p.
59. **Gersnter G.2002.**El desafío de la fortificación Énfasis Alimentación N° 4, V 8(4) p.62.68.
60. **Gil, F. 1995.**Elementos de Fisiología Vegetal. Relaciones hídricas. Nutrición mineral. Transporte. Metabolismo. *Mundi-Prensa. Madrid*.
61. **Guardiola, B.; García, L.1990.**Fisiología Vegetal I: Nutrición y transporte. 1ª Ed. Madrid-España. Ed.Sintesis.440p.
62. **Gutiérrez, C.M.A. 1995.** Nutrición vegetal y uso de fertilizantes. Instituto Tecnológico de Sonora, Cd. Obregón, Son. 115 p.
63. **Haag. H.P. y C.C. Belfort 1988.**Deficiencias de Macronutrientes e de Boro en Aspargo. En: Nutrición Mineral de Hortalicas. Fundacion Cargill. Sao Paulo. Pp 350-358.

- 64. Hanger, B. C. 1979.**The movement of calcium in plants. *Communications in Soil Science and plant analysis*, 171-179.
- 65. Hanson, J.B. 1984.** The function of calcium in plant nutrition. *Advances in Plant Nutrition (Tinker P.B. and Lauxhli A., eds.)pp. 149-208. Praeger, New York.*
- 66. Havlin, J; Beaton, J; Tisdale, S, Nelson, W.1999.**Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management.6 ed. Prentice Hall Inc. 499p.
- 67. Hopkins, W.G.1995.**Plant and inorganic Nutrient. En Introduction to Plant Physiology.P.p.60-80.Jhon Wiley and Sons.INC. Nueva York.
- 68. Hochmuth, G. 1991.**Florida Green house vegetable production Handbook University of florida vol.3 circular Sp.40-98 pág.
- 69. Hurtado M, 2009.** Efecto del estrés hídrico y de la aplicación de calcio en el crecimiento y Rendimiento de alcachofa (*Cynara Scolymus L.*)cv Imperial Star, bajo riego por goteo.Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- 70. Hurtado P, 2009.**Efecto de la aplicación de calcio y de boro en el rendimiento del cultivo de espárrago (*Asparagus officinalis L.*)cv. “Atlas”, bajo riego por goteo. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- 71. Ilyas, M., Qureshi, R, and Qadir, M.1997.** “Chemical changes in a saline-sodic soil after gypsum application andcropping”. *Soil Technology*, Vol.10, N° 3, (pp.247-260).
- 72. Instituto de la Potasa y el Fósforo, 1997** “Manual internacional de fertilidad de suelos”, editorial Reseach Education, primera edición, España.
- 73. IPEH - Instituto Peruano del Espárrago y Hortalizas. 2011.** Perú: Espárrago. La Hortaliza que cambio la Agricultura en el Perú.
- 74. Jackobsen, S.T., (1993b).**Interaction between plant nutrients. IV. Interaction between calcium and phosphate. *Acta Horticulturae Scandinavica*, 43: 6-10.
- 75. Kamprath, E.J., Foy, C.D. 1971.**Lime –fertilizer-plant interactions in acid soils. *Fertilizer Technology & Use, 2da Edition, Soil Science of Society American., Nadison, Wisc., USA, pp.:105-151.*
- 76. Kirkby, E.A.1979.**Maximizing calcium uptake by Plants. Común. Soil Sci. Plant Annual.10, 89-113.
- 77. Kirkby, E.A. y Pilbeam, D.J. 1984.**Calcium as a plant nutrient. *Plant, cell and envirom ent.*7:397-405.

- 78. Krarup, A.H. y Krarup, J.P.1987.**Parametros de Calidad y Composición Química de Turiones Verdes y Blancos de Espárrago. *Agro Sur* 15(2); 54-61.
- 79. Lam, D.2009.**Efecto de la aplicación de Calcio y de Boro en el rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *Italica plenck*) bajo riego por goteo. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. 85 p.
- 80. Lenz del rio, Armando. 1993.** Química Orgánica Elemental. México, DF. Editorial Patria.
- 81. León C, D.P.2007.**Efecto de la interacción Boro-Fosforo en la producción de materia seca de asparagus en un Aridisols de jayanca bajo condiciones de invernadero. Tesis Mg. Sc. UNALM. Lima, Perú.
- 82. Lindsay W. 2001.** Chemical equilibria in soil. Ed. John Wiley and sons.
- 83. Makoi, J. and verplancke, H.2010.** “Effect of gypsum placement on the physical chemical properties of a saline Sandy loam soil”. *Austrian journal of Crop Science*, Vol.4 N°.7 (pp.556-563).ISSN: 1835-2707.
- 84. Makus D.J.1995** .Response in Green and White Asparagus to Supplemental Nitrogen and harvest Date. *Hort Science* 30(1):55-58.
- 85. Malavé, A. 2005.**Los suelos como fuente de boro para las Plantas. *Revista UDO Agrícola (Serial on line)* 5(1): 10-26.
- 86. Malavolta, E.1967.** Manual de química orgánica. Aduba e aduba cao. Sao Paulo.Ceres.606 p.
- 87. Marschner, H. 1983.**General Introduction to the mineral nutrition. *Inorganic Plant Nutrition. (Lauchi A, Bieleski R.L., Eds),pp.5-60.Spriger-Verlag.Berlin (Alemania).*
- 88. Marschner, H. 1995.** Mineral nutrition of higher plants. Second Edition. *Academic Press, San Diego. USA.*
- 89. Marschner, H. 1997.**Mineral Nutrition of Higher Plants.2nd Ed. Academic Press Inc Londres, Gran Bretaña.674P.
- 90. Martinez, V.1993.**Dinamica de absorción: Factores de influencia sobre las concentraciones de absorción ionica de los elementos. En: CANOVAS, F y DIAZ, J. Cultivos sin suelo. Curso Superior de Especialización. Centro de Investigacion y Desarrollo Hortícola de C.I.D.H. La Mojonera. España.
- 91. Martinez, J., De Arpe, C., Villarino, A. 2012.** *Avances en Alimentación, Nutrición y Dietética.* Madrid, España: Nemira.

- 92. Mengel K.; E. Kirkby .1987.**Principles of Plant Nutrition Internacional Potash Institute.4ta Edition. Suiza. Berna 593 p.
- 93. Morín, C.1985.**Cultivo de Cítricos. Edic. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San Jose-2da Edic.-p: 314-323.
- 94. Murillo, Héctor. 1998.** Tratado Elemental De Química Orgánica. México DF. Editorial ECLALSA.
- 95. Navarro, S., Navarro, G. 2003.**Química Agrícola (Segunda Ed.).Madrid, España: Mundi Prensa Libros.
- 96. Núñez G, 2001.** Composición nutricional de turiones de espárrago verde (*Asparagus officinalis L.*) y su relación con la vida post-cosecha. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae .Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- 97. Osorio. W. 2012.** Manejo de Nutrientes en Suelos del Trópico. ISBN: 978-958-44-9746-8. In print.
- 98. Paiva, E.A., Prieto Martínez, H., Días Casali , V.W. y Padilla, L.1998.**Occurrence of blossom-end rot in tomato as a function of calcium dose in the nutrient solution and air relative humidity.*Journal of Plant Nutrition.21:2663-2670.*
- 99. Petrucci, R., Harwood, W., Herring, G. 2003.**Química General (Octava ed.).Madrid, España: Prenace Hall.
- 100. Poovaiah, B.W. y Reddy, A.S.1993.**Calcium and Signal Transduction in Plants.*Critical Reviews in Plant Sciences.12 (3): 185-211.*
- 101. Procaña, 2016.** “Sub productos y derivados de la caña de Azúcar” Asociación Colombiana de productores y proveedores de caña de Azúcar. Cali, Colombia.
- 102. Qadir, M., Qureshi, R. and Ahmad, N.1996.** “Reclamation of a saline-sodic soil by gypsum and *Leptochloa fusca*”. *Geoderma*, Vol.74, N°,3-4, (PP.207-217).
- 103. Quintín Olascoaga, José Dr. 1993.** DIETÉTICA Tomo II, Bromatología de los Alimentos Industrializados. México DF.
- 104. Rahman, M and Punja, Z. 2007.** Mineral nutrition and plant disease. Edited by Datnoff., Elmer W., and Huber. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota U.S.A.
- 105. Raij V. B. 2008.** Gesso na agricultura. Instituto agronómico de Campinas.
- 106. Revista Lasallista de Investigación, 2011.** Corporación Universitaria Lasallista Colombia. . Vol. 8, N°1, pp. 104-116.
- 107. Richards, L.A.1990.** Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, Edi.LIMUSA.171 P.

- 108. Robles, R.F.1996.**La Nutrición de las Plantas. Boletín informativo de la Asociación de Fomento Agroindustrial de Chincha, Perú.Vol.19.
- 109. Robles, F.1997a.** La nutrición de las plantas. Quinta parte: papel de los nutrientes intermedios. Boletín Informativo de la Asociación de Fomento Agroindustrial de Chincha (FONAGRO).N°28:4-5.
- 110. Robles, R.F.1999.**Boletín informativo de Fonagro.V.5(N° 50), P: 1, 3,7.
- 111. Rodríguez, S.A. 1992.** Fertilizantes, nutrición vegetal. AGT editor. Segunda reimpresión. México, D.F.
- 112. Rodríguez Chanfrau, JE, Graveran T, Rodríguez I, Díaz I, Roberto Y, Mateus L, et al.2002.**Proceso de obtención de citrato de calcio y magnesio a partir de dolomita. Patente CO1F 1/00; A61K 33/06, A61K 9/00, C07C 51/41. Certificado 22794.
- 113. Román, S. (1996)** Nutrición del Cultivo de Espárrago en la Costa del Perú. En: Seminario Internacional del Espárrago. Instituto Peruano del Espárrago. Cap IX. Ica, Perú.
- 114. Ruiz Eguia, Pedro.2000.**Control Biológico en el cultivo del espárrago. Pags: 12, 14,15 y 16.
- 115. Sáenz M.1994.**Efecto de la Aplicación de Películas Permeables en la Preservación de espárrago (*Asparagus officinalis L.*) Verde para Exportación. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- 116. Sakhaee K, Bhuket T,Adams-Huet B, Rao DS.1999.** Meta-analysis of calcium bioavailability: a comparison of calcium citrate with calcium carbonate.Am ther; 6:313-21.
- 117. Salisbury, F.B; Ross, C.W 1992.**Fisiología vegetal. Grupo Edit. Iberoamericana. México D.F.-México.
- 118. San Agustín, M. J. L. 1989.** Fertilización del Espárrago. II Jornadas Técnicas del Espárrago. Agrícola Vergel-Pamplona. Pp 227-249.
- 119. Sánchez B, Dios G .1976.** Macronutrientes. En: Las tierras cultivadas del municipio de Pontevedra. Misión Biológica de Galicia (C.S.I.C.) pp: 184-190.
- 120. Sánchez, J. 1992.** Requerimientos de suelo, nutrición mineral, y Fertilización del cultivo de espárrago. En: Tecnologías modernas en el cultivo y procesamiento de espárragos. Ica.
- 121. Sánchez, J. 1998.** Fertirrigación del Cultivo del Espárrago. Instituto Peruano del Espárrago. 24 p.

- 122. Sánchez, J. 2000.**Extracción de Nutrientes y evolución de carbohidratos (por materia seca) en el cultivo de espárragos.1er Congreso Nacional Técnico del Espárrago. Instituto Peruano del Espárrago. Memorias, disquetes 3.5 Lima, 14 y 15 de agosto.
- 123. Sánchez Javier, 2005.**Nutrición y Fertilización De cultivos De Espárragos. Conferencia dictada en el Modulo de Espárrago y Alcachofa .UNALM, Lima-Perú.
- 124. Santamaría H, 2011.** Efecto de la Aplicación de calcio, Hierro, Manganeso y Zinc en el Rendimiento de alcachofa (*Cynara Scolymus L.*)cv Imperial Star, bajo riego por goteo.Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- 125. Seeman E.2010.** Evidence that calcium supplements reduce fracture risk is lacking. Clin J Am Soc Nephrol; 5 Suppl 1:S3-11.
- 126. Shainberg, I., Sumner, M.E., Miller, W.P., Farina, M.P., Pavan, M.A. and Fey, M.V. 1989.** Use of gypsum on soils: A review. Adv. Soil Sci. 9:29-31.
- 127. Silva, F. 1991** “Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y agua para riego”. Ed sociedad Colombiana de Ciencias del Suelo. Bogotá, Colombia.
- 128. Souther.1987.**El factor climático y su influencia sobre la productividad del espárrago .En: tecnología de producción de espárragos. Dpto. Agroindustrial Fundación Chile. Santiago de Chile.
- 129. Steinmetz, T. e Ingelheim. (1999).**”Alimentos Funcionales. Empleo de minerales de elevado valor”. Revista: Alimentación, Equipos y Tecnología. Vol. 5. N° 2.
- 130. Stoller, J.1994-1997.**Nutrición Básica, El lenguaje de las Plantas, el calcio Nutriente u Hormona y Guía de Deficiencias. Informes Técnicos. Stoller Enterprises inc. Houston-Texas-Bol 1-8.
- 131. Sumner, M. E. 1993.** Gypsum and acid soils: The world Scene. Adv. in Agron. 51:1-32.
- 132. Swietlik, D. y Faust, M. 1984.**Foliar nutrition of fruit crops. *Horticulturae Review*.6:287-355.
- 133. Taboada C, 2013** .Efecto de la Aplicación de Calcio y de Boro en el rendimiento de Alcachofa (*Cynara Scolymus L.*)c.v Imperial Star, bajo riego por Goteo. Tesis Ing. Agr. UNALM. Lima, Perú.

- 134. Tagliavini, M., Zavalloni, C., Rombola, A.D., Quartieri, M., Malaguti, D., Mazzanti, F. Millard, P., Marangani, B., Possingham, J.V. (ED); Neilsen G.H (2000).**Mineral nutrient partitioning to fruits of deciduous trees. *Acta Horticulturae*, 512:131-140.
- 135. Taiz L., and Zeiger, E. 2006.** Plant Physiology. Third Edition, Sinauer Associate, Inc. United State of America. 690 p.
- 136. Terblanche, J.H., Gurgun, K.H., Bester, J.J.A. y Piennaar, W.J. 1979.** Migration of Ca in Golden Delicious apples during storage , with special reference to bitter pit . *The Deciduous Fruit Grower*: 46-54.
- 137. Troeh, F. y Thompson, J. 1993.** Soil and soil fertility. 5 ed. New York, US. Oxford University Press. 462 p.
- 138. Thompson M, Louis Y Troeh R, Frederick, 2002.** *Los suelos y su fertilidad* (Cuarta ed.). Barcelona, España: Reverte.
- 139. Tisdale, S. Y W. Nelson, 1985.** Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. Unión Tipografía Edit. Hispano-Americana S.A. Bellavista-Mexico. 760p.
- 140. Tisdale Y W. L. Nelson 1988.** “Fertilidad de suelos y fertilizantes”, editorial Montaner y Simón S.A., primera edición, Barcelona – España.
- 141. Tisdale, S .1991.** Fertilidad de los suelos y fertilizantes UTEH. Ediciones Hispanoamericana S.A. 1° Edición-México.
- 142. Tisdale S.L.; W.L. Nelson; J.D. Beaton and J.L. Havlin .1993.** Soil Fertility and Fertilizers. Mc. Millan Publishing Company. Fifth Edition. N.Y. 663p.
- 143. Toscano, A. 2003.** Efecto de la relación N-Ca en el rendimiento del cultivo de maíz R.L.A.F: exudación. Tesis Ing Agr. Lima, PE. UNALM. 89p.
- 144. Troeh, F; Thompson, J. 1993.** Soils and soil fertility. 5 Ed. New York, USA. Oxford University Press. 462 p.
- 145. Universidad de California. 1977.** Asparagus production in California. División of Agriculture. Sciences.
- 146. Urbano, P. 1999.** Tratado de Fitotecnia general .Madrid, ES. Editorial Mundi Prensa. 895p.
- 147. Urbano T, P. 2002.** Ingeniería de la producción vegetal Edit. Mundi-Prensa.
- 148. Urbano. 2003.** *Tratado de Fitotecnia General*. Bilbao, España: Mundi Prensa Libros.
- 149. Vang-Petersen, O. 1980.** Calcium nutrition of Apple. trees: *A review. Scientia Horticulturae*, 12: 1-9.

- 150. Varela, M. y Figueroa, W. (2002).** "La mujer y su nutrición. Huesos saludables".
Discovery Health.2000 Discovery Communications inc.
- 151. Vega, J. 2000.** Efecto de la Relación Nitrógeno-Calcio en el Rendimiento del Cultivo de Tomate (*Lycopersicum esculentum Mill.*) cv, SM 10, Bajo R.A.L.F: Exudación. Tesis para optar el título de Ing. Agrónomo, UNALM. Lima- Perú.
- 152. Vejarano, Augusto. 1990.** "Nutrición mineral de las plantas", Universidad Nacional Agraria La Molina – Departamento de Biología, Lima – Perú.
- 153. Vidal M, E.Y. 2001.**Efecto de la relación calcio-microelementos en el rendimiento del Espárrago verde cv. UC157-F1 bajo RLAF-Goteo. Tesis Ing. Agr. UNALM. Lima-Perú.
- 154. White P.J. 2001.** The pathways of calcium movements to the xylem.J.Exp. Bot. V.52.p.891-899.
- 155. Yamada, T. 1975.**Calcium and its relationship to blossom-end rot in tomato. *Communication in Soil Science Plant Analysis*, 6:273-284.
- 156. Zurita, L. (2002).** "Utilización racional del calcio en la prevención y tratamiento de osteoporosis". Servicio de reumatología Hospital Miguel H. Alcívar y Facultad de Medicina. Universidad de Guayaquil.

VIII. ANEXOS

ANEXO 8.1

Altura de planta (m)

Niveles	BLOQUES				PROMEDIO	
	I	II	III	IV		
TESTIGO	1.44	1.28	1.49	1.68	1.47	
Ca CITRATO (Kg/ha)	90	1.68	1.65	1.52	1.59	1.61
	180	1.69	1.6	1.41	1.31	1.50
	270	1.72	1.55	1.53	1.54	1.59
Ca SULFATO (Kg/ha)	90	1.46	1.69	1.42	1.42	1.50
	180	1.62	1.64	1.59	1.45	1.58
	270	1.41	1.58	1.53	1.64	1.54

CV

: 8.135 %

n.s : F no significativo

Promedio general:

1.540357

* : F significativo = 0.05

Análisis de Variancia

F.V	G.L	S.C	C.M	F.CAL	Significación
BLO	3	0.0297	0.010	0.63	n.s
TRA	6	0.0636	0.011	0.68	n.s
ERROR	18	0.2826	0.016		
TOTAL	27	0.3759			

ANEXO 8.2

Numero de tallos/m²

Niveles	BLOQUES				PROMEDIO	
	I	II	III	IV		
TESTIGO	36.62	55.32	32.24	30.25	38.61	
Ca CITRATO (Kg/ha)	90	91.94	148.46	90.35	119.8	112.64
	180	122.99	84.38	66.47	59.3	83.29
	270	132.54	155.22	69.65	79.2	109.15
Ca SULFATO (Kg/ha)	90	81.59	115.82	53.73	78.41	82.39
	180	89.55	73.63	47.76	54.93	66.47
	270	33.43	57.71	57.71	60.1	52.24

CV

: 26.3 %

n.s : F no significativo

Promedio general:

77.83

* : F significativo = 0.05

Análisis de Variancia

F.V	G.L	S.C	C.M	F.CAL	Significación
BLO	3	6172.8589	2057.620	4.91	*
TRA	6	18262.7027	3043.784	7.27	***
ERROR	18	7541.0297	418.946		
TOTAL	27	31976.5913			

ANEXO 8.3

Peso del follaje (Kg/ha)

Niveles	BLOQUES				PROMEDIO	
	I	II	III	IV		
TESTIGO	1262.21	1228.93	2130.15	2089.47	1677.69	
CITRATO Ca (Kg/ha)	90	2522.74	2403.76	1841.42	3384.63	2538.14
	180	1612.43	1642.29	2140.10	1503.72	1724.64
	270	1711.99	1492.95	1911.11	3006.29	2030.59
SULFATO Ca (Kg/ha)	90	1079.59	2160.02	2065.25	2179.93	1871.20
	180	1552.69	1985.60	2015.47	2428.83	1995.65
	270	2015.47	2757.39	2602.89	2931.44	2576.80

CV : 9.79 %

n.s : F no significativo

Promedio general: 2059.24
0.05

* : F significativo =

Análisis de Variancia

F.V	G.L	S.C	C.M	F.CAL	Significación
BLO	3	298996	9966533333	513877	***
TRA	6	378198	63033	324999	*
ERROR	18	349106	193947778		
TOTAL	27	10263			

ANEXO 8.4

Numero de turiones/m²

Niveles	BLOQUES				PROMEDIO	
	I	II	III	IV		
TESTIGO	4.74	20.23	27.00	10.75	15.68	
CITRATO Ca (Kg/ha)	90	16.93	42.73	24.69	13.06	24.35
	180	11.51	29.47	24.93	7.170	18.27
	270	13.34	20.31	16.81	15.01	16.37
SULFATO Ca (Kg/ha)	90	9.40	25.85	17.96	14.50	16.93
	180	10.75	34.81	30.07	13.26	22.22
	270	9.28	34.73	30.47	15.97	22.61

CV : 25.243 %

n.s : F no significativo

Promedio general: 19.49

* : F significativo = 0.05

Análisis de Variancia

F.V	G.L	S.C	C.M	F.CAL	Significación
BLO	3	1748.684	582.895	24.08	***
TRA	6	292.725	48.788	2.02	n.s
ERROR	18	435.718	24.207		
TOTAL	27	2477.127			

ANEXO 8.5

Peso promedio de turiones (g)

Niveles	BLOQUES				PROMEDIO
	I	II	III	IV	
TESTIGO	7.97	6.12	7.78	11.85	8.43
Ca CITRATO (Kg/ha)	90	8.22	7.84	6.55	11.57
	180	7.92	7.07	6.22	7.28
	270	9.16	6.63	6.31	10.03
Ca SULFATO (Kg/ha)	90	7.70	7.93	6.56	8.17
	180	9.36	6.05	6.60	6.43
	270	6.48	8.15	6.33	9.25

CV : 16.467 % n.s : F no significativo

Promedio general: 7.77 * : F significativo = 0.05

Análisis de Variancia

F.V	G.L	S.C	C.M	F.CAL	Significación
BLO	3	27.927	9.309	5.69	**
TRA	6	8.158	1.360	0.83	n.s
ERROR	18	29.462	1.637		
TOTAL	27	65.547			

ANEXO 8.6

Rendimiento total (Kg/ha)

Niveles	BLOQUES				PROMEDIO
	I	II	III	IV	
TESTIGO	377.76	1238.91	2101.61	1274.53	1248.20
Ca CITRATO (Kg/ha)	90	1391.12	3348.98	1616.75	1511.27
	180	911.79	2084.09	1576.34	521.90
	270	1222.66	1346.69	1059.86	1505.81
Ca SULFATO (Kg/ha)	90	723.58	2049.56	1177.68	1184.69
	180	1006.89	2104.58	1984.09	852.09
	270	600.96	2828.59	1928.59	1477.62

CV : 29.655 % n.s : F no significativo

Promedio general: 1464.61 * : F significativo = 0.05

Análisis de Variancia

F.V	G.L	S.C	C.M	F.CAL	Significación
BLO	3	6260028.255	2086676.085	9.12	**
TRA	6	1845347.787	307557.965	1.34	n.s
ERROR	18	4116662.56	228703.476		
TOTAL	27	12222038.6			

ANEXO 8.7 Numero de turiones de la categoría small

Niveles	BLOQUES				PROMEDIO
	I	II	III	IV	
TESTIGO	7	13	21	9	12.5
90	10	35	11	9	16.25
180	6	22	19	5	13
270	8	25	22	14	17.25
CITRATO Ca (Kg/ha)					
90	8	15	6	15	11
180	9	16	5	15	11.25
270	5	30	19	11	16.25
SULFATO Ca (Kg/ha)					

CV : 22.021 % n.s : F no significativo

Promedio general: 13.93 * : F significativo = 0.05

Análisis de Variancia:

F.V	G.L	S.C	C.M	F.CAL	Significación
BLO	3	13.729	4.57633	7.28586	***
TRA	6	2.444	0.40733	0.64850	n.s
ERROR	18	11.306	0.62811		
TOTAL	27	27.479			

ANEXO 8.8 Numero de turiones de la categoría médium

Niveles	BLOQUES				PROMEDIO
	I	II	III	IV	
TESTIGO	2	11	13	8	8.5
90	9	20	8	12	12.25
180	9	9	12	5	8.75
270	11	7	6	11	8.75
CITRATO Ca (Kg/ha)					
90	5	13	3	15	9
180	11	6	8	7	8
270	6	17	9	10	10.5
SULFATO Ca (Kg/ha)					

CV : 23.69 % n.s : F no significativo

Promedio general: 9.39 * : F significativo = 0.05

Análisis de Variancia:

F.V	G.L	S.C	C.M	F.CAL	Significación
BLO	3	1.918	0.63933	1.2709	***
TRA	6	1.334	0.22233	0.4419	n.s
ERROR	18	9.055	0.50305		
TOTAL	27	12.307			

ANEXO 8.9 Numero de turiones de la categoría large

Niveles	BLOQUES				PROMEDIO
	I	II	III	IV	
TESTIGO	0	2	8	3	3.25
Ca CITRATO (Kg/ha)	90	1	9	2	4.25
	180	2	5	0	2
	270	4	1	0	2.25
Ca SULFATO (Kg/ha)	90	2	1	3	0
	180	2	2	1	1
	270	0	3	3	5

CV : 16.83 % n.s : F no significativo

Promedio general: 2.5 * : F significativo = 0.05

Análisis de Variancia:

F.V	G.L	S.C	C.M	F.CAL	Significación
BLO	3	0.304	0.10133	0.6088	n.s
TRA	6	0.708	0.118	0.7089	n.s
ERROR	18	2.996	0.16644		
TOTAL	27	4.008			

ANEXO 8.10 Peso promedio de turiones de la categoría small (g)

Niveles	BLOQUES				PROMEDIO
	I	II	III	IV	
TESTIGO	6.26	6.02	5.58	6.63	6.1205
Ca CITRATO (Kg/ha)	90	6.69	5.77	6.06	6.1361
	180	7.13	6.03	5.96	6.3108
	270	6.94	5.88	5.91	6.60
Ca SULFATO (Kg/ha)	90	6.60	6.23	5.60	6.67
	180	7.46	6.21	5.78	6.13
	270	5.06	5.79	6.15	6.56

CV : 3.653 % n.s : F no significativo

Promedio general: 6.21 * : F significativo = 0.05

Análisis de Variancia

F.V	G.L	S.C	C.M	F.CAL	Significación
BLO	3	0.089	0.02966	3.60810	*
TRA	6	0.037	0.00616	0.75	n.s
ERROR	18	0.148	0.00822		
TOTAL	27	0.274			

ANEXO 8.11 Peso promedio de turiones de la categoría médium (g)

Niveles	BLOQUES				PROMEDIO
	I	II	III	IV	
TESTIGO	10.00	9.36	11.13	11.25	10.4361
CITRATO Ca (Kg/ha)	90	10.27	10.71	9.92	10.1690
	180	10.43	10.66	10.15	10.0347
	270	10.93	10.01	9.50	10.2808
SULFATO Ca (Kg/ha)	90	7.74	10.45	9.33	10.98
	180	6.62	9.20	9.81	9.87
	270	10.28	11.14	10.61	9.68

CV : 5.23 % n.s : F no significativo

Promedio general: 9.98 * : F significativo = 0.05

Análisis de Variancia

F.V	G.L	S.C	C.M	F.CAL	Significación
BLO	3	0.074	0.024666	0.90612	n.s
TRA	6	0.214	0.035666	1.31020	n.s
ERROR	18	0.49	0.027222		
TOTAL	27	0.778			

ANEXO 8.12 Peso promedio de turiones de la categoría large (g)

Niveles	BLOQUES				PROMEDIO
	I	II	III	IV	
TESTIGO	0.00	13.05	11.03	15.83	9.9771
CITRATO Ca (Kg/ha)	90	16.80	16.40	17.06	16.19
	180	18.65	14.94	0.00	14.10
	270	14.38	12.70	0.00	15.98
SULFATO Ca (Kg/ha)	90	14.25	17.50	14.57	0.00
	180	15.85	15.00	13.30	10.30
	270	0.00	14.60	12.73	16.66

CV : 23.673 % n.s : F no significativo

Promedio general: 12.15 * : F significativo = 0.05

Análisis de Variancia:

F.V	G.L	S.C	C.M	F.CAL	Significación
BLO	3	2.534	0.844666	1.048045	n.s
TRA	6	3.68	0.613333	0.761011	n.s
ERROR	18	14.507	0.805944		
TOTAL	27	20.721			

ANEXO 8.13

Primer peso fresco de follaje (g/m²)

Niveles	BLOQUES				PROMEDIO
	I	II	III	IV	
TESTIGO	169.16	178.87	169.24	179.21	174.12
Ca CITRATO (Kg/ha)	90	169.04	174.09	174.38	169.08
	180	179.08	174.16	174.06	174.10
	270	179.14	164.24	174.25	169.52
Ca SULFATO (Kg/ha)	90	174.03	169.07	164.28	164.02
	180	174.43	179.40	174.01	174.57
	270	184.28	169.51	169.00	178.96

CV : 2.891 % n.s : F no significativo

Promedio general: 173.11 * : F significativo = 0.05

Análisis de Variancia

F.V	G.L	S.C	C.M	F.CAL	Significación
BLO	3	67.271	22.424	0.90	n.s
TRA	6	196.865	32.811	1.31	n.s
ERROR	18	450.939	25.052		
TOTAL	27	715.075			

ANEXO 8.14

Primer peso seco de follaje (g/m²)

Niveles	BLOQUES				PROMEDIO
	I	II	III	IV	
TESTIGO	59.34	56.19	56.03	63.96	58.88
Ca CITRATO (Kg/ha)	90	61.70	64.76	51.44	52.76
	180	64.17	59.57	64.23	50.30
	270	73.27	57.18	69.38	63.23
Ca SULFATO (Kg/ha)	90	62.13	51.76	62.76	61.75
	180	63.84	72.37	67.34	49.07
	270	55.84	60.49	59.47	48.80

CV : 10.461 % n.s : F no significativo

Promedio general: 60.11 * : F significativo = 0.05

Análisis de Variancia

F.V	G.L	S.C	C.M	F.CAL	Significación
BLO	3	205.122	68.374	1.73	n.s
TRA	6	259.911	43.319	1.10	n.s
ERROR	18	711.752	39.542		
TOTAL	27	1176.785			

ANEXO 8.15 Primer porcentaje de materia seca en el follaje (%)

Niveles	BLOQUES				PROMEDIO	
	I	II	III	IV		
TESTIGO	35.08	31.41	33.11	35.69	33.82	
CITRATO Ca (Kg/ha)	90	36.5	37.2	29.5	31.2	33.60
	180	35.83	34.2	36.9	28.89	33.96
	270	40.9	34.81	39.82	37.3	38.21
SULFATO Ca (Kg/ha)	90	35.7	30.61	38.2	37.65	35.54
	180	36.6	40.34	38.7	28.11	35.94
	270	30.3	35.69	35.19	27.27	32.11

CV : 10.267 % n.s : F no significativo

Promedio general: 34.74 * : F significativo =

0.05

Análisis de Variancia

F.V	G.L	S.C	C.M	F.CAL	Significación
BLO	3	60.028	20.009	1.57	n.s
TRA	6	95.035	15.839	1.24	n.s
ERROR	18	229.011	12.723		
TOTAL	27	384.074			

ANEXO 8.16 Primer porcentaje de calcio en el follaje (%)

Niveles	BLOQUES				PROMEDIO	
	I	II	III	IV		
TESTIGO	0.61	0.46	0.86	0.62	0.6365	
CITRATO Ca (Kg/ha)	90	0.65	0.66	0.75	0.66	0.6803
	180	0.46	0.53	0.92	1.15	0.7631
	270	0.59	0.39	0.88	0.94	0.6998
SULFATO Ca (Kg/ha)	90	0.68	0.61	0.76	0.85	0.7226
	180	0.51	0.53	0.77	1.34	0.7631
	270	0.71	0.55	0.93	0.71	0.7233

CV : 4.816 % n.s : F no significativo

Promedio general: 0.7127 * : F significativo = 0.05

Análisis de Variancia:

F.V	G.L	S.C	C.M	F.CAL	Significación
BLO	3	0.0999	0.03332	8.42	**
TRA	6	0.0067	0.00101	0.26	n.s
ERROR	18	0.0712	0.00394		
TOTAL	27	0.1772			

ANEXO 8.17 Segundo peso fresco de follaje (g/m²)

Niveles	BLOQUES				PROMEDIO	
	I	II	III	IV		
TESTIGO	205.37	162.16	204.86	202.92	193.83	
Ca CITRATO (Kg/ha)	90	199.57	219.13	201.95	201.65	205.58
	180	110.76	187.72	211.84	203.35	178.42
	270	230.81	194.81	196.26	204.72	206.65
Ca SULFATO (Kg/ha)	90	183.23	163.68	159.56	199.77	176.56
	180	218.41	210.76	214.14	188.59	207.97
	270	226.17	217.65	201.70	201.52	211.76

CV : 12.342 % n.s : F no significativo

Promedio general: 197.25 * : F significativo = 0.05

Análisis de Variancia

F.V	G.L	S.C	C.M	F.CAL	Significación
BLO	3	174.813	58.271	0.10	n.s
TRA	6	5110.735	851.789	1.44	n.s
ERROR	18	10669.234	592.735		
TOTAL	27	15954.782			

ANEXO 8.18 Segundo peso seco de follaje (g/m²)

Niveles	BLOQUES				PROMEDIO	
	I	II	III	IV		
TESTIGO	64.15	69.88	92.15	95.08	80.32	
Ca CITRATO (Kg/ha)	90	68.18	88.85	72.16	72.76	75.49
	180	44.50	82.28	97.80	85.79	77.59
	270	85.05	84.77	80.92	90.27	85.25
Ca SULFATO (Kg/ha)	90	81.11	69.56	60.01	71.61	70.57
	180	83.20	84.64	74.35	60.31	75.62
	270	89.88	90.73	75.80	68.78	81.30

CV : 17.464 % n.s : F no significativo

Promedio general: 78.02 * : F significativo = 0.05

Análisis de Variancia

F.V	G.L	S.C	C.M	F.CAL	Significación
BLO	3	222.851	74.284	0.40	n.s
TRA	6	544.462	90.744	0.49	n.s
ERROR	18	3341.806	185.656		
TOTAL	27	4109.119			

ANEXO 8.19 Segundo porcentaje de materia seca en el follaje (%)

Niveles	BLOQUES				PROMEDIO
	I	II	III	IV	
TESTIGO	31.24	43.09	44.98	46.86	41.54
Ca CITRATO (Kg/ha)	90	34.16	40.55	35.73	36.63
	180	40.18	43.83	46.17	43.09
	270	36.85	43.51	41.23	41.42
Ca SULFATO (Kg/ha)	90	44.27	42.5	37.61	40.06
	180	38.09	40.16	34.72	36.24
	270	39.74	41.69	37.58	38.29

CV : 9.703 % n.s : F no significativo
 Promedio general: 39.61 * : F significativo = 0.05

Análisis de Variancia

F.V	G.L	S.C	C.M	F.CAL	Significación
BLO	3	75.16	25.053	1.70	n.s
TRA	6	165.393	27.566	1.87	n.s
ERROR	18	265.901	14.772		
TOTAL	27	506.454			

ANEXO 8.20 Segundo porcentaje de calcio en el follaje (%)

Niveles	BLOQUES				PROMEDIO
	I	II	III	IV	
TESTIGO	0.74	0.64	0.71	0.55	0.6600
Ca CITRATO (Kg/ha)	90	0.85	0.92	0.42	0.7175
	180	0.82	0.74	0.47	0.7050
	270	1.02	0.74	0.79	0.65
Ca SULFATO (Kg/ha)	90	1.01	0.80	0.43	0.6525
	180	0.70	0.62	0.43	0.6525
	270	1.00	0.50	0.77	0.90

CV : 4.9717 % n.s : F no significativo
 Promedio general: 0.7114 * : F significativo = 0.05

Análisis de Variancia:

F.V	G.L	S.C	C.M	F.CAL	Significación
BLO	3	0.0480	0.0160	3.80	*
TRA	6	0.0146	0.0024	0.58	n.s
ERROR	18	0.0758	0.0042		
TOTAL	27	0.1385			

ANEXO 8.21

Peso fresco de turiones (g/m²)

Niveles	BLOQUES				PROMEDIO
	I	II	III	IV	
TESTIGO	8.58	9.42	9.75	9.84	9.40
Ca CITRATO (Kg/ha)	90	9.62	9.48	8.81	9.45
	180	9.49	10.29	9.51	11.83
	270	9.84	9.12	9.51	9.94
Ca SULFATO (Kg/ha)	90	10.10	9.43	9.83	9.92
	180	9.64	9.32	9.35	9.92
	270	9.55	9.32	9.52	9.93

CV : 5.48 % n.s : F no significativo

Promedio general: 9.67 * : F significativo = 0.05

Análisis de Variancia

F.V	G.L	S.C	C.M	F.CAL	Significación
BLO	3	1.262	0.421	1.50	n.s
TRA	6	2.174	0.362	1.29	n.s
ERROR	18	5.054	0.281		
TOTAL	27	8.49			

ANEXO 8.22

Peso seco de turiones (g/m²)

Niveles	BLOQUES				PROMEDIO
	I	II	III	IV	
TESTIGO	0.72	0.90	0.86	0.70	0.80
Ca CITRATO (Kg/ha)	90	0.66	0.69	0.90	0.70
	180	0.71	0.88	0.87	0.84
	270	0.69	0.74	0.86	0.77
Ca SULFATO (Kg/ha)	90	0.86	0.70	0.89	0.79
	180	0.75	0.80	0.89	0.66
	270	0.83	0.72	0.86	0.70

CV : 11.449 % n.s : F no significativo

Promedio general: 0.78 * : F significativo = 0.05

Análisis de Variancia

F.V	G.L	S.C	C.M	F.CAL	Significación
BLO	3	0.172	0.057	7.53	**
TRA	6	0.038	0.006	0.83	n.s
ERROR	18	0.137	0.008		
TOTAL	27	0.347			

ANEXO 8.23 Porcentaje de materia seca en turiones (%)

Niveles	BLOQUES				PROMEDIO
	I	II	III	IV	
TESTIGO	8.39	9.55	8.82	7.11	8.47
Ca CITRATO (Kg/ha)	90	6.86	7.28	9.11	7.32
	180	7.48	8.55	9.15	7.23
	270	7.01	8.11	9.04	7.98
Ca SULFATO (Kg/ha)	90	8.51	7.42	9.05	8.24
	180	7.78	8.58	9.52	8.13
	270	8.69	7.73	9.03	8.13

CV : 11.212 % n.s : F no significativo

Promedio general: 7.93 * : F significativo = 0.05

Análisis de Variancia

F.V	G.L	S.C	C.M	F.CAL	Significación
BLO	3	22.358	7.453	9.44	***
TRA	6	5.341	0.890	1.13	n.s
ERROR	18	14.216	0.790		
TOTAL	27	41.915			

ANEXO 8.24 Porcentaje de calcio en turiones (%)

Niveles	BLOQUES				PROMEDIO
	I	II	III	IV	
TESTIGO	0.16	0.15	0.14	0.15	0.1500
Ca CITRATO (Kg/ha)	90	0.15	0.13	0.18	0.1513
	180	0.17	0.16	0.13	0.1600
	270	0.15	0.17	0.19	0.14
Ca SULFATO (Kg/ha)	90	0.17	0.14	0.14	0.1475
	180	0.18	0.15	0.13	0.1688
	270	0.17	0.14	0.14	0.18

CV : 13.40110 % n.s : F no significativo

Promedio general: 0.1565 * : F significativo = 0.05

Análisis de Variancia:

F.V	G.L	S.C	C.M	F.CAL	Significación
BLO	3	0.0029	0.0009	2.27	n.s
TRA	6	0.0014	0.0002	0.56	n.s
ERROR	18	0.0079	0.0004		
TOTAL	27	0.0123			

ANEXO 8.25

Peso total de turiones cosechados (gr)

BLOQUES		PESO DE TURIONES TOTALES(gr)																																
		DIAS DE COSECHA																																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	PESOTOTAL	
B1	T0	58.85	61.70	8.10	68.40	62.10	9.80	56.50	71.50	33.70	41.10	6.20	85.40	44.10	22.80	38.70	48.30	30.60	0.00	53.60	40.10	6.80	62.40	0.00	25.30	17.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	948.55
	T1	138.20	65.30	72.50	76.10	111.70	44.40	98.20	118.30	118.20	96.30	197.00	200.10	106.30	85.90	168.80	80.30	279.40	78.60	98.80	65.30	117.70	75.50	75.90	237.20	202.00	75.50	124.40	70.00	102.30	46.00	46.90	3493.10	
	T2	86.10	65.40	18.90	75.30	46.20	45.30	33.40	130.10	100.50	102.20	67.10	127.90	132.00	104.40	67.60	91.70	63.50	84.40	85.20	62.00	118.50	44.10	88.90	64.00	81.90	53.50	36.20	79.80	52.40	56.80	29.20	2289.50	
	T3	149.40	82.20	99.20	102.60	80.50	80.80	87.20	120.00	86.70	75.50	107.20	137.50	250.30	102.80	160.60	122.40	133.40	119.90	97.60	74.70	78.60	80.40	99.30	37.10	99.70	38.60	86.70	86.90	30.30	118.00	46.00	3070.10	
	T4	68.00	120.00	19.50	86.70	68.20	20.20	97.80	54.40	102.20	63.30	43.50	86.50	57.00	55.90	73.70	102.30	48.40	65.90	81.90	36.30	22.20	53.20	16.80	63.50	77.80	43.50	59.20	17.90	31.80	18.30	59.00	1816.90	
	T5	168.60	69.70	12.90	62.10	35.10	29.40	126.60	60.30	122.90	81.80	110.10	106.40	60.10	73.70	102.40	133.20	129.10	94.40	79.10	90.90	84.80	113.10	66.50	50.50	100.80	26.20	69.20	135.30	55.70	37.40	45.00	2528.30	
	T6	83.30	93.50	16.70	83.30	24.50	23.30	49.00	22.60	25.50	58.20	59.50	46.40	50.90	53.40	28.60	79.30	54.30	19.50	93.90	32.70	47.70	43.50	63.90	36.10	93.50	44.70	24.60	41.40	38.30	55.20	21.70	1508.00	
B2	T0	7.70	17.40	20.90	55.80	49.90	89.10	164.10	129.70	137.60	144.20	136.40	182.90	114.40	118.10	92.30	113.30	146.90	114.20	168.30	80.20	114.50	126.40	151.90	103.20	138.80	51.10	57.10	113.60	58.00	81.00	36.90	3110.90	
	T1	30.10	85.30	49.20	174.40	291.40	220.10	333.90	470.10	399.90	452.50	368.80	590.90	323.30	227.30	193.90	427.50	361.20	359.70	342.50	252.20	204.80	249.50	318.40	227.80	408.80	123.70	285.10	155.70	271.70	106.50	103.10	8409.30	
	T2	3.45	0.00	58.90	105.60	213.00	76.80	228.60	298.50	258.40	233.50	203.50	333.50	170.90	133.20	166.40	215.80	200.20	134.30	189.00	282.90	150.30	187.10	234.50	140.00	208.90	118.00	169.10	121.30	153.70	124.50	99.30	5333.15	
	T3	98.75	88.30	54.30	115.60	119.50	88.30	100.50	140.30	162.50	123.20	140.70	154.20	71.80	91.40	95.60	153.00	162.10	137.90	161.20	85.60	56.40	93.00	93.60	93.10	142.80	102.90	100.50	93.60	142.70	69.80	48.40	3381.55	
	T4	45.35	109.00	12.70	44.50	155.70	54.60	183.90	313.20	282.20	194.60	295.40	320.80	244.70	93.80	160.70	362.10	196.40	167.00	141.10	135.90	83.70	271.40	155.40	174.50	167.50	102.40	214.20	136.60	127.10	73.60	136.40	5146.45	
	T5	0.90	31.00	33.70	115.90	329.70	193.40	231.30	171.70	225.20	220.40	177.10	377.00	249.50	156.40	281.70	221.60	159.20	68.10	248.00	202.50	81.70	205.20	215.40	168.90	248.40	71.30	177.70	166.80	104.30	72.30	83.30	5284.60	
	T6	5.40	22.70	55.20	178.80	262.70	149.70	276.90	347.70	444.00	245.70	365.10	511.30	364.50	162.50	261.10	359.10	182.00	187.80	178.60	374.70	214.10	220.20	237.20	204.30	316.00	145.30	226.20	164.00	190.60	169.50	79.70	7102.60	
B3	T0	3.25	48.60	37.60	45.90	183.60	206.80	221.80	145.50	209.40	245.20	214.00	329.60	342.80	174.30	242.20	170.10	207.00	194.20	231.60	218.60	205.90	133.70	208.90	119.20	265.50	142.60	150.30	136.80	100.70	115.50	28.00	5277.15	
	T1	6.15	0.00	0.00	29.80	76.00	116.80	150.20	204.50	178.10	222.60	209.10	269.60	136.70	123.70	96.10	252.90	150.90	131.60	130.40	116.70	133.70	201.50	162.70	183.30	202.30	124.70	136.40	106.10	89.00	41.00	77.10	4059.65	
	T2	100.40	52.80	51.00	172.80	48.20	80.20	142.90	176.90	147.70	166.20	168.80	199.40	145.10	97.80	216.60	188.20	126.90	96.30	176.40	138.10	105.60	109.60	112.20	125.30	188.80	108.90	113.00	137.30	111.40	48.80	104.60	3958.20	
	T3	186.60	116.90	18.20	84.20	86.50	73.70	109.70	123.60	146.70	90.00	89.90	91.60	68.90	50.00	116.80	159.20	104.60	69.50	88.30	74.60	52.20	70.50	101.00	50.60	81.40	17.40	92.50	77.40	45.40	80.80	42.60	2661.30	
	T4	1.55	64.90	8.30	12.90	104.70	85.40	84.80	77.60	131.20	122.40	92.40	129.20	187.40	66.20	122.50	215.90	89.00	103.00	124.50	95.80	69.10	110.10	124.80	112.10	70.80	80.10	122.80	107.50	78.70	71.20	90.30	2957.15	
	T5	1.25	45.00	23.30	48.40	52.50	99.20	163.50	230.30	262.20	255.50	233.90	367.60	253.90	149.10	200.40	206.30	325.10	105.50	221.60	200.30	105.30	113.80	211.10	154.10	264.60	141.80	134.40	123.60	140.00	90.10	83.40	4982.05	
	T6	173.10	61.10	43.90	101.80	137.10	80.60	134.80	111.90	225.60	216.30	162.20	371.70	116.20	135.80	161.40	163.10	209.70	197.20	154.40	253.10	112.00	89.90	219.60	150.50	210.30	102.50	167.30	193.30	195.30	122.90	68.10	4942.70	
B4	T0	262.15	133.80	45.40	109.90	146.20	40.30	62.50	126.90	116.30	165.70	122.30	231.20	65.00	32.70	91.60	103.20	157.10	92.70	63.30	127.60	76.60	58.80	92.10	83.70	131.90	74.40	40.60	88.10	139.20	56.90	62.20	3200.35	
	T1	228.60	123.10	96.10	92.50	63.20	28.30	100.20	218.30	149.50	270.20	129.70	205.60	82.40	56.40	124.70	79.60	196.20	94.60	223.40	131.60	97.00	54.30	120.60	107.50	240.90	56.90	108.20	58.90	125.00	68.60	62.70	3794.80	
	T2	146.60	30.90	76.10	10.80	30.30	33.60	58.00	53.60	68.60	18.50	55.60	39.90	68.10	34.10	20.50	11.30	63.00	29.50	29.20	26.80	55.80	36.90	35.70	37.60	41.70	29.60	38.80	34.10	43.10	34.40	17.80	1310.50	
	T3	113.40	38.60	95.00	70.40	100.40	47.30	159.70	90.80	205.90	174.50	133.20	294.90	160.20	88.90	149.20	154.90	77.70	136.80	167.90	193.70	71.80	110.90	140.20	118.50	93.00	68.70	86.90	143.30	116.50	124.40	113.50	3781.10	
	T4	55.95	71.10	9.40	64.60	94.20	88.80	108.90	119.10	65.20	131.80	201.10	208.20	100.30	63.00	70.50	116.80	112.70	90.50	102.30	96.60	73.40	101.00	53.30	79.90	159.80	42.50	106.90	114.90	131.10	44.10	107.80	2974.75	
	T5	125.30	146.00	56.30	53.70	62.80	88.00	92.30	24.10	66.20	118.50	87.60	76.90	68.20	50.80	41.20	62.50	46.70	59.40	50.50	106.40	54.80	68.60	52.70	37.40	118.50	42.50	106.60	74.00	55.20	20.20	25.70	2139.60	
	T6	352.50	123.50	103.00	73.80	173.90	71.80	64.60	171.10	132.30	185.90	102.20	141.40	120.10	69.40	115.20	113.00	145.80	100.00	84.20	93.70	111.60	119.30	136.30	69.00	173.20	64.10	89.20	72.90	129.20	128.00	80.10	3700.30	
		2715.90	1967.80	1196.30	2311.60	3209.80	2261.00	3721.80	4322.60	4604.40	4595.80	4279.60	6157.60	4155.10	2673.80	3661.00	4501.90	4159.10	3132.50	3866.80	3689.60	2705.60	3205.90	3583.90	3054.20	4535.10	2093.40	3124.10	2851.10	2888.70	2075.80	1792.80	102973.60	

BLOQUES	NUMERO DE TURIONES TOTALES																															TOTAL		
	DIAS DE COSECHA																																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
B1	T0	0	0	9	2	6	9	1	6	10	6	7	2	11	3	3	5	5	5	0	9	5	1	7	0	4	3	0	0	0	0	0	0	119
	T1	3	7	8	7	14	9	13	19	12	11	26	20	19	18	16	17	30	10	22	14	12	11	9	26	20	7	13	9	13	6	4	425	
	T2	0	7	2	6	8	6	2	17	15	16	7	17	16	7	14	7	9	13	11	10	11	12	10	12	6	7	8	8	5	4	289		
	T3	0	9	9	8	8	12	10	15	8	10	15	12	30	14	18	17	15	11	15	12	7	8	11	7	12	5	8	5	12	4	335		
	T4	0	13	2	9	9	4	10	8	14	12	6	10	11	7	10	11	9	9	12	5	3	8	5	6	10	6	10	3	6	3	5	236	
	T5	1	5	2	6	3	4	12	8	12	9	12	9	9	9	10	18	11	9	10	14	8	13	10	8	14	4	11	14	7	4	4	270	
	T6	0	13	5	9	3	2	6	5	5	8	10	6	9	8	5	10	10	4	17	7	10	8	11	5	16	11	5	6	10	7	2	233	
B2	T0	0	2	3	5	6	13	18	13	22	23	19	26	20	18	16	27	25	19	28	16	18	17	26	22	28	14	12	20	11	16	5	508	
	T1	0	7	7	12	25	24	36	50	53	47	42	75	44	32	28	63	40	51	47	39	24	31	44	36	62	24	35	19	39	19	18	1073	
	T2	0	0	4	11	23	13	21	37	35	36	27	47	24	22	28	25	34	25	29	36	16	35	33	22	33	21	26	22	22	18	15	740	
	T3	0	11	7	12	19	15	17	20	22	20	19	26	13	15	19	33	25	22	22	14	10	15	18	17	15	19	15	12	22	9	7	510	
	T4	0	9	2	5	13	7	21	30	31	21	38	42	30	13	22	43	24	25	23	26	10	37	26	25	21	15	25	20	18	13	14	649	
	T5	0	5	5	14	31	28	29	29	33	32	27	47	44	20	40	44	37	16	42	35	18	40	44	35	51	13	32	34	22	13	14	874	
	T6	0	3	4	13	18	15	23	38	47	26	38	52	50	28	32	46	35	22	27	45	25	38	43	27	41	22	28	23	28	24	11	872	
B3	T0	0	5	4	8	16	19	20	18	23	25	23	33	44	25	28	29	24	27	32	27	30	20	35	23	33	23	27	18	16	18	5	678	
	T1	0	0	0	4	8	12	15	19	26	26	30	35	25	21	16	39	27	24	26	19	29	27	28	25	38	22	21	16	20	10	12	620	
	T2	3	9	9	19	6	11	14	26	21	28	25	26	26	18	28	44	21	17	31	25	21	19	22	17	34	18	22	18	10	16	626		
	T3	1	16	3	10	10	11	20	20	21	17	16	14	16	11	17	24	15	14	15	19	10	14	16	11	13	5	16	14	12	13	8	422	
	T4	0	6	1	1	8	9	9	11	17	16	19	17	28	11	14	34	16	23	17	18	13	18	21	15	12	13	24	20	16	12	12	451	
	T5	0	5	2	5	5	10	21	27	37	37	33	49	35	19	29	35	46	19	38	40	16	24	33	26	43	21	24	23	24	15	14	755	
	T6	0	10	7	9	17	11	19	17	38	33	27	55	23	25	25	34	36	30	32	40	22	20	38	24	34	22	26	31	23	11	765		
B4	T0	2	9	5	7	11	3	9	10	8	11	9	11	7	3	10	12	13	9	8	11	16	7	14	10	15	4	7	7	10	7	5	270	
	T1	3	9	6	6	6	4	10	19	13	22	11	17	12	7	12	8	14	13	14	12	10	8	13	10	18	5	13	6	12	9	6	328	
	T2	0	4	9	2	4	6	7	8	9	6	6	10	11	5	4	3	12	4	4	2	7	6	8	6	9	4	7	5	7	4	1	180	
	T3	2	3	8	6	9	6	16	8	19	15	15	21	15	9	15	16	10	13	16	19	8	11	17	19	10	8	11	16	12	13	11	377	
	T4	0	5	2	7	10	11	16	12	9	19	18	20	13	6	10	19	14	12	14	11	6	17	9	13	23	5	18	15	13	7	10	364	
	T5	0	18	9	6	9	12	12	6	10	21	10	18	13	9	7	12	8	13	11	18	9	10	8	10	17	7	15	11	12	5	7	333	
	T6	1	11	10	7	14	10	8	14	11	15	14	15	16	7	16	23	20	12	16	14	14	14	14	11	25	13	12	10	14	12	8	401	
		16	210	137	220	322	288	420	514	577	569	544	741	606	399	487	705	583	462	590	554	383	494	568	470	662	337	470	407	428	307	233	13703	

ANEXO 8.27

Calidad de la producción- Peso total de turiones (g)

CATEGORIA	PESO DE TURIONES																								
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5										
SMALL																									
	B1					B2					B3					B4									
T0	10.9	26.1	0	6.8	0	0	25.4	24.7	23.9	4.2	8.5	23.1	33.4	30.7	21.4	0	23.7	13.8	22.2	0	0	23.7	13.8	22.2	0
T1	17.5	21.5	20.4	7.5	0	10.4	74.1	71.9	23.4	22.1	0	30.8	20.2	6	9.7	6	11.3	20.2	11.2	5.5	6	11.3	20.2	11.2	5.5
T2	5.9	0	25.2	7.1	4.6	0	41.1	29.4	40.7	21.5	16.6	20.5	25.8	18.5	31.8	4.4	5.9	6.4	13.9	0	4.4	5.9	6.4	13.9	0
T3	0	29.6	16.3	9.6	0	11.2	44.3	47.9	8.2	35.4	31.1	29.6	29.4	20.4	19.5	7.5	44	13.8	7.4	19.7	7.5	44	13.8	7.4	19.7
T4	10.4	19.9	14.2	8.3	0	5.8	29.2	33.5	5.4	19.5	0	14.5	11.5	3.6	4	9.2	31.9	22.1	4.7	32.1	9.2	31.9	22.1	4.7	32.1
T5	11.6	15	23.5	9	8	10.4	23.8	19.1	23.3	22.8	0	7.7	5.1	16.1	0	38.7	11.7	16.4	15.8	9.4	38.7	11.7	16.4	15.8	9.4
T6	17.2	3.4	0	4.7	0	3.8	47.3	32.5	54.7	35.3	8.1	9.5	50.6	12.4	36.2	9.1	13.7	21.7	27.7	0	9.1	13.7	21.7	27.7	0
	73.5	115.5	99.6	53	12.6	41.6	285.2	259	179.6	160.8	64.3	135.7	176	107.7	122.6	74.9	142.2	114.4	102.9	66.7	74.9	142.2	114.4	102.9	66.7
MEDIUM																									
	B1					B2					B3					B4									
T0	8.1	11.9	0	0	0	0	32.2	33.2	28.5	9.1	21.3	77.3	26.1	20	0	19.2	10.3	37.2	0	23.3	19.2	10.3	37.2	0	23.3
T1	14.6	30.9	9.5	27.2	10.2	21.5	81.9	51.2	48.3	11.2	0	48.7	22.3	0	7.3	13.5	49.8	21.4	34.3	0	13.5	49.8	21.4	34.3	0
T2	24.5	7.6	0	53.2	8.6	0	32.2	10.3	32.6	20.8	0	57.8	30.8	23.4	9.8	6.6	16.4	9.7	0	11.8	6.6	16.4	9.7	0	11.8
T3	9.6	21.3	64.2	25.1	0	11.3	10.7	29.7	10.8	7.6	30.6	0	8.5	9.1	8.8	11.2	65.2	19.3	0	21.8	11.2	65.2	19.3	0	21.8
T4	6.8	23.6	8.3	0	0	20.9	44.5	45.9	14.8	9.8	0	10.1	17.9	0	0	45.8	18.4	41.7	30.2	28.6	45.8	18.4	41.7	30.2	28.6
T5	0	20.1	24.2	0	28.5	0	40	8.9	6.3	0	0	51.1	19.4	0	8	28.9	21.6	0	8.9	9.7	28.9	21.6	0	8.9	9.7
T6	23.2	18.3	0	8.5	11.7	0	72.5	49.1	58.7	9	0	17.2	42.7	12.8	22.8	13.5	12.1	30.3	13.5	27.4	13.5	12.1	30.3	13.5	27.4
	86.8	133.7	106	114	59	53.7	314	228.3	200	67.5	51.9	262.2	167.7	65.3	56.7	138.7	193.8	159.6	86.9	122.6	138.7	193.8	159.6	86.9	122.6
LARGE																									
	B1					B2					B3					B4									
T0	0	0	0	0	0	0	26.1	0	0	0	0	16.4	13.4	51.6	6.8	17.8	0	16.8	0	12.9	17.8	0	16.8	0	12.9
T1	0	0	16.8	0	0	15.6	48.5	39.4	12.5	31.6	0	29	0	0	0	52.5	0	17.2	0	15.6	52.5	0	17.2	0	15.6
T2	0	19.4	17.9	0	0	0	58.9	0	15.8	0	0	0	0	0	0	0	14.1	0	0	0	0	14.1	0	0	0
T3	28.4	0	0	15.3	13.8	12.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	47.9	0	0	16	0	47.9	0	0
T4	0	14.6	13.9	0	0	17.5	0	0	0	0	0	29	0	0	14.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T5	0	15.9	15.8	0	0	0	17.2	0	0	12.8	0	0	0	13.3	0	10.3	0	0	0	0	10.3	0	0	0	0
T6	0	0	0	0	0	0	14.3	15	0	14.5	13	13.5	0	0	11.7	23.8	15.2	19.9	24.4	0	23.8	15.2	19.9	24.4	0
	28.4	49.9	64.4	15.3	13.8	45.8	165	54.4	28.3	58.9	13	87.9	13.4	64.9	33.2	120.4	29.3	101.8	24.4	28.5	120.4	29.3	101.8	24.4	28.5

CATEGORIA	NUMERO DE TURIONES																													
	SMALL					MEDIUM					LARGE					SMALL					MEDIUM					LARGE				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	B1					B2					B3					B4														
T0	2	4	0	1	0	0	4	4	4	1	1	7	5	5	3	0	3	2	4	0	1	1	1	1	1	12	22	16	17	11
T1	3	3	3	1	0	2	13	14	3	3	0	5	3	1	2	1	2	3	2	1	1	1	1	1	1	6	2	2	3	2
T2	1	0	3	1	1	0	7	5	6	4	3	3	5	3	5	1	1	1	2	0	1	1	1	1	1	2	2	3	4	0
T3	0	4	2	2	0	2	8	9	2	4	5	5	6	3	3	1	7	2	1	3	1	1	1	1	1	12	22	16	17	11
T4	2	3	2	1	0	1	4	6	1	3	0	2	2	1	1	1	5	3	1	5	1	1	1	1	1	6	2	2	3	2
T5	2	2	3	1	1	2	3	3	4	4	0	1	1	3	0	6	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	4	0
T6	3	1	0	1	0	1	8	5	9	7	2	2	7	2	6	2	2	3	4	0	12	22	16	17	11					
	13	17	13	8	2	8	47	46	29	26	11	25	29	18	20	12	22	16	17	11										
	B1					B2					B3					B4														
T0	1	1	0	0	0	0	4	3	3	1	2	7	2	2	0	2	1	3	0	2	2	1	1	1	1	2	1	3	0	2
T1	1	4	1	2	1	2	8	5	4	1	0	5	2	0	1	2	5	2	3	0	2	2	2	1	0	2	5	2	3	0
T2	2	1	0	5	1	0	3	1	3	2	0	5	3	3	1	1	2	1	0	1	1	1	1	1	1	1	2	1	0	1
T3	1	2	6	2	0	1	1	3	1	1	3	0	1	1	1	1	6	2	0	2	1	1	1	1	1	1	6	2	0	2
T4	1	3	1	0	0	2	4	5	1	1	0	1	2	0	0	4	2	3	3	3	4	2	3	3	3	4	2	3	3	3
T5	0	2	2	4	3	0	4	1	1	0	0	5	2	0	1	3	2	0	1	1	3	2	0	1	1	3	2	0	1	1
T6	2	2	0	1	1	0	7	4	5	1	0	2	4	1	2	2	1	3	1	3	2	1	3	1	3	2	1	3	1	3
	8	15	10	14	6	5	31	22	18	7	5	25	16	7	6	15	19	14	8	12	15	19	14	8	12	15	19	14	8	12
	B1					B2					B3					B4														
T0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	1	3	3	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
T1	0	0	1	0	0	1	3	2	1	2	0	2	0	0	0	3	0	1	0	1	0	3	0	1	0	3	0	1	0	1
T2	0	1	1	0	0	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
T3	2	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	1	0	3	0	1	0	3	0	0
T4	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T5	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
T6	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	2	0
	2	3	4	1	1	3	11	3	2	4	1	6	1	4	5	7	2	6	2	2	7	2	6	2	2	7	2	6	2	2

ANEXO 8.29 Informe de análisis especial de muestras de extractos foliares de espárrago

Muestras foliares			Muestra de turiones	
claves	Primera muestra	Segunda muestra	claves	Muestra de turiones
	Ca Lect.ppm	Ca Lect.ppm		Ca Lect.ppm
B1T0	245.20	294	1	65
B1T1	259.90	341	2	60
B1T2	183.00	328	3	66
B1T3	234.50	407	4	60
B1T4	271.00	405	5	67
B1T5	205.40	279	6	71
B1T6	282.60	400	7	67
B2T0	183.50	254	8	61
B2T1	265.30	367	9	60
B2T2	210.20	294	10	65
B2T3	156.80	295	11	69
B2T4	243.20	318	12	57
B2T5	171.10	246	13	60
B2T6	219.00	200	14	55
B3T0	342.60	285	15	54
B3T1	298.90	168	16	52
B3T2	367.70	189	17	53
B3T3	353.40	314	18	77
B3T4	303.50	171	19	56
B3T5	309.60	173	20	51
B3T6	372.80	309	21	54
B4T0	247.10	220	22	60
B4T1	264.30	272	23	70
B4T2	460.10	314	24	72
B4T3	374.90	261	25	56
B4T4	338.50	146	26	56
B4T5	534.90	342	27	88
B4T6	282.80	359	28	71

Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes, UNALM 2015

ANEXO 8.30**Sulfato de Calcio y sus derivados**

Nombre Común	Formula molecular	Cal (CaO) %	Sulfato trióxido (SO ₃) %	Agua combinada %
Anhidrita	CaSO ₄	41,2	58,8	0
Yeso	CaSO ₄ ·2H ₂ O	32,6	46,5	20,9
Hemihidrato	CaSO ₄ ·1/2H ₂ O	38,6	55,2	6,2

Fuente: Shainberg *et al.*, 1989.

ANEXO 8.31 Contenido mineral de algunos suplementos de calcio y magnesio

suplemento	Sal cálcica %	Sal de magnesio %
Citrato	21	15.5-16.3
Lactato	13 18.4	10
Gluconato	9 8.2	5.5
Carbonato	40	28
fosfato	17-38 38.7	60

Fuente: Steinmetz (1999)

ANEXO 8.32 Importantes características de las fuentes de calcio comúnmente utilizadas en la industria

Sal	Solubilidad a 25° C (g/l)	sabor	Contenido de calcio (%)
Carbonato de calcio	insoluble	alimonado	40%
Fosfato de calcio	insoluble	Arenoso ,suavemente dulce	17-38%
Citrato tricálcico	0.2	neutral	21%
Lactato de calcio	9.3	Suavemente dulce	13%
Lactato-gluconato de calcio	45-50	neutral	10-13%
Gluconato de calcio	3.5	Suave, neutral	9%

Fuente: Gersnter (2002)

ANEXO 8.33 Características fisicoquímicas y sensoriales de diferentes fuentes de calcio

Fuente de calcio	% de Calcio	pH (25°C)	Sólidos solubles	Solubilidad*	Sabor	Apariencia visual**				
						Inicial	Intermedia	Final	0 minutos	15 minutos
Citrato de calcio	21	5,4	0,7	Alta	Mineral	Color blanco intenso	Precipitación a los 45 segundos	Precipitación de la muestra		
Fumarato de calcio	19	3,94	1,9	Baja	Acido y con sabor residual alto	Color blanco tenue	Precipitación rápida	Precipitación se da en los primeros 5 minutos		
Cloruro de calcio	40	9,94	0,7	Muy alta	Salado y con sabor residual alto	Color transparente	Disolución total	Precipitación ligera		
Calcio lácteo	25	6,82	2	Alta	Mineral	Color blanco intenso, no presenta precipitación.	Se observa precipitación a los 5 minutos	No se precipita completamente		

*Parámetros de solubilidad:
 BAJA= Tiempo de precipitación < de 5 minutos.
 MEDIA= Tiempo de precipitación entre 5 y 20 minutos.
 ALTA= Tiempo de precipitación >de 20 minutos.
 MUY ALTA= Disolución total

**Soluciones que contienen 1000 mg de calcio/100 ml de agua

- Para determinar la solubilidad de este citrato de calcio, se realizó una prueba en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria la Molina. Para ello se empezó con 1gr de citrato de calcio en un litro de agua desionizada, luego se removió la solución mediante el agitador magnético, transcurrido cierto tiempo se observó precipitado en la base del pírex.
- Para una mejor certeza de cuantos gramos del citrato de calcio en un litro de agua desionizada comienza a precipitar y a partir del cual saber su solubilidad, cada cierto tiempo se le agregara 0.1 gr del citrato de calcio y mediante un agitador magnético se removía la solución hasta observar precipitación.
- En este primer análisis, en cuanto a la solubilidad de la solución del citrato de calcio el resultado fue de **0.6 gr/l**, el cual es muy baja en comparación con el sulfato de calcio (**2.2gr/litro**) .Luego se determinó el % de calcio contenido en la solución, y se obtuvo. **76.7 ppm** de calcio.
- En un segundo análisis, La solubilidad alcanzada de este citrato de calcio a 25°C fue de (0.7 g/litro), su solución contiene **136 ppm**. Realizando los cálculos, este citrato de calcio contiene 27.18% Cao. En revisiones bibliográficas aproximadamente este citrato de calcio contiene 29% CaO.
- mediante un peachimetro Se determinó también el pH que tiene la solución de citrato de calcio, a una temperatura de 25°C, tiene 6.59 de pH.

ANEXO 8.35**Cronología del ensayo experimental**

Finalización de la campaña anterior	01/07/2014
Aplicación de insecticida (Imidacloprid)	14/07/2014
Pasada de rastra o cultivadora	25/07/2014
Instalación de carteles	01/08/2014
Fertilización y rayado de campo	07/08/2014
Fertilización de citrato y sulfato de calcio	07/08/2014
Primer riego	11/08/2014
Segundo riego	12/09/2014
Aplicación de insecticida (Clorpirifos)	15/09/2014
Desmalezado	07/10/2014
Tercer riego	29/10/2014
Desmalezado	04/12/2014
Desmalezado	05/12/2014
Cuarto riego	13/12/2014
Aplicación de insecticida (Clorpirifos)	16/12/2014
Primera Toma de muestra para análisis foliar	26/12/2014
Quinto riego	29/12/2014
Aplicación de insecticida (Clorpirifos)	06/01/2015
Sexto riego	13/01/2015
Desmalezado	19/01/2015
Séptimo riego	22/01/2015
Agoste	10/02/2015
Segunda Toma de muestra para análisis foliar	11/03/2015
Chapodo	25/03/2015
Desmalezado	26/03/2015
Primer riego por cosecha	02/04/2015
Inicio de cosecha	06/04/2015
Segundo riego por cosecha	08/04/2015
Tercer riego por cosecha	15/04/2015
Cuarto riego por cosecha	22/04/2015

Quinto riego por cosecha

27/04/2015

Fin de cosecha

05/05/2015

ANEXO 8.36

Actividades agronómicas en el fundo key

- ❖ Remoción del suelo(cultivada),para airear el suelo
- ❖ Aplicación de materia orgánica
- ❖ Rayado del campo
- ❖ primer abonamiento
- ❖ Riego (cada 10 días en invierno y 5-7 días en verano-noche).
- ❖ Aplicación de herbicida a los 30 días.
- ❖ Evaluación entomológica
- ❖ Aplicación de fungicidas e insecticidas
- ❖ Deshierbo
- ❖ Segundo abonamiento
- ❖ Deshierbo

ANEXO 8.37

Plan de fertilización

La dosis de fertilización NPK y el Mix de fertilizantes, será el mismo que se empleó en el fundo durante el 2013, siendo la fórmula 350-150-350 Kg/ha de N-P₂O₅ -K₂O.

	N	P₂O₅	K₂O	MgO	B	Ca	Época
1 Fertilización	250	150	200	40	5	80	3 semana
2 Fertilización	100	0	150	20	0	20	9 semana

Fundo Key, Campaña 2013

ANEXO 8.38**Fertilizantes utilizados durante el ensayo**

FUENTES	% N	% P₂O₅	% K₂O	% CaO	% B	% MgO	% S
Urea	46						
Sulfato de potasio			52				18
Citrato de calcio				27.18			
Sulfato de calcio				34.29			
Sulpomag			22			18	22
Fosfato diamonico	18	46					
Octoborato de sodio tetrahidratado (FERTIBAGRA 15)					15		

ANEXO 8.39**Características del Sistema de riego**

El ensayo experimental se manejó bajo riego por gravedad de agua de pozo, el cual comprende las siguientes características:

Cota del terreno.....42.60 m.s.n.m

Perforación:

Tipo..... Tubular

Año.....1993

Profundidad inicial.....55.00 m

Diámetro.....0.41 m

Equipo de bombeo:

Motor: Tipo.....Eléctrico

Potencia..... 75 HP

Bomba: Tipo.....Turbina vertical

Niveles de agua y caudal

P.R. Suelo.....0.20 m

Caudal.....20 l/s

C.E (+25°C).....1.07 mmhos/cm

Explotación: Uso.....Riego

Volumen.....227145.60 m³/año

Anexo 8.40 Registró de consumo de agua en el área experimental

El sistema de riego empleado durante el ensayo fue por gravedad, utilizando agua de pozo cuyo caudal es de 20 litros/seg, .Durante el crecimiento y desarrollo vegetativo se realizaron 7 riegos a todo un campo de cultivo de espárrago de 8 hectáreas aproximadamente, donde incluía al área experimental de 0.14064 ha, la misma que durante la cosecha se ejecutaron 5 riegos. El consumo de agua aproximada durante la campaña fue de 3455.63 m³/ha.

Fecha	Lote (ha)	Fenología	Horas de Riego (8 ha)	Horas de Riego Lote	m ³ /hora	m ³ /Lote
11-08-2014	0.14064	Crecimiento y desarrollo vegetativo	33	0.58	72	41.76
12-09-2014	0.14064		34	0.59	72	42.48
29-10-2014	0.14064		12	0.21	72	15.12
13-12-2014	0.14064		8	0.14	72	10.08
29-12-2104	0.14064		5	0.08	72	5.76
13-01-2015	0.14064		5	0.08	72	5.76
22-01-2015	0.14064		4	0.07	72	5.04
02-04-2015	0.14064	Cosecha	0	1.75	72	126.0
08-04-2015	0.14064		0	1	72	72.0
15-04-2015	0.14064		0	0.75	72	54.0
22-04-2015	0.14064		0	0.75	72	54.0
27-04-2015	0.14064		0	0.75	72	54.0
						486.0