# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

## FACULTAD DE AGRONOMIA

**"FERTILIZACIÓN CON ZINC EN DOS VARIEDADES DE PAPA (*Solanum tuberosum*) EN SUELOS DE COSTA Y SIERRA".**

**Presentado por:**

**LUCIANA DELGADO OTERO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**Lima – Perú**

**2015**

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN
I. INTRODUCCIÓN ..... 1
II. REVISIÓN DE LITERATURA ..... 3
2.1 Nutrición mineral en las plantas ..... 3
2.2. Zinc en el suelo ..... 5
2.2.1 Factores del suelo que afectan a la disponibilidad de zinc a las plantas ..... 6
2.2.2 Formas de zinc en los suelos ..... 7
2.3 Zinc en la solución suelo ..... 8
2.4 El zinc en la nutrición vegetal ..... 9
2.5 El zinc en la nutrición de las plantas ..... 10
2.5.1 Mecanismos de absorción del zinc ..... 10
2.5.2 Función de los microelementos en la nutrición del cultivo de papa ..... 10
2.5.3 Requerimientos nutricionales de la papa ..... 11
2.6 Síntomas de deficiencia y toxicidad ..... 12
EXPERIMENTO I: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ZINC EN MACETAS CON UN SUELO DE SIERRA ..... 13
III. MATERIALES Y MÉTODOS ..... 13
3.1 Lugar ..... 13
3.2 Materiales y equipos ..... 13
3.3 Suelo ..... 14
3.4 Métodos y procedimientos ..... 15
4.5 Evaluaciones ..... 17
4.6 Diseño experimental ..... 17
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN ..... 20
V. CONCLUSIONES ..... 24
EXPERIMENTO II: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ZINC EN CAMPO CON SUELO DE COSTA ..... 25
VI. MATERIALES Y MÉTODOS ..... 25
6.1 Lugar ..... 25
6.2 Materiales y equipos ..... 25
6.3 Suelo ..... 26
6.4 Métodos y procedimientos ..... 26
6.5 Evaluaciones ..... 30
6.6 Diseño experimental ..... 30
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN ..... 32
7.1 EXPERIMENTO 2: Tratamientos (0, 25, 50, F, 25+F, 50+F) (dosis con y sin aplicación foliar) ..... 32

7.2 EXPERIMENTO 3: Tratamientos (0, 25, 50, 75 kg $ha^{-1}ZnSO_4$) ..... 45
VIII. CONCLUSIONES ..... 57
IX. RECOMENDACIONES ..... 58
X. BIBLIOGRAFÍA CITADA ..... 59
XI. ANEXOS ..... 61

# INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Funciones esenciales de las plantas en las cuales participan los microelementos ..... 3
Tabla 2: Concentraciones Críticas de Zinc Usadas en la interpretación del Análisis de Tejido de las Plantas..... 4
Tabla 3: Extracción de nutrientes en el cultivo de papa y cebada ..... 11
Tabla 4: Extracción de microelementos por el cultivo de papa..... 12
Tabla 5: Características fisicoquímicas del suelo experimental..... 14
Tabla 6: Calendario de actividades durante el experimento de macetas..... 16
Tabla 7: Tratamientos aplicados en el experimento de macetas ..... 16
Tabla 8: Fuentes utilizadas para la aplicación de los elementos mayores ..... 17
Tabla 9: Distribución de grados de libertad entre las fuentes de variación del experimento ..... 18
Tabla 10: Efecto de la aplicación de dosis crecientes de zinc sobre el rendimiento y el número de tubérculos en dos variedades de papa..... 21
Tabla 11 : Efecto de la aplicación de dosis crecientes de zinc sobre el contenido (mg $kg^{-1}$) y la extracción de zinc (mg) en dos variedades de papa..... 23
Tabla 12: Características fisicoquímicas del suelo experimental ..... 26
Tabla 13: Calendario de actividades durante el experimento de campo ..... 27
Tabla 14: Tratamientos aplicados en el experimento de campo..... 28
Tabla 15: Fuentes utilizadas para la aplicación de los elementos mayores ..... 28
Tabla 16 : Grados de Libertad..... 31
Tabla 17: Efecto de la aplicación de dosis crecientes de zinc de forma edáfica y foliar sobre el rendimiento (kg $ha^{-1}$), el peso (kg) y el número de tubérculos según cada calibre en dos variedades de papa ..... 36
Tabla 18 : Efecto de la aplicación de dosis crecientes de zinc de forma edáfica y foliar sobre el contenido de zinc (mg $kg^{-1}$) en la materia seca de hojas y tallos de en el primer muestro (46 dds) y segundo muestreo (81 dds) en dos variedades de papa ..... 40
Tabla 19: Efecto de la aplicación de dosis crecientes de zinc de forma edáfica y foliar sobre el contenido de zinc en tubérculos (mg $kg^{-1}$) y la extracción de zinc en hojas, tallos y tubérculos (mg) . 44
Tabla 20: Efecto de la aplicación de dosis crecientes de zinc al suelo sobre el rendimiento (kg $ha^{-1}$), el peso (kg) y el número de tubérculos según cada calibre en dos variedades de papa..... 50
Tabla 21: Efecto de la aplicación de dosis crecientes de zinc al suelo sobre el contenido de zinc (mg $kg^{-1}$) en la materia seca de hojas y tallos de en el primer muestro (46 dds) y segundo muestreo (81 dds) en dos variedades de papa ..... 53
Tabla 22: Efecto de la aplicación de dosis crecientes de zinc al suelo sobre el contenido de zinc en tubérculos (mg $kg^{-1}$) y la extracción de zinc en hojas, tallos y tubérculos (mg) ..... 55

# ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico 1: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el rendimiento total de tubérculos en dos variedades de papa cultivadas en maceta ..... 20
Grafico 2: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el número total de tubérculos en dos variedades de papa cultivadas en maceta ..... 20
Grafico 3: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el contenido de zinc en hojas, tallos y tubérculos en dos variedades de papa cultivadas en maceta ..... 22
Grafico 4: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre la extracción de zinc en hojas, tallos y tubérculos en dos variedades de papa cultivadas en maceta ..... 22
Gráfico 5: Efecto de la aplicación de zinc sobre el rendimiento total de tubérculos en los tratamientos con y sin aplicación foliar en dos variedades de papa cultivadas en campo ..... 32
Gráfico 6 : Efecto de la aplicación de zinc sobre el rendimiento comercial de tubérculos en los tratamientos con y sin aplicación foliar en dos variedades de papa cultivadas en campo ..... 33
Gráfico 7: Efecto de la aplicación de zinc sobre el número promedio de tubérculos calibre Extra en los tratamientos con y sin aplicación foliar en dos variedades de papa cultivadas en campo ..... 33
Gráfico 8: Efecto de la aplicación de zinc sobre el peso promedio de tubérculos calibre extra en los tratamientos con y sin aplicación foliar en dos variedades de papa cultivadas en campo ..... 33
Gráfico 9: Efecto de la aplicación de zinc sobre el número promedio de tubérculos calibre primera en los tratamientos con y sin aplicación foliar en dos variedades de papa cultivadas en campo..... 34
Gráfico 10 : Efecto de la aplicación de zinc sobre el peso promedio de tubérculos calibre primera en los tratamientos con y sin aplicación foliar en dos variedades de papa cultivadas en campo..... 34
Gráfico 11: Efecto de la aplicación de zinc sobre el número de tubérculos calibre segunda en los tratamientos con y sin aplicación foliar en dos variedades de papa cultivadas en campo ..... 34
Gráfico 12: Efecto de la aplicación de zinc sobre el peso de tubérculos calibre segunda en los tratamientos con y sin aplicación foliar en dos variedades de papa cultivadas en campo ..... 35
Gráfico 13 : Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el contenido promedio de zinc en hojas y tallos en los tratamientos con y sin aplicación foliar en el primer y segundo muestreo en la variedad Amarilis INIA cultivada en campo..... 39
Gráfico 14: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el contenido promedio de zinc en hojas y tallos en los tratamientos con y sin aplicación foliar en el primer y segundo muestreo en la variedad Canchan INIA cultivada en campo..... 39
Gráfico 15 : Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el contenido promedio de zinc en tubérculos en dos variedades de papa cultivadas en campo..... 42
Gráfico 16 : Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre la extracción de zinc en hojas y tallos en el primer muestreo en los tratamientos con y sin aplicación foliar en dos variedades de papa cultivadas en campo..... 43
Gráfico 17 : Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre la extracción de zinc en hojas, tallos y tubérculos en el segundo muestreo en los tratamientos con y sin aplicación foliar en dos variedades de papa cultivadas en campo ..... 43
Gráfico 18: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el rendimiento total promedio en los tratamientos al suelo en dos variedades de papa cultivadas en campo ..... 45
Gráfico 19: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el rendimiento comercial promedio en los tratamientos al suelo en dos variedades de papa cultivadas en campo ..... 46
Gráfico 20: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el número promedio de tubérculos calibre extra en los tratamientos al suelo en dos variedades de papa cultivadas en campo ..... 46
Gráfico 21: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el peso promedio de tubérculos calibre extra en los tratamientos al suelo en dos variedades de papa cultivadas en campo ..... 47

Gráfico 22: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el número promedio de tubérculos calibre primera en los tratamientos al suelo en dos variedades de papa cultivadas en campo ..... 47
Gráfico 23: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el peso promedio de tubérculos calibre primera en los tratamientos al suelo en dos variedades de papa cultivadas en campo ..... 48
Gráfico 24: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el número promedio de tubérculos calibre primera en los tratamientos al suelo en dos variedades de papa cultivadas en campo ..... 48
Gráfico 25: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el peso promedio de tubérculos calibre segunda en los tratamientos al suelo en dos variedades de papa cultivadas en campo..... 49
Gráfico 26: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el contenido de zinc en hojas y tallos en el primer y segundo muestreo en los tratamientos al suelo en la variedad Amarillis cultivadas en campo ..... 52
Gráfico 27: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el contenido de zinc en hojas y tallos en el primer y segundo muestreo en los tratamientos al suelo en la variedad Canchan cultivadas en campo ..... 52
Gráfico 28: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el contenido de zinc en tubérculos en los tratamientos al suelo en dos variedades de papa cultivadas en campo ..... 54
Gráfico 29: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre la extracción de zinc en hojas y tallos en el primer muestreo en los tratamientos al suelo en dos variedades de papa cultivadas en campo ..... 55
Gráfico 30: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre la extracción de zinc en hojas, tallos y tubérculos en el segundo muestreo en los tratamientos al suelo en dos variedades de papa cultivadas en campo..... 55

# ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Análisis de Suelo (Experimento de macetas) ..... 61
Anexo 2: Análisis de Suelo (Experimento de campo) ..... 62
Anexo 3: Análisis Estadístico del Rendimiento total en gramos en Exp. Macetas ..... 63
Anexo 4: Análisis Estadístico del número de tubérculos en Exp. Macetas ..... 64
Anexo 5: Análisis Estadístico de Concentración de Zinc en hojas y tallos ..... 65
Anexo 6: Análisis Estadístico de Zinc Extraído por las hojas y tallos Exp. Macetas ..... 66
Anexo 7: Análisis Estadístico de Concentración de Zinc en tubérculos Exp. Macetas ..... 67
Anexo 8: Análisis Estadístico de Zinc Extraído por los tubérculos Exp. Macetas ..... 69
Anexo 9: Rendimiento total ($Kg.ha^{-1}$) (Solo tratamientos 0, 25 y 50 $Kg.ha^{-1}$ $ZnSO_4$, con y sin aplicación foliar) Exp Campo ..... 71
Anexo 10: Rendimiento Comercial ($Kg.ha^{-1}$) (Solo tratamientos 0, 25 y 50 $Kg.ha^{-1}$ $ZnSO_4$, con y sin aplicación foliar) Exp Campo ..... 72
Anexo 11: Peso de tubérculos Calibre Extra (Solo tratamientos 0, 25 y 50 $Kg.ha^{-1}$ $ZnSO_4$, con y sin aplicación foliar) Exp Campo ..... 74
Anexo 12: Número de tubérculos calibre Extra (Solo tratamientos 0, 25 y 50 $Kg.ha^{-1}$ $ZnSO_4$, con y sin aplicación foliar) Exp Campo ..... 75
Anexo 13: Peso de tubérculos calibre Primera (Solo tratamientos 0, 25 y 50 $Kg.ha^{-1}$ $ZnSO_4$, con y sin aplicación foliar) Exp Campo ..... 77
Anexo 14: Número de tubérculos calibre Primera (Solo tratamientos 0, 25 y 50 $Kg.ha^{-1}$ $ZnSO_4$, con y sin aplicación foliar) Exp Campo ..... 78
Anexo 15: Peso de Tubérculos calibre segunda (Solo tratamientos 0, 25 y 50 $Kg.ha^{-1}$ $ZnSO_4$, con y sin aplicación foliar) Exp Campo ..... 80
Anexo 16: Número de Tubérculos calibre Segunda (Solo tratamientos 0, 25 y 50 $Kg.ha^{-1}$ $ZnSO_4$, con y sin aplicación foliar) Exp Campo ..... 82
Anexo 17: Contenido de Zinc en Hojas (primer muestreo) (Solo tratamientos 0, 25 y 50 $Kg.ha^{-1}$ $ZnSO_4$, con y sin aplicación foliar) Exp Campo ..... 83
Anexo 18: Contenido de Zinc en hojas (Segundo muestreo) (Solo tratamientos 0, 25 y 50 $Kg.ha^{-1}$ $ZnSO_4$, con y sin aplicación foliar) Exp Campo ..... 84
Anexo 19: Contenido de Zinc en Tallos (primer muestreo) (Solo tratamientos 0, 25 y 50 $Kg.ha^{-1}$ $ZnSO_4$, con y sin aplicación foliar) Exp Campo ..... 86
Anexo 20: Contenido de Zinc en tallos (Segundo muestreo) (Solo tratamientos 0, 25 y 50 $Kg.ha^{-1}$ $ZnSO_4$, con y sin aplicación foliar) Exp Campo ..... 87
Anexo 21: Contenido de Zinc en tubérculos (Segundo muestreo) (Solo tratamientos 0, 25 y 50 $Kg.ha^{-1}$ $ZnSO_4$, con y sin aplicación foliar) Exp Campo ..... 89
Anexo 22: Extracción de Zinc en Hojas y Tallos (primer muestreo) (Solo tratamientos 0, 25 y 50 $Kg.ha^{-1}$ $ZnSO_4$, con y sin aplicación foliar) Exp Campo ..... 90
Anexo 23: Extraccion de Zinc total (Hojas, tallos y tuberculos) (Solo tratamientos 0, 25 y 50 $Kg.ha^{-1}$ $ZnSO_4$, con y sin aplicación foliar) Exp Campo ..... 92
Anexo 24: Rendimiento total ($Kg.ha^{-1}$) (Solo tratamientos 0, 25, 50 y 75 $Kg.ha^{-1}$ $ZnSO_4$, sin aplicación foliar) Exp Campo ..... 93
Anexo 25: Rendimiento Comercial ($Kg.ha^{-1}$) (Solo tratamientos 0, 25, 50 y 75 $Kg.ha^{-1}$ $ZnSO_4$, sin aplicación foliar) Exp Campo ..... 94
Anexo 26: Peso de tubérculos calibre Extra (Solo tratamientos 0, 25, 50 y 75 $Kg.ha^{-1}$ $ZnSO_4$, sin aplicación foliar) Exp Campo ..... 95

Anexo 27: Número de tubérculos calibre Extra (Solo tratamientos 0, 25, 50 y 75 Kg.ha$^{-1}$ $ZnSO_4$, sin aplicación foliar) Exp Campo ..... 96
Anexo 28: Peso de tubérculos calibre Primera (Solo tratamientos 0, 25, 50 y 75 Kg.ha$^{-1}$ $ZnSO_4$, sin aplicación foliar) Exp Campo ..... 97
Anexo 29: Número de tubérculos Calibre Primera (Solo tratamientos 0, 25, 50 y 75 Kg.ha$^{-1}$ $ZnSO_4$, sin aplicación foliar) Exp Campo ..... 98
Anexo 30: Peso de tubérculos calibre Segunda (Solo tratamientos 0, 25, 50 y 75 Kg.ha$^{-1}$ $ZnSO_4$, sin aplicación foliar) Exp Campo ..... 100
Anexo 31: Número de tubérculos Calibre Segunda (Solo tratamientos 0, 25, 50 y 75 Kg.ha$^{-1}$ $ZnSO_4$, sin aplicación foliar) Exp Campo ..... 101
Anexo 32: Contenido de Zinc en Hojas (primer muestreo) (Solo tratamientos 0, 25, 50 y 75 Kg.ha$^{-1}$ $ZnSO_4$, sin aplicación foliar) Exp Campo ..... 102
Anexo 33: Contenido de Zinc en Hojas (Segundo muestreo) (Solo tratamientos 0, 25, 50 y 75 Kg.ha$^{-1}$ $ZnSO_4$, sin aplicación foliar) Exp Campo ..... 103
Anexo 34: Contenido de Zinc en Tallos (primer muestreo) (Solo tratamientos 0, 25, 50 y 75 Kg.ha$^{-1}$ $ZnSO_4$, sin aplicación foliar) Exp Campo ..... 104
Anexo 35: Contenido de Zinc en tallos (Segundo muestreo) (Solo tratamientos 0, 25, 50 y 75 Kg.ha$^{-1}$ $ZnSO_4$, sin aplicación foliar) Exp Campo ..... 105
Anexo 36: Contenido de Zinc en tubérculos (Segundo muestreo) (Solo tratamientos 0, 25, 50 y 75 Kg.ha$^{-1}$ $ZnSO_4$, sin aplicación foliar) Exp Campo ..... 106
Anexo 37: Extracción de Zinc en Hojas y Tallos (Solo tratamientos 0, 25, 50 y 75 Kg.ha$^{-1}$ $ZnSO_4$, sin aplicación foliar) Exp Campo ..... 107
Anexo 38: Extracción de Zinc en Hojas, tallos y tubérculos (Solo tratamientos 0, 25, 50 y 75 Kg.ha$^{-1}$ $ZnSO_4$, sin aplicación foliar) Exp Campo ..... 108
Anexo 39: Rendimiento Total (Kg.ha$^{-1}$) Todos los tratamientos ..... 109
Anexo 40: Rendimiento Comercial (Kg.ha$^{-1}$) Todos los tratamientos ..... 110

# RESUMEN

El zinc es un micronutriente esencial para los cultivos y muy importante en el cultivo de papa. A pesar de sus reconocidas funciones, la fertilización con zinc ha recibido poca atención en los programas de fertilización de papa en el Perú. El presente estudio busca determinar el efecto de la aplicación de zinc vía foliar y edáfica sobre el rendimiento de papa. El estudio se dividió en dos experimentos, el primero bajo condiciones de invernadero, en macetas utilizando un suelo de sierra de textura Franca, pH ácido y bajo contenido de zinc y el segundo experimento en un campo de la UNALM con un suelo de textura Franco Arenosa, con pH ligeramente alcalino y bajo contenido de zinc.

Se evaluó el efecto de la fertilización edáfica y foliar con zinc sobre una fertilización básica con nitrógeno, fósforo, potasio, sobre el crecimiento, desarrollo, rendimiento y calidad de tubérculo en las variedades de papa Amarilis y Canchan INIA.

En el experimento de invernadero, se trabajó con 5 tratamientos (0, 6, 12, 18, 24 y 30 ppm de zinc) y un testigo sin zinc, en un diseño completo al azar con 4 repeticiones, en este caso ambas variedades mostraron una respuesta inmediata a la fertilización suplementaria con $ZnSO_4$, además se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos aplicados y se observaron respuestas positivas para las variables de crecimiento, desarrollo y rendimiento. Por ejemplo, la variable rendimiento de tubérculos por maceta se incrementó en 161% y 31% en Canchan INIA y Amarilis, respectivamente, además se mejoró la acumulación de materia seca y el índice de cosecha.

En el experimento de campo, se trabajó con 6 tratamientos (25, 50, 75, 25 + 0.5% foliar, 50 + 0.5% foliar y 0.5% foliar de ZnSO4.7H2O) y un testigo sin zinc, en un diseño de bloques completo al azar con 4 repeticiones; la variedad Amarilis mostró los mejores rendimientos en tubérculos con los tratamientos: 50 kg de $ZnSO_4.7H_2O$ + 0.5% foliar y 75 kg/ha $ZnSO_4.7H_2O$, rindiendo en ambos casos 12% más que el testigo (0 Zn). Además, no se observa una tendencia clara en el rendimiento y absorción entre los tratamientos debido a la heterogeneidad del terreno. En cuanto a los tamaños o calibres de los tubérculos, el estudio no encontró tubérculos de tamaño extra, pero la proporción de tubérculos de calibres de "primera" y "segunda" fueron semejantes en ambas variedades. Aunque en comparación al

testigo, la variedad Amarilis mostró la mayor proporción de tubérculos comerciales (primera y segunda) y menos descarte se obtuvo con el tratamiento 50 kg de $ZnSO_4.7H_2O$ + 0.5% foliar.

Por lo tanto se puede concluir que el zinc debe ser aplicado, en su totalidad, al momento de la siembra, para encontrar mejores resultados en producción en el experimento de campo.

**Palabras clave:** *Solanum tuberosum* L., zinc, rendimiento, pH, Amarilis, Canchan, absorción, calibre

# I. INTRODUCCIÓN

La literatura científica concerniente a la nutrición vegetal hace énfasis en el rol que los elementos menores juegan en el crecimiento y desarrollo de las plantas, ya que es ampliamente discutido en la literatura científica. Los elementos menores son esenciales y por lo tanto no deben ser omitidos de los planes de fertilización dentro de la agricultura moderna. Esto es válido por supuesto, para el cultivo de papa.

El zinc es un micronutriente esencial para las plantas y es requerido en pequeñas concentraciones para cumplir con varias funciones clave, incluyendo funciones en la membrana, fotosíntesis, síntesis proteica y de fitohormonas (auxina), vigor de la plántula, formación de azúcares y defensa contra factores de estrés abiótico (sequias) y contra enfermedades. Aun cuando a una planta se le suministren macronutrientes, la deficiencia de zinc impide que las plantas alcancen su potencial productivo.

En el Perú, no se tienen datos de aplicación de zinc en el cultivo de papa. Teniendo en cuenta que la mayor producción se da en la sierra y de manera intensiva, los productores, en su mayoría, solo utilizan abonos orgánicos y en algunos casos fertilizantes químicos.

La deficiencia de zinc puede presentarse en suelos de diversas clases texturales y valores de pH, siendo más frecuente en aquellos suelos que han sido erosionados y han perdido el horizonte superficial. Los síntomas más frecuentes de la deficiencia de zinc en las plantas incluyen a la clorosis, manchas necróticas en las hojas, hojas enanas y malformadas, entre otros. Debido a la frecuencia con la que se observan estos síntomas, se plantea sí en la práctica normal de fertilización debe incluirse la adición de zinc para prevenir su déficit o hacer las correcciones necesarias una vez aparecidos los síntomas. Es evidente que en cualquiera de los casos se debe tener un patrón de referencia de la dosis más conveniente a aplicar, ya que por encima de cierta concentración óptima se puede ocasionar efectos secundarios que perjudiquen el desarrollo de la planta.

Los autores proponemos que la aplicación de zinc en forma de sulfato, incrementará efectivamente el rendimiento de papa y además se obtendrá una mejor calidad en la producción, la cual será medida en función a los calibres obtenidos en suelos de Costa y Sierra del Perú.

Para probar esta hipótesis se plantea el presente trabajo experimental, con los siguientes objetivos:

- Evaluar el efecto de la fertilización con zinc sobre la producción y calidad de tubérculos en un suelo con pH acido de sierra en dos variedades de papa en condiciones de invernadero.
- Evaluar el efecto de la fertilización con zinc sobre la producción y calidad de tubérculos en un suelo con pH alcalino de costa en dos variedades de papa en campo.
- Evaluar la extracción de zinc en suelos de costa y sierra

# II. REVISIÓN DE LITERATURA

## 2.1 Nutrición mineral en las plantas

Las plantas viven en un ambiente iónico muy diluido donde logran nutrirse, en virtud de la capacidad que tienen de acumular en su interior iones a concentraciones aun 10000 veces superiores a las externas.

En el suelo, las sustancias de bajo peso molecular (entre las cuales están los iones inorgánicos), se hallan en continuo movimiento, alcanzando de esta manera a las raíces de las plantas gracias a la difusión y al flujo de masa.

Un nutriente puede funcionar, como constituyente de una estructura orgánica, como activador de una reacción enzimática, transportador de carga, o como un osmo-regulador. Los micronutrientes, como integrantes de muchas estructuras enzimáticas, son capaces de catalizar las reacciones del metabolismo de la planta y por ende influenciar la fisiología. Como se puede observar en la tabla 1, el zinc tiene como funciones esenciales el crecimiento y la síntesis Proteica.

Como regla empírica, concentraciones de < 20 mg Zn $kg^{-1}$ son generalmente consideradas como indicadores de deficiencia en el tejido joven de la planta. Sin embargo, la información dada en la tabla 2, muestra rangos de concentraciones críticas de 7 a 32 mg de $Zn^{-1}$ para diferentes especies de plantas y diferentes muestras foliares.

Tabla 1: Funciones esenciales de las plantas en las cuales participan los microelementos

| ELEMENTOS / FUNCIONES | Boro | Cobre | Hierro | Zinc | Manganeso | Molibdeno |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Fotosíntesis | | | | | | |
| Crecimiento | | | | | | |
| Fertilidad | | | | | | |
| Síntesis proteica | | | | | | |
| Síntesis de lignina | | | | | | |
| Fijación nitrogenada | | | | | | |
| Reducción de nitratos | | | | | | |
| Translocación de azúcares | | | | | | |

**Fuente:** Piaggesi (2004)

Tabla 2: Concentraciones Críticas de Zinc Usadas en la interpretación del Análisis de Tejido de las Plantas

| **Cultivo** | **Tejido (mg Zn $kg^{-1}$ base seca)** | **Concentración Critica** |
|---|---|---|
| Arroz | Semillar Completo | 22 |
| Maíz | 3era hoja verdadera (6 semanas) | 16 |
| Maíz | Toda la planta (India) | 22 |
| Arroz | Toda la planta | 15 |
| Arroz | 3era hoja de arriba | 16 – 23.5 |
| Arroz | Todo el tallo (deficiente) | < 10 |
| Arroz | Todo el tallo (Suficiente ) | >20 |
| Alfalfa | 15 cm superiores | 20 |
| Algodón | Hojas recientes maduras superiores de primeros botones florales | 20 |
| Caña de azúcar | Hoja colgante superior visible | 15 |
| Cacahuate | Hoja | 25 |
| Cacahuate | Toda la planta (India) | 15 – 22 |
| Trigo | Brote | 24.5 |
| Trigo | Hoja más joven | 7 – 16 |
| Trigo | Toda la planta (India) | 20 – 25 |
| Canola | Brote | 23 |
| Soya | Toda la planta | 16 |
| Sorgo | Toda la planta (India) | 8 |
| Garbanzo | Toda la planta (India) | 25 |

**Fuente:** Alloway (2008)

## 2.2. Zinc en el suelo

La concentración de zinc en los suelos es de alrededor de 55 mg Zn $kg^{-1}$ (Kiekens, 1995). En general se tiene una baja concentración de zinc en suelos arenosos y una mayor concentración en suelos arcillosos. Esto es causado por la mayor concentración de zinc en la arcilla y por la capacidad de los suelos arcillosos de adsorber y retener zinc y otros elementos.

La deficiencia de zinc, puede no ser detectada por años, a menos que se aplique un análisis y un diagnóstico, porque no hay signos obvios de esta deficiencia en las plantas.

Las condiciones que más comúnmente traen deficiencias de zinc en los cultivos pueden incluir:

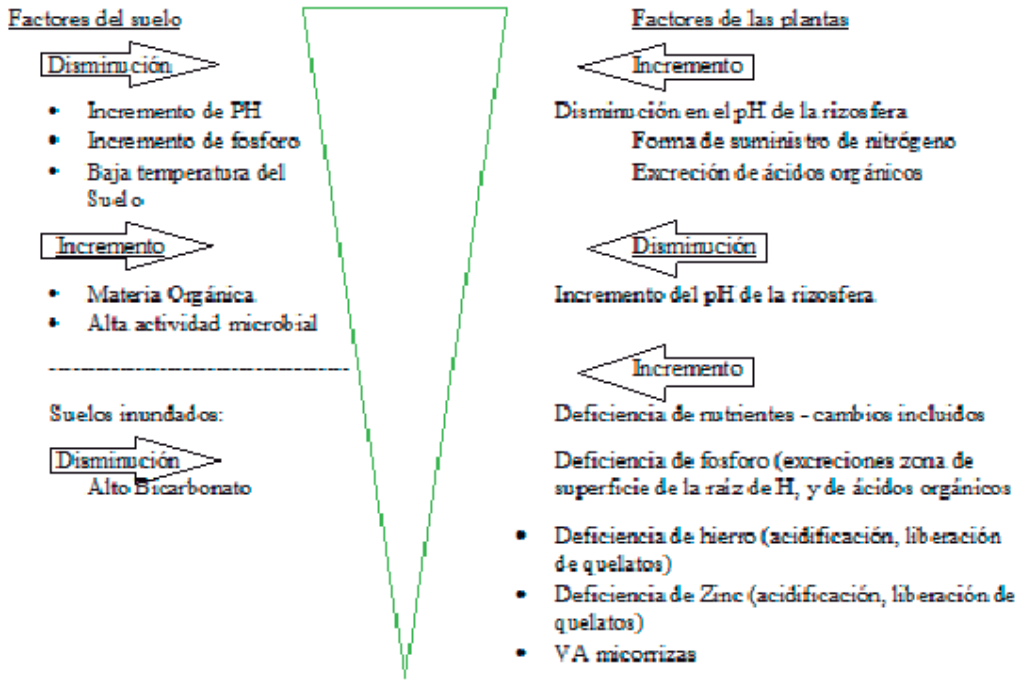
- Concentración de zinc total baja (como en suelos arenosos).
- Suelos arenosos y ácidos, altamente lixiviados con disponibilidad total de zinc baja.
- Alto contenido de carbonato de calcio (suelos calcáreos).
- Suelos de pH alcalino: La disponibilidad de zinc disminuye al incrementar el pH del suelo debido al incremento de la capacidad de adsorción del suelo y la presencia de formas hidrolizadas de zinc
- Alta concentración de sales solubles.
- Suelos orgánicos: La concentración de zinc disponible en suelos orgánicos, puede ser baja debido a la concentración de materia orgánica y/o debido a la formación de complejos orgánicos estables con materia orgánica en estado sólido.
- Alto contenido de fosforo: Altos niveles de fosforo pueden disminuir la disponibilidad de zinc de las plantas. Algunas formas de fertilizante fosforado, como el superfosfato, contienen cantidades importantes de zinc con impurezas y también tiene un efecto acidificante en el suelo. Cuando estos se les reemplaza con fertilizantes de fosforo de “alto análisis”, como el fosfato monoamónico (MAP) y al fosfato diamónico (DAP), la incidencia de deficiencia de zinc se incrementa.
- Inundación prolongada: En suelos inundados, como los de arroz, se presentan las condiciones reductoras que causan un incremento en el pH, altas concentraciones del ion bicarbonato, a veces concentraciones elevadas de iones de magnesio y la formación de zinc insoluble (ZnS) bajo condiciones fuertemente reductoras. Las

condiciones reductoras en suelos periódicamente inundados también causan incrementos en la concentración de iones de hierro ($Fe^{2+}$) y manganeso ($Mn^{2+}$), por la disolución de sus hidróxidos, y estos podrían competir con los iones de zinc para ser tomados por las raíces de las plantas.

- Alto contenido de magnesio y/o del ion bicarbonato en el suelo o agua de riego.

### 2.2.1 Factores del suelo que afectan a la disponibilidad de zinc a las plantas

El zinc disponible para las plantas es el que está presente en la solución del suelo, o es adsorbido y fácilmente desorbido. Los factores del suelo que afectan la disponibilidad del zinc a las plantas son aquellos que controlan tanto la cantidad de zinc en la solución del suelo como su adsorción o desorción desde y a la solución del suelo. Estos factores incluyen: el contenido total de zinc, el pH, contenido de materia orgánica, contenido de arcilla, contenido de carbonato de calcio, condiciones redox, actividad microbiana en la rizósfera, humedad de la tierra, concentración de otros micro y macronutrientes, especialmente fósforo, y el clima.




**Fuente**: The mechanism of zinc uptake in plants (1996)

Figura 1: Factores edáficos que afectan la disponibilidad de zinc a las plantas.

#### 2.2.1.1 Factores que controlan el contenido total de zinc en los suelos

El contenido total de zinc del suelo depende de la composición geoquímica del material parental. Sin embargo en algunos casos, la contaminación ambiental o la aplicación agrícola de materiales ricos en zinc, pueden enmascarar la contribución de la materia prima al suelo. La concentración promedio de zinc de la corteza terrestre es de 78 mg Zn $kg^{-1}$.

La mayor concentración de zinc se presenta en las rocas ígneas, como basaltos, esto se debe a que el zinc contenido en minerales ferromagnésicos, incluida la augita, la hornablenda y la biotita, ha sustituido de forma isomórfica al $Fe^{2+}$ o $Mg^{2+}$ que son el componente principal del cristal entramado, junto al silicio, aluminio y oxígeno. Las rocas ígneas más ricas en silicio como el granito y las rocas metamórficas como el gneis (roca metamórfica laminada), tienen mucha menor concentración de zinc y producto del intemperismo usualmente se producen arenas de cuarzo que generan suelos arenosos o sedimentos arenosos que pasan por una diagénesis y forman sedimentos areniscos con bajas concentraciones de zinc y otros micronutrientes esenciales.

Generalmente no es probable que estos depósitos minerales tengan mucha influencia en el contenido de zinc de la mayoría de suelos agrícolas, fuera de las áreas que están en lugares en los que no se ha explotado el mineral, o suelos en tierras vecinas a minas que han sido contaminados por las operaciones mineras o metalúrgicas.

### 2.2.2 Formas de zinc en los suelos

El total del zinc en los suelos se distribuye en cinco formas, que son:

i) Fracción soluble en agua: presente en solución

ii) Fracción intercambiable: iones adheridos a las partículas de tierra por cargas eléctricas.

iii) Grupo orgánico: iones adsorbidos, quelatados o complejos con ligas orgánicas

iv) Fracción del zinc no intercambiable en minerales arcillosos y óxidos metálicos insolubles

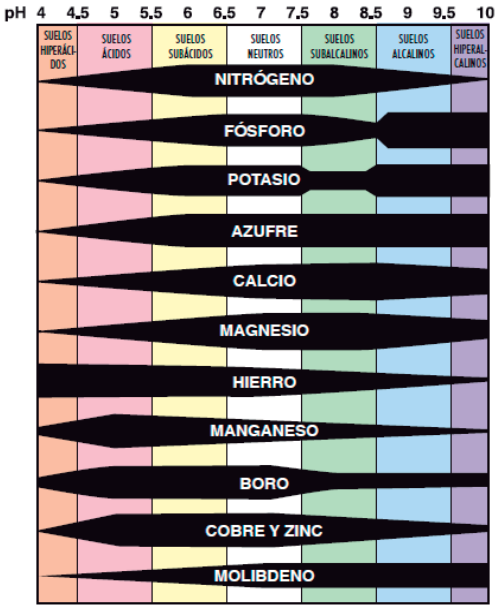
v) Fracción de minerales primarios intemperizados.

Solo el zinc soluble y aquellos en los que los iones puedes ser fácilmente desorbidos están disponibles para las plantas ya que son fácilmente lixiviados en el agua, permeándose hacia abajo en el perfil del suelo.

## 2.3 Zinc en la solución suelo

Una porción muy pequeña del contenido total de zinc en el suelo, está en solución. Kabata Pendias y Pendias (1992), reportaron a partir de valores en la literatura, que la concentración de zinc soluble en los suelos, varia de 4 a 270 µg $L^{-1}$ (ppb) que es muy bajo comparado con el promedio total de concentraciones, aproximadamente 50 a 80 mg $kg^{-1}$ (ppm). Sin embargo, en suelos muy ácidos, se han encontrado concentraciones de zinc soluble de 7137 µg $L^{-1}$, indicando que la solubilidad es alta, pero inversamente proporcional al pH del suelo.

EL pH del suelo rige la especie de zinc en solución. En la figura 2, podemos observar la disponibilidad de nutrientes en diferentes niveles de pH y observamos que a valores de pH menores a 7.7 predomina el $Zn^{2+}$ pero a pH mayor a 7.7, el $ZnOH^{+}$ es la especie dominante; en tanto que a pH mayor a 9.11 domina la especie neutral $Zn(OH)_2$.




**FUENTE:** Piaggesi (2004)

Figura 2: Disponibilidad de nutrientes según niveles de pH

El zinc forma complejos solubles con los iones cloruro, fosfato, nitrato y sulfato, pero las especies neutrales sulfato ($ZnSO_4^0$) y fosfato ($ZnHPO_4^0$) son la contribución más importante del zinc en solución. El $ZnSO_4$ puede incrementar la solubilidad del ion $Zn^{2+}$ en los suelos y ayuda al incremento de la disponibilidad de zinc cuando se usan fertilizantes ácidos, como el sulfato de amonio $NH_4(SO_4)_2$.

Los ácidos orgánicos de bajo peso molecular, también forman complejos con el zinc y contribuyen al contenido total disponible en el suelo.

La frecuente mejora que se observa en la disponibilidad de zinc de algunos suelos deficientes después de aplicar estiércol es probablemente el resultado del incremento en complejos orgánicos solubles de zinc.

## 2.4 El zinc en la nutrición vegetal

El zinc es uno de los ocho elementos esenciales para el crecimiento saludable y la reproducción de las plantas, animales y humanos, los otros elementos son: boro, cloro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno y níquel.

Cuando el suministro de zinc disponible en plantas es inadecuado, los rendimientos se reducen y la calidad de las cosechas es frecuentemente inferior.

En las plantas, el zinc tiene un papel clave como constituyente estructural o cofactor regulatorio de un amplio número de enzimas y proteínas y en muchos procesos bioquímicos que están involucrados como:

- Metabolismo de carbohidratos, tanto en la fotosíntesis como en la conversión de azucares a almidón.
- Metabolismo de proteínas.
- Metabolismo de la hormona auxina (regulador de crecimiento).
- Formación de polen.
- Mantenimiento de membranas biológicas.
- Resistencia a la infección de ciertos patógenos.

## 2.5 El zinc en la nutrición de las plantas

El requerimiento biológico del zinc fue identificado por primera vez por Raullin en 1869 cuando observó que el moho en el pan común no podía crecer en ausencia de zinc. Sin embargo, su esencialidad no se estableció sino hasta 1926 y no fue sino hasta 1932 que la deficiencia de zinc fue identificada en el campo. El zinc es un micronutriente vital y sus deficiencias son más generalizadas en el mundo que las de cualquier otro micronutriente.

Se sabe que hay un nivel crítico requerido de zinc en el suelo para que la raíz crezca y funcione efectivamente. Además, el metabolismo del zinc está basado en su fuerte tendencia a formar complejos tetraédricos con ligas N-, O- y particularmente S-, y por lo tanto tiene doble rol, uno funcional (catalítico) y otro estructural en las reacciones enzimáticas.

En las plantas el zinc no cambia su estado de oxidación y sus formas predominantes son: complejos de bajo peso molecular, metal-proteínas de almacenamiento, iones libres y formas insolubles asociadas a membranas de las células.

### 2.5.1 Mecanismos de absorción del zinc

El zinc se absorbe por la raíz principalmente como $Zn^{2+}$ en solución del suelo y su absorción es condicionada por una proteína con gran afinidad al zinc.

El transporte del zinc se da a través del plasma de la membrana, hacia un gran potencial eléctrico, de manera que el proceso es termodinámicamente pasivo. Este potencial eléctrico negativo del plasma de la membrana es la fuerza que impulsa al zinc por medio de un canal de catión divalente en dicotiledóneas y monocotiledóneas que no sean Poaceas.

### 2.5.2 Función de los microelementos en la nutrición del cultivo de papa

Los cultivos necesitan los microelementos en cantidades muy pequeñas (gramos por hectárea). Las deficiencias de microelementos provocan síntomas característicos en las plántulas, pero puede ser demasiado tarde para adoptar las medidas correctivas después que estos han aparecido, puesto que el daño ya estará hecho.

La aplicación en etapas tardías no compensará plenamente la deficiencia anterior y el rendimiento se verá afectado. Por lo tanto, es aconsejable determinar si el suelo, posee microelementos disponibles, en cantidades suficientes para garantizar el crecimiento y desarrollo adecuados, o si presenta deficiencias de uno o más de ellos, para así adoptar las medidas correctivas que sean necesarias.

### 2.5.3 Requerimientos nutricionales de la papa

En el cultivo de la papa la fertilización es uno de los rubros con más peso dentro del costo total de producción: cerca del 39% (Porras, 2005); además, se ha hecho énfasis en el estudio de los elementos nitrógeno, fósforo y potasio, debido al evidente efecto que tienen sobre la producción y la respuesta positiva a la aplicación simultánea de estos elementos (García y Pantoja, 1998); sin embargo, una fertilización con dichos elementos solo puede ser exitosa cuando todos los nutrientes requeridos por la planta están disponibles en cantidades suficientes en el suelo (Guerrero *et al*., 2000).

Según Harris (1978), el rango en la concentración de microelementos en hojas jóvenes maduras, tomadas de cultivos donde los tubérculos están en mitad de crecimiento son como siguen, expresados en ppm de materia seca: hierro 70-150; boro 30-40, zinc 20-40 manganeso 30-50.

El mismo autor reporta que, para un rendimiento de 20 ton $ha^{-1}$ de tubérculos, se removieron 44 g de cobre, 42 g de manganeso, 0.74 g de molibdeno y 44 g de zinc.

En la Tabla 3, se presenta un cuadro comparativo entre la extracción de la papa con la cebada, otro de los cultivos que se utiliza en zonas paperas.

Tabla 3: Extracción de nutrientes en el cultivo de papa y cebada

| **Cultivo** | | Papa tubérculo | Cebada rastrojo | Cebada Grano |
|---|---|---|---|---|
| **Rendimiento (ton $ha^{-1}$)** | | 27 | 2.5 | 2.2 |
| **Nutriente** | N | 90 | 17 | 40 |
| | P | 15 | 3 | 8 |
| | K | 140 | 30 | 10 |
| | Ca | 3 | 9 | 1 |
| | Mg | 7 | 2 | 2 |
| | S | 7 | 5 | 3 |
| | Cu | 44 | 11 | 34 |
| | Mn | 100 | 360 | 30 |
| | Zn | 60 | 60 | 70 |

**FUENTE:** Kanwar y Youngald (1985)

La extracción de zinc por la planta está en función del rendimiento, tal como se evidencia en los estimativos presentados en la Tabla 4.

Tabla 4: Extracción de microelementos por el cultivo de papa

| **Rendimiento (ton ha$^{-1}$)** | | 10.6 | 30 |
|---|---|---|---|
| **Remoción de microelementos (g ha$^{-1}$)** | **Fe** | 1.7 | 4.8 |
| | **Mn** | 127 | 360 |
| | **B** | 230 | 1.5 |
| | **Zn** | 95 | 270 |
| | **Cu** | 127 | 360 |
| | **Mo** | 3 | 9 |

**FUENTE:** Kanwar y Youngald (1985)

## 2.6 Síntomas de deficiencia y toxicidad

La deficiencia de zinc causa enanismo, enrollamiento de las hojas hacia arriba, las cuales se vuelven además cloróticas y las hojas terminales adquieren una posición casi vertical. Áreas de color castaño a bronceado, que más tarde se vuelven necróticas, pueden desarrollarse en las hojas de la parte intermedia de la planta y que luego abarcan todo el follaje. Sobre los pecíolos y tallos pueden aparecer manchas en forma de puntos de color castaño. El síntoma conocido como hoja de helecho se observa en las hojas jóvenes, las cuales se enrollan hacia arriba, haciéndose gruesas, quebradizas y plegadas debido a la expansión de los márgenes. Las plantas severamente afectadas mueren jóvenes. Las aplicaciones de fosforo, o un sobre encalado, aumentan los síntomas de deficiencia de zinc.

La toxicidad con zinc provoca enanismo, ligera clorosis en la punta y márgenes de las hojas superiores y coloración purpúrea en el envés de las hojas inferiores

**EXPERIMENTO I: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ZINC EN MACETAS CON UN SUELO DE SIERRA**

# III. MATERIALES Y MÉTODOS

## 3.1 Lugar

El experimento se ejecutó en el Laboratorio e Invernadero de Fertilidad de Suelos, en la Universidad Nacional Agraria La Molina.

**Ubicación geográfica:**

| | | |
|---|---|---|
| Distrito | : | La Molina. |
| Provincia | : | Lima. |
| Departamento | : | Lima. |
| Latitud | : | 12° 05°S |
| Longitud | : | -76° 56 ° O |
| Altitud | : | 243.7 m.s.n.m. |

## 3.2 Materiales y equipos

En el experimento de invernadero se emplearon tubérculos-semilla de dos variedades de papa: Canchan INIA (24 tubérculos) y Amarilis INIA(24 tubérculos)

Las variedades de papa Canchan INIA y Amarilis INIA son casos exitosos de variedades mejoradas, que se adaptan muy bien en Costa y Sierra, ambas fueron liberadas como resistentes a la rancha o tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y tienen un periodo vegetativo precoz (120-130 días),

La papa Canchan INIA, es una variedad mejorada, como se mencionó liberada en 1990 por un trabajo conjunto entre el CIP y el INIA. Esta variedad se caracteriza por su forma redonda con ojos superficiales, piel rojiza clara y pulpa blanca cremosa. Tiene un periodo vegetativo intermedio (4 a 5 meses) y posee buenas aptitudes para la fritura y como papa de mesa.

La variedad Amarilis INIA, es una variedad con material de origen proveniente del CIP y liberada en 1993 por INIA. El tubérculo tiene forma oval chata con ojos

superficiales, color de piel cremosa y pulpa amarillenta. Con periodo vegetativo precoz (4 meses); posee buena calidad culinaria y de conservación.

- Macetas (48) capacidad 6 kg
- Sulfato de zinc heptahidratado
- Balanza
- Bolsas
- Papel
- Etiquetas
- Tijeras
- Papel servilleta

### 3.3 Suelo

El suelo proviene del Campo 1 de la Estación "Santa Ana" del Centro Internacional de la Papa (distrito de Cajas, provincia de Huancayo). El campo se encontraba en descanso desde hace 8 años. Se trata de un suelo de textura Franca, con pH ácido, no salino, bajo contenido de materia orgánica, y bajo contenido de zinc. Algunas características se presentan en la tabla 5:

Tabla 5: Características fisicoquímicas del suelo experimental

| Característica | Unidad | Valor | Método de Análisis |
|---|---|---|---|
| pH $_{(1:1)}$ | -- | 5.64 | Potenciómetro 1:1 agua/suelo |
| CE $_{(1:1)}$ | dS $m^{-1}$ | 0.31 | Lectura del extracto de saturación |
| $CaCO_3$ | % | 0 | Gas Volumétrico |
| M.O. | % | 1.66 | Walkley y Black |
| P extractable | mg $kg^{-1}$ | 10.5 | Olsen modificado |
| K extractable | mg $kg^{-1}$ | 100 | Acetato de amonio 1N/pH 7 |
| CIC | cmol $kg^{-1}$ | 13.92 | Acetato de amonio 1N/pH 7 |
| Saturación de bases | % | 80 | Espectrofotometría de absorción atómica |
| Boro | mg $kg^{-1}$ | 0.30 | Espectrofotometría de absorción atómica |
| Hierro | mg $kg^{-1}$ | 366.5 | Espectrofotometría de absorción atómica |
| **Zinc extractable** | mg $kg^{-1}$ | **4.2** | Espectrofotometría de absorción atómica |

**FUENTE:** LASPAF-UNALM (ver anexo 1)

### 3.4 Métodos y procedimientos

En la preparación del sustrato se empleó suelo proveniente del Campo 1 del CIP Santa Ana en Huancayo, que previamente fue muestreado y analizado, mostrando niveles bajos de zinc (4.2 ppm).

Se establecieron 48 macetas (30 cm de diámetro x 30 cm de alto), con 6 kg de capacidad en un sustrato compuesto únicamente del suelo.

Se sembraron dos variedades de papa comercial (Amarilis y Canchan), a una densidad de una planta por maceta.

Al momento de la siembra se utilizó 5 kg de suelo, y se aplicó la fertilización con fosfato diamónico y cloruro de potasio, el Sulfato heptahidratado de zinc fue aplicado 18 días después de la siembra de las plantas, según cada tratamiento.

En el aporque se utilizó 1 kg más de tierra, y se hizo la fertilización con urea, todas las aplicaciones se hicieron en forma localizada, por golpes y diluidos en agua desionizada.

Al momento del aporque se hizo también la aplicación de todos los fertilizantes utilizados calculados para 1 kg de tierra.

No se presentó incidencia de plagas, por lo que no se hizo aplicaciones de insecticidas o fungicidas.

El experimento tuvo una duración total de 91 días

Tabla 6: Calendario de actividades durante el experimento de macetas

| Fecha | Actividad | Días después de la siembra |
|---|---|---|
| 31 agosto 2012 | Preparación de macetas y llenado del suelo | -6 |
| 6 setiembre 2012 | Siembra de ensayo Siembra de ensayo y fertilización con FDA (todo). Tierra = 5 kg | 0 |
| 19 setiembre 2012 | Aplicación de ClK diluido en agua destilada | 13 |
| 24 setiembre 2012 | Aplicación de $ZnSO_4$ diluido en agua destilada | 18 |
| 15 octubre 2012 | Se aporco las macetas con 1 kg extra de tierra (total = 6 kg) | 39 |
| 19 octubre 2012 | Aplicación de Urea (cálculo para 6Kg) | 43 |
| 23 octubre 2012 | Aplicación de FDA diluido en agua destilada para 1 kg | 47 |
| 29 octubre 2012 | Aplicación de ClK y $ZnSO_4$ para 1 kg | 53 |
| 6 diciembre 2012 | Cosecha | 91 |

**FUENTE: Elaboración propia**

Tabla 7: Tratamientos aplicados en el experimento de macetas

| Tratamiento | Dosis zinc (ppm) | Variedad |
|---|---|---|
| T1V1 | 0 | Canchan |
| T1V2 | 0 | Amarilis |
| T2V1 | 6 | Canchan |
| T2V2 | 6 | Amarilis |
| T3V1 | 12 | Canchan |
| T3V2 | 12 | Amarilis |
| T4V1 | 18 | Canchan |
| T4V2 | 18 | Amarilis |
| T5V1 | 24 | Canchan |
| T5V2 | 24 | Amarilis |
| T6V1 | 30 | Canchan |
| T6V2 | 30 | Amarilis |

Todos los tratamientos recibierón una fertilización básica de NPK (200-200-200) ppm

Tabla 8: Fuentes utilizadas para la aplicación de los elementos mayores

| Fertilizante | % de elemento |
|---|---|
| Urea | 46 % N |
| Fosfato diamónico | 18 % N y 46 % $P_2O_5$ |
| Cloruro de potasio | 60% $K_2O$ |
| Sulfato heptahidratado de zinc | 23% Zn |

**4.5 Evaluaciones**

A la cosecha se evaluaron los siguientes parámetros:

- Peso y número de tubérculos por planta (maceta), para el peso se usó una balanza digital
- Concentración de Zn en tubérculos y en follaje, para este resultado se envió un extracto de las muestras al laboratorio, las cuales fueron analizadas por el método de absorción atómica.

**4.6 Diseño experimental**

En el presente experimento se empleó un diseño completo al azar (DCA), con arreglo factorial de seis dosis de aplicación de zinc (0, 6, 12, 18, 24 y 30 mg $kg^{-1}$); los factores fueron 5 dosis de sulfato heptahidratado de zinc y un testigo (sin fertilización con zinc), por dos variedades de papa (Canchan INIA y Amarilis INIA) y cuatro repeticiones por cada combinación.

La unidad experimental fue una maceta de 12 pulgadas de diámetro con capacidad para 6 kg de tierra.

Se siguió el siguiente modelo aditivo lineal:

$$\mathbf{Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha_i * \beta_j + e_{ijk}}$$

**Yij**= Rendimiento obtenido en la k-esima maceta de la i-esima variedad con la j-esima dosis de zinc

**μ** = Efecto de la media general

**αi** = Efecto de la i-esima variedad de papa

**βj** = Efecto de la j-esima dosis de zinc

**αi*βj**= Efecto de la interacción de la i-esima variedad de papa con la j-esima dosis de zinc

**eijk** = Variable aleatoria del error experimental.

Tabla 9: Distribución de grados de libertad entre las fuentes de variación del experimento

| Fuente de Variación | Grados de libertad (G.L.) | # |
|---|---|---|
| **Fertilización** | t-1 | 5 |
| **Variedad** | v-1 | 1 |
| **Interacción F*V** | (t-1)*(v-1) | 5 |
| **Error experimental** | T*V*(ri -1) | 36 |
| **Total** | trv-1 | 47 |

Tratamiento Estadístico

$$H_p: \tau_i = 0$$

$$H_a: \tau_i \neq 0$$

Los datos obtenidos de la evaluación de variables en los tratamientos fueron sometidos al análisis de variancia (ANVA). Los promedios fueron comparados

mediante la Prueba de comparación de medias HSD (diferencia honestamente significativa) de Tukey con un nivel de significación de 0.05. Se utilizó la prueba de comparación de medias HSD de Tukey para aplicar rigor en la comparación y reducir la probabilidad de cometer error tipo I (falso positivo), ya que es una prueba de rango múltiple (se pueden comparar varias medias) pero utiliza un solo valor de comparación. Este valor no se relaciona con el testigo sino es un valor medio para la comparación.

El análisis estadístico fue realizado empleando el paquete *Agricolae* del ambiente para computación estadística R, versión 3.0.1 (R Core Team, 2013).

# IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados obtenidos en rendimiento total, , número y peso de tubérculos, así como la absorción de zinc, el contenido de zinc en hojas, tallos y tubérculos y la extracción de zinc, en el experimento de invernadero.

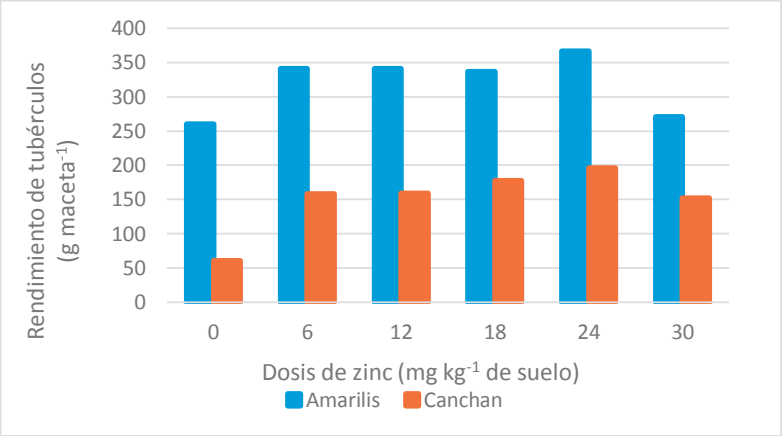



Grafico 1: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el rendimiento total de tubérculos en dos variedades de papa cultivadas en maceta

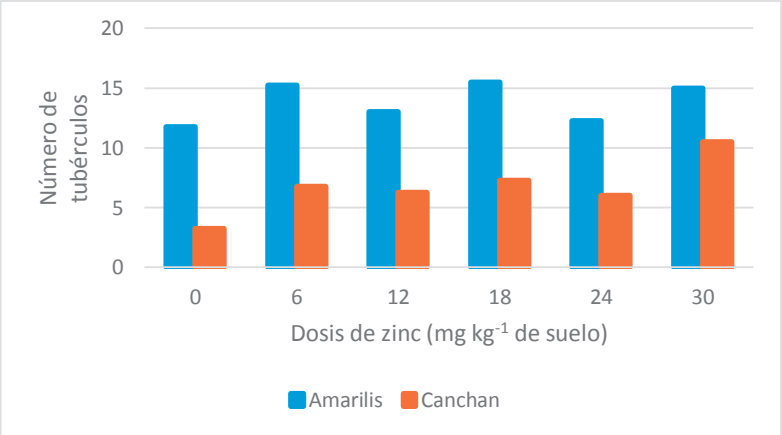



Grafico 2: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el número total de tubérculos en dos variedades de papa cultivadas en maceta

Tabla 10: Efecto de la aplicación de dosis crecientes de zinc sobre el rendimiento y el número de tubérculos en dos variedades de papa

| Factor | Rendimiento total (g maceta$^{-1}$) | Numero de tubérculos (U maceta$^{-1}$) |
|---|---|---|
| Dosis de zinc (ppm) | | |
| 0 | 160.2 [a] | 7.5 [a] |
| 6 | 249.4 [a] | 11.0 [a] |
| 12 | 250.0 [a] | 9.6 [a] |
| 18 | 257.3 [a] | 11.4 [a] |
| 24 | 281.0 [a] | 9.1 [a] |
| 30 | 211.6 [a] | 12.8 [a] |
| Variedad de papa | | |
| Amarilis | 319.3 [a] | 13.8 [a] |
| Canchan | 150.5 [b] | 6.7 [b] |
| Variedad | * | * |
| Dosis | n.s | n.s. |
| Variedad x dosis | n.s. | n.s. |

Como se observa en la tabla 10, que nos presenta el efecto de la aplicación de dosis crecientes de zinc sobre el rendimiento y el número de tubérculos en dos variedades de papa la aplicación de zinc (a cualquier dosis) no afectó el rendimiento ni el número de tubérculos de papa. Además puede notarse que la aplicación de zinc resulto en un rendimiento numéricamente mayor que el testigo sin aplicación de zinc.

Al comparar las variedades utilizadas, Amarilis tuvo notablemente más rendimiento que Canchan, lo cual se relacionó con un mayor número de tubérculos producidos. Esto indica mejor adaptación al clima o al suelo donde se desarrolló el experimento.

En el grafico 1, que nos muestra el efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el rendimiento total de tubérculos en dos variedades de papa cultivadas en maceta se observa un aumento progresivo en el rendimiento, conforme aumenta la dosis de zinc, sin embargo este disminuye con el tratamiento de 30 mg kg$^{-1}$.

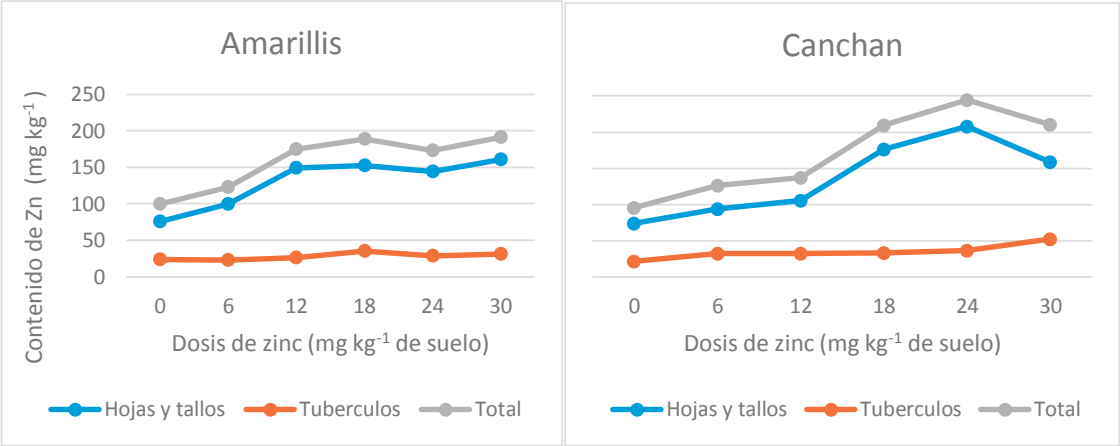



Grafico 3: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el contenido de zinc en hojas, tallos y tubérculos en dos variedades de papa cultivadas en maceta

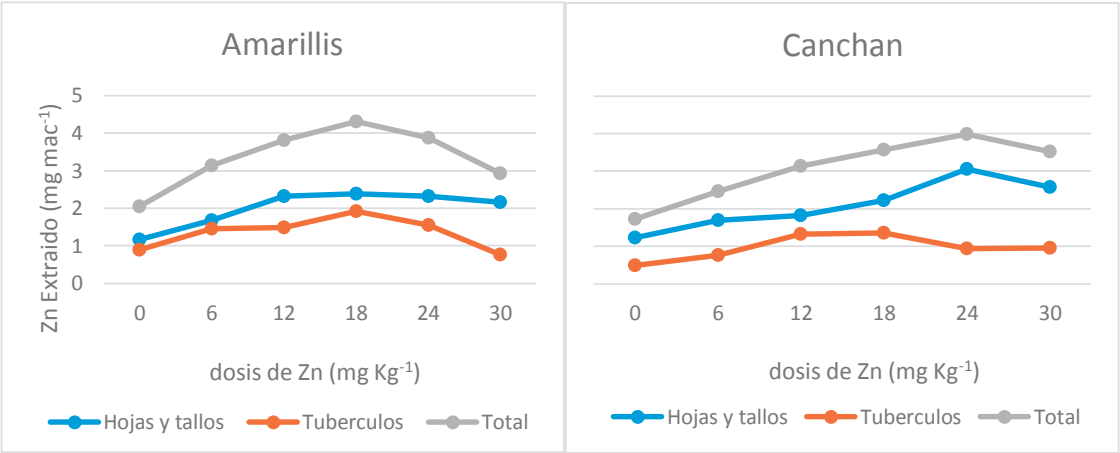



Grafico 4: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre la extracción de zinc en hojas, tallos y tubérculos en dos variedades de papa cultivadas en maceta

Tabla 11 : Efecto de la aplicación de dosis crecientes de zinc sobre el contenido (mg $kg^{-1}$) y la extracción de zinc (mg) en dos variedades de papa

| Factor | Contenido de zinc (mg $kg^{-1}$) | | Extracción de zinc (mg $maceta^{-1}$) | |
|---|---|---|---|---|
| | Hojas y tallos | Tubérculos | Hojas y tallos | Tubérculos |
| Dosis Zinc (ppm) | | | | |
| 0 | 74.7 $^{c}$ | 22.6 $^{b}$ | 1.1 $^{c}$ | 0.7 $^{a}$ |
| 6 | 96.8 $^{bc}$ | 24.8 $^{b}$ | 1.6 $^{bc}$ | 1.2 $^{a}$ |
| 12 | 127.0 $^{abc}$ | 28.5 $^{ab}$ | 2.1 $^{ab}$ | 1.4 $^{a}$ |
| 18 | 162.0 $^{ab}$ | 34.2 $^{ab}$ | 2.3 $^{ab}$ | 1.7 $^{a}$ |
| 24 | 176.0 $^{a}$ | 33.2 $^{ab}$ | 2.7 $^{a}$ | 1.2 $^{a}$ |
| 30 | 159.5 $^{ab}$ | 38.5 $^{a}$ | 2.4 $^{ab}$ | 0.9 $^{a}$ |
| Variedad de papa | | | | |
| Amarillis | 130.2 $^{a}$ | 28.0 $^{a}$ | 2.0 $^{a}$ | 1.3 $^{a}$ |
| Canchan | 133.6 $^{a}$ | 33.7 $^{b}$ | 2.0 $^{a}$ | 1.0 $^{a}$ |
| Variedad | n.s | * | n.s. | n.s. |
| Dosis | * | * | * | n.s. |
| Variedad x Dosis | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |

Como se observa en la tabla 11, que nos presenta el Efecto de la aplicación de dosis crecientes de zinc sobre el contenido (mg $kg^{-1}$) y la extracción de zinc (mg) en dos variedades de papa, en el contenido y extracción de zinc en hojas y tallos, las dosis de zinc aplicadas tuvieron diferencias significativas entre ellas, obteniéndose el mayor contenido con el tratamiento de 24 mg $kg^{-1}$ de zinc y el menor contenido de zinc con el tratamiento testigo (sin zinc), tanto en la concentración como en la extracción.

Al comparar las variedades utilizadas (Amarilis y Canchan), no se tuvo diferencias significativas entre las variedades utilizadas.

En cuanto al contenido de zinc en tubérculos, se obtuvieron diferencias significativas, encontrando que la dosis de 30 mg $kg^{-1}$ tuvo el mayor contenido y el tratamiento testigo, el menor valor, también se obtuvo diferencias entre las variedades utilizadas, siendo Canchan la que más contenido de zinc absorbió.

Pero en cuanto a la extracción de zinc de los tubérculos, no se obtuvo diferencia entre las dosis aplicadas, ni entre las variedades utilizadas

# V. CONCLUSIONES

- En cuanto a la productividad de tubérculos por maceta, ambas variedades mostraron una respuesta inmediata a la fertilización suplementaria con ZnSO4. Incrementándose el rendimiento de tubérculos por maceta en 161% y 31% en Canchan INIA y Amarilis INIA, respectivamente, cuando el nivel de zinc se elevó de 0 (testigo) a 6 ppm; pero la respuesta en rendimiento decayó conforme aumentó la concentración de zinc en el suelo.
- Ambas variedades mostraron también sensibilidad a la toxicidad a zinc, cuando las concentraciones de zinc aumentaron.
- La aplicación de sulfato de zinc heptahidratado, mejoró la acumulación de materia seca y el índice de cosecha, pero esta respuesta fue más definida en la variedad Canchan INIA que es más precoz que Amarilis INIA.
- Se obtuvo una tendencia entre el zinc extraído y el rendimiento para cada tratamiento. Observándose en el tratamiento de 30 ppm un claro ejemplo de toxicidad.
- La variedad Amarilis INIA tuvo un rendimiento superior a la variedad Canchan INIA. Esto debido a que tiene un periodo de crecimiento más largo que le permitió asimilar de mejor manera los tratamientos debido al movimiento lento del zinc soluble en la planta.
- Se observa que la concentración de zinc en Hojas y tallos disminuye de manera acropetala, desde las raíces hacia el extremo superior de las planta aunque los niveles de Fosforo no sean particularmente altos.

## EXPERIMENTO II: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ZINC EN CAMPO CON SUELO DE COSTA

# VI. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1 Lugar

El experimento fue instalado en una parcela agrícola del Campo "Libres 2" del Fundo Experimental Agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

**Ubicación geográfica:**

| | | |
|---|---|---|
| Distrito | : | La Molina. |
| Provincia | : | Lima. |
| Departamento | : | Lima. |
| Latitud | : | 12° 05°S |
| Longitud | : | -76° 56 ° O |
| Altitud | : | 243.7 m.s.n.m. |

### 6.2 Materiales y equipos

Material vegetal: Papa var. CANCHAN (1120 tubérculos)
Papa var. AMARILIS (1120 tubérculos)

- Sulfato de zinc Heptahidratado
- Balanza
- Bolsas
- Papel
- Etiquetas
- Tijeras
- Cuchillo
- Plumón
- Agua desionizada
- Horno
- Molino Eléctrico
- Bandejas
- Sacos

### 6.3 Suelo

El Campo Libres 2 de la Universidad Nacional Agraria La Molina, es manejado en forma intensiva, el cultivo anterior fue maíz amarillo duro y en anteriores campañas ha sido sembrado con algunas leguminosas. La capa arable del campo presenta un suelo de textura Franco Arenosa, con pH ligeramente alcalino, muy ligeramente salino, bajo contenido de materia orgánica, y bajo contenido de zinc; algunas características se presentan en la tabla 12:

Tabla 12: Características fisicoquímicas del suelo experimental

| Característica | Unidad | Valor | Método de Análisis |
|---|---|---|---|
| pH $_{(1:1)}$ | -- | 7.63 | Potenciómetro 1:1 agua/suelo |
| CE $_{(1:1)}$ | dS $m^{-1}$ | 0.3 | Lectura del extracto de saturación |
| $CaCO_3$ | % | 5.1 | Gas Volumétrico |
| M.O. | % | 1.52 | Walkley y Black |
| P extractable | mg $kg^{-1}$ | 13.7 | Olsen modificado |
| K extractable | mg $kg^{-1}$ | 121 | Acetato de amonio 1N/pH 7 |
| CIC | cmol $kg^{-1}$ | 9.6 | Acetato de amonio 1N/pH 7 |
| Saturación de bases | % | 100 | Espectrofotometría de absorción atómica |
| Boro | mg $kg^{-1}$ | 1.1 | Espectrofotometría de absorción atómica |
| Hierro | mg $kg^{-1}$ | 23.9 | Espectrofotometría de absorción atómica |
| **Zinc extractable** | mg $kg^{-1}$ | **8.5** | Espectrofotometría de absorción atómica |

**FUENTE:** LASPAF-UNALM (ver anexo 2)

### 6.4 Métodos y procedimientos

Se establecieron 28 parcelas (3m x 8m), en un área de 950 $m^2$ en la UNALM y se aplicó un abonamiento de fondo (N-P-K) de acuerdo al respectivo análisis de caracterización y los seis tratamientos de zinc.

Este ensayo se dividió en dos experimentos que se realizaron en el mismo campo, el experimento 2 es el ensayo de comparación de dosis con y sin aplicación foliar y el experimento 3 es un ensayo con experimentos donde se hizo solo aplicaciones al suelo.

En cada parcela (bloque) se sembró 8 surcos, que se distribuyeron de la siguiente manera: 4 surcos de la variedad Amarilis y en los 4 restantes la variedad Canchan, ambas a una densidad de 0.9m x 0.3m. Los tratamientos de zinc se aplicaron en forma localizada al suelo (por golpes), esta fertilización se hizo al momento del aporque.

La fertilización foliar de zinc se hizo en 2 momentos (45 días después de la siembra y 75 días después de la siembra)

Al momento de la siembra, se aplicó la mitad de la dosis de urea y cloruro de potasio y el total del fosfato diamónico.

La urea y el cloruro de potasio restante, se aplicó al momento del aporque, junto con el Sulfato heptahidratado de zinc.

Al momento de la siembra se hizo una aplicación localizada del insecticida granulado Granolate Plus® (Rathioate 1%, Inertes 99%) para prevenir el daño por gusanos de tierra

A lo largo del cultivo, la plaga que se presentó con mayor incidencia, fue la mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*), pero esta fue controlada mediante aplicaciones continuas de Lannate® 90PS (Metomil 90%, Aditivos 10%), Deltaplus® 2.5EC (Deltametrina 2.5%, Aditivos 97.5%), y Vermetin® 1.8 % CE (Avermectina 1.8%, Aditivos 98.2%), cada 15 días.

El experimento tuvo una duración de 125 días

Tabla 13: Calendario de actividades durante el experimento de campo

| Fecha | Actividad | Días después de la siembra |
|---|---|---|
| 1-8 Agosto 2012 | Preparación del campo | -8 |
| 9 Agosto 2012 | Siembra de ensayo y fertilización con el total del fosfato diamónico, y la mitad de urea y cloruro de potasio | 0 |
| 29 Agosto 2012 | Aplicación de herbicida selectivo | 20 |
| 21 de Setiembre | Aplicación de segunda dosis de urea y cloruro de potasio | 43 |
| 24 de Setiembre | Aporque | 46 |
| 24 de Setiembre | 1er. muestreo de hojas y tallos | 46 |
| 24 de Setiembre | Aplicación de $ZnSO_4$ al suelo | 46 |
| 9 Octubre 2012 | 1ra aplicación foliar de $ZnSO_4$ | 60 |
| 23 Octubre | 2da aplicación foliar de $ZnSO_4$ | 75 |
| 29 de Octubre | 2do muestreo de hojas y tallos | 81 |
| 11-12 de Diciembre | Cosecha | 125 |

**FUENTE:** Elaboración propia

Tabla 14: Tratamientos aplicados en el experimento de campo

| **Tratamiento** | **Dosis kg ha$^{-1}$ $ZnSO_4.7H_2O$** | **Variedad** |
|---|---|---|
| T1V1 | 0 | Canchan |
| T1V2 | 0 | Amarilis |
| T2V1 | 25 | Canchan |
| T2V2 | 25 | Amarilis |
| T3V1 | 50 | Canchan |
| T3V2 | 50 | Amarilis |
| T4V1 | 75 | Canchan |
| T4V2 | 75 | Amarilis |
| T5V1 | 25+ 0.5% | Canchan |
| T5V2 | 25+ 0.5% | Amarilis |
| T6V1 | 50+ 0.5% | Canchan |
| T6V2 | 50+ 0.5% | Amarilis |
| T7V1 | 0.50% | Canchan |
| T7V2 | 0.50% | Amarilis |

Todos los tratamientos recibieron una fertilización básica de NPK (180-160-200)

Tabla 15: Fuentes utilizadas para la aplicación de los elementos mayores

| **Fertilizante** | **% de elemento** |
|---|---|
| Urea | 46 % N |
| Fosfato diamónico | 18 % N y 46 % $P_2O_5$ |
| Cloruro de potasio | 60% $K_2O$ |
| Sulfato heptahidratado de zinc | 23% Zn |

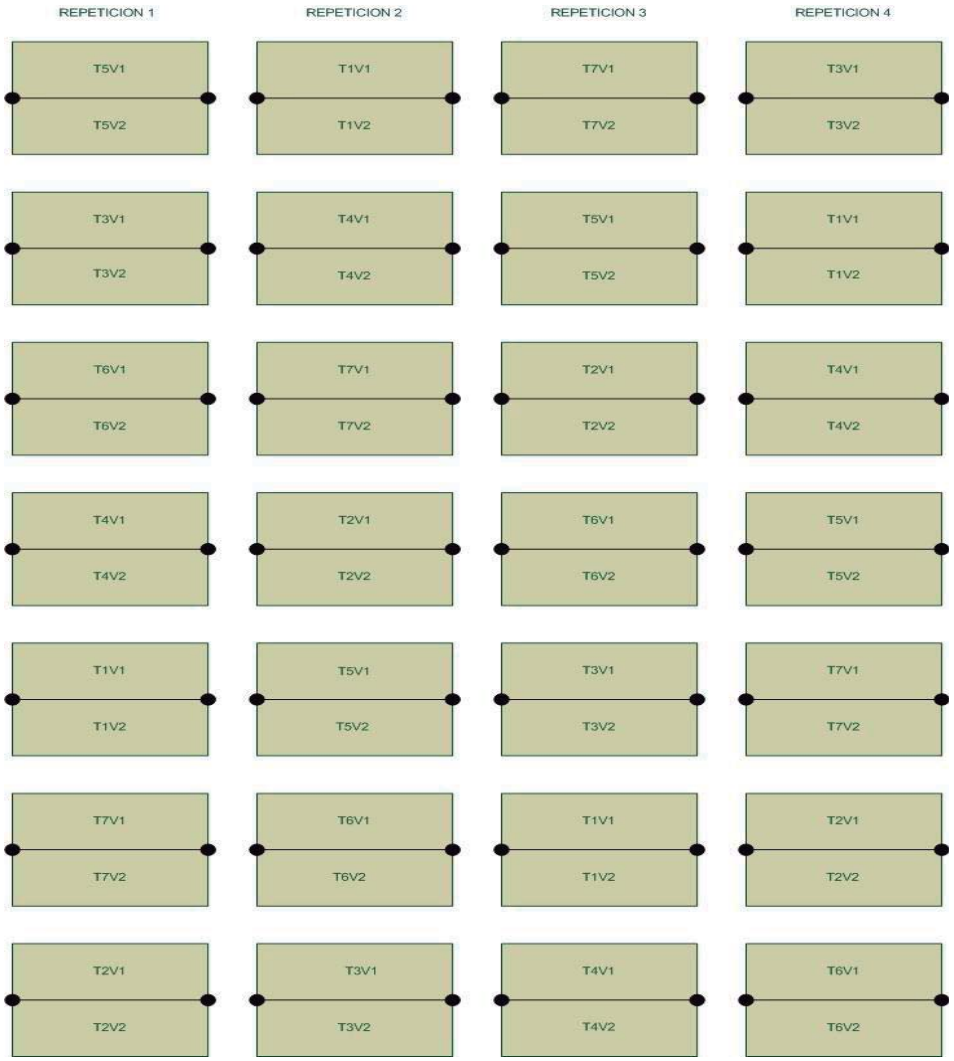



Figura 3: Croquis de distribución de los tratamientos en campo

## 6.5 Evaluaciones

A la cosecha se evaluaron los siguientes parámetros:

- Peso total de tubérculos por parcela, para el peso se utilizó una balanza digital
- Peso de tubérculos por calibre: Es una relación entre el peso y los diámetros (mayor/menor) de los tubérculos de papa, así se obtuvieron las categorías: Extra (382 a 615g), Primera (179 a 381g) Segunda (50 a 178g) (INDECOPI, 2010).
- Número total de tubérculos por parcela
- Número de tubérculos por calibre.
- Concentración de zinc en tubérculos, tallos y hojas, para este resultado se envió un extracto de las muestras al laboratorio, los cuales fueron analizados por el método de absorción atómica.
- En el segundo muestreo (85 días) se obtuvo el peso seco de biomasa de hojas, tallos y tubérculos, además para determinar el Índice de cosecha, se hicieron análisis de correlación entre los índices de cosecha y rendimiento de tubérculos de los tratamientos aplicados. Además, se tomaron muestras compuestas de hojas, tallos y tubérculos de 5 plantas de cada parcela, en 2 momentos (antes y después de la floración, 46 y 81 días después de la emergencia) para determinar la concentración de zinc.

## 6.6 Diseño experimental

La evaluación se estableció bajo un diseño BCR con 7 tratamientos y 4 repeticiones, donde cada tratamiento se distribuyó al azar en las parcelas formando bloques completos. El área de la unidad experimental fue de 24 m2 y cada una estuvo formada por parcelas de 8 surcos, de 8 metros de largo x 3 metros de ancho con 0.9 metros de distancia entre surco y surco y 0.3 m entre plantas, para una densidad de siembra de 40 plantas por parcela.

<u>Modelo Aditivo Lineal</u>

$$\mathbf{Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha*\beta)_{ij} + £_k + e_{ijk}}$$

$\mathbf{Y_{ijk}}$= Rendimiento en la k-ésima parcela de la i-ésima variedad recibiendo la j-ésima dosis de zinc

$\boldsymbol{\mu}$ = Efecto de la media general

$\boldsymbol{\alpha_i}$= Efecto de la i-ésima variedad de papa

$\boldsymbol{\beta_j}$= Efecto de la j-ésima dosis de zinc

$\boldsymbol{\alpha * \beta_{ij}}$ = Efecto de la interacción de la i-ésima variedad de papa con la j-ésima dosis de zinc

$\boldsymbol{£_k}$ = Efecto del k-ésimo bloque

$\boldsymbol{e_{ijk}}$= Variable aleatoria del error experimental.

Tabla 16 : Grados de Libertad

| **Fuente de Variación** | **Grados de Libertad (G.L.)** | # |
|---|---|---|
| **Fertilización** | t-1 | 6 |
| **Variedad** | v-1 | 1 |
| **Interacción F*V** | (t-1)*(v-1) | 6 |
| **Bloque** | b-1 | 3 |
| **Error experimental** | [(t*v)-1](b-1) | 39 |
| **Total** | tbv-1 | 55 |

Tratamiento Estadístico

$$H_p: \tau_i = 0$$

$$H_a: \tau_i \neq 0$$

Los datos obtenidos de la evaluación de variables en los tratamientos fueron sometidos al análisis de variancia (ANVA). Los promedios fueron comparados mediante la Prueba de comparación de medias HSD (diferencia honestamente significativa) de Tukey con un nivel de significación de 0.05. Se utilizó la prueba de comparación de medias HSD de Tukey para aplicar rigor en la comparación y reducir la probabilidad de cometer error tipo I (falso positivo), ya que es una prueba de rango múltiple (se pueden comparar varias medias) pero utiliza un solo valor de comparación. Este valor no se relaciona con el testigo sino es un valor medio para la comparación.

El análisis estadístico fue realizado empleando el paquete Agricolae del ambiente para computación estadística R, versión 3.0.1 (R Core Team, 2013).

# VII. Resultados y Discusión

### 7.1 EXPERIMENTO 2: Tratamientos (0, 25, 50, F, 25+F, 50+F) (dosis con y sin aplicación foliar)

A continuación se presentan los resultados obtenidos en rendimiento total, rendimiento comercial, número y peso de tubérculos por categoría, así como la absorción de zinc, el contenido de zinc en hojas, tallos y tubérculos y la extracción de zinc, en el experimento de campo.

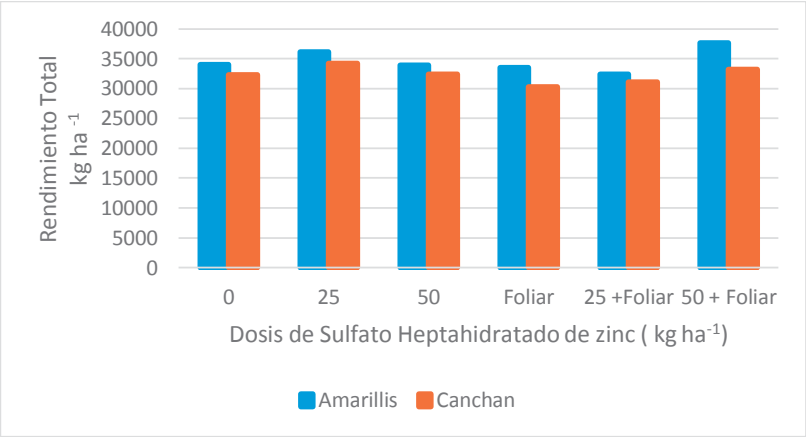



Gráfico 5: Efecto de la aplicación de zinc sobre el rendimiento total de tubérculos en los tratamientos con y sin aplicación foliar en dos variedades de papa cultivadas en campo

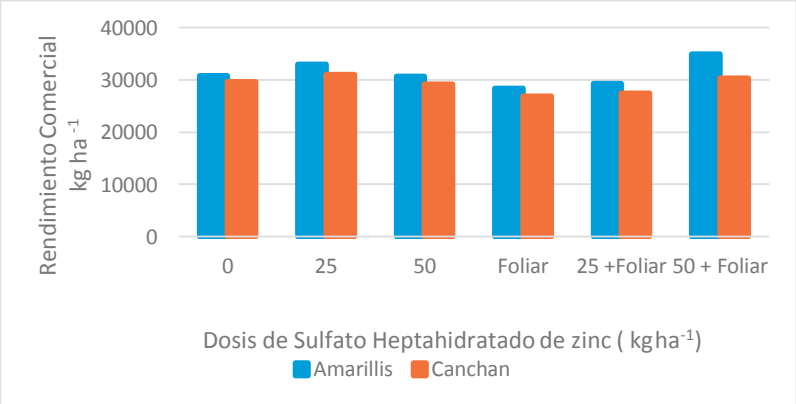


Gráfico 6 : Efecto de la aplicación de zinc sobre el rendimiento comercial de tubérculos en los tratamientos con y sin aplicación foliar en dos variedades de papa cultivadas en campo

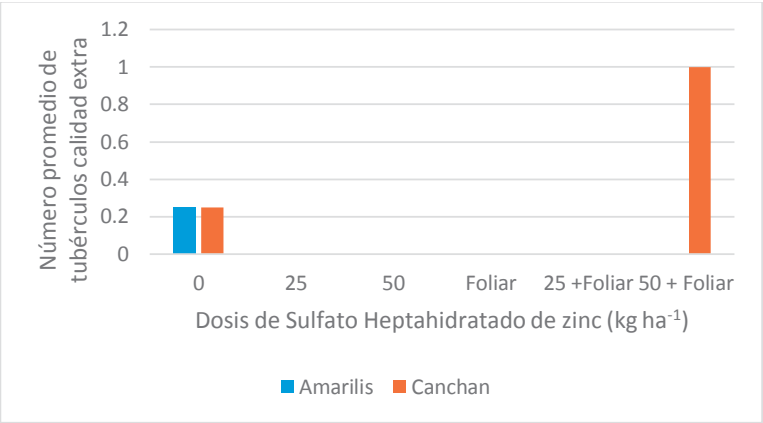



Gráfico 7: Efecto de la aplicación de zinc sobre el número promedio de tubérculos calibre Extra en los tratamientos con y sin aplicación foliar en dos variedades de papa cultivadas en campo

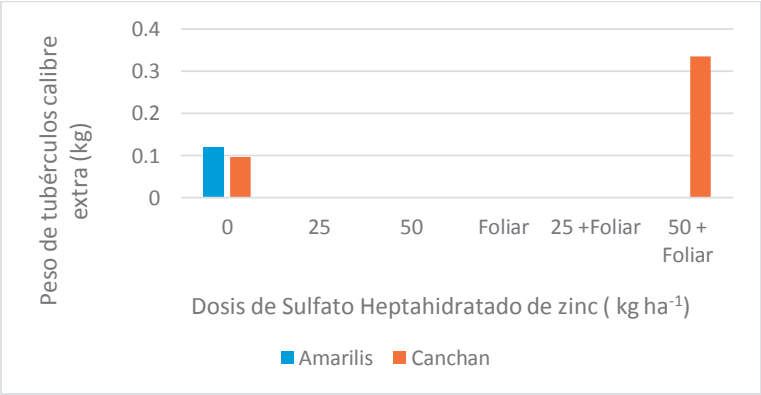



Gráfico 8: Efecto de la aplicación de zinc sobre el peso promedio de tubérculos calibre extra en los tratamientos con y sin aplicación foliar en dos variedades de papa cultivadas en campo

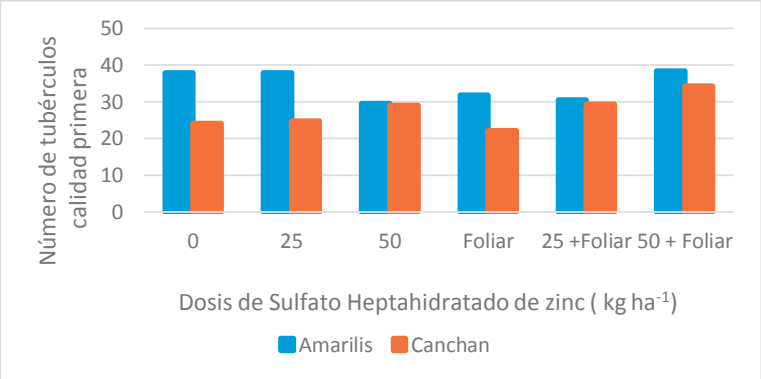


Gráfico 9: Efecto de la aplicación de zinc sobre el número promedio de tubérculos calibre primera en los tratamientos con y sin aplicación foliar en dos variedades de papa cultivadas en campo

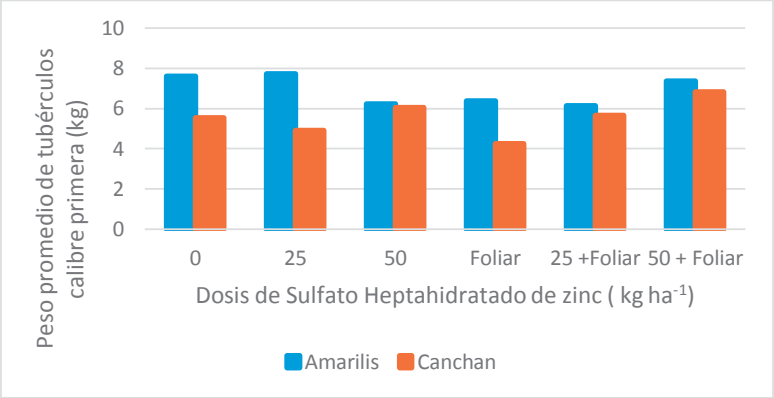



Gráfico 10 : Efecto de la aplicación de zinc sobre el peso promedio de tubérculos calibre primera en los tratamientos con y sin aplicación foliar en dos variedades de papa cultivadas en campo

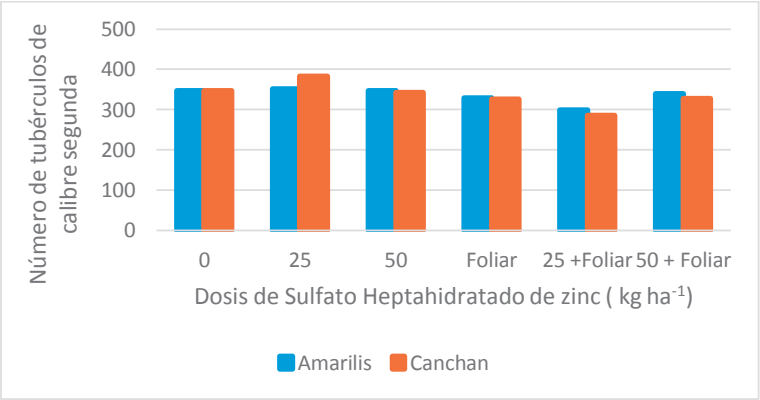



Gráfico 11: Efecto de la aplicación de zinc sobre el número de tubérculos calibre segunda en los tratamientos con y sin aplicación foliar en dos variedades de papa cultivadas en campo

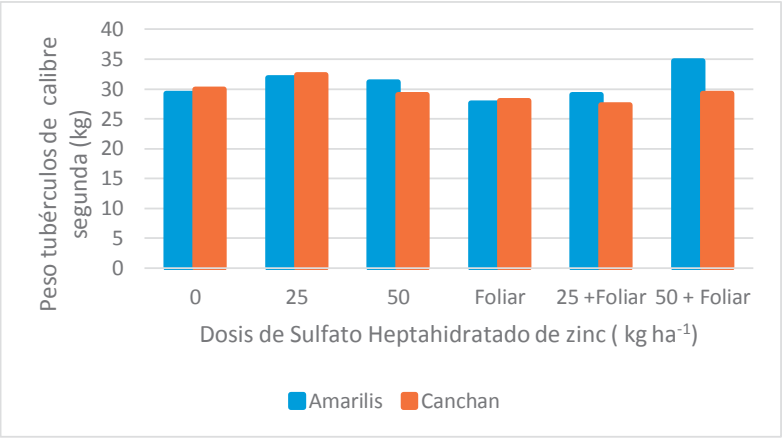



Gráfico 12: Efecto de la aplicación de zinc sobre el peso de tubérculos calibre segunda en los tratamientos con y sin aplicación foliar en dos variedades de papa cultivadas en campo

Tabla 17: Efecto de la aplicación de dosis crecientes de zinc de forma edáfica y foliar sobre el rendimiento (kg $ha^{-1}$), el peso (kg) y el número de tubérculos según cada calibre en dos variedades de papa

| Factor | Rendimiento total (kg $ha^{-1}$) | Rendimiento comercial (kg $ha^{-1}$) | Numero de tubérculos Extra | Peso tubérculos Extra (kg) | Numero de tubérculos Primera | Peso tubérculos Primera (kg) | Numero de tubérculos Segunda | Peso tubérculos Segunda (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Dosis Zinc (kg.$ha^{-1}$) | | | | | | | | |
| 0 | 33700 $^{a}$ | 29961.3$^{a}$ | 0.1$^{a}$ | 0.05 $^{a}$ | 28.8$^{a}$ | 5.9 $^{a}$ | 337.4 $^{a}$ | 28.6$^{a}$ |
| 25 | 34620 $^{a}$ | 31251.7$^{a}$ | 0 $^{a}$ | 0 $^{a}$ | 30.5$^{a}$ | 6.1 $^{a}$ | 329.9 $^{a}$ | 30.1$^{a}$ |
| 50 | 35340 $^{a}$ | 32289.9$^{a}$ | 0.2$^{a}$ | 0.08 $^{a}$ | 32.7$^{a}$ | 6.6 $^{a}$ | 338.9 $^{a}$ | 31.01$^{a}$ |
| Variedad | | | | | | | | |
| Amarilis | 35590 $^{a}$ | 32094.9$^{a}$ | 0.04 $^{a}$ | 0.02 $^{a}$ | 34.2$^{a}$ | 6.9 $^{a}$ | 335.6 $^{a}$ | 30.6$^{a}$ |
| Canchan | 33510 $^{a}$ | 30240.3$^{a}$ | 0.2 $^{a}$ | 0.07$^{a}$ | 27.2$^{b}$ | 5.5 $^{b}$ | 335.2 $^{a}$ | 29.3$^{a}$ |
| Tipo de aplicación | | | | | | | | |
| F | 34290 $^{a}$ | 30680 $^{a}$ | 0.1 $^{a}$ | 0.05 $^{a}$ | 31 $^{a}$ | 6.1 $^{a}$ | 317.8$^{b}$ | 29.3$^{a}$ |
| S | 34810 $^{a}$ | 31660 $^{a}$ | 0.08 $^{a}$ | 0.03 $^{a}$ | 30.4$^{a}$ | 6.3 $^{a}$ | 352.9$^{a}$ | 30.6$^{a}$ |
| Variedad | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | * | * | n.s. | n.s. |
| Dosis | n.s | n.s | n.s | n.s | n.s | n.s | n.s | n.s |
| Foliar | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | * | n.s. |
| Variedad x Dosis | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Variedad x Foliar | n.s | n.s | n.s | n.s | n.s | n.s | n.s | n.s |
| Dosis x Foliar | n.s. | n.s | n.s | n.s | n.s | n.s | n.s | n.s |
| Variedad x Dosis x Foliar | n.s | n.s. | n.s. | n.s. | n.s | n.s | n.s. | n.s. |

**FUENTE:** Elaboración propia (anexo 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16)

Como se observa en la tabla 17, que nos presenta el efecto de la aplicación de dosis crecientes de zinc de forma edáfica y foliar sobre el rendimiento (kg $ha^{-1}$), el peso (kg) y el número de tubérculos según cada calibre en dos variedades de papa, en cuanto al rendimiento total, no se obtuvo diferencia significativa entre las dosis, variedades y forma de aplicación, pero en el gráfico 5 podemos observar que con el tratamiento de 50 kg $ha^{-1}$ + foliar, se obtuvo la mayor producción, además la variedad Amarilis tuvo una mayor producción.

En el rendimiento comercial, solo se tomaron en cuenta los calibres extra, primera y segunda, no se utilizó el descarte. En esta variable tampoco se obtuvieron diferencias significativas entre las dosis, variedades y forma de aplicación. En el grafico 6, que nos muestra Efecto de la aplicación de zinc sobre el rendimiento total de tubérculos en los tratamientos con y sin aplicación foliar en dos variedades de papa cultivadas en campo se observa que con el tratamiento de 50 kg $ha^{-1}$ + foliar, se obtuvo la mayor producción, además la variedad Amarilis tuvo una mayor producción y en los bloques sin aplicación foliar se obtuvieron mejores resultados.

En cuanto al número de tubérculos: como se observa en el grafico 7, en el calibre extra, con la dosis de 50 Kg $ha^{-1}$ + foliar, se tuvo la mayor producción, además la variedad Canchan tuvo una mayor producción en este calibre, y los bloques que tuvieron una aplicación foliar, tuvieron una mejor respuesta que los que no tuvieron este tipo de aplicación. En todos los casos, no se obtuvo diferencia significativa entre las dosis, variedades y forma de aplicación.

En el calibre de primera, como se observa en el grafico 9 que nos muestra el efecto de la aplicación de zinc sobre el peso promedio de tubérculos calibre primera en los tratamientos con y sin aplicación foliar en dos variedades de papa cultivadas en campo, se obtuvo el mayor número de tubérculos con el tratamiento de 50 kg $ha^{-1}$ + foliar y el menor número con el tratamiento testigo en la variedad Canchan y con el tratamiento de 50 kg $ha^{-1}$ en la variedad Amarilis, además entre las variedades Amarilis tuvo un numero de tubérculos significativamente mayor a Canchan y con la aplicación foliar se obtuvieron mejores resultados.

En el calibre de segunda la mayor cantidad de tubérculos se obtuvo con la dosis de 25 $kg.ha^{-1}$ y la menor cantidad con el tratamiento de 25 kg $ha^{-1}$+ foliar (ver gráfico 11). Entre las variedades no se obtuvo diferencias significativas. Pero los tratamientos sin aplicación foliar tuvieron un numero de tubérculos, significativamente mayor que los tratamientos con aplicación foliar.

En cuanto al peso de los tubérculos: para el calibre extra (ver gráfico 8), el mayor efecto se obtuvo con la dosis de 50 kg $ha^{-1}$ + foliar. Además con la variedad Canchan, se obtuvo un peso ligeramente mayor que con la variedad amarilis. La aplicación foliar tuvo mejores resultados que los tratamientos sin aplicación foliar. No se encontró diferencia significativa para las variables antes mencionadas.

Como se observa en el grafico 10 que muestra el efecto de la aplicación de zinc sobre el peso promedio de tubérculos calibre primera en los tratamientos con y sin aplicación foliar en dos variedades de papa cultivadas en campo, no se obtuvo diferencia significativa en peso entre los tratamientos, pero se obtuvo el mayor peso con el tratamiento de 50 kg $ha^{-1}$ + foliar y el menor peso con el tratamiento solo foliar. Además con la variedad Amarilis se obtuvo un peso significativamente mayor que con la variedad Canchan. No se obtuvo diferencia significativa con el tipo de aplicación, teniendo mayor peso sin aplicación foliar.

En el calibre de segunda (gráfico 12), no se obtuvo diferencia significativa para ninguna variable, pero con el tratamiento de 50 kg $ha^{-1}$ + foliar, fue con el que mayor peso se obtuvo. Se tuvo una mayor producción con la variedad amarilis y sin aplicación foliar, como podemos observar en el gráfico.

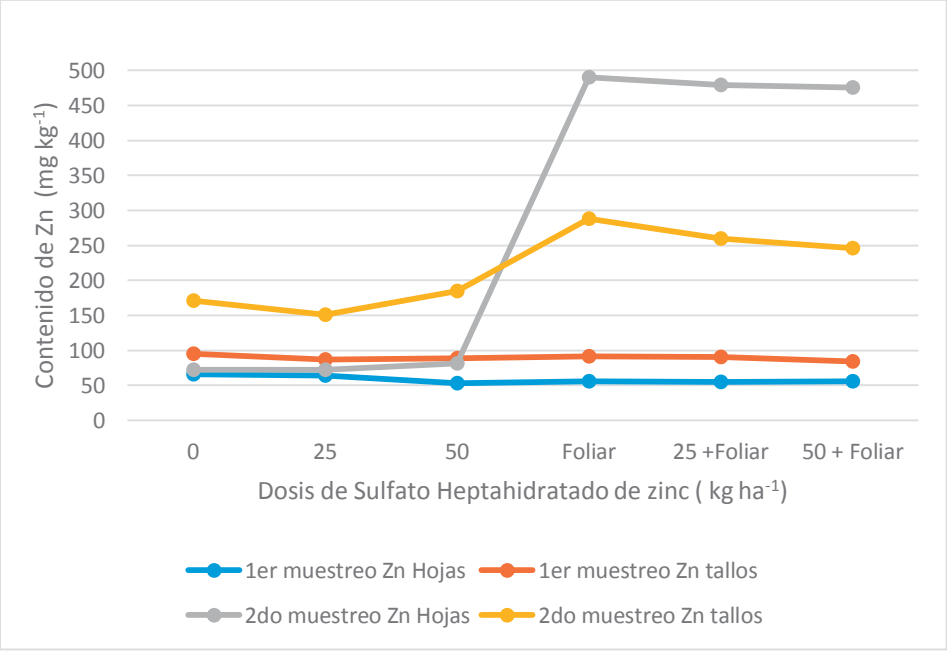


Gráfico 13 : Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el contenido promedio de zinc en hojas y tallos en los tratamientos con y sin aplicación foliar en el primer y segundo muestreo en la variedad Amarilis INIA cultivada en campo

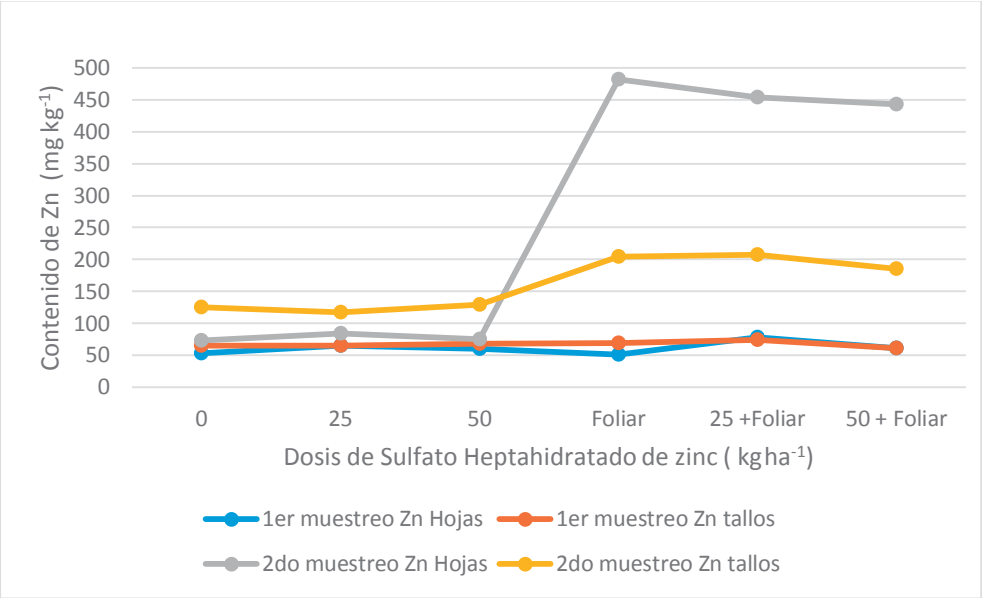



Gráfico 14: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el contenido promedio de zinc en hojas y tallos en los tratamientos con y sin aplicación foliar en el primer y segundo muestreo en la variedad Canchan INIA cultivada en campo

Tabla 18 : Efecto de la aplicación de dosis crecientes de zinc de forma edáfica y foliar sobre el contenido de zinc (mg $kg^{-1}$) en la materia seca de hojas y tallos de en el primer muestro (46 dds) y segundo muestreo (81 dds) en dos variedades de papa

| **Factor** | **Contenido de Zn en hojas (mg $kg^{-1}$)** | | **Contenido de Zn en tallos (mg $kg^{-1}$)** | |
|---|---|---|---|---|
| | **Primer muestreo** | **Segundo muestreo** | **Primer muestreo** | **Segundo muestreo** |
| Dosis zinc (kg $ha^{-1}$) | | | | |
| 0 | 56.1[a] | 279.4 [a] | 79.9[a] | 197.1 [a] |
| 25 | 65.4[a] | 272.3 [a] | 79.06[a] | 186.4 [a] |
| 50 | 57.2[a] | 268.9 [a] | 75.3[a] | 183.8 [a] |
| Variedad | | | | |
| Amarilis | 58[a] | 278.6 [a] | 89.4[a] | 216.9 [a] |
| Canchan | 61.2[a] | 268.5 [a] | 66.8[b] | 161.3 [b] |
| Tipo de aplicación | | | | |
| F | 59.3[a] | 470.7 [a] | 78.1[a] | 231.8 [a] |
| S | 59.8[a] | 76.3[b] | 78.08 [a] | 146.5 [b] |
| Variedad | n.s. | n.s. | * | n.s. |
| Dosis | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Foliar | n.s. | * | n.s. | * |
| Variedad x dosis | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Variedad x foliar | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Dosis x foliar | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Variedad x dosis x foliar | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |

**FUENTE: Elaboración propia (Anexo 17, 18, 19 y 20)**

Como se observa en la tabla 18: Efecto de la aplicación de dosis crecientes de zinc de forma edáfica y foliar sobre el contenido de zinc (mg $kg^{-1}$) en la materia seca de hojas y tallos de en el primer muestro (46 dds) y segundo muestreo (81 dds) en dos variedades de papa, El contenido de zinc en el primer muestreo en hojas, el mayor contenido se obtuvo en los bloques de los tratamientos de 25 kg $ha^{-1}$ + foliar, además la variedad Canchan tuvo mayor contenido que Amarilis y no se encontró diferencia en el tipo de aplicación. En el momento de este muestreo, no se había realizado ninguna aplicación foliar.

En cuanto al contenido de zinc en tallos en el primer muestreo, se encontró diferencia significativa en el tipo de aplicación, obteniéndose un mayor contenido en los tratamientos con aplicación foliar.

En el segundo muestreo en hojas, la variedad Amarilis tuvo mayor contenido que Canchan y se encontró diferencia significativa en el tipo de aplicación. En el momento de este muestreo, se habían realizado dos aplicaciones foliares.

En cuanto al contenido de zinc en tallos en el segundo muestreo, se encontró diferencia significativa entre las variedades utilizadas, obteniéndose un mayor contenido con la variedad Amarilis. Además los bloques que recibieron la aplicación foliar, tienen un contenido significativamente mayor que los bloques que no recibieron.

El contenido de zinc en la variedad Amarilis (Ver gráfico 13), se observa que en las hojas en el primer muestreo (46 dds), el tratamiento testigo es el que mayor contenido de zinc presenta, pero no se observan diferencias significativas entre los tratamientos. Mientras que en el segundo muestreo (81 dds), se observa que con todos los tratamientos foliares incrementa diez veces la cantidad de zinc encontrada en el primer muestreo y el tratamiento testigo es el que menor valor presenta.

Además en el contenido de zinc en tallos, se observa que en el primer muestreo (46 dds), el tratamiento testigo es el que mayor contenido de zinc presenta, pero no se observan diferencias significativas. Mientras que en el segundo muestreo (81 dds), se observa que con todos los tratamientos foliares incrementa dos veces la cantidad de zinc encontrada en el primer muestreo, observándose el mayor valor con el tratamiento Foliar y el menor valor con el tratamiento de 25 kg $ha^{-1}$

El contenido de zinc en la variedad Canchan (Ver gráfico 14), se observa que en las hojas en el primer muestreo (46 dds), el tratamiento 25 kg $ha^{-1}$ + foliar es el que mayor contenido de zinc presenta, pero no se observan diferencias significativas entre los tratamientos. Mientras que en el segundo muestreo (81 dds), se observa que con todos los tratamientos foliares incrementa diez veces la cantidad de zinc encontrada en el primer muestreo y el tratamiento 25 kg $ha^{-1}$ + foliar es el que mayor valor presenta.

Además en el contenido de zinc en tallos, se observa que en el primer muestreo (46 dds), el tratamiento 25 kg $ha^{-1}$ + foliar es el que mayor contenido de zinc presenta, pero no se observan diferencias significativas entre los tratamientos. Mientras que en el segundo muestreo (81 dds), se observa que con todos los tratamientos foliares incrementa aproximadamente cuatro veces la cantidad de zinc encontrada en el primer muestreo, observándose el mayor valor con el tratamiento foliar y el menor valor con el tratamiento de 25 kg $ha^{-1}$

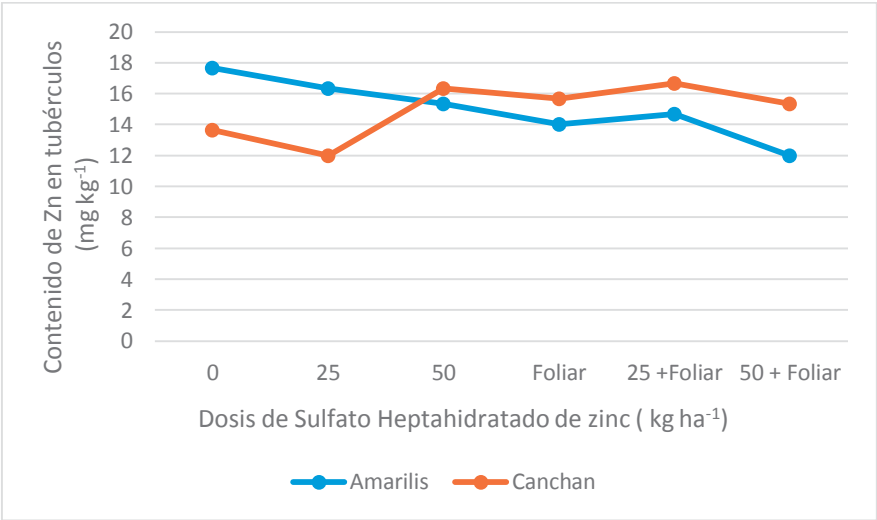



Gráfico 15 : Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el contenido promedio de zinc en tubérculos en dos variedades de papa cultivadas en campo

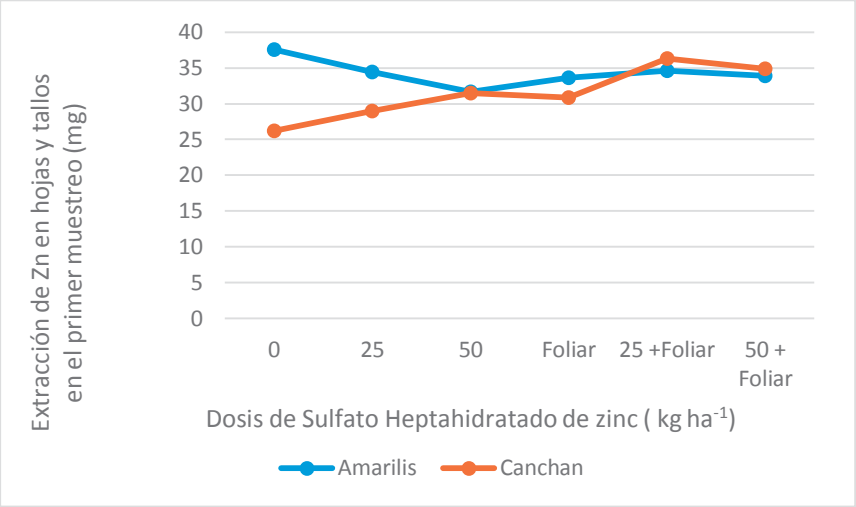



Gráfico 16 : Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre la extracción de zinc en hojas y tallos en el primer muestreo en los tratamientos con y sin aplicación foliar en dos variedades de papa cultivadas en campo

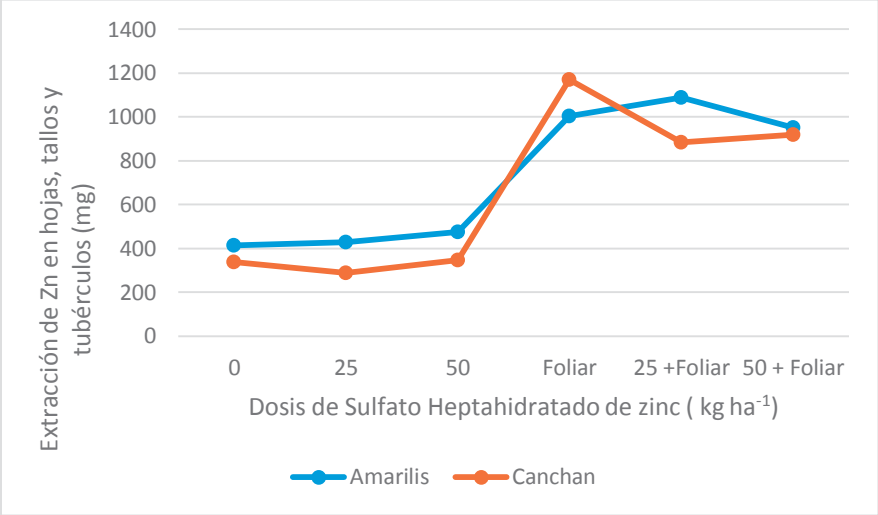



Gráfico 17 : Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre la extracción de zinc en hojas, tallos y tubérculos en el segundo muestreo en los tratamientos con y sin aplicación foliar en dos variedades de papa cultivadas en campo

Tabla 19: Efecto de la aplicación de dosis crecientes de zinc de forma edáfica y foliar sobre el contenido de zinc en tubérculos (mg $kg^{-1}$) y la extracción de zinc en hojas, tallos y tubérculos (mg)

| Factor | Contenido de Zn en tubérculos (mg $kg^{-1}$) | Extracción de Zn en hojas y tallos (Primer muestreo) (mg) | Extracción de Zn total (Hojas, tallos y tubérculos) (mg) |
|---|---|---|---|
| Dosis Zinc (kg $ha^{-1}$) | | | |
| 0 | 15.2[a] | 32.05 [a] | 731.1 [a] |
| 25 | 14.9[a] | 33.5[a] | 671.5 [a] |
| 50 | 14.7[a] | 32.9[a] | 672.3 [a] |
| Variedad | | | |
| Amarilis | 15 [a] | 34.3[a] | 726.5[a] |
| Canchan | 14.9[a] | 31.4[a] | 656.7[a] |
| Tipo de aplicación | | | |
| F | 14.7[a] | 34[a] | 1002.1[a] |
| S | 15.2 [a] | 31.7[a] | 381[b] |
| Variedad | n.s. | n.s. | n.s. |
| Dosis | n.s | n.s | n.s |
| Foliar | n.s. | n.s. | * |
| Variedad x Dosis | * | n.s. | n.s. |
| Variedad x Foliar | * | n.s | n.s |
| Dosis x Foliar | n.s. | n.s. | n.s |
| Variedad x Dosis x Foliar | n.s. | n.s. | n.s. |

**FUENTE: Elaboración propia (Anexo 21, 22, 23)**

Como se observa en la tabla 18 :Efecto de la aplicación de dosis crecientes de zinc de forma edáfica y foliar sobre el contenido de zinc en tubérculos (mg $kg^{-1}$) y la extracción de zinc en hojas, tallos y tubérculos (mg), en el contenido de zinc en tubérculos (ver gráfico 21), se obtuvo el mayor valor con el tratamiento testigo en la variedad Amarilis y con el tratamiento de 50 kg $ha^{-1}$ en la variedad Canchan, además la aplicación foliar tuvo una concentración menor que en los bloques en los que no se hizo la aplicación en la variedad Amarilis y en la variedad Canchan encontramos que la mayor concentración se obtuvo en los bloques con aplicación foliar. Se encontró diferencia significativa en las interacciones Variedad: dosis y Variedad: foliar.

En el grafico 22 que nos muestra el  Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el contenido promedio de zinc en tubérculos en dos variedades de papa cultivadas en campo, en la extracción de zinc en el primer muestreo (hojas y tallos), la mayor extracción se tuvo con el tratamiento de 25 kg $ha^{-1}$ + foliar en la variedad Canchan y la menor extracción con el tratamiento testigo, pero en la variedad Amarilis, la mayor extracción se tuvo con el testigo y la menor con el tratamiento de 50 kg $ha^{-1}$. La variedad Amarilis tuvo una extracción ligeramente mayor que la variedad Canchan. El tipo de aplicación no tuvo diferencia. En el momento de este muestreo, no se había realizado ninguna aplicación foliar.

En el grafico 23: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre la extracción de zinc en hojas y tallos en el primer muestreo en los tratamientos con y sin aplicación foliar en dos variedades de papa cultivadas en campo, en la extracción de zinc en el segundo muestreo (hojas, tallos y tubérculos), la mayor extracción se dio con el tratamiento foliaren la variedad Canchan y 25 kg $ha^{-1}$ en la variedad Amarilis y  la menor extracción se tuvo en el testigo, además la variedad Amarilis tiene una extracción mayor que Canchan y la aplicación foliar fue significativamente mayor que la no foliar.

### 7.2 EXPERIMENTO 3: Tratamientos (0, 25, 50, 75 kg $ha^{-1}ZnSO_4$)

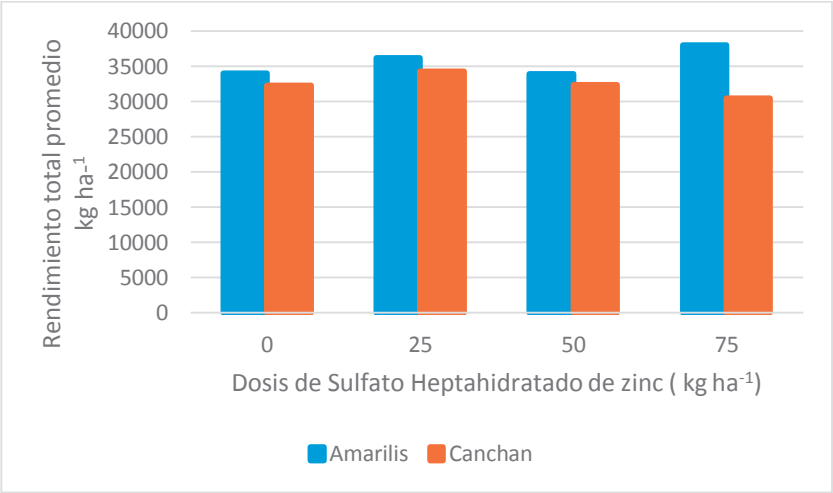



Gráfico 18: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el rendimiento total promedio en los tratamientos al suelo  en dos variedades de papa cultivadas en campo

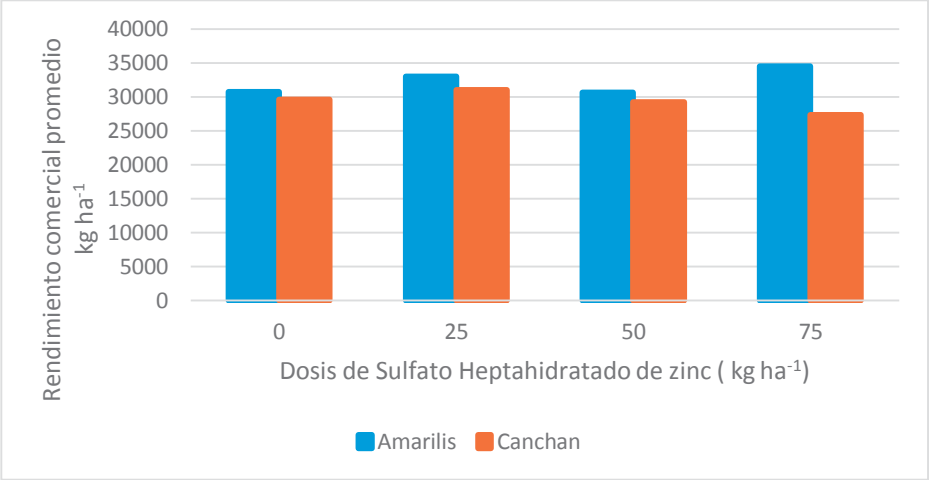



Gráfico 19: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el rendimiento comercial promedio en los tratamientos al suelo en dos variedades de papa cultivadas en campo

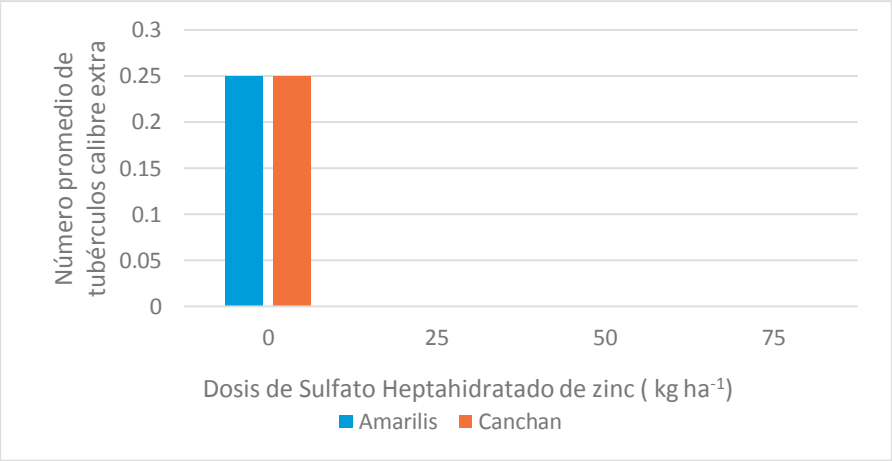



Gráfico 20: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el número promedio de tubérculos calibre extra en los tratamientos al suelo en dos variedades de papa cultivadas en campo

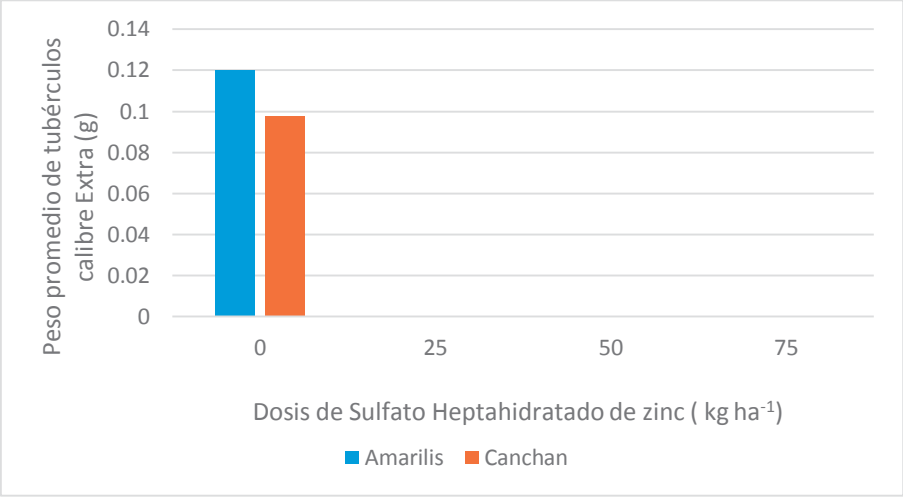



Gráfico 21: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el peso promedio de tubérculos calibre extra en los tratamientos al suelo en dos variedades de papa cultivadas en campo

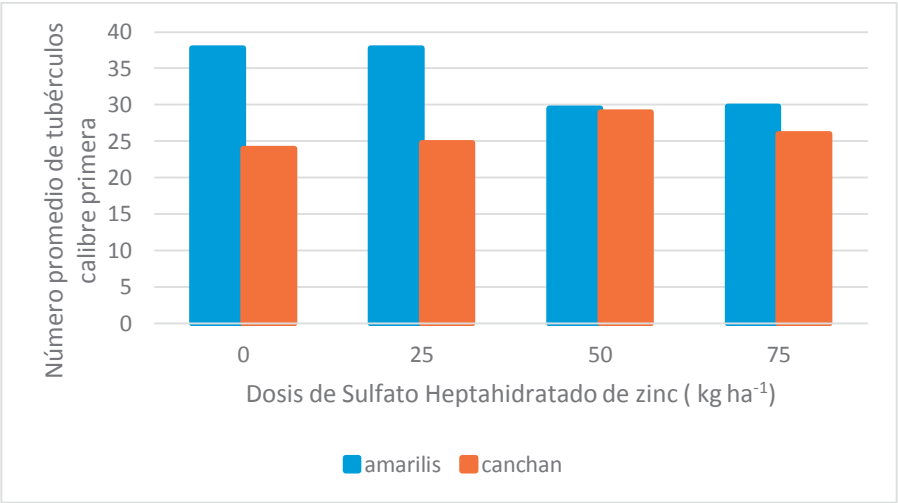



Gráfico 22: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el número promedio de tubérculos calibre primera en los tratamientos al suelo en dos variedades de papa cultivadas en campo

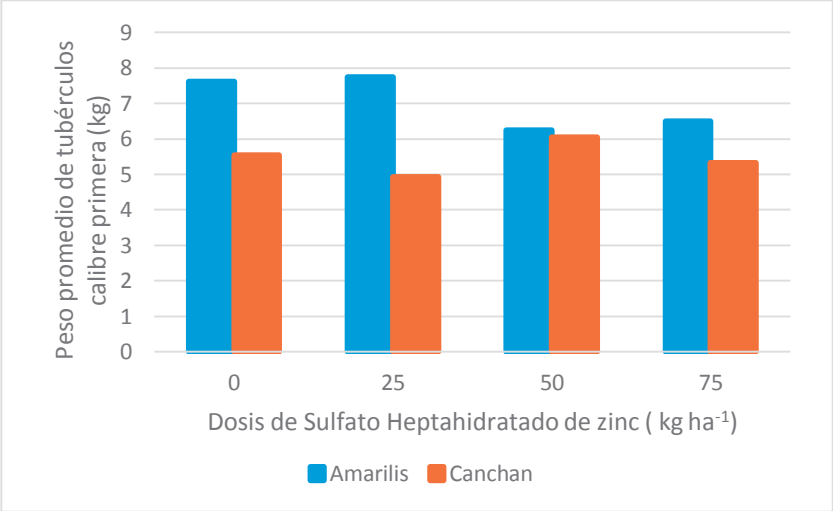



Gráfico 23: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el peso promedio de tubérculos calibre primera en los tratamientos al suelo en dos variedades de papa cultivadas en campo

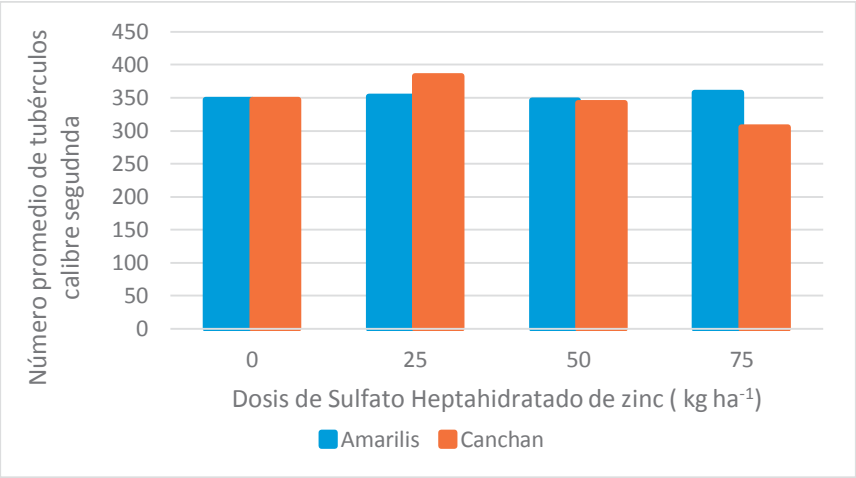



Gráfico 24: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el número promedio de tubérculos calibre primera en los tratamientos al suelo en dos variedades de papa cultivadas en campo

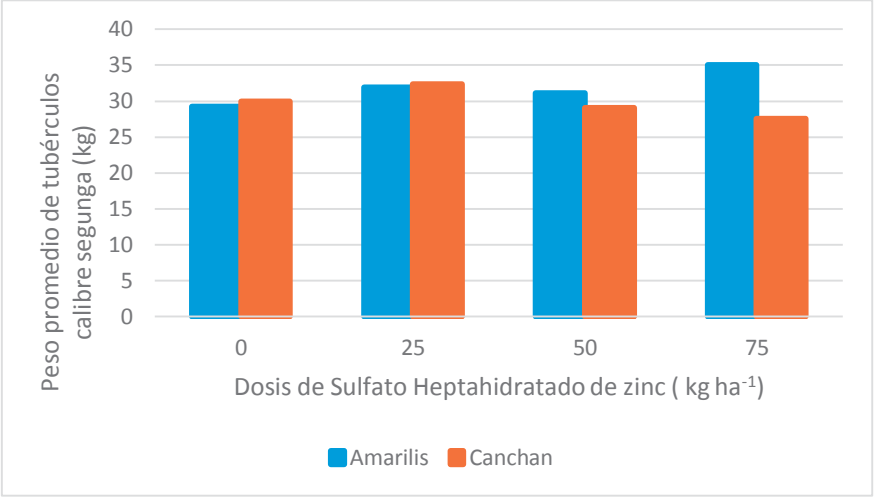



Gráfico 25: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el peso promedio de tubérculos calibre segunda en los tratamientos al suelo en dos variedades de papa cultivadas en campo

Tabla 20: Efecto de la aplicación de dosis crecientes de zinc al suelo sobre el rendimiento (kg ha$^{-1}$), el peso (kg) y el número de tubérculos según cada calibre en dos variedades de papa

| Factor | Rendimiento Total (kg ha$^{-1}$) | Rendimiento Comercial (kg ha$^{-1}$) | Número de tubérculos Extra | Peso tubérculos Extra (kg) | Numero de tubérculos Primera | Peso tubérculos Primera (kg) | Número de tubérculos Segunda | Peso tubérculos Segunda (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Dosis Zinc (kg ha$^{-1}$) | | | | | | | | |
| 0 | 34340 $^{a}$ | 31330 $^{a}$ | 0.2$^{a}$ | 0.1$^{a}$ | 30.8$^{a}$ | 6.5 $^{a}$ | 347.1 $^{a}$ | 29.5$^{a}$ |
| 25 | 35970 $^{a}$ | 32770 $^{a}$ | 0 $^{a}$ | 0 $^{a}$ | 31.2$^{a}$ | 6.3$^{a}$ | 367.5 $^{a}$ | 32.1$^{a}$ |
| 50 | 34110 $^{a}$ | 30880 $^{a}$ | 0 $^{a}$ | 0$^{a}$ | 29.2$^{a}$ | 6.1$^{a}$ | 344.2 $^{a}$ | 30.09 $^{a}$ |
| 75 | 35440 $^{a}$ | 32090 $^{a}$ | 0 $^{a}$ | 0 $^{a}$ | 27.8$^{a}$ | 5.9$^{a}$ | 331.5 $^{a}$ | 31.2$^{a}$ |
| Variedad | | | | | | | | |
| Amarilis | 36300 $^{a}$ | 33010 $^{a}$ | 0.06 $^{a}$ | 0.03 $^{a}$ | 33.6$^{a}$ | 7.02$^{a}$ | 350.8 $^{a}$ | 31.8$^{a}$ |
| Canchan | 33630 $^{a}$ | 30520 $^{a}$ | 0.06 $^{a}$ | 0.02 $^{a}$ | 25.9$^{b}$ | 5.4$^{b}$ | 344.4 $^{a}$ | 29.7$^{a}$ |
| Variedad | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | * | * | n.s. | n.s. |
| Dosis | n.s | n.s | n.s | n.s | n.s. | n.s. | n.s | n.s |
| Variedad x Dosis | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |

**Fuente: Elaboración propia (Anexo 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31)**

Según el gráfico 24 y 25, en cuanto al rendimiento total y comercial, el valor más alto en ambos casos, se tuvo con el tratamiento de 25 kg $ha^{-1}$, seguido por el tratamiento de 75 kg $ha^{-1}$, además se registró que el rendimiento más bajo se obtuvo con el tratamiento de 50 kg $ha^{-1}$.

En cuanto al rendimiento total y comercial, no se observa diferencia significativa entre las variedades, pero en ambos casos, la variedad Amarilis es mayor que la variedad Canchan.

En el calibre Extra (ver gráfico 26), no se obtuvo un rendimiento ni un número de tubérculos significativo, para ningún tratamiento y variedad.

En el calibre Primera, en el número de tubérculos (ver gráfico 28), no se obtuvo una diferencia significativa entre los tratamientos, pero se puede observar que la mayor cantidad de tubérculos se obtuvo con el tratamiento de 25 kg $ha^{-1}$ en la variedad amarilis y con el tratamiento de 50 kg $ha^{-1}$en la variedad canchan. Además se observa diferencia significativa entre las variedades, obteniendo un número mayor de tubérculos con la variedad Amarilis.

El peso promedio de los tubérculos en el calibre primera (ver gráfico 29), no tuvo diferencia significativa entre los tratamientos, obteniéndose el mayor valor en el tratamiento testigo en la variedad amarilis y en el tratamiento de 50 kg $ha^{-1}$ en la variedad Canchan, sin embargo se observa una diferencia significativa entre las variedades utilizadas, siendo amarilis la variedad con la que se obtuvo mayor peso.

En el calibre segunda, en el número de tubérculos, no se obtuvo una diferencia significativa entre los tratamientos, pero se puede observar que la mayor cantidad se obtuvo con el tratamiento de 25 kg $ha^{-1}$ en las dos variedades estudiadas. Además no se observa diferencia significativa entre las variedades, sin embargo, con la variedad amarilis, se obtuvo un número mayor de tubérculos.

El peso de los tubérculos en el calibre de segunda, no tuvo diferencia significativa entre los tratamientos, obteniéndose el mayor valor con el tratamiento de 25 kg $ha^{-1}$ en la variedad Canchan y con el tratamiento de 75 kg $ha^{-1}$ en la variedad Amarilis, además no se observa una diferencia significativa entre las variedades utilizadas, pero con la variedad amarilis se obtuvo mayor peso.

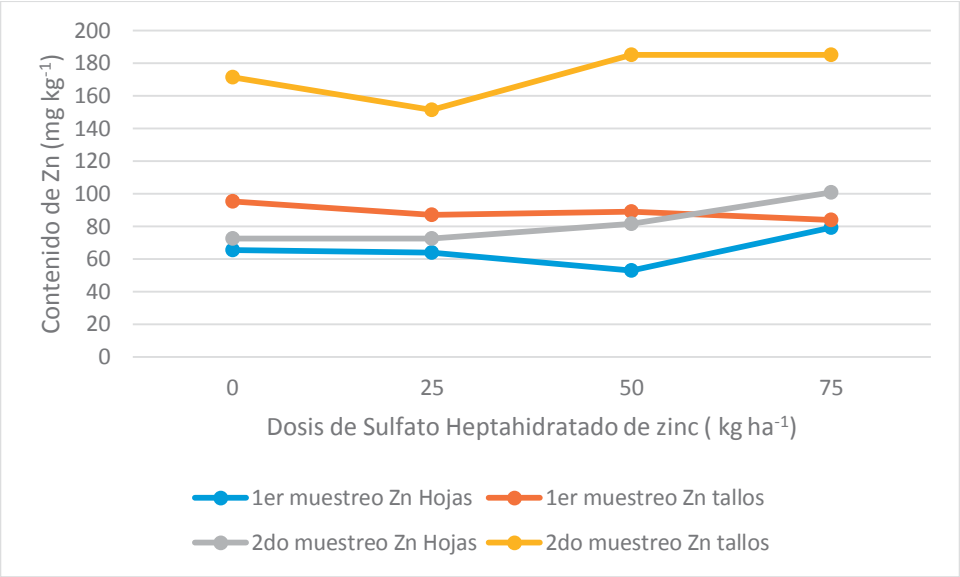



Gráfico 26: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el contenido de zinc en hojas y tallos en el primer y segundo muestreo en los tratamientos al suelo en la variedad Amarillis cultivadas en campo

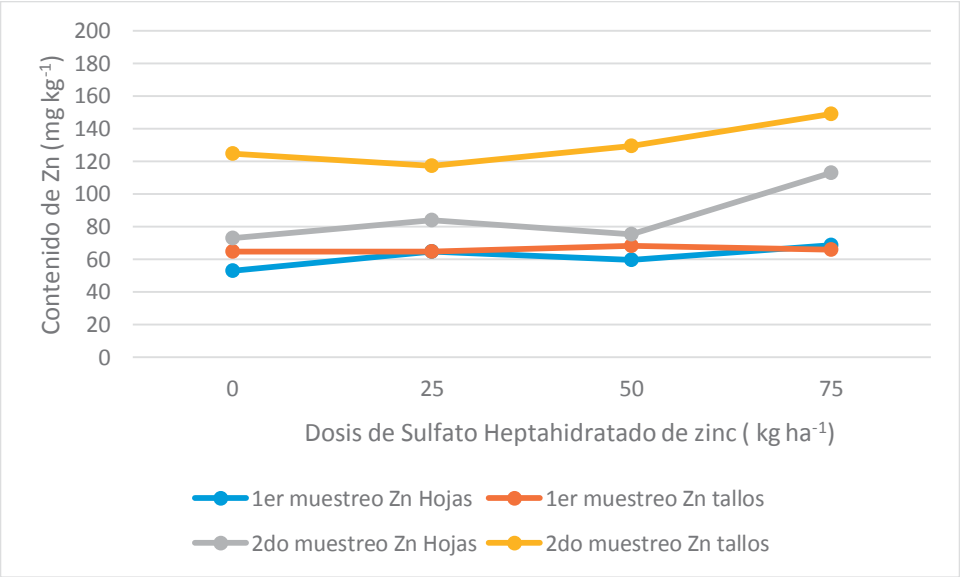



Gráfico 27: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el contenido de zinc en hojas y tallos en el primer y segundo muestreo en los tratamientos al suelo en la variedad Canchan cultivadas en campo

Tabla 21: Efecto de la aplicación de dosis crecientes de zinc al suelo sobre el contenido de zinc (mg $kg^{-1}$) en la materia seca de hojas y tallos de en el primer muestro (46 dds) y segundo muestreo (81 dds) en dos variedades de papa

| Factor | Contenido de Zn en hojas (Primer muestreo) (mg $kg^{-1}$) | Contenido de Zn en hojas (Segundo muestreo) (mg $kg^{-1}$) | Contenido de Zn en tallos (Primer muestreo) (mg $kg^{-1}$) | Contenido de Zn en tallos (Segundo muestreo) (mg $kg^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|
| Dosis Zinc (kg $ha^{-1}$) | | | | |
| 0 | 59.2[a] | 72.6[a] | 80 [a] | 148 [a] |
| 25 | 64.2[a] | 78.1[a] | 75.7[a] | 134.2 [a] |
| 50 | 56.1[a] | 78.3[a] | 78.5[a] | 157.1 [a] |
| 75 | 73.8[a] | 106.8 [a] | 74.7[a] | 167 [a] |
| Variedad | | | | |
| Amarillis | 65.2 [a] | 86.1[a] | 88.7[a] | 173.1 [a] |
| Canchan | 61.5[a] | 81.8[a] | 65.7[b] | 130.1 [b] |
| Variedad | n.s. | n.s. | * | * |
| Dosis | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Variedad x Dosis | n.s | n.s | n.s | n.s |

**FUENTE: Elaboración propia (Anexo 32, 33, 34 y 35)**

Para los resultados obtenidos en el gráficos 26, 27 y la tabla 21 debemos tener en cuenta que el primero muestreo se hizo antes de la aplicación de zinc, para eliminar el error por el efecto de bloques. Por lo tanto podemos observar que el contenido inicial de zinc y la absorción no es uniforme entre los bloques.

En el caso del contenido de zinc en las hojas, en el primer muestreo, se tiene que el tratamiento con 75 kg $ha^{-1}$ es el que tiene un mayor contenido de zinc en hojas en las dos variedades utilizadas pero con la variedad Amarilis, el tratamiento de 50 kg $ha^{-1}$ es el que tiene el menor contenido de zinc en comparación con los demás y en la variedad Canchan tenemos el menor contenido de zinc en hojas con el tratamiento testigo. Sin embargo, en el segundo muestreo, se observa una acumulación que va aumentando conforme se aumentó la dosis en cada tratamiento, obteniendo la mayor acumulación en el tratamiento con 75 kg $ha^{-1}$ en ambas variedades y la menor en el tratamiento testigo (sin zinc).

En ambos momentos, no se encontró diferencia significativa en la acumulación de zinc en hojas entre las variedades.

En el caso del contenido de zinc en los tallos, observamos que antes de aplicar el zinc, el bloque del tratamiento testigo es el que más zinc tiene acumulado en comparación a los otros tratamientos. Sin embargo en el segundo muestreo, se observa una acumulación que va aumentando conforme se aumentó la dosis en cada tratamiento y que la mayor cantidad de zinc acumulada se tiene con el tratamiento de 75 kg $ha^{-1}$ en ambas variedades.

Tanto en el primer como en el segundo muestreo en tallos, la variedad Amarilis tiene un contenido de zinc significativamente mayor que la variedad Canchan.

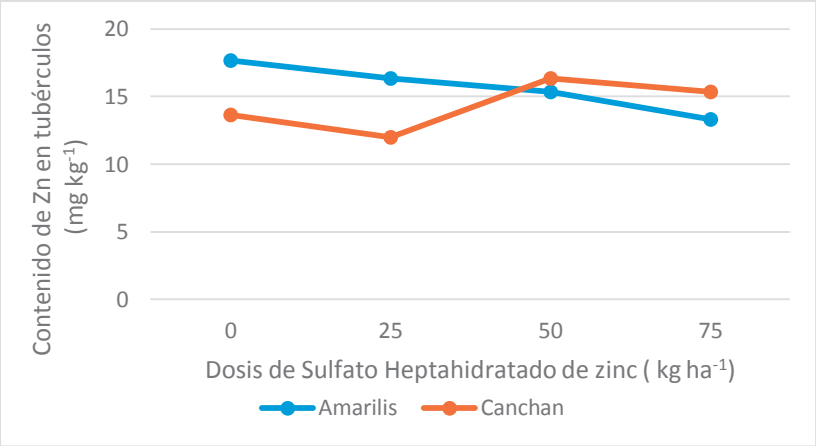



Gráfico 28: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el contenido de zinc en tubérculos en los tratamientos al suelo en dos variedades de papa cultivadas en campo

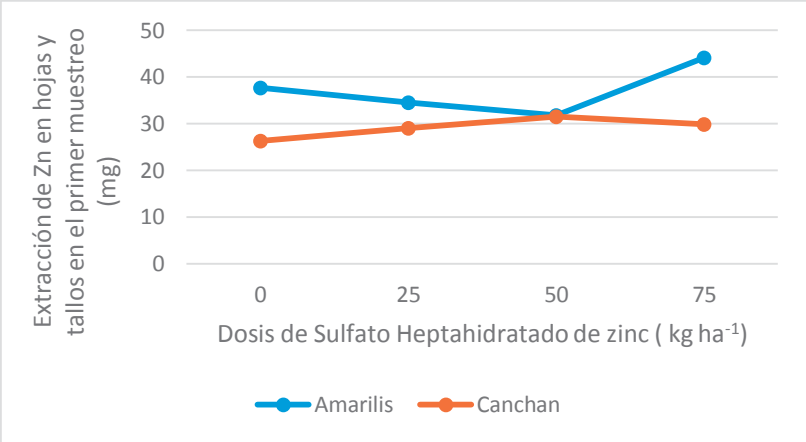


Gráfico 29: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre la extracción de zinc en hojas y tallos en el primer muestreo en los tratamientos al suelo en dos variedades de papa cultivadas en campo

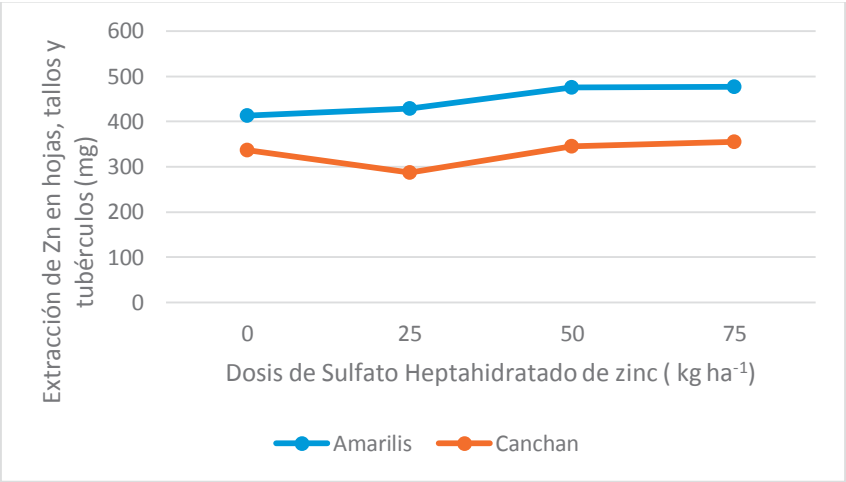



Gráfico 30: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre la extracción de zinc en hojas, tallos y tubérculos en el segundo muestreo en los tratamientos al suelo en dos variedades de papa cultivadas en campo

Tabla 22: Efecto de la aplicación de dosis crecientes de zinc al suelo sobre el contenido de zinc en tubérculos (mg $kg^{-1}$) y la extracción de zinc en hojas, tallos y tubérculos (mg)

| Factor | Contenido de Zn en tubérculos (mg $kg^{-1}$) | Extracción de Zn en hojas y tallos (Primer muestreo) (mg) | Extracción de Zn en hojas, tallos y tubérculos (mg) |
|---|---|---|---|
| Dosis Zinc (kg $ha^{-1}$) | | | |
| 0 | 15.6 [a] | 31.9 [a] | 375.1 [a] |
| 25 | 14.1 [a] | 31.6 [a] | 357.8 [a] |
| 50 | 15.8 [a] | 31.5 [a] | 410.2 [a] |
| 75 | 14.3 [a] | 36.9 [a] | 416.2 [a] |
| Variedad | | | |
| Amarillis | 15.6 [a] | 36.9 [a] | 448.5 [a] |
| Canchan | 14.3 [a] | 29.1 [b] | 331.2 [b] |
| Variedad | n.s. | * | * |
| Dosis | n.s. | n.s. | n.s. |
| Variedad x Dosis | * | n.s. | n.s. |

**FUENTE: Elaboración propia (Anexo 36, 37, 38)**

En el caso del contenido de zinc en tubérculos (ver gráfico 36), observamos que en la variedad Canchan, con el tratamiento de 50 kg $ha^{-1}$ se obtiene el contenido más alto de zinc y con el tratamiento de 25 kg $ha^{-1}$ se tiene el menor contenido pero en la variedad Amarilis se obtiene el mayor contenido con el testigo y con el tratamiento de 75 kg $ha^{-1}$ se tiene el menor contenido. Además no se tiene diferencia significativa entre las variedades utilizadas, pero la variedad Amarilis, tiene un contenido mayor de zinc que la variedad Canchan.

En cuanto a la extracción de zinc en hojas y tallos en el primer muestreo (grafico 37) (antes de la aplicación de zinc), observamos que el tratamiento con 75 kg $ha^{-1}$ de zinc fue con el que se obtuvo la mayor extracción en la variedad Amarilis y el tratamiento de 50 kg $ha^{-1}$ en la variedad Canchan, además la menos extracción se obtuvo con el tratamiento de 50 kg $ha^{-1}$ en la variedad Amarilis y con el testigo en la variedad Canchan.

Se observa un aumento progresivo tanto en la extracción de zinc en hojas, tallos y tubérculos, en la que conforme aumenta la dosis de zinc, aumenta la cantidad extraída, sin embargo en la variedad Canchan, observamos que el tratamiento testigo tuvo una extracción ligeramente mayor que el tratamiento con 25 kg $ha^{-1}$de zinc.

# VIII. CONCLUSIONES

- La fertilización suplementaria con $ZnSO_4.7H_2O$ es una tecnología que mejora el crecimiento y rendimiento promedio de papa, pero esta respuesta depende de la variedad, de la forma de aplicación y del suelo. Esta tecnología tiene el potencial para incrementar la productividad del rendimiento promedio nacional de papa, y sobre todo para mejorar la rentabilidad de los productores y la calidad de producción.
- El suelo del campo experimental en La Molina mostro un contenido óptimo de zinc (Anexo 1), pero debido a su condición de suelo calcáreo y alto pH el zinc no se encontraba disponible para la planta, por lo que los tratamientos incrementaron la gradiente de zinc en la solución suelo haciéndola más disponible para la planta. Sin embargo, es necesario conocer la ubicación de los suelos deficitarios en zinc en las zonas productoras de papa para poder tener el impacto observado en este estudio a concentraciones menores.
- No se observa una tendencia clara en el rendimiento y absorción entre los tratamientos debido a la heterogeneidad del terreno y las características de este suelo (pH alto, presencia de carbonatos, etc.), que hacen que el movimiento del zinc del suelo a la planta no sea óptimo.
- En cuanto a los tamaños o calibres de los tubérculos, el estudio no encontró tubérculos de tamaño extra, pero la proporción de tubérculos de calibres de “primera” y “segunda” fueron semejantes en ambas variedades. Aunque en comparación al testigo, la variedad Amarilis mostró la mayor proporción de tubérculos comerciales (primera y segunda) y menos descarte.
- Se observa una fuerte interacción genotipo: ambiente

# IX. RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer la aplicación de zinc en los primero días de siembra para obtener mejores resultados.
- Para el experimento de campo, se recomiendo usar Urea como fuente de nitrógeno, ya que al tratarse de un suelo de pH básico, la urea acidificara el suelo y ayudara en la disponibilidad del zinc en la solución suelo.
- Se recomienda repetir el experimento en una localidad de la sierra, donde encontraremos un suelo con deficiencias de zinc, y así ver como esta fertilización adicional con Sulfato de zinc se comporta teniendo en cuenta todos los factores ambientales que influyen.
- Se recomienda hacer nuevas investigaciones sobre la fertilización con zinc en papa, y otros cultivos de primera necesidad en nuestro país.
- Se recomienda utilizar otras variedades da papa, ya que se comprobó que el efecto de fertilización no es igual para las variedades utilizadas.

# X. BIBLIOGRAFÍA CITADA


Alloway, B.J. 2008. El Zinc en los Suelos y los Cultivos. Cap 2 Pags 18-39, 79.

Barben, S.A.; Nichols, B.A.; Hopkins, B.G.; Jolley, V.D.; Ellsworth, J.W.; Webb, B.L. 2007. Phosphorus and zinc interactions in potato Brigham Young University, Provo, UT Wilbur-Ellis, Pasco, WA

Barrera, L.L. 1984. La disponibilidad de los elementos menores en suelos cultivados con papa en Cundinamarca y Boyacá. ICA.

Brown, P.H.; Cakmak, I.; Zhang, Q. 1993. Forms and function of zinc in plants. Chap. 7 in Robson, A. D. (ed) Zinc in Soils and Plants, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. Pp 90-106

Burgos, G.; Amoros, W; Morote, M.; Stangoulis, J.; Bonierbale. M. 2007. Iron and zinc concentration of native Andean potato cultivars from a human nutrition perspective. *Journal of the Science of Food and Agriculture 2007; 87 (4):668-675*

Guerrero, R. 1998. Fertilización de cultivos en clima frío Cap 2 pp 95- 99

Instituto de Defensa del Consumidor y de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). 2010. NTP 011.119.2010. Papa y derivados. Papa, definiciones y requisitos. Norma Técnica Peruana.2da. Edición. Junio 2010. Lima, Perú.

Kochian, L.V. 1993. Zinc absorption from hydroponic solution by plants roots. Chap 4 in Robson, A. D. (ed.) Zinc in Soils and Plants, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. Pp 45-58

Mackerron, D.K.L.; Heilbronn, T.D. 1985. A method for estimating harvest indices for use in surveys of potato crops. *Potato Res*. 28:279-282.

Palacios, C.; Jaramillo, S.; Gonzales, L.; Cotes, J. 2008. Efecto de la fertilización sobre la calidad de la papa para procesamiento en dos suelos antioqueños con propiedades ándicas. *Agronomía Colombiana* 26(3): 487-495 Universidad Nacional de Colombia

Piagessi, A. 2004. Los microelementos en la nutrición vegetal. Valagro SpA. 10-23, 35-37

R Core Team. 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL http://www.R-project.org/.

Reichert, U. 2009. Regulation of micronutrient density in tubers of different potato varieties. M.Sc. Thesis. International Potato Center/Humboldt Universitat zu Berlin. 110p.

Taheri Nasser, Sharif Abad Hossein Heidari, Yousefi Khatoon and Sayed Roholla Mousavi. 1991. Effect of Organic Manure with phosphorus and zinc on yield of seed potato, Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 2012, 12 (4), 705- 714

Welch, R.M. 1995. Micronutrient nutrition of plants pp 49-82. Journal tittle: Critical Reviews in plant sciences.

# XI. ANEXOS

Anexo 1: Análisis de Suelo (Experimento de macetas)

ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

| | | | |
|---|---|---|---|
| Departamento | Junín | Provincia | Huancayo |
| Distrito | El Tambo | Predio | Santa Ana |
| Referencia | H.R. 36466-06-0C-2012 | Fecha | 16/08/12 |

| pH (1:1) | C.E. (1:1) dS/m | $CaCO_3$ % | M.O % | P ppm | K ppm | Análisis Mecánico | | | Clase textural | CIC | Cationes Cambiables | | | | | Suma de cationes | Suma de Bases | % Sat. de Bases |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Arena | Limo | Arcilla | | | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $K^{+}$ | $Na^{+}$ | $Al^{3+} + H^{+}$ | | | |
| | | | | | | % | % | % | | Meq $100g^{-1}$ | | | | | | | | |
| 5.64 | 0.31 | 0 | 133 | 10.5 | 100 | 41 | 34 | 25 | Fr | 13.92 | 9.02 | 1.73 | 0.28 | 0.08 | 0.1 | 11.21 | 11.11 | 80 |

| B ppm | Cu ppm | Fe ppm | Mn ppm | Zn ppm |
|---|---|---|---|---|
| 0.3 | 5.6 | 366.5 | 30.1 | 4.2 |

Anexo 2: Análisis de Suelo (Experimento de campo)

ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

| | | | |
|---|---|---|---|
| Departamento | Lima | Provincia | Lima |
| Distrito | La Molina | Predio | Campo Libres 2 |
| Referencia | H.R. 35467-032C-12 | Fecha | 18/05/12 |

| pH (1:1) | C.E. (1:1) dS/m | $CaCO_3$ % | M.O % | P ppm | K ppm | Análisis Mecánico | | | Clase textural | CIC | Cationes Cambiables | | | | | Suma de cationes | Suma de Bases | % Sat. de Bases |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Arena | Limo | Arcilla | | | $Ca^{+2}$ | $Mg^{+2}$ | $K^{+}$ | $Na^{+}$ | $Al^{3+} + H^{+}$ | | | |
| | | | | | | % | % | % | | meq $100g^{-1}$ | | | | | | | | |
| 7.63 | 0.3 | 5.1 | 1.52 | 13.7 | 121 | 55 | 30 | 15 | Fr. A | 9.6 | 7.91 | 1.25 | 0.37 | 0.07 | 0 | 9.6 | 9.6 | 100 |

| B ppm | Cu ppm | Fe ppm | Mn ppm | Zn ppm |
|---|---|---|---|---|
| 1.1 | 9 | 23.9 | 8.9 | 8.5 |

Análisis Estadístico

### 3. Experimento macetas

Anexo 3: Análisis Estadístico del Rendimiento total en gramos en Exp. Macetas

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|---|---|---|---|---|---|
| Variedad | 1 | 341931 | 341931 | 33.444 | 1.35e-06 *** |
| Dosis | 5 | 73498 | 14700 | 1.438 | 0.234 |
| Variedad:Dosis | 5 | 7936 | 1587 | 0.155 | 0.977 |
| Residuals | 36 | 368061 | 10224 | | |

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> comparison <- HSD.test(var.treat, "Variedad")

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 10223.91
Variedad, means

| | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 319.3413 | 19.51750 | 24 | 161.32 | 570.60 |
| Canchan | 150.5387 | 20.81749 | 24 | 0.00 | 330.21 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 36
Critical Value of Studentized Range: 2.868158
Honestly Significant Difference: 59.19784
Means with the same letter are not significantly different.
Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Amarillis | 319.3 |
| b | Canchan | 150.5 |

Study:

HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 10223.91

| Dosis, | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 160.2262 | 45.58766 | 8 | 0.00 | 364.46 |
| 12 | 250.0487 | 46.67036 | 8 | 0.00 | 420.63 |
| 18 | 257.2825 | 45.26680 | 8 | 16.31 | 433.00 |
| 24 | 281.0200 | 57.62925 | 8 | 40.97 | 570.60 |
| 30 | 211.6188 | 33.48617 | 8 | 4.70 | 332.87 |
| 6 | 249.4437 | 45.52191 | 8 | 8.78 | 441.36 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 36
Critical Value of Studentized Range: 4.254767
Honestly Significant Difference: 152.1035
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 24 | 281 |
| a | 18 | 257.3 |
| a | 12 | 250 |
| a | 6 | 249.4 |
| a | 30 | 211.6 |
| a | 0 | 160.2 |

Anexo 4: Análisis Estadístico del número de tubérculos en Exp. Macetas

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|---|---|---|---|---|---|
| Variedad | 1 | 609.2 | 609.2 | 36.597 | 5.97e-07 *** |
| Dosis | 5 | 138.4 | 27.7 | 1.662 | 0.169 |
| Variedad:Dosis | 5 | 25.7 | 5.1 | 0.309 | 0.905 |
| Residuals | 36 | 599.3 | 16.6 | | |

---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 16.64583

| Variedad | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 13.791667 | 0.8274703 | 24 | 6 | 20 |
| Canchan | 6.666667 | 0.8355044 | 24 | 0 | 13 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 36
Critical Value of Studentized Range: 2.868158

Honestly Significant Difference: 2.388637
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Amarillis | 13.79 |
| b | Canchan | 6.667 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 16.64583

| Dosis | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 7.500 | 2.367941 | 8 | 0 | 20 |
| 12 | 9.625 | 1.889232 | 8 | 0 | 18 |
| 18 | 11.375 | 1.935915 | 8 | 3 | 18 |
| 24 | 9.125 | 1.912716 | 8 | 2 | 18 |
| 30 | 12.750 | 1.176405 | 8 | 8 | 18 |
| 6 | 11.000 | 2.017778 | 8 | 1 | 18 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 36
Critical Value of Studentized Range: 4.254767

Honestly Significant Difference: 6.137388
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 30 | 12.75 |
| a | 18 | 11.38 |
| a | 6 | 11 |
| a | 12 | 9.625 |
| a | 24 | 9.125 |
| a | 0 | 7.5 |

Anexo 5: Análisis Estadístico de Concentración de Zinc en hojas y tallos

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|---|---|---|---|---|---|
| Variedad | 1 | 102 | 102 | 0.076 | 0.784 |
| Dosis | 1 | 41141 | 41141 | 30.644 | 4.62e-06 *** |
| Variedad:Dosis | 1 | 1528 | 1528 | 1.138 | 0.294 |
| Residuals | 31 | 41620 | 1343 | | |

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
13 observations deleted due to missingness

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 1342.567

| Variedad | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 130.1667 | 10.04736 | 18 | 65 | 222 |
| Canchan | 133.5882 | 14.01130 | 17 | 65 | 246 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 31
Critical Value of Studentized Range: 2.884308

Harmonic Mean of Cell Sizes 17.48571
Honestly Significant Difference: 25.27364

Means with the same letter are not significantly different.
Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Canchan | 133.6 |
| a | Amarillis | 130.2 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 1342.567

| Dosis | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 74.66667 | 3.451248 6 | 65 | 86 | |
| 6 | 96.83333 | 3.270236 6 | 82 | 104 | |
| 12 | 127.00000 | 14.551060 | 6 | 95 | 192 |
| 18 | 162.00000 | 25.657358 | 5 | 106 | 246 |
| 24 | 176.00000 | 15.912259 | 6 | 121 | 219 |
| 30 | 159.50000 | 16.983816 | 6 | 116 | 222 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 31
Critical Value of Studentized Range: 4.292379

Harmonic Mean of Cell Sizes 5.806452
Honestly Significant Difference: 65.26955
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 24 | 176 |
| ab | 18 | 162 |
| ab | 30 | 159.5 |
| abc | 12 | 127 |
| bc | 6 | 96.83 |
| c | 0 | 74.67 |

Anexo 6: Análisis Estadístico de Zinc Extraído por las hojas y tallos Exp. Macetas

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|---|---|---|---|---|---|
| Variedad | 1 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.9782 |
| Dosis | 1 | 8.428 | 8.428 | 33.359 | 2.33e-06 *** |
| Variedad:Dosis | 1 | 0.781 | 0.781 | 3.091 | 0.0886 |
| Residuals | 31 | 7.832 | 0.253 | | |

---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
13 observations deleted due to missingness>

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 0.2288593

| Variedad, | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 2.004421 | 0.1541898 | 18 | 1.0907 | 3.40224 |
| Canchan | 2.009094 | 0.1894929 | 17 | 0.5595 | 3.19302 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 23
Critical Value of Studentized Range: 2.925523

Harmonic Mean of Cell Sizes 17.48571
Honestly Significant Difference: 0.3346927

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Canchan | 2.009 |
| a | Amarillis | 2.004 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 0.2288593

| Dosis | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1.087965 | 0.1154149 | 6 | 0.55950 | 1.38125 |
| 12 | 2.067580 | 0.2881806 | 6 | 1.54375 | 3.40224 |
| 18 | 2.318710 | 0.1828070 | 5 | 1.82532 | 2.84544 |
| 24 | 2.682092 | 0.1974026 | 6 | 1.90333 | 3.19302 |
| 30 | 2.363145 | 0.2379655 | 6 | 1.47900 | 3.07026 |
| 6 | 1.572657 | 0.1171484 | 6 | 1.00204 | 1.78300 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 23
Critical Value of Studentized Range: 4.38831

Harmonic Mean of Cell Sizes 5.806452
Honestly Significant Difference: 0.8712167

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 24 | 2.682 |
| ab | 30 | 2.363 |
| ab | 18 | 2.319 |
| ab | 12 | 2.068 |
| bc | 6 | 1.573 |
| c | 0 | 1.088 |

Anexo 7: Análisis Estadístico de Concentración de Zinc en tubérculos Exp. Macetas

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|---|---|---|---|---|---|
| Variedad | 1 | 274.0 | 274.00 | 5.879 | 0.02399 * |
| Dosis | 5 | 932.8 | 186.57 | 4.003 | 0.00983 ** |
| Variedad:Dosis | 5 | 333.3 | 66.65 | 1.430 | 0.25269 |
| Residuals | 22 | 1025.3 | 46.61 | | |

---
Signif. codes: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1
14 observations deleted due to missingness

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 46.60606

| Variedad | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 28.0000 | 1.632993 | 18 | 17 | 43 |
| Canchan | 33.6875 | 2.479447 | 16 | 17 | 63 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 22
Critical Value of Studentized Range: 2.932899
Harmonic Mean of Cell Sizes 16.94118
Honestly Significant Difference: 4.864594

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Canchan | 33.69 |
| b | Amarillis | 28 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 46.60606

| Dosis | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 22.60000 | 2.315167 | 5 | 17 | 27 |
| 12 | 28.50000 | 1.454877 | 6 | 23 | 33 |
| 18 | 34.16667 | 1.869343 | 6 | 30 | 43 |
| 24 | 33.16667 | 2.587362 | 6 | 23 | 40 |
| 30 | 38.50000 | 5.743112 | 6 | 20 | 63 |
| 6 | 24.80000 | 2.177154 | 5 | 20 | 33 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 22
Critical Value of Studentized Range: 4.405469

Harmonic Mean of Cell Sizes 5.625
Honestly Significant Difference: 12.68096

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 30 | 38.5 |
| ab | 18 | 34.17 |
| ab | 24 | 33.17 |
| ab | 12 | 28.5 |
| b | 6 | 24.8 |
| b | 0 | 22.6 |

Anexo 8: Análisis Estadístico de Zinc Extraído por los tubérculos Exp. Macetas

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|---|---|---|---|---|---|
| Variedad | 1 | 0.785 | 0.7855 | 2.761 | 0.1108 |
| Dosis | 5 | 3.782 | 0.7563 | 2.659 | 0.0502 |
| Variedad:Dosis | 5 | 0.710 | 0.1420 | 0.499 | 0.7734 |
| Residuals | 22 | 6.259 | 0.2845 | | |

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
14 observations deleted due to missingness

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 0.2844786

| Variedad | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 1.342127 | 0.1405194 | 18 | 0.39015 | 2.28864 |
| Canchan | 1.037611 | 0.1400598 | 16 | 0.25272 | 1.98144 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 22
Critical Value of Studentized Range: 2.932899

Harmonic Mean of Cell Sizes 16.94118
Honestly Significant Difference: 0.3800582

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Amarillis | 1.342 |
| a | Canchan | 1.038 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 0.2844786

| Dosis | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.7267660 | 0.1784698 | 5 | 0.37230 | 1.29438 |
| 12 | 1.4039950 | 0.2212104 | 6 | 0.54314 | 2.06538 |
| 18 | 1.7045600 | 0.1677450 | 6 | 1.29132 | 2.28864 |
| 24 | 1.2427950 | 0.3071504 | 6 | 0.25272 | 2.02428 |
| 30 | 0.8574067 | 0.1791799 | 6 | 0.25976 | 1.57932 |
| 6 | 0.1747380 | 0.2426725 | 5 | 0.41217 | 1.69656 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 22
Critical Value of Studentized Range: 4.405469

Harmonic Mean of Cell Sizes 5.625
Honestly Significant Difference: 0.9907309

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 18 | 1.705 |
| a | 12 | 1.404 |
| a | 24 | 1.243 |
| a | 6 | 1.175 |
| a | 30 | 0.8574 |
| a | 0 | 0.7268 |

## 4. Experimento campo

Anexo 9: Rendimiento total ($Kg.ha^{-1}$) (Solo tratamientos 0, 25 y 50 $Kg.ha^{-1}$ $ZnSO_4$ con y sin aplicación foliar) Exp Campo

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|---|---|---|---|---|---|
| Bloque | 3 | 196581356 | 65527119 | 4.617 | 0.00835 ** |
| Variedad | 1 | 52031887 | 2031887 | 3.666 | 0.06422 |
| Dosis | 2 | 21608591 | 10804295 | 0.761 | 0.47507 |
| Foliar | 1 | 3183279 | 3183279 | 0.224 | 0.63889 |
| Variedad:Dosis | 2 | 5930773 | 2965386 | 0.209 | 0.81249 |
| Variedad:Foliar | 1 | 5628192 | 5628192 | 0.397 | 0.53319 |
| Dosis:Foliar | 2 | 56685467 | 28342733 | 1.997 | 0.15179 |
| Variedad:Dosis:Foliar | 2 | 10360479 | 5180240 | 0.365 | 0.69694 |
| Residuals | 33 | 468309070 | 4191184 | | |

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 14191184

| Variedad | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 35590.0 | 864.4915 | 24 | 26439.47 | 41735.90 |
| Canchan | 33507.7 | 802.7945 | 24 | 25057.02 | 40091.23 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 2.877239

Honestly Significant Difference: 2212.482
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Amarillis | 35590 |
| a | Canchan | 33510 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 14191184

| Dosis | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 33695.77 | 1130.8479 | 16 | 25057.02 | 40039.32 |
| 25 | 34615.60 | 848.0491 | 16 | 30241.23 | 41735.90 |
| 50 | 35335.19 | 1153.2373 | 16 | 25402.63 | 40091.23 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 3.470189

Honestly Significant Difference: 3268.154
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 50 | 35340 |
| a | 25 | 34620 |
| a | 0 | 33700 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 14191184

Foliar, means

| | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| F | 34291.33 | 761.6898 | 24 | 25057.02 | 40039.32 |
| S | 34806.38 | 948.7608 | 24 | 25402.63 | 41735.90 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 2.877239
Honestly Significant Difference: 2212.482
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | S | 34810 |
| a | F | 34290 |

Anexo 10: Rendimiento Comercial ($Kg.ha^{-1}$) (Solo tratamientos 0, 25 y 50 $Kg.ha^{-1}$ $ZnSO_4$ con y sin aplicación foliar) Exp Campo

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|---|---|---|---|---|---|
| Bloque | 3 | 157676641 | 52558880 | 2.921 | 0.0484 * |
| Variedad | 1 | 41272880 | 41272880 | 2.294 | 0.1394 |
| Dosis | 2 | 43548301 | 21774151 | 1.210 | 0.3111 |
| Foliar | 1 | 11555404 | 11555404 | 0.642 | 0.4287 |
| Variedad:Dosis | 2 | 11520566 | 5760283 | 0.320 | 0.7283 |
| Variedad:Foliar | 1 | 4453846 | 4453846 | 0.248 | 0.6221 |
| Dosis:Foliar | 2 | 87306294 | 43653147 | 2.426 | 0.1040 |
| Variedad:Dosis:Foliar | 2 | 6547380 | 3273690 | 0.182 | 0.8345 |
| Residuals | 33 | 593795165 | 17993793 | | |

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 17993793

| Variedad | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 32094.92 | 932.3581 | 24 | 22931.49 | 38402.12 |
| Canchan | 30240.35 | 889.3030 | 24 | 21125.66 | 37629.35 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 2.877239

Honestly Significant Difference: 2491.333
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Amarillis | 32090 |
| a | Canchan | 30240 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 17993793

| Dosis | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 29961.31 | 1244.5457 | 16 | 21799.61 | 37629.35 |
| 25 | 31251.70 | 855.4315 | 16 | 27078.86 | 38402.12 |
| 50 | 32289.90 | 1236.2081 | 16 | 21125.66 | 37095.75 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 3.470189

Honestly Significant Difference: 3680.057

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 50 | 32290 |
| a | 25 | 31250 |
| a | 0 | 29960 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 17993793

| Foliar | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| F | 30676.98 | 838.2011 | 24 | 21799.61 | 37095.75 |
| S | 31658.28 | 1005.6870 | 24 | 21125.66 | 38402.12 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 2.877239

Honestly Significant Difference: 2491.333
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | S | 31660 |
| a | F | 30680 |

Anexo 11: Peso de tubérculos Calibre Extra (Solo tratamientos 0, 25 y 50 $Kg.ha^{-1}ZnSO_4$, con y sin aplicación foliar) Exp Campo

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|---|---|---|---|---|---|
| Bloque | 3 | 0.0798 | 0.02659 | 0.565 | 0.642 |
| Variedad | 1 | 0.0326 | 0.03255 | 0.691 | 0.412 |
| Dosis | 2 | 0.0578 | 0.02889 | 0.614 | 0.547 |
| Foliar | 1 | 0.0046 | 0.00460 | 0.098 | 0.757 |
| Variedad:Dosis | 2 | 0.0802 | 0.04009 | 0.851 | 0.436 |
| Variedad:Foliar | 1 | 0.0426 | 0.04260 | 0.905 | 0.348 |
| Dosis:Foliar | 2 | 0.1549 | 0.07746 | 1.645 | 0.208 |
| Variedad:Dosis:Foliar | 2 | 0.0701 | 0.03506 | 0.745 | 0.483 |
| Residuals | 33 | 1.5538 | 0.04709 | | |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 0.04708542

| Variedad, | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 0.02000000 | 0.02000000 | 24 | 0 | 0.48 |
| Canchan | 0.07208333 | 0.05746763 | 24 | 0 | 1.34 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 2.877239
Honestly Significant Difference: 0.1274423
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Canchan | 0.07208 |
| a | Amarillis | 0.02 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 0.04708542

| Dosis | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.054375 | 0.03737166 | 16 | 0 | 0.48 |
| 25 | 0.000000 | 0.00000000 | 16 | 0 | 0.00 |
| 50 | 0.083750 | 0.08375000 | 16 | 0 | 1.34 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 3.470189
Honestly Significant Difference: 0.1882506
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 50 | 0.08375 |
| a | 0 | 0.05438 |
| a | 25 | 0 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 0.04708542
Foliar, means

| | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| F | 0.05583333 | 0.05583333 | 24 | 0 | 1.34 |
| S | 0.03625000 | 0.02521511 | 24 | 0 | 0.48 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 2.877239
Honestly Significant Difference: 0.1274423
Means with the same letter are not significantly different.
Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | F | 0.05583 |
| a | S | 0.03625 |

Anexo 12: Número de tubérculos calibre Extra (Solo tratamientos 0, 25 y 50 Kg.ha$^{-1}$ $ZnSO_4$, con y sin aplicación foliar) Exp Campo

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bloque | 3 | 0.750 | 0.2500 | | 0.647 | 0.590 |
| Variedad | 1 | 0.333 | 0.3333 | | 0.863 | 0.360 |
| Dosis | 2 | 0.500 | 0.2500 | | 0.647 | 0.530 |
| Foliar | 1 | 0.083 | 0.0833 | | 0.216 | 0.645 |
| Variedad:Dosis | 2 | 0.667 | 0.3333 | | 0.863 | 0.431 |
| Variedad:Foliar | 1 | 0.333 | 0.3333 | | 0.863 | 0.360 |
| Dosis:Foliar | 2 | 1.167 | 0.5833 | | 1.510 | 0.236 |
| Variedad:Dosis:Foliar | 2 | 0.667 | 0.3333 | | 0.863 | 0.431 |
| Residuals | 33 | 12.750 | 0.3864 | | | |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 0.3863636

| Variedad | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 0.04166667 | 0.04166667 | 24 | 0 | 1 |
| Canchan | 0.20833333 | 0.17002948 | 24 | 0 | 4 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 2.877239
Honestly Significant Difference: 0.3650635
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Canchan | 0.2083 |
| a | Amarillis | 0.04167 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 0.3863636

| Dosis | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.125 | 0.08539126 | 16 | 0 | 1 |
| 25 | 0.000 | 0.00000000 | 16 | 0 | 0 |
| 50 | 0.250 | 0.25000000 | 16 | 0 | 4 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 3.470189
Honestly Significant Difference: 0.5392514

Means with the same letter are not significantly different.
Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 50 | 0.25 |
| a | 0 | 0.125 |
| a | 25 | 0 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 0.3863636

Foliar, means

| | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| F | 0.16666667 | 0.16666667 | 24 | 0 | 4 |
| S | 0.08333333 | 0.05763034 | 24 | 0 | 1 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 2.877239
Honestly Significant Difference: 0.3650635
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | F | 0.1667 |
| a | S | 0.08333 |

Anexo 13: Peso de tubérculos calibre Primera (Solo tratamientos 0, 25 y 50 Kg.ha$^{-1}$ $ZnSO_4$ con y sin aplicación foliar) Exp Campo

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bloque | 3 | 36.59 | 12.197 | | 3.378 | 0.0297 * |
| Variedad | 1 | 22.83 | 22.825 | | 6.322 | 0.0170 * |
| Dosis | 2 | 3.91 | 1.955 | | 0.542 | 0.5869 |
| Foliar | 1 | 0.73 | 0.730 | | 0.202 | 0.6559 |
| Variedad:Dosis | 2 | 6.40 | 3.200 | | 0.886 | 0.4218 |
| Variedad:Foliar | 1 | 1.22 | 1.216 | | 0.337 | 0.5656 |
| Dosis:Foliar | 2 | 10.07 | 5.035 | | 1.395 | 0.2622 |
| Variedad:Dosis:Foliar | 2 | 4.37 | 2.187 | | 0.606 | 0.5517 |
| Residuals | 33 | 119.15 | 3.610 | | | |

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 3.610472

| Variedad | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 6.917500 | 0.4139130 | 24 | 2.67 | 11.02 |
| Canchan | 5.538333 | 0.3989691 | 24 | 2.91 | 10.37 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 2.877239
Honestly Significant Difference: 1.11597
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Amarillis | 6.918 |
| b | Canchan | 5.538 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 3.610472

| Dosis | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 5.94875 | 0.6180479 | 16 | 2.67 | 11.02 |
| 25 | 6.11500 | 0.3345395 | 16 | 3.70 | 7.98 |
| 50 | 6.62000 | 0.5874195 | 16 | 2.91 | 10.43 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 3.470189
Honestly Significant Difference: 1.648448
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 50 | 6.62 |
| a | 25 | 6.115 |
| a | 0 | 5.949 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 3.610472

| Foliar | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| F | 6.104583 | 0.4236351 | 24 | 2.67 | 10.59 |
| S | 6.351250 | 0.4371052 | 24 | 3.19 | 11.02 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 2.877239
Honestly Significant Difference: 1.11597
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | S | 6.351 |
| a | F | 6.105 |

Anexo 14: Número de tubérculos calibre Primera (Solo tratamientos 0, 25 y 50 Kg.ha$^{-1}$ $ZnSO_4$, con y sin aplicación foliar) Exp Campo

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bloque | 3 | 1032.9 | 344.3 | | 4.131 | 0.0136 * |
| Variedad | 1 | 595.0 | 595.0 | | 7.139 | 0.0116 * |
| Dosis | 2 | 120.8 | 60.4 | | 0.725 | 0.4920 |
| Foliar | 1 | 3.5 | 3.5 | | 0.042 | 0.8384 |
| Variedad:Dosis | 2 | 180.5 | 90.3 | | 1.083 | 0.3503 |
| Variedad:Foliar | 1 | 50.0 | 50.0 | | 0.600 | 0.4440 |
| Dosis:Foliar | 2 | 264.0 | 132.0 | | 1.584 | 0.2203 |
| Variedad:Dosis:Foliar | 2 | 116.3 | 58.1 | | 0.698 | 0.5049 |
| Residuals | 33 | 2750.4 | 83.3 | | | |

Signif. codes: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 83.34407

| Variedad | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 34.25000 | 2.069665 | 24 | 15 | 56 |
| Canchan | 27.20833 | 1.975373 | 24 | 14 | 51 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 2.877239

Honestly Significant Difference: 5.361764
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Amarillis | 34.25 |
| b | Canchan | 27.21 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 83.34407

| Dosis | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 28.8750 | 3.111638 | 16 | 14 | 56 |
| 25 | 30.5625 | 1.614953 | 16 | 18 | 40 |
| 50 | 32.7500 | 2.917619 | 16 | 14 | 51 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 3.470189
Honestly Significant Difference: 7.920098
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 50 | 32.75 |
| a | 25 | 30.56 |
| a | 0 | 28.88 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 83.34407

| Foliar | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| F | 31.00000 | 2.161923 | 24 | 14 | 52 |
| S | 30.45833 | 2.140854 | 24 | 15 | 56 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 2.877239
Honestly Significant Difference: 5.361764
Means with the same letter are not significantly different.
Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | F | 31 |
| a | S | 30.46 |

Anexo 15: Peso de Tubérculos calibre segunda (Solo tratamientos 0, 25 y 50 Kg.ha$^{-1}$ $ZnSO_4$, con y sin aplicación foliar) Exp Campo

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|---|---|---|---|---|---|
| Bloque | 3 | 105.3 | 35.10 | 1.592 | 0.210 |
| Variedad | 1 | 19.9 | 19.94 | 0.905 | 0.348 |
| Dosis | 2 | 44.0 | 21.99 | 0.997 | 0.380 |
| Foliar | 1 | 19.9 | 19.92 | 0.903 | 0.349 |
| Variedad:Dosis | 2 | 39.0 | 19.52 | 0.885 | 0.422 |
| Variedad:Foliar | 1 | 11.6 | 11.62 | 0.527 | 0.473 |
| Dosis:Foliar | 2 | 68.7 | 34.33 | 1.557 | 0.226 |
| Variedad:Dosis:Foliar | 2 | 4.6 | 2.29 | 0.104 | 0.902 |
| Residuals | 33 | 727.6 | 22.05 | | |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 22.0485

| Variedad | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 30.60375 | 0.9650095 | 24 | 20.52 | 37.29 |
| Canchan | 29.31458 | 0.9580328 | 24 | 20.00 | 37.85 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 2.877239
Honestly Significant Difference: 2.757781
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Amarillis | 30.6 |
| a | Canchan | 29.31 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 22.0485

| Dosis | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 28.69937 | 1.223596 | 16 | 20.52 | 36.04 |
| 25 | 30.16000 | 1.014006 | 16 | 25.12 | 37.29 |
| 50 | 31.01813 | 1.275661 | 16 | 20.00 | 37.85 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 3.470189
Honestly Significant Difference: 4.07364
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 50 | 31.02 |
| a | 25 | 30.16 |
| a | 0 | 28.7 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 22.0485

| Foliar | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| F | 29.31500 | 0.8459085 | 24 | 20.52 | 36.72 |
| S | 30.60333 | 1.0646857 | 24 | 20.00 | 37.85 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 2.877239
Honestly Significant Difference: 2.757781
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | S | 30.6 |
| a | F | 29.32 |

Anexo 16: Número de Tubérculos calibre Segunda (Solo tratamientos 0, 25 y 50 Kg.ha$^{-1}$ $ZnSO_4$ con y sin aplicación foliar) Exp Campo

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|---|---|---|---|---|---|
| Bloque | 3 | 60438 | 20146 | 5.886 | 0.00247 ** |
| Variedad | 1 | 1 | 1 | 0.000 | 0.98437 |
| Dosis | 2 | 755 | 378 | 0.110 | 0.89589 |
| Foliar | 1 | 14770 | 14770 | 4.315 | 0.04563 * |
| Variedad:Dosis | 2 | 658 | 329 | 0.096 | 0.90856 |
| Variedad:Foliar | 1 | 1027 | 1027 | 0.300 | 0.58757 |
| Dosis:Foliar | 2 | 9833 | 4917 | 1.437 | 0.25223 |
| Variedad:Dosis:Foliar | 2 | 993 | 497 | 0.145 | 0.86547 |
| Residuals | 33 | 112945 | 3423 | | |

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 3422.586

| Variedad | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 335.5833 | 11.20396 | 24 | 235 | 419 |
| Canchan | 335.2500 | 15.47137 | 24 | 210 | 483 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 2.877239
Honestly Significant Difference: 34.35955
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Amarillis | 335.6 |
| a | Canchan | 335.2 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 3422.586

| Dosis | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 337.4375 | 13.34197 | 16 | 247 | 411 |
| 25 | 329.8750 | 16.19256 | 16 | 225 | 425 |
| 50 | 338.9375 | 19.89733 | 16 | 210 | 483 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 3.470189
Honestly Significant Difference: 50.75401
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 50 | 338.9 |
| a | 0 | 337.4 |
| a | 25 | 329.9 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 3422.586

| Foliar | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| F | 317.8750 | 12.25518 | 24 | 210 | 456 |
| S | 352.9583 | 13.70939 | 24 | 217 | 483 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 2.877239

Honestly Significant Difference: 34.35955
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | S | 353 |
| b | F | 317.9 |

Anexo 17: Contenido de Zinc en Hojas (primer muestreo) (Solo tratamientos 0, 25 y 50 Kg.ha$^{-1}$ $ZnSO_4$, con y sin aplicación foliar) Exp Campo

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|---|---|---|---|---|---|
| Bloque | 3 | 603 | 201.1 | 0.589 | 0.627 |
| Variedad | 1 | 120 | 120.3 | 0.352 | 0.557 |
| Dosis | 2 | 820 | 409.9 | 1.200 | 0.314 |
| Foliar | 1 | 3 | 3.0 | 0.009 | 0.926 |
| Variedad:Dosis | 2 | 909 | 454.6 | 1.331 | 0.278 |
| Variedad:Foliar | 1 | 271 | 270.8 | 0.793 | 0.380 |
| Dosis:Foliar | 2 | 190 | 94.9 | 0.278 | 0.759 |
| Variedad:Dosis:Foliar | 2 | 287 | 143.3 | 0.419 | 0.661 |
| Residuals | 33 | 11274 | 341.6 | | |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 341.6389

| Variedad | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 58.04167 | 2.165674 | 24 | 38 | 86 |
| Canchan | 61.20833 | 4.617225 | 24 | 39 | 148 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 2.877239

Honestly Significant Difference: 10.8556
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Canchan | 61.21 |
| a | Amarillis | 58.04 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 341.6389

| Dosis | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 56.1875 | 2.785706 | 16 | 39 | 86 |
| 25 | 65.4375 | 6.521100 | 16 | 38 | 148 |
| 50 | 57.2500 | 2.573098 | 16 | 48 | 88 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 3.470189
Honestly Significant Difference: 16.03529
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 25 | 65.44 |
| a | 50 | 57.25 |
| a | 0 | 56.19 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 341.6389

| Foliar | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| F | 59.375 | 4.150612 | 24 | 39 | 148 |
| S | 59.875 | 2.998981 | 24 | 38 | 97 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 2.877239

Honestly Significant Difference: 10.8556
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | S | 59.88 |
| a | F | 59.38 |

Anexo 18: Contenido de Zinc en hojas (Segundo muestreo) (Solo tratamientos 0, 25 y 50 Kg.ha$^{-1}$ $ZnSO_4$, con y sin aplicación foliar) Exp Campo

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|---|---|---|---|---|---|
| Bloque | 3 | 12301 | 4100 | 0.544 | 0.656 |
| Variedad | 1 | 1230 | 1230 | 0.163 | 0.689 |
| Dosis | 2 | 920 | 460 | 0.061 | 0.941 |
| Foliar | 1 | 1866380 | 1866380 | 247.494 | <2e-16 *** |
| Variedad:Dosis | 2 | 504 | 252 | 0.033 | 0.967 |
| Variedad:Foliar | 1 | 1692 | 1692 | 0.224 | 0.639 |
| Dosis:Foliar | 2 | 2328 | 1164 | 0.154 | 0.858 |
| Variedad:Dosis:Foliar | 2 | 398 | 199 | 0.026 | 0.974 |
| Residuals | 33 | 248856 | 7541 | | |

Signif. codes: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 7541.102

| Variedad | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 278.625 | 44.96798 | 24 | 56 | 725 |
| Canchan | 268.500 | 42.92667 | 24 | 57 | 699 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 2.877239

Honestly Significant Difference: 51.00206
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Amarillis | 278.6 |
| a | Canchan | 268.5 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 7541.102

| Dosis | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 279.4375 | 56.12003 | 16 | 56 | 699 |
| 25 | 272.3125 | 51.67291 | 16 | 58 | 580 |
| 50 | 268.9375 | 55.41506 | 16 | 57 | 725 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 3.470189
Honestly Significant Difference: 75.33739

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 0 | 279.4 |
| a | 25 | 272.3 |
| a | 50 | 268.9 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 7541.102

| Foliar | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| F | 470.750 | 21.892958 | 24 | 303 | 725 |
| S | 76.375 | 2.573424 | 24 | 56 | 102 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 2.877239

Honestly Significant Difference: 51.00206
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | F | 470.8 |
| b | S | 76.38 |

Anexo 19: Contenido de Zinc en Tallos (primer muestreo) (Solo tratamientos 0, 25 y 50 $Kg.ha^{-1}$ $ZnSO_4$, con y sin aplicación foliar) Exp Campo

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|---|---|---|---|---|---|
| Bloque | 3 | 2069 | 690 | 5.967 | 0.00229 ** |
| Variedad | 1 | 6120 | 6120 | 52.938 | 2.39e-08 *** |
| Dosis | 2 | 188 | 94 | 0.811 | 0.45287 |
| Foliar | 1 | 0 | 0 | 0.001 | 0.97874 |
| Variedad:Dosis | 2 | 100 | 50 | 0.433 | 0.65240 |
| Variedad:Foliar | 1 | 52 | 52 | 0.451 | 0.50676 |
| Dosis:Foliar | 2 | 332 | 166 | 1.435 | 0.25259 |
| Variedad:Dosis:Foliar | 2 | 59 | 30 | 0.255 | 0.77616 |
| Residuals | 33 | 3815 | 116 | | |

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 115.6086

| Variedad | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 89.41667 | 2.341278 | 24 | 70 | 111 |
| Canchan | 66.83333 | 2.549983 | 24 | 47 | 89 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 2.877239

Honestly Significant Difference: 6.314884
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Amarillis | 89.42 |
| b | Canchan | 66.83 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 115.6086

| Dosis | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 79.9375 | 4.572079 | 16 | 51 | 111 |
| 25 | 79.0625 | 3.753297 | 16 | 53 | 105 |
| 50 | 75.3750 | 4.158200 | 16 | 47 | 104 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 3.470189

Honestly Significant Difference: 9.327994
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 0 | 79.94 |
| a | 25 | 79.06 |
| a | 50 | 75.38 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 115.6086

| Foliar | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| F | 78.16667 | 3.276877 | 24 | 51 | 111 |
| S | 78.08333 | 3.511842 | 24 | 47 | 107 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 2.877239

Honestly Significant Difference: 6.314884

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | F | 78.17 |
| a | S | 78.08 |

Anexo 20: Contenido de Zinc en tallos (Segundo muestreo) (Solo tratamientos 0, 25 y 50 Kg.ha$^{-1}$ $ZnSO_4$, con y sin aplicación foliar) Exp Campo

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bloque | 3 | 9515 | 3172 | 1.687 | 0.189 | |
| Variedad | 1 | 37019 | 37019 | 19.692 | 9.57e-05 | *** |
| Dosis | 2 | 1575 | 788 | 0.419 | 0.661 | |
| Foliar | 1 | 87296 | 87296 | 46.436 | 8.97e-08 | *** |
| Variedad:Dosis | 2 | 1061 | 530 | 0.282 | 0.756 | |
| Variedad:Foliar | 1 | 1230 | 1230 | 0.654 | 0.424 | |
| Dosis:Foliar | 2 | 4269 | 2134 | 1.135 | 0.334 | |
| Variedad:Dosis:Foliar | 2 | 537 | 269 | 0.143 | 0.867 | |
| Residuals | 33 | 62037 | 1880 | | | |

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 1879.915

| Variedad | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 216.8750 | 13.08865 | 24 | 95 | 400 |
| Canchan | 161.3333 | 11.49632 | 24 | 66 | 260 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 2.877239

Honestly Significant Difference: 25.46475
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Amarillis | 216.9 |
| b | Canchan | 161.3 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 1879.915

| Dosis | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 197.0625 | 19.71473 | 16 | 74 | 400 |
| 25 | 183.8125 | 15.88532 | 16 | 89 | 290 |
| 50 | 186.4375 | 14.30617 | 16 | 66 | 270 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 3.470189
Honestly Significant Difference: 37.61511

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 0 | 197.1 |
| a | 50 | 186.4 |
| a | 25 | 183.8 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 1879.915

| Foliar | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| F | 231.7500 | 10.757412 | 24 | 116 | 400 |
| S | 146.4583 | 9.832285 | 24 | 66 | 225 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 2.877239

Honestly Significant Difference: 25.46475
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | F | 231.8 |
| b | S | 146.5 |

Anexo 21: Contenido de Zinc en tubérculos (Segundo muestreo) (Solo tratamientos 0, 25 y 50 Kg.ha$^{-1}$ $ZnSO_4$ con y sin aplicación foliar) Exp Campo

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|---|---|---|---|---|---|
| Bloque | 2 | 0.89 | 0.44 | 0.141 | 0.868857 |
| Variedad | 1 | 0.03 | 0.03 | 0.009 | 0.925933 |
| Dosis | 2 | 1.56 | 0.78 | 0.248 | 0.782827 |
| Foliar | 1 | 2.25 | 2.25 | 0.716 | 0.406492 |
| Variedad:Dosis | 2 | 22.22 | 11.11 | 3.537 | 0.046570 * |
| Variedad:Foliar | 1 | 51.36 | 51.36 | 16.350 | 0.000542 *** |
| Dosis:Foliar | 2 | 20.67 | 10.33 | 3.289 | 0.056256 |
| Variedad:Dosis:Foliar | 2 | 6.89 | 3.44 | 1.096 | 0.351623 |
| Residuals | 22 | 69.11 | 3.14 | | |

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
12 observations deleted due to missingness

Study:

HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 3.141414

| Variedad | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 15.00000 | 0.5829831 | 18 | 11 | 19 |
| Canchan | 14.94444 | 0.4815024 | 18 | 11 | 19 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 22
Critical Value of Studentized Range: 2.932899

Honestly Significant Difference: 1.225247

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Amarillis | 15 |
| a | Canchan | 14.94 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 3.141414

| Dosis | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 15.25000 | 0.6045910 | 12 | 11 | 19 |
| 25 | 14.91667 | 0.7120003 | 12 | 11 | 19 |
| 50 | 14.75000 | 0.6642950 | 12 | 11 | 19 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 22
Critical Value of Studentized Range: 3.552594

Honestly Significant Difference: 1.81768

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 0 | 15.25 |
| a | 25 | 14.92 |
| a | 50 | 14.75 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 3.141414

| Foliar | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| F | 14.72222 | 0.4559380 | 18 | 11 | 18 |
| S | 15.22222 | 0.5971367 | 18 | 11 | 19 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 22
Critical Value of Studentized Range: 2.932899
Honestly Significant Difference: 1.225247

Means with the same letter are not significantly different.
Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | S | 15.22 |
| a | F | 14.72 |

Anexo 22: Extracción de Zinc en Hojas y Tallos (primer muestreo) (Solo tratamientos 0, 25 y 50 $Kg.ha^{-1}$ $ZnSO_4$, con y sin aplicación foliar) Exp Campo

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|---|---|---|---|---|---|
| Bloque | 3 | 824.9 | 274.96 | 4.904 | 0.0063 ** |
| Variedad | 1 | 97.8 | 97.80 | 1.744 | 0.1957 |
| Dosis | 2 | 19.2 | 9.58 | 0.171 | 0.8436 |
| Foliar | 1 | 62.6 | 62.56 | 1.116 | 0.2985 |
| Variedad:Dosis | 2 | 117.7 | 58.86 | 1.050 | 0.3614 |
| Variedad:Foliar | 1 | 95.7 | 95.69 | 1.707 | 0.2004 |
| Dosis:Foliar | 2 | 25.7 | 12.86 | 0.229 | 0.7962 |
| Variedad:Dosis:Foliar | 2 | 30.8 | 15.40 | 0.275 | 0.7615 |
| Residuals | 33 | 1850.2 | 56.07 | | |

Signif. codes: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Study:
HSD Test for var.fin

Mean Square Error: 56.06585

| Variedad | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 34.30068 | 1.583771 | 24 | 19.72387 | 51.46052 |
| Canchan | 31.44585 | 1.724778 | 24 | 20.65266 | 50.43525 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 2.877239
Honestly Significant Difference: 4.397639

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Amarillis | 34.3 |
| a | Canchan | 31.45 |

Study:

HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 56.06585

| Dosis | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 32.05186 | 2.682818 | 16 | 19.72387 | 51.46052 |
| 25 | 33.58895 | 1.685318 | 16 | 23.11612 | 45.58252 |
| 50 | 32.97900 | 1.703278 | 16 | 21.50866 | 50.43525 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 3.470189

Honestly Significant Difference: 6.495946
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 25 | 33.59 |
| a | 50 | 32.98 |
| a | 0 | 32.05 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 56.06585

| Foliar | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| F | 34.01487 | 1.357497 | 24 | 20.65266 | 48.77525 |
| S | 31.73167 | 1.924640 | 24 | 19.72387 | 51.46052 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 2.877239

Honestly Significant Difference: 4.397639

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | F | 34.01 |
| a | S | 31.73 |

Anexo 23: Extraccion de Zinc total (Hojas, tallos y tuberculos) (Solo tratamientos 0, 25 y 50 $Kg.ha^{-1}$ $ZnSO_4$, con y sin aplicación foliar) Exp Campo

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|---|---|---|---|---|---|
| Bloque | 3 | 1146911 | 382304 | 7.574 | 0.000548 *** |
| Variedad | 1 | 58521 | 58521 | 1.159 | 0.289398 |
| Dosis | 2 | 37335 | 18668 | 0.370 | 0.693674 |
| Foliar | 1 | 4629303 | 4629303 | 91.714 | 4.73e-11 *** |
| Variedad:Dosis | 2 | 94876 | 47438 | 0.940 | 0.400903 |
| Variedad:Foliar | 1 | 25838 | 25838 | 0.512 | 0.479349 |
| Dosis:Foliar | 2 | 70829 | 35415 | 0.702 | 0.503026 |
| Variedad:Dosis:Foliar | 2 | 47302 | 23651 | 0.469 | 0.630000 |
| Residuals | 33 | 1665685 | 50475 | | |

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 50475.29

| Variedad | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 726.5533 | 74.22061 | 24 | 244.3291 | 1751.967 |
| Canchan | 656.7194 | 92.05068 | 24 | 205.9875 | 1652.113 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 2.877239

Honestly Significant Difference: 131.9501
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Amarillis | 726.6 |
| a | Canchan | 656.7 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 50475.29

| Dosis | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 731.0753 | 111.87957 | 16 | 239.0836 | 1652.113 |
| 25 | 671.5244 | 106.77628 | 16 | 205.9875 | 1751.967 |
| 50 | 672.3093 | 91.26184 | 16 | 263.8526 | 1513.485 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 3.470189

Honestly Significant Difference: 194.9093
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 0 | 731.1 |
| a | 50 | 672.3 |
| a | 25 | 671.5 |

Study:

HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 50475.29

Foliar, means

| | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| F | 1002.1904 | 72.02832 | 24 | 351.0438 | 1751.9667 |
| S | 381.0823 | 22.66158 | 24 | 205.9875 | 629.6815 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 33
Critical Value of Studentized Range: 2.877239

Honestly Significant Difference: 131.9501
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | F | 1002 |
| b | S | 381.1 |

Anexo 24: Rendimiento total ($Kg.ha^{-1}$) (Solo tratamientos 0, 25, 50 y 75 $Kg.ha^{-1}$ $ZnSO_4$, sin aplicación foliar) Exp Campo

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|---|---|---|---|---|---|
| Bloque | 3 | 343071942 | 114357314 | 6.972 | 0.00196 ** |
| Variedad | 1 | 56994780 | 56994780 | 3.475 | 0.07634 |
| Dosis | 3 | 18835444 | 6278481 | 0.383 | 0.76644 |
| Variedad:Dosis | 3 | 41015143 | 13671714 | 0.834 | 0.49042 |
| Residuals | 21 | 344426010 | 16401239 | | |

Signif. codes: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 16401239

| Variedad | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 36299.34 | 1238.779 | 16 | 26439.47 | 42075.21 |
| Canchan | 33630.19 | 1256.733 | 16 | 25402.63 | 41473.68 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 21
Critical Value of Studentized Range: 2.941018

Honestly Significant Difference: 2977.666

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Amarillis | 36300 |
| a | Canchan | 33630 |

Study:

HSD Test for var.fin

Mean Square Error: 16401239

Dosis, means

| | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 34338.42 | 1689.811 | 8 | 26636.32 | 40039.32 |
| 25 | 35969.04 | 1275.993 | 8 | 30759.65 | 41735.90 |
| 50 | 34111.67 | 2023.838 | 8 | 25402.63 | 40091.23 |
| 75 | 35439.94 | 2333.964 | 8 | 26028.43 | 42075.21 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 21
Critical Value of Studentized Range: 3.941878

Honestly Significant Difference: 5644.123
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 25 | 35970 |
| a | 75 | 35440 |
| a | 0 | 34340 |
| a | 50 | 34110 |

Anexo 25: Rendimiento Comercial ($Kg.ha^{-1}$) (Solo tratamientos 0, 25, 50 y 75 $Kg.ha^{-1}$ $ZnSO_4$, sin aplicación foliar) Exp Campo

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|---|---|---|---|---|---|
| Bloque | 3 | 399160745 | 133053582 | 6.856 | 0.00214 ** |
| Variedad | 1 | 49884689 | 49884689 | 2.571 | 0.12380 |
| Dosis | 3 | 16746610 | 5582203 | 0.288 | 0.83377 |
| Variedad:Dosis | 3 | 42204794 | 14068265 | 0.725 | 0.54841 |
| Residuals | 21 | 407521716 | 19405796 | | |

Signif. codes: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 19405796

| Variedad | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 33013.85 | 1290.055 | 16 | 22931.49 | 41260.85 |
| Canchan | 30516.74 | 1393.759 | 16 | 21125.66 | 38812.46 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 21
Critical Value of Studentized Range: 2.941018
Honestly Significant Difference: 3238.944
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Amarillis | 33010 |
| a | Canchan | 30520 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 19405796

| Dosis | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 31330.07 | 1921.755 | 8 | 24040.56 | 37629.35 |
| 25 | 32769.58 | 1276.979 | 8 | 27744.17 | 38402.12 |
| 50 | 30875.20 | 2089.580 | 8 | 21125.66 | 36885.66 |
| 75 | 32086.32 | 2521.773 | 8 | 22680.92 | 41260.85 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 21
Critical Value of Studentized Range: 3.941878
Honestly Significant Difference: 6139.371
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 25 | 32770 |
| a | 75 | 32090 |
| a | 0 | 31330 |
| a | 50 | 30880 |

Anexo 26: Peso de tubérculos calibre Extra (Solo tratamientos 0, 25, 50 y 75 $Kg.ha^{-1}$ $ZnSO_4$, sin aplicación foliar) Exp Campo

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|---|---|---|---|---|---|
| Bloque | 3 | 0.02416 | 0.008053 | 0.644 | 0.595 |
| Variedad | 1 | 0.00025 | 0.000253 | 0.020 | 0.888 |
| Dosis | 3 | 0.07096 | 0.023653 | 1.891 | 0.162 |
| Variedad:Dosis | 3 | 0.00076 | 0.000253 | 0.020 | 0.996 |
| Residuals | 21 | 0.26272 | 0.012510 | | |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 0.01251027

| Variedad | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 0.030000 | 0.030000 | 16 | 0 | 0.48 |
| Canchan | 0.024375 | 0.024375 | 16 | 0 | 0.39 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 21
Critical Value of Studentized Range: 2.941018

Honestly Significant Difference: 0.08223771
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Amarillis | 0.03 |
| a | Canchan | 0.02438 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 0.01251027

| Dosis | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.10875 | 0.07169971 | 8 | 0 | 0.48 |
| 25 | 0.00000 | 0.00000000 | 8 | 0 | 0.00 |
| 50 | 0.00000 | 0.00000000 | 8 | 0 | 0.00 |
| 75 | 0.00000 | 0.00000000 | 8 | 0 | 0.00 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 21
Critical Value of Studentized Range: 3.941878
Honestly Significant Difference: 0.1558804
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 0 | 0.1088 |
| a | 25 | 0 |
| a | 50 | 0 |
| a | 75 | 0 |

Anexo 27: Número de tubérculos calibre Extra (Solo tratamientos 0, 25, 50 y 75 $Kg.ha^{-1}$ $ZnSO_4$, sin aplicación foliar) Exp Campo

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|---|---|---|---|---|---|
| Bloque | 3 | 0.125 | 0.04167 | 0.636 | 0.600 |
| Variedad | 1 | 0.000 | 0.00000 | 0.000 | 1.000 |
| Dosis | 3 | 0.375 | 0.12500 | 1.909 | 0.159 |
| Variedad:Dosis | 3 | 0.000 | 0.00000 | 0.000 | 1.000 |
| Residuals | 21 | 1.375 | 0.06548 | | |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 0.06547619

| Variedad | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 0.0625 | 0.0625 | 16 | 0 | 1 |
| Canchan | 0.0625 | 0.0625 | 16 | 0 | 1 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 21
Critical Value of Studentized Range: 2.941018
Honestly Significant Difference: 0.1881392
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Amarillis | 0.0625 |
| a | Canchan | 0.0625 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 0.06547619

| Dosis | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.25 | 0.1636634 | 8 | 0 | 1 |
| 25 | 0.00 | 0.0000000 | 8 | 0 | 0 |
| 50 | 0.00 | 0.0000000 | 8 | 0 | 0 |
| 75 | 0.00 | 0.0000000 | 8 | 0 | 0 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 21
Critical Value of Studentized Range: 3.941878
Honestly Significant Difference: 0.3566152
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 0 | 0.25 |
| a | 25 | 0 |
| a | 50 | 0 |
| a | 75 | 0 |

Anexo 28: Peso de tubérculos calibre Primera (Solo tratamientos 0, 25, 50 y 75 Kg.ha$^{-1}$ $ZnSO_4$, sin aplicación foliar) Exp Campo

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bloque | 3 | 53.19 | 17.729 | | 7.826 | 0.00108 ** |
| Variedad | 1 | 19.69 | 19.688 | | 8.691 | 0.00768 ** |
| Dosis | 3 | 1.94 | 0.645 | | 0.285 | 0.83577 |
| Variedad:Dosis | 3 | 7.70 | 2.568 | | 1.133 | 0.35835 |
| Residuals | 21 | 47.57 | 2.265 | | | |

---
Signif. codes: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 2.265399

| Variedad | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 7.025625 | 0.5209678 | 16 | 4.04 | 11.02 |
| Canchan | 5.456875 | 0.4342683 | 16 | 3.19 | 10.12 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 21
Critical Value of Studentized Range: 2.941018
Honestly Significant Difference: 1.106649

Means with the same letter are not significantly different.
Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Amarillis | 7.026 |
| b | Canchan | 5.457 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 2.265399

| Dosis | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 6.58000 | 0.8423479 | 8 | 3.19 | 11.02 |
| 25 | 6.33250 | 0.5707694 | 8 | 3.70 | 7.98 |
| 50 | 6.14125 | 0.9133248 | 8 | 4.04 | 10.43 |
| 75 | 5.91125 | 0.6472426 | 8 | 3.39 | 9.27 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 21
Critical Value of Studentized Range: 3.941878
Honestly Significant Difference: 2.097638
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 0 | 6.58 |
| a | 25 | 6.333 |
| a | 50 | 6.141 |
| a | 75 | 5.911 |

Anexo 29: Número de tubérculos Calibre Primera (Solo tratamientos 0, 25, 50 y 75 $Kg.ha^{-1}$ $ZnSO_4$, sin aplicación foliar) Exp Campo

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bloque | 3 | 1267.6 | 422.5 | | 8.748 | 0.000586 *** |
| Variedad | 1 | 480.5 | 480.5 | | 9.948 | 0.004788 ** |
| Dosis | 3 | 58.1 | 19.4 | | 0.401 | 0.753651 |
| Variedad:Dosis | 3 | 264.2 | 88.1 | | 1.824 | 0.173781 |
| Residuals | 21 | 1014.4 | 48.3 | | | |

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 48.30357

| Variedad | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 33.6875 | 2.608829 | 16 | 20 | 56 |
| Canchan | 25.9375 | 2.011361 | 16 | 15 | 46 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 21
Critical Value of Studentized Range: 2.941018
Honestly Significant Difference: 5.110075
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Amarillis | 33.69 |
| b | Canchan | 25.94 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 48.30357

| Dosis | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 30.875 | 4.525474 | 8 | 15 | 56 |
| 25 | 31.250 | 2.657536 | 8 | 20 | 40 |
| 50 | 29.250 | 4.160829 | 8 | 20 | 50 |
| 75 | 27.875 | 3.032193 | 8 | 15 | 41 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 21
Critical Value of Studentized Range: 3.941878

Honestly Significant Difference: 9.686074

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 25 | 31.25 |
| a | 0 | 30.88 |
| a | 50 | 29.25 |
| a | 75 | 27.88 |

Anexo 30: Peso de tubérculos calibre Segunda (Solo tratamientos 0, 25, 50 y 75 Kg.ha$^{-1}$ $ZnSO_4$ sin aplicación foliar) Exp Campo

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bloque | 3 | 366.5 | 122.17 | | 4.923 | 0.0096 ** |
| Variedad | 1 | 35.4 | 35.36 | | 1.425 | 0.2459 |
| Dosis | 3 | 31.8 | 10.61 | | 0.428 | 0.7352 |
| Variedad:Dosis | 3 | 86.9 | 28.98 | | 1.168 | 0.3456 |
| Residuals | 21 | 521.2 | 24.82 | | | |

---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 24.81686

| Variedad | var.fin | td.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 31.81875 | 1.373198 | 16 | 22.5 | 39.37 |
| Canchan | 29.71625 | 1.519180 | 16 | 20.0 | 37.85 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 21
Critical Value of Studentized Range: 2.941018

Honestly Significant Difference: 3.662782
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Amarillis | 31.82 |
| a | Canchan | 29.72 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 24.81686

| Dosis | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 29.58000 | 1.843831 | 8 | 21.61 | 36.04 |
| 25 | 32.13625 | 1.535893 | 8 | 25.78 | 37.29 |
| 50 | 30.09375 | 2.211911 | 8 | 20.00 | 37.85 |
| 75 | 31.26000 | 2.717385 | 8 | 21.20 | 39.37 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 21
Critical Value of Studentized Range: 3.941878
Honestly Significant Difference: 6.94275
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 25 | 32.14 |
| a | 75 | 31.26 |
| a | 50 | 30.09 |
| a | 0 | 29.58 |

Anexo 31: Número de tubérculos Calibre Segunda (Solo tratamientos 0, 25, 50 y 75 Kg.ha$^{-1}$ $ZnSO_4$, sin aplicación foliar) Exp Campo

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|---|---|---|---|---|---|
| Bloque | 3 | 47445 | 15815 | 3.886 | 0.0235 * |
| Variedad | 1 | 319 | 319 | 0.078 | 0.7823 |
| Dosis | 3 | 5333 | 1778 | 0.437 | 0.7289 |
| Variedad:Dosis | 3 | 7107 | 2369 | 0.582 | 0.6333 |
| Residuals | 21 | 85460 | 4070 | | |

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 4069.519

| Variedad | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 350.7500 | 13.93392 | 16 | 258 | 419 |
| Canchan | 344.4375 | 20.28422 | 16 | 217 | 483 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 21
Critical Value of Studentized Range: 2.941018
Honestly Significant Difference: 46.90393
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Amarillis | 350.8 |
| a | Canchan | 344.4 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 4069.519

| Dosis | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 347.125 | 23.15972 | 8 | 247 | 411 |
| 25 | 367.500 | 19.70859 | 8 | 276 | 425 |
| 50 | 344.250 | 29.69713 | 8 | 217 | 483 |
| 75 | 331.500 | 26.44199 | 8 | 227 | 406 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 21
Critical Value of Studentized Range: 3.941878
Honestly Significant Difference: 88.90572
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 25 | 367.5 |
| a | 0 | 347.1 |
| a | 50 | 344.2 |
| a | 75 | 331.5 |

Anexo 32: Contenido de Zinc en Hojas (primer muestreo) (Solo tratamientos 0, 25, 50 y 75 $Kg.ha^{-1}$ $ZnSO_4$, sin aplicación foliar) Exp Campo

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|---|---|---|---|---|---|
| Bloque | 3 | 2833 | 944.2 | 2.821 | 0.0637 |
| Variedad | 1 | 113 | 112.5 | 0.336 | 0.5683 |
| Dosis | 3 | 1445 | 481.6 | 1.439 | 0.2598 |
| Variedad:Dosis | 3 | 503 | 167.8 | 0.501 | 0.6856 |
| Residuals | 21 | 7030 | 334.8 | | |

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 334.7738

| Variedad | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 65.25 | 5.027839 | 16 | 38 | 126 |
| Canchan | 61.50 | 4.892171 | 16 | 44 | 110 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 21
Critical Value of Studentized Range: 2.941018
Honestly Significant Difference: 13.45282
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Amarillis | 65.25 |
| a | Canchan | 61.5 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 334.7738

| Dosis | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 59.250 | 4.245796 | 8 | 45 | 86 |
| 25 | 64.250 | 6.629884 | 8 | 38 | 97 |
| 50 | 56.125 | 4.676833 | 8 | 48 | 88 |
| 75 | 73.875 | 10.161970 | 8 | 44 | 126 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 21
Critical Value of Studentized Range: 3.941878

Honestly Significant Difference: 25.49963
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 75 | 73.88 |
| a | 25 | 64.25 |
| a | 0 | 59.25 |
| a | 50 | 56.12 |

Anexo 33: Contenido de Zinc en Hojas (Segundo muestreo) (Solo tratamientos 0, 25, 50 y 75 $Kg.ha^{-1}$ $ZnSO_4$, sin aplicación foliar) Exp Campo

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|---|---|---|---|---|---|
| Bloque | 3 | 2401 | 800.4 | 1.125 | 0.3614 |
| Variedad | 1 | 149 | 148.8 | 0.209 | 0.6521 |
| Dosis | 3 | 5705 | 1901.6 | 2.674 | 0.0736 |
| Variedad:Dosis | 3 | 471 | 156.9 | 0.221 | 0.8810 |
| Residuals | 21 | 14935 | 711.2 | | |

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 711.2098

| Variedad | Var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 81.8125 | 7.872007 | 16 | 54 | 189 |
| Canchan | 86.1250 | 5.999913 | 16 | 57 | 136 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 21
Critical Value of Studentized Range: 2.941018

Honestly Significant Difference: 19.60815

Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Canchan | 86.12 |
| a | Amarillis | 81.81 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 711.2098

| Dosis | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 72.625 | 3.023347 | 8 | 56 | 82 |
| 25 | 78.125 | 5.152799 | 8 | 58 | 101 |
| 50 | 78.375 | 5.154532 | 8 | 57 | 102 |
| 75 | 106.750 | 16.074325 | 8 | 54 | 189 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 21
Critical Value of Studentized Range: 3.941878
Honestly Significant Difference: 37.16696
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 75 | 106.8 |
| a | 50 | 78.38 |
| a | 25 | 78.12 |
| a | 0 | 72.62 |

Anexo 34: Contenido de Zinc en Tallos (primer muestreo) (Solo tratamientos 0, 25, 50 y 75 $Kg.ha^{-1}$ $ZnSO_4$, sin aplicación foliar) Exp Campo

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|---|---|---|---|---|---|
| Bloque | 3 | 1499 | 500 | 3.884 | 0.0236 * |
| Variedad | 1 | 4232 | 4232 | 32.900 | 1.08e-05 *** |
| Dosis | 3 | 141 | 47 | 0.365 | 0.7787 |
| Variedad:Dosis | 3 | 171 | 57 | 0.443 | 0.7246 |
| Residuals | 21 | 2701 | 129 | | |

---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 128.631

| Variedad | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 88.75 | 2.783134 | 16 | 71 | 107 |
| Canchan | 65.75 | 3.324781 | 16 | 47 | 89 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 21
Critical Value of Studentized Range: 2.941018

Honestly Significant Difference: 8.338932
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Amarillis | 88.75 |
| b | Canchan | 65.75 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 128.631

| Dosis | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 80.00 | 6.974443 | 8 | 55 | 107 |
| 25 | 75.75 | 5.814852 | 8 | 53 | 100 |
| 50 | 78.50 | 6.147009 | 8 | 47 | 99 |
| 75 | 74.75 | 5.777883 | 8 | 53 | 101 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 21
Critical Value of Studentized Range: 3.941878
Honestly Significant Difference: 15.80632
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 0 | 80 |
| a | 50 | 78.5 |
| a | 25 | 75.75 |
| a | 75 | 74.75 |

Anexo 35: Contenido de Zinc en tallos (Segundo muestreo) (Solo tratamientos 0, 25, 50 y 75 $Kg.ha^{-1}$ $ZnSO_4$, sin aplicación foliar) Exp Campo

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|---|---|---|---|---|---|
| Bloque | 3 | 19122 | 6374 | 4.498 | 0.01375 * |
| Variedad | 1 | 14835 | 14835 | 10.468 | 0.00396 ** |
| Dosis | 3 | 4653 | 1551 | 1.095 | 0.37330 |
| Variedad:Dosis | 3 | 610 | 203 | 0.143 | 0.93276 |
| Residuals | 21 | 29759 | 1417 | | |

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 1417.115

| Variedad | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 173.1250 | 8.843489 | 16 | 95 | 225 |
| Canchan | 130.0625 | 12.140658 | 16 | 66 | 225 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 21
Critical Value of Studentized Range: 2.941018
Honestly Significant Difference: 27.67835
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Amarillis | 173.1 |
| b | Canchan | 130.1 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 1417.115

Dosis, means

| | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 148.000 | 19.90154 | 8 | 74 | 225 |
| 25 | 134.250 | 13.27020 | 8 | 89 | 190 |
| 50 | 157.125 | 18.51682 | 8 | 66 | 225 |
| 75 | 167.000 | 15.28538 | 8 | 86 | 215 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 21
Critical Value of Studentized Range: 3.941878
Honestly Significant Difference: 52.46391
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 75 | 167 |
| a | 50 | 157.1 |
| a | 0 | 148 |
| a | 25 | 134.2 |

Anexo 36: Contenido de Zinc en tubérculos (Segundo muestreo) (Solo tratamientos 0, 25, 50 y 75 Kg.ha$^{-1}$ $ZnSO_4$, sin aplicación foliar) Exp Campo

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|---|---|---|---|---|---|
| Bloque | 2 | 0.75 | 0.375 | 0.114 | 0.8928 |
| Variedad | 1 | 10.67 | 10.667 | 3.252 | 0.0929 |
| Dosis | 3 | 13.67 | 4.556 | 1.389 | 0.2872 |
| Variedad:Dosis | 3 | 49.00 | 16.333 | 4.980 | 0.0148 * |
| Residuals | 14 | 45.92 | 3.280 | | |

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
8 observations deleted due to missingness

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 3.279762

| Variedad | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 15.66667 | 0.6552045 | 12 | 13 | 19 |
| Canchan | 14.33333 | 0.6316565 | 12 | 11 | 19 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 14
Critical Value of Studentized Range: 3.033186
Honestly Significant Difference: 1.585731
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Amarillis | 15.67 |
| a | Canchan | 14.33 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 3.279762

| Dosis | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 15.66667 | 0.9545214 | 6 | 13 | 19 |
| 25 | 14.16667 | 1.2494443 | 6 | 11 | 19 |
| 50 | 15.83333 | 0.9098229 | 6 | 14 | 19 |
| 75 | 14.33333 | 0.4944132 | 6 | 13 | 16 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 14
Critical Value of Studentized Range: 4.110506

Honestly Significant Difference: 3.039071
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 50 | 15.83 |
| a | 0 | 15.67 |
| a | 75 | 14.33 |
| a | 25 | 14.17 |

Anexo 37: Extracción de Zinc en Hojas y Tallos (Solo tratamientos 0, 25, 50 y 75 Kg.ha$^{-1}$ $ZnSO_4$ sin aplicación foliar) Exp Campo

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bloque | 3 | 890.4 | 296.8 | | 2.911 | 0.0584 |
| Variedad | 1 | 491.6 | 491.6 | | 4.821 | 0.0395 * |
| Dosis | 3 | 163.4 | 54.5 | | 0.534 | 0.6639 |
| Variedad:Dosis | 3 | 237.6 | 79.2 | | 0.777 | 0.5200 |
| Residuals | 21 | 2141.3 | 102.0 | | | |

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 101.9676

| Variedad | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 36.95422 | 3.204255 | 16 | 19.72387 | 70.20454 |
| Canchan | 29.11543 | 2.009003 | 16 | 18.80895 | 50.43525 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 21
Critical Value of Studentized Range: 2.941018
Honestly Significant Difference: 7.424526
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Amarillis | 36.95 |
| b | Canchan | 29.12 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 101.9676

| Dosis | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 31.90359 | 4.417629 | 8 | 19.72387 | 51.46052 |
| 25 | 31.69771 | 2.492457 | 8 | 23.11612 | 45.10226 |
| 50 | 31.59370 | 3.283035 | 8 | 21.50866 | 50.43525 |
| 75 | 36.94430 | 5.536577 | 8 | 18.80895 | 70.20454 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 21
Critical Value of Studentized Range: 3.941878
Honestly Significant Difference: 14.07308
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 75 | 36.94 |
| a | 0 | 31.9 |
| a | 25 | 31.7 |
| a | 50 | 31.59 |

Anexo 38: Extracción de Zinc en Hojas, tallos y tubérculos (Solo tratamientos 0, 25, 50 y 75 $Kg.ha^{-1}$ $ZnSO_4$, sin aplicación foliar) Exp Campo

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bloque | 3 | 49170 | 16390 | | 1.343 | 0.28720 |
| Variedad | 1 | 110108 | 110108 | | 9.025 | 0.00676 ** |
| Dosis | 3 | 18842 | 6281 | | 0.515 | 0.67655 |
| Variedad:Dosis | 3 | 4648 | 1549 | | 0.127 | 0.94305 |
| Residuals | 21 | 256197 | 12200 | | | |

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 12199.84

| Variedad | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 448.5257 | 31.54662 | 16 | 244.3291 | 724.5521 |
| Canchan | 331.2080 | 19.36600 | 16 | 205.9875 | 497.5723 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 21
Critical Value of Studentized Range: 2.941018

Honestly Significant Difference: 81.21099
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Amarillis | 448.5 |
| b | Canchan | 331.2 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 12199.84

| Dosis | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 375.1207 | 47.85694 | 8 | 239.0836 | 629.6815 |
| 25 | 357.8347 | 31.10446 | 8 | 205.9875 | 442.9240 |
| 50 | 410.2915 | 40.00208 | 8 | 263.8526 | 620.0667 |
| 75 | 416.2205 | 51.42205 | 8 | 250.4756 | 724.5521 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 21
Critical Value of Studentized Range: 3.941878
Honestly Significant Difference: 153.9343
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 75 | 416.2 |
| a | 50 | 410.3 |
| a | 0 | 375.1 |
| a | 25 | 357.8 |

Anexo 39: Rendimiento Total (Kg.ha$^{-1}$) Todos los tratamientos

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|---|---|---|---|---|---|
| Bloque | 3 | 196564452 | 65521484 | 3.707 | 0.0194 * |
| Tratamiento | 6 | 86922181 | 14487030 | 0.820 | 0.5615 |
| Variedad | 1 | 102904616 | 102904616 | 5.822 | 0.0206 * |
| Tratamiento:Variedad | 6 | 55136911 | 9189485 | 0.520 | 0.7896 |
| Residuals | 39 | 689289477 | 7674089 | | |

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 17674089

| Variedad | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 36031.73 | 828.8803 | 28 | 26439.47 | 42075.21 |
| Canchan | 33320.58 | 820.1407 | 28 | 25057.02 | 41473.68 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 39
Critical Value of Studentized Range: 2.860517

Honestly Significant Difference: 2272.658
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Amarillis | 36030 |
| b | Canchan | 33320 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 17674089

| Tratamiento | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 34338.42 | 1689.8110 | 8 | 26636.32 | 40039.32 |
| 2 | 35969.04 | 1275.9932 | 8 | 30759.65 | 41735.90 |
| 3 | 34111.67 | 2023.8377 | 8 | 25402.63 | 40091.23 |
| 4 | 35439.94 | 2333.9639 | 8 | 26028.43 | 42075.21 |
| 5 | 33053.12 | 1583.4089 | 8 | 25057.02 | 38261.11 |
| 6 | 33262.15 | 964.7282 | 8 | 30241.23 | 37324.79 |
| 7 | 36558.71 | 1084.5182 | 8 | 30645.95 | 40039.32 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 39
Critical Value of Studentized Range: 4.394239
Honestly Significant Difference: 6531.413
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 7 | 36560 |
| a | 2 | 35970 |
| a | 4 | 35440 |
| a | 1 | 34340 |

| | | |
|---|---|---|
| a | 3 | 34110 |
| a | 6 | 33260 |
| a | 5 | 33050 |

Anexo 40: Rendimiento Comercial (Kg.ha$^{-1}$) Todos los tratamientos

| | Df | Sum Sq | Mean Sq | F value | Pr(>F) |
|---|---|---|---|---|---|
| Bloque | 3 | 204459142 | 68153047 | 3.222 | 0.0329 * |
| Tratamiento | 6 | 148197338 | 24699556 | 1.168 | 0.3432 |
| Variedad | 1 | 86302380 | 86302380 | 4.080 | 0.0503 |
| Tratamiento:Variedad | 6 | 55678379 | 9279730 | 0.439 | 0.8484 |
| Residuals | 39 | 824949505 | 21152551 | | |

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 21152551
Variedad, means

| | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| Amarillis | 32540.29 | 901.0398 | 28 | 22931.49 | 41260.85 |
| Canchan | 30057.46 | 905.2380 | 28 | 21125.66 | 38812.46 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 39
Critical Value of Studentized Range: 2.860517

Honestly Significant Difference: 2486.262
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | Amarillis | 32540 |
| a | Canchan | 30060 |

Study:
HSD Test for var.fin
Mean Square Error: 21152551

Tratamiento, means

| | var.fin | std.err | r | Min. | Max. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 31330.07 | 1921.7547 | 8 | 24040.56 | 37629.35 |
| 2 | 32769.58 | 1276.9792 | 8 | 27744.17 | 38402.12 |
| 3 | 30875.20 | 2089.5799 | 8 | 21125.66 | 36885.66 |
| 4 | 32086.32 | 2521.7728 | 8 | 22680.92 | 41260.85 |
| 5 | 28592.54 | 1552.3158 | 8 | 21799.61 | 34907.16 |
| 6 | 29733.81 | 920.4214 | 8 | 27078.86 | 33422.65 |
| 7 | 33704.60 | 1269.3735 | 8 | 26286.82 | 37095.75 |

alpha: 0.05 ; Df Error: 39

Critical Value of Studentized Range: 4.394239

Honestly Significant Difference: 7145.293
Means with the same letter are not significantly different.

Groups, Treatments and means

| | | |
|---|---|---|
| a | 7 | 33700 |
| a | 2 | 32770 |
| a | 4 | 32090 |
| a | 1 | 31330 |
| a | 3 | 30880 |
| a | 6 | 29730 |
| a | 5 | 28590 |