

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

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 DE
INGENIERO AGRONOMO**

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

Ing. Mg. Sc. Gilberto Rodríguez Soto
PRESIDENTE

Ing. Mg. Sc. Braulio La Torre Martínez
PATROCINADOR

Dr. Oscar Loli Figueroa
MIEMBRO

Dr. Sady García Bendezú
MIEMBRO

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 muestro (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 muestro (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 ($\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) (Solo tratamientos 0, 25 y 50 $\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ZnSO_4 , con y sin aplicación foliar) Exp Campo	71
Anexo 10: Rendimiento Comercial ($\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) (Solo tratamientos 0, 25 y 50 $\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ZnSO_4 , con y sin aplicación foliar) Exp Campo	72
Anexo 11: Peso de tubérculos Calibre Extra (Solo tratamientos 0, 25 y 50 $\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ZnSO_4 , con y sin aplicación foliar) Exp Campo	74
Anexo 12: Número de tubérculos calibre Extra (Solo tratamientos 0, 25 y 50 $\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ZnSO_4 , con y sin aplicación foliar) Exp Campo	75
Anexo 13: Peso de tubérculos calibre Primera (Solo tratamientos 0, 25 y 50 $\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ZnSO_4 , con y sin aplicación foliar) Exp Campo	77
Anexo 14: Número de tubérculos calibre Primera (Solo tratamientos 0, 25 y 50 $\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ZnSO_4 , con y sin aplicación foliar) Exp Campo.....	78
Anexo 15: Peso de Tubérculos calibre segunda (Solo tratamientos 0, 25 y 50 $\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ZnSO_4 , con y sin aplicación foliar) Exp Campo	80
Anexo 16: Número de Tubérculos calibre Segunda (Solo tratamientos 0, 25 y 50 $\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ 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 $\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ 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 $\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ 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 $\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ 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 $\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ 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 $\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ 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 $\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ZnSO_4 , con y sin aplicación foliar) Exp Campo.....	90
Anexo 23: Extracción de Zinc total (Hojas, tallos y tuberculos) (Solo tratamientos 0, 25 y 50 $\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ZnSO_4 , con y sin aplicación foliar) Exp Campo.....	92
Anexo 24: Rendimiento total ($\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) (Solo tratamientos 0, 25, 50 y 75 $\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ZnSO_4 , sin aplicación foliar) Exp Campo.....	93
Anexo 25: Rendimiento Comercial ($\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) (Solo tratamientos 0, 25, 50 y 75 $\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ZnSO_4 , sin aplicación foliar) Exp Campo	94
Anexo 26: Peso de tubérculos calibre Extra (Solo tratamientos 0, 25, 50 y 75 $\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ 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 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) 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 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ + 0.5% foliar y 75 kg/ha $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, 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 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ + 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 si 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 ácido 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 $< 20 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ 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: Piaggese (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 Crítica
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
Cacahuete	Hoja	25
Cacahuete	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:

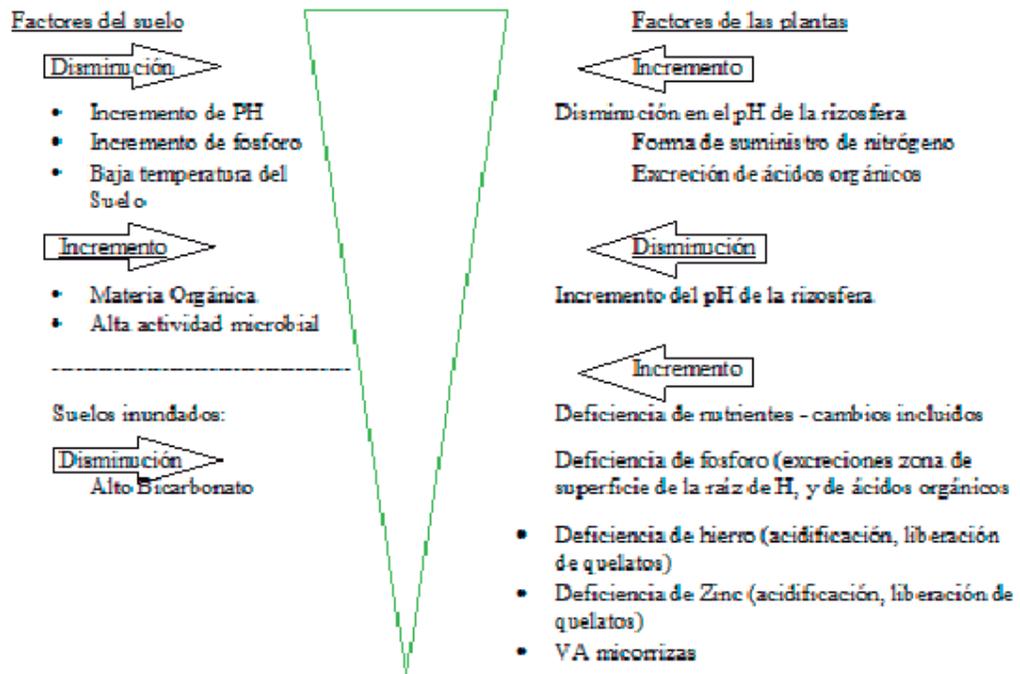
- Concentración de zinc total baja (como en suelos arenosos).
- Suelos arenosos y ácidos, altamente lixiviados con disponibilidad total de zinc baja.
- Alto contenido de carbonato de calcio (suelos calcáreos).
- Suelos de pH alcalino: La disponibilidad de zinc disminuye al incrementar el pH del suelo 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 fósforo: Altos niveles de fósforo 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 fósforo 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 Fe²⁺ o Mg²⁺ 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

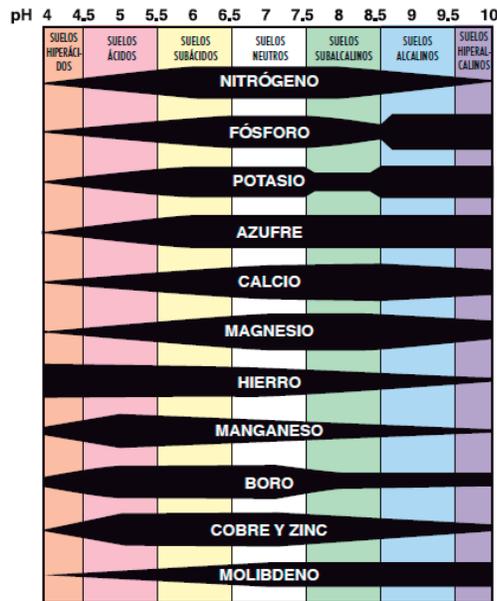
v) Fracción de minerales primarios intemperizados.

Solo el zinc soluble y aquellos en los que los iones pueden 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, varía de 4 a 270 $\mu\text{g L}^{-1}$ (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 $\mu\text{g L}^{-1}$, 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: Piaggese (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 $\text{NH}_4(\text{SO}_4)_2$.

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 azúcares 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% (Porrás, 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
	Fe	1.7	4.8
	Mn	127	360
Remoción de microelementos (g ha⁻¹)	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 fósforo, 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 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 recibieron 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 ₂ O ₅
Cloruro de potasio	60% K ₂ O
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:

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

Y_{ij} = 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

α_i = Efecto de la i-esima variedad de papa

β_j = Efecto de la j-esima dosis de zinc

$\alpha_i * \beta_j$ = Efecto de la interacción de la i-esima variedad de papa con la j-esima dosis de zinc

e_{ijk} = 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.

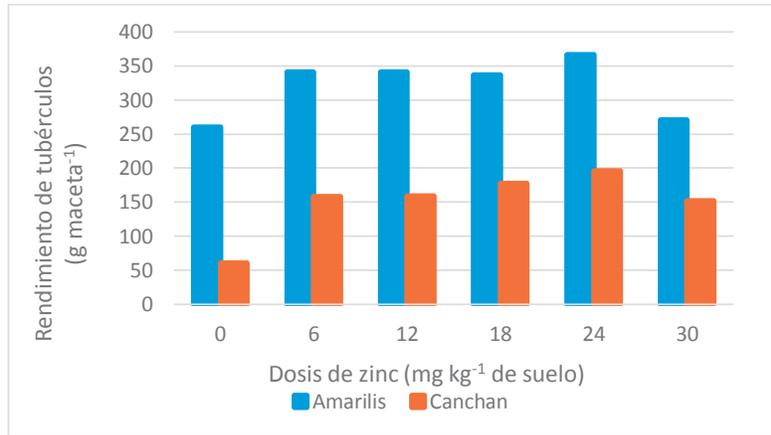


Grafico 1: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el rendimiento total de tubérculos en dos variedades de papa cultivadas en maceta

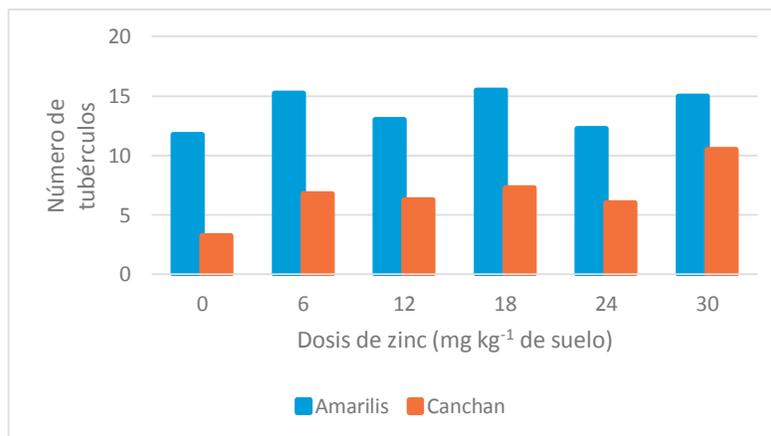


Grafico 2: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el número total de tubérculos en dos variedades de papa cultivadas en maceta

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 resultó 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.

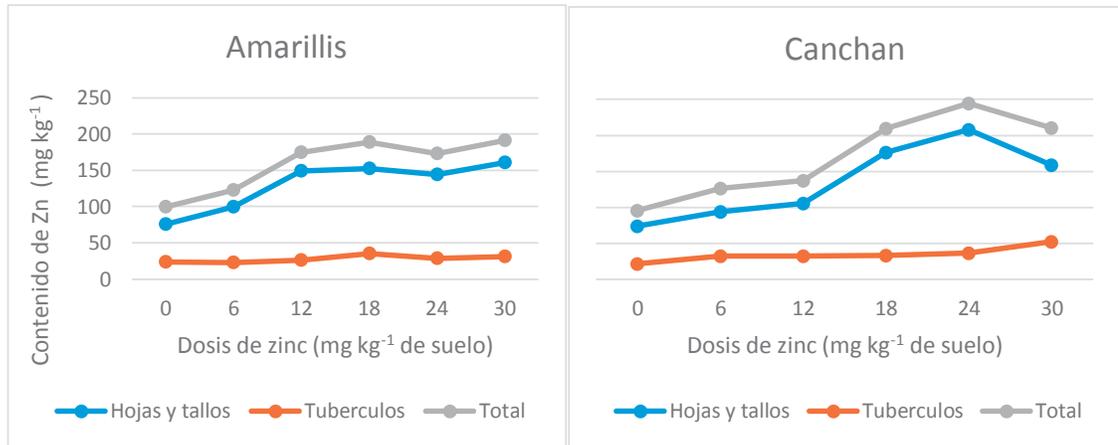


Grafico 3: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el contenido de zinc en hojas, tallos y tubérculos en dos variedades de papa cultivadas en maceta

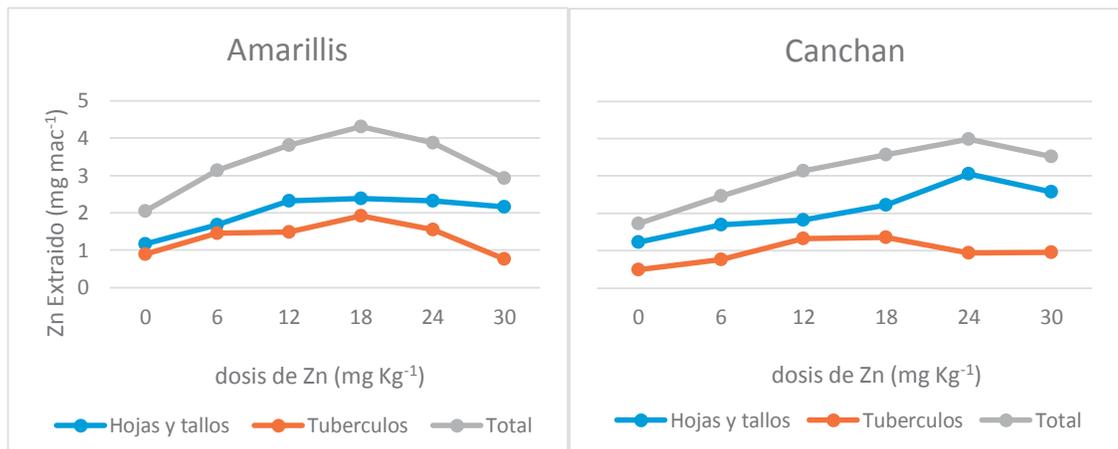


Grafico 4: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre la extracción de zinc en hojas, tallos y tubérculos en dos variedades de papa cultivadas en maceta

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 (Amarillis 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 m² 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 ZnSO₄.7H₂O	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 ₂ O ₅
Cloruro de potasio	60% K ₂ O
Sulfato heptahidratado de zinc	23% Zn

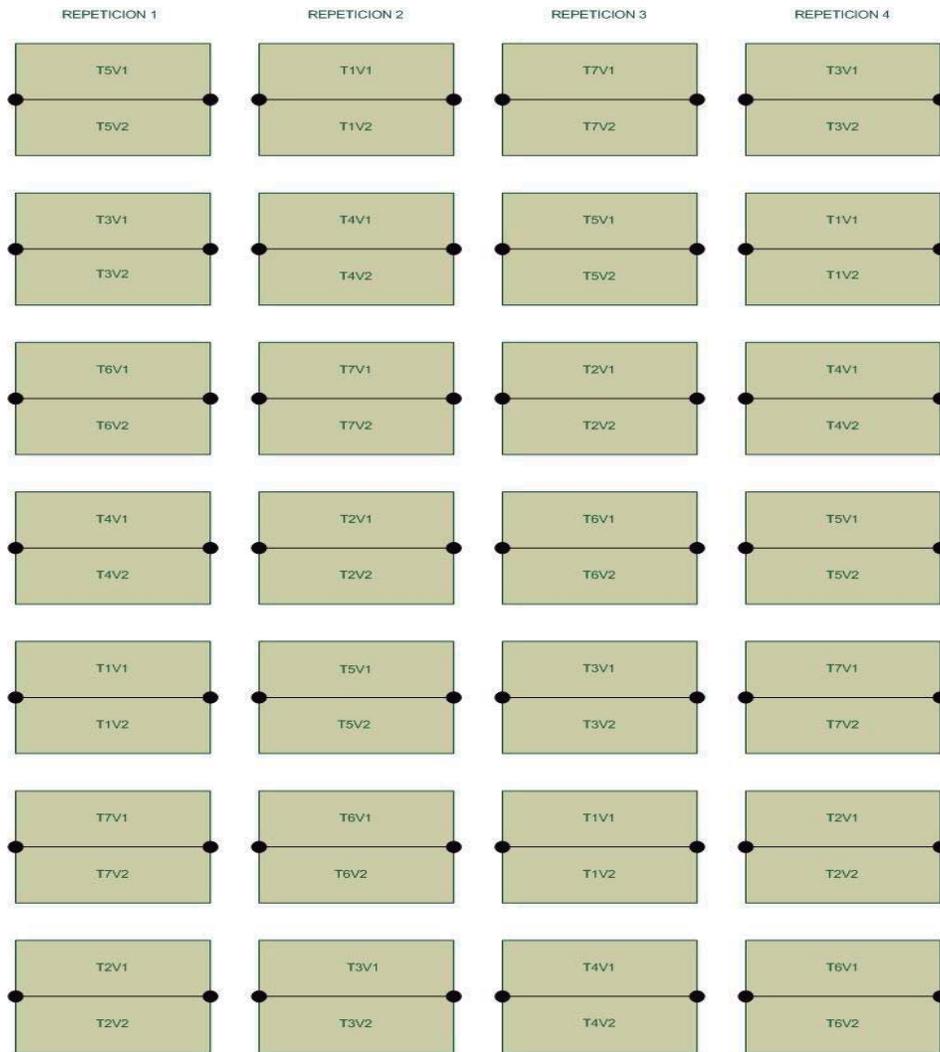


Figura 3: Croquis de distribución de los tratamientos en campo

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.

Modelo Aditivo Lineal

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

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

μ = Efecto de la media general

α_i = Efecto de la i-ésima variedad de papa

β_j = Efecto de la j-ésima dosis de zinc

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

ϵ_k = Efecto del k-ésimo bloque

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.

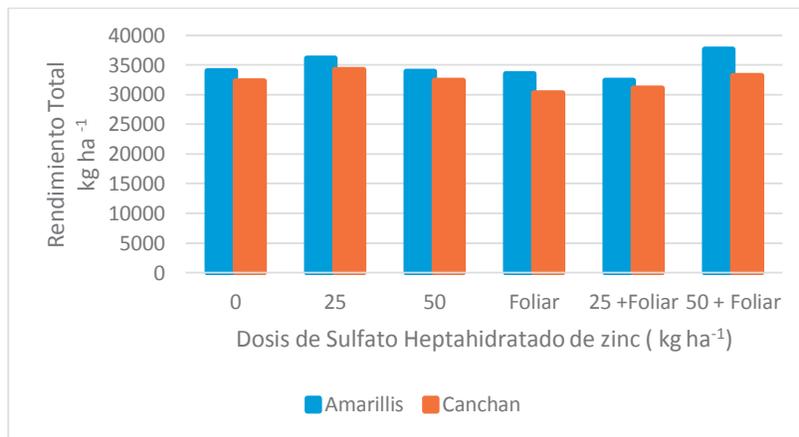


Gráfico 5: Efecto de la aplicación de zinc sobre el rendimiento total de tubérculos en los tratamientos con y sin aplicación foliar en dos variedades de papa cultivadas en campo

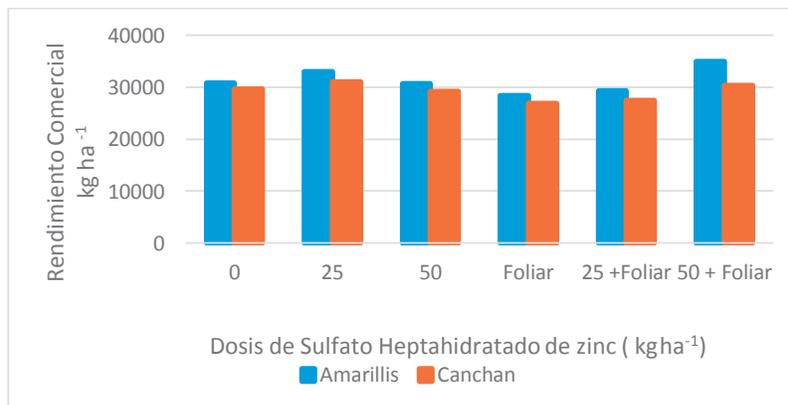


Gráfico 6 : Efecto de la aplicación de zinc sobre el rendimiento comercial de tubérculos en los tratamientos con y sin aplicación foliar en dos variedades de papa cultivadas en campo

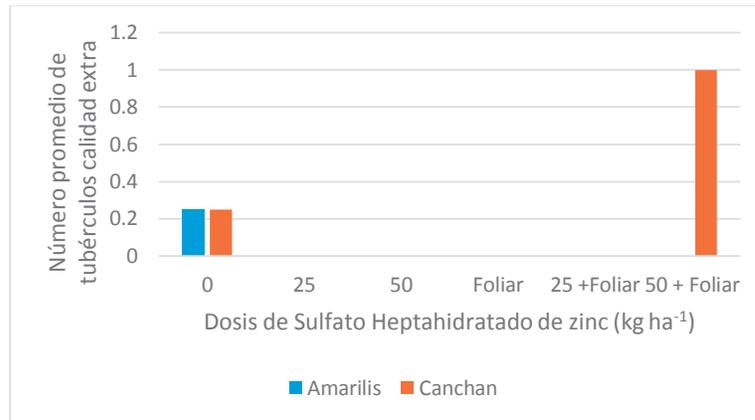


Gráfico 7: Efecto de la aplicación de zinc sobre el número promedio de tubérculos calibre Extra en los tratamientos con y sin aplicación foliar en dos variedades de papa cultivadas en campo

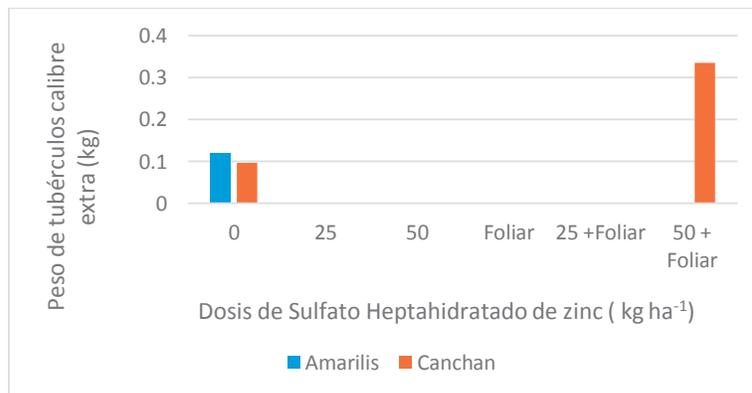


Gráfico 8: Efecto de la aplicación de zinc sobre el peso promedio de tubérculos calibre extra en los tratamientos con y sin aplicación foliar en dos variedades de papa cultivadas en campo

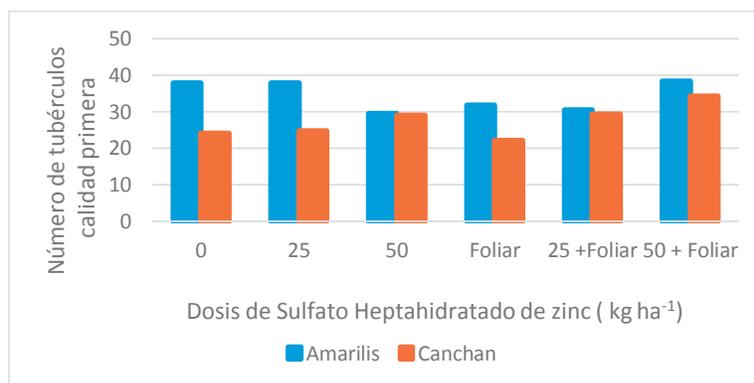


Gráfico 9: Efecto de la aplicación de zinc sobre el número promedio de tubérculos calibre primera en los tratamientos con y sin aplicación foliar en dos variedades de papa cultivadas en campo

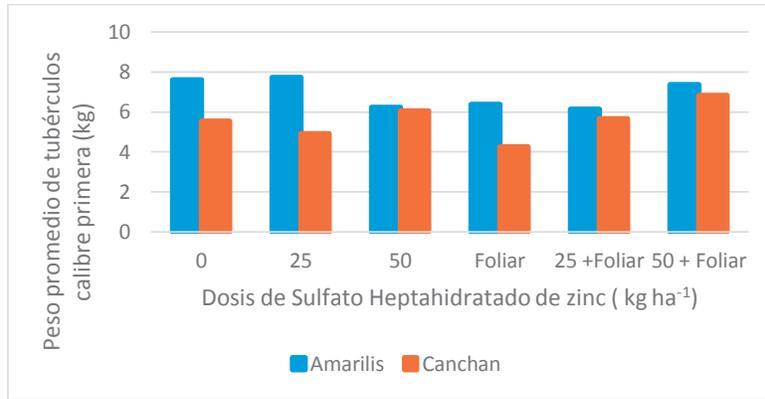


Gráfico 10 : Efecto de la aplicación de zinc sobre el peso promedio de tubérculos calibre primera en los tratamientos con y sin aplicación foliar en dos variedades de papa cultivadas en campo

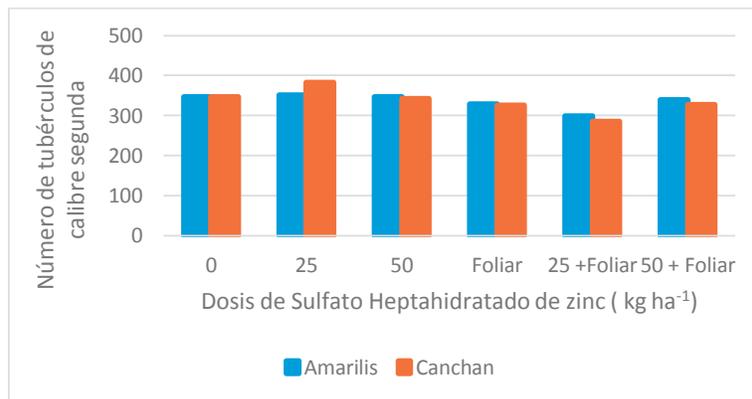


Gráfico 11: Efecto de la aplicación de zinc sobre el número de tubérculos calibre segunda en los tratamientos con y sin aplicación foliar en dos variedades de papa cultivadas en campo

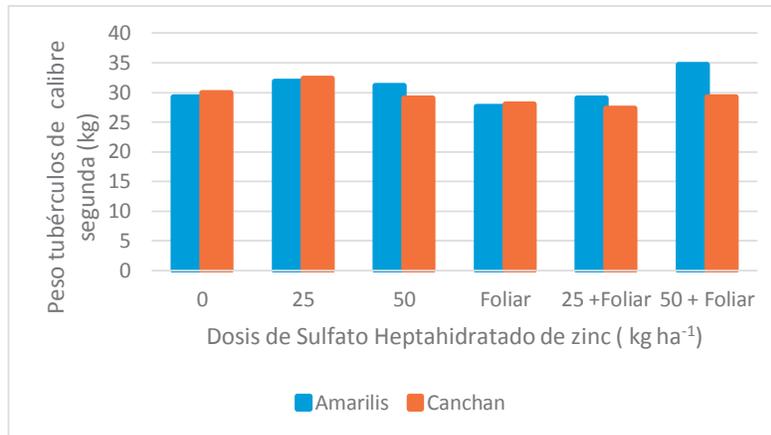


Gráfico 12: Efecto de la aplicación de zinc sobre el peso de tubérculos calibre segunda en los tratamientos con y sin aplicación foliar en dos variedades de papa cultivadas en campo

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 $50 \text{ kg ha}^{-1} + \text{foliar}$, 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 gráfico 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 $50 \text{ kg ha}^{-1} + \text{foliar}$, 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 gráfico 7, en el calibre extra, con la dosis de $50 \text{ Kg ha}^{-1} + \text{foliar}$, 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 gráfico 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 $50 \text{ kg ha}^{-1} + \text{foliar}$ 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 número 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 $25 \text{ kg ha}^{-1} + \text{foliar}$ (ver gráfico 11). Entre las variedades no se obtuvo diferencias significativas. Pero los tratamientos sin aplicación foliar tuvieron un número 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 gráfico 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.

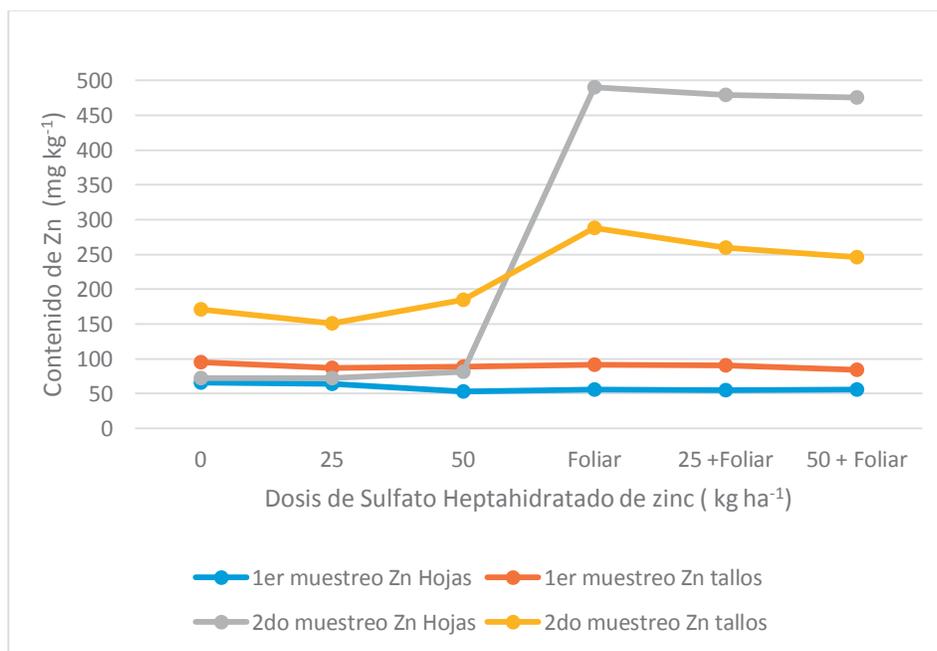


Gráfico 13 : Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el contenido promedio de zinc en hojas y tallos en los tratamientos con y sin aplicación foliar en el primer y segundo muestreo en la variedad Amarilis INIA cultivada en campo

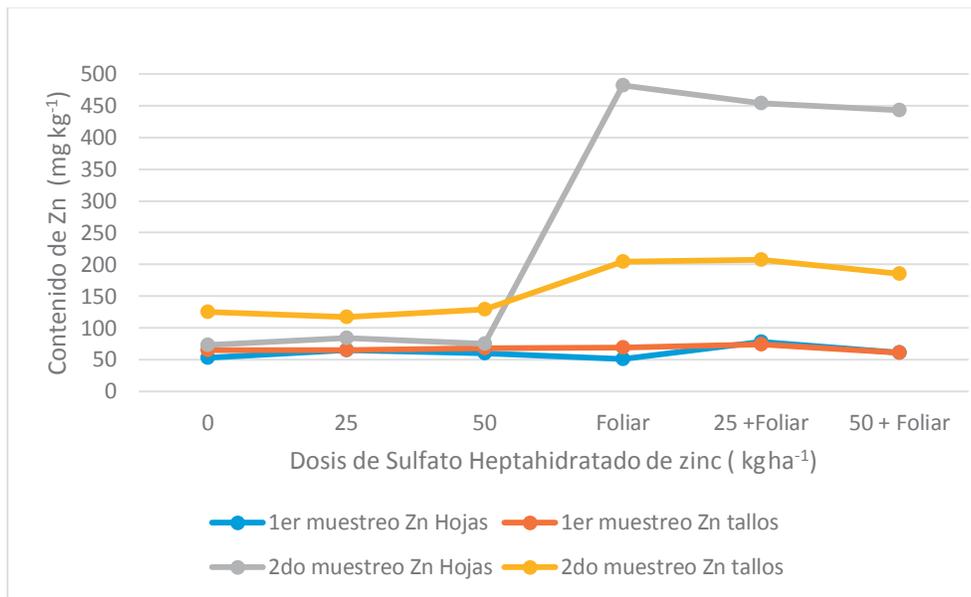


Gráfico 14: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el contenido promedio de zinc en hojas y tallos en los tratamientos con y sin aplicación foliar en el primer y segundo muestreo en la variedad Canchan INIA cultivada en campo

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 muestro (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 muestro	Segundo muestro	Primer muestro	Segundo muestro
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 $25 \text{ kg ha}^{-1} + \text{foliar}$, 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

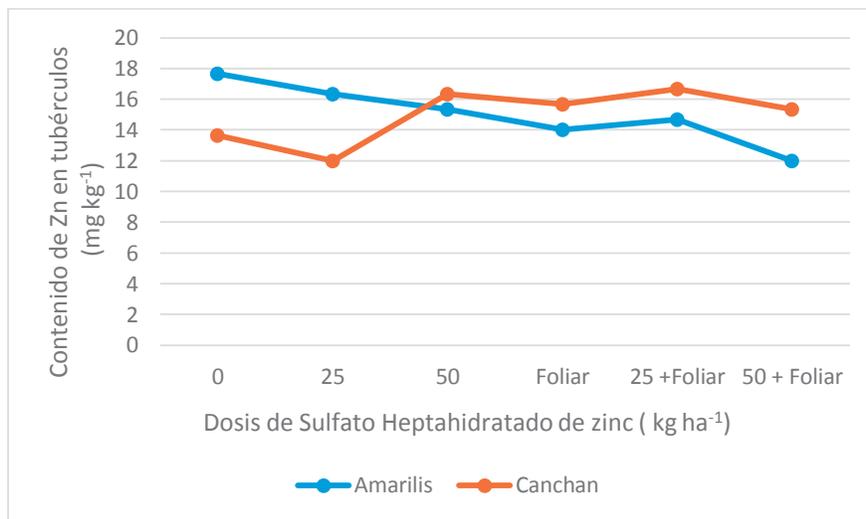


Gráfico 15 : Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el contenido promedio de zinc en tubérculos en dos variedades de papa cultivadas en campo

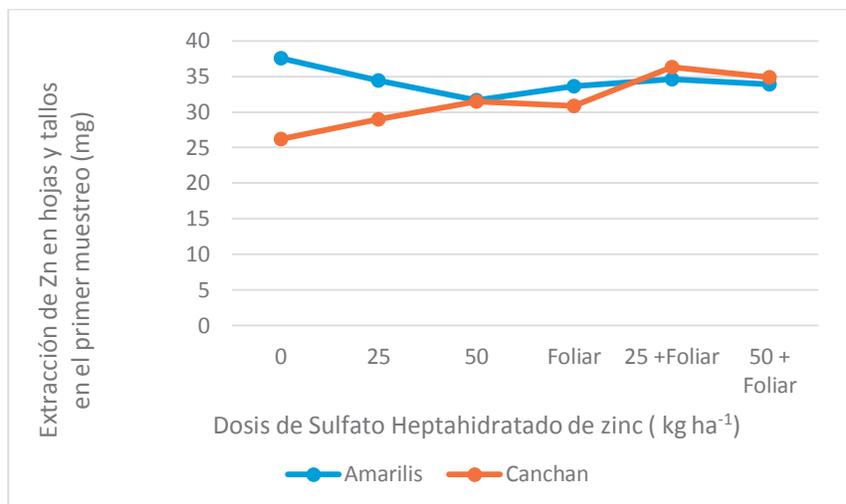


Gráfico 16 : Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre la extracción de zinc en hojas y tallos en el primer muestreo en los tratamientos con y sin aplicación foliar en dos variedades de papa cultivadas en campo

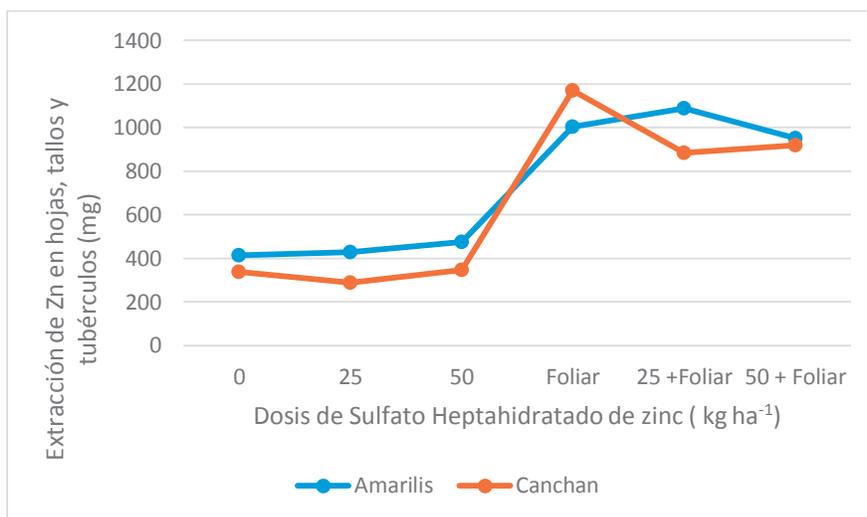


Gráfico 17 : Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre la extracción de zinc en hojas, tallos y tubérculos en el segundo muestreo en los tratamientos con y sin aplicación foliar en dos variedades de papa cultivadas en campo

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⁻¹ZnSO₄)

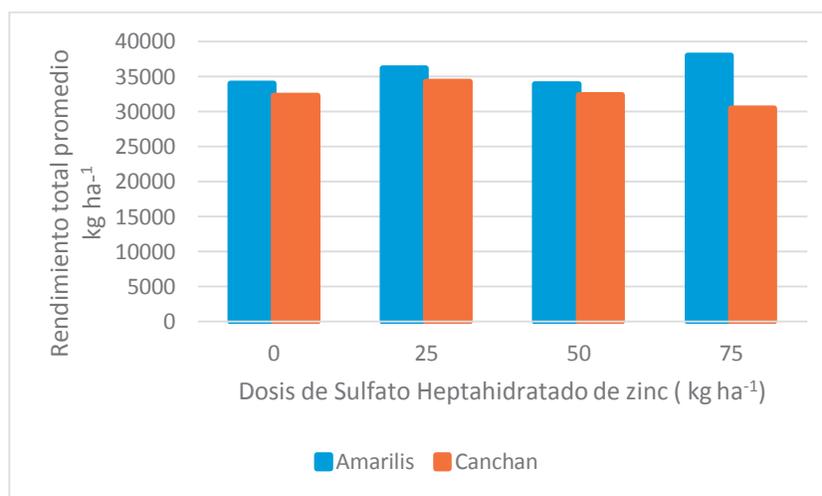


Gráfico 18: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el rendimiento total promedio en los tratamientos al suelo en dos variedades de papa cultivadas en campo

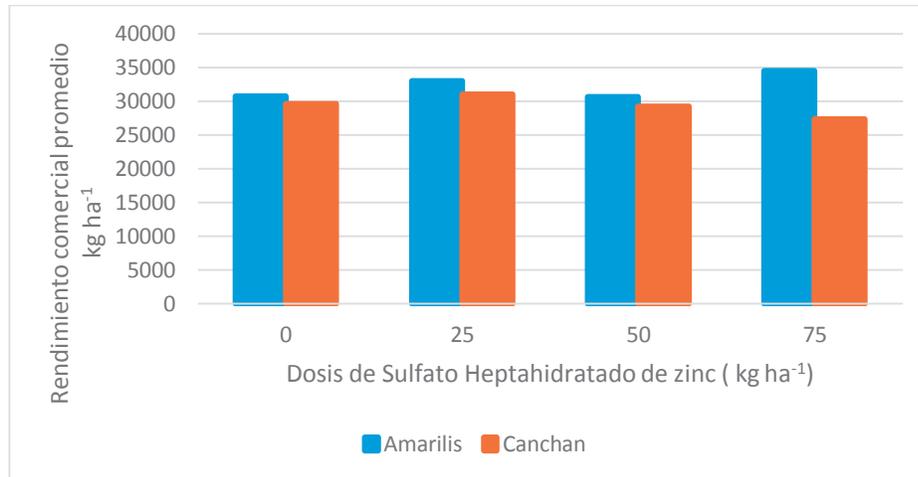


Gráfico 19: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el rendimiento comercial promedio en los tratamientos al suelo en dos variedades de papa cultivadas en campo

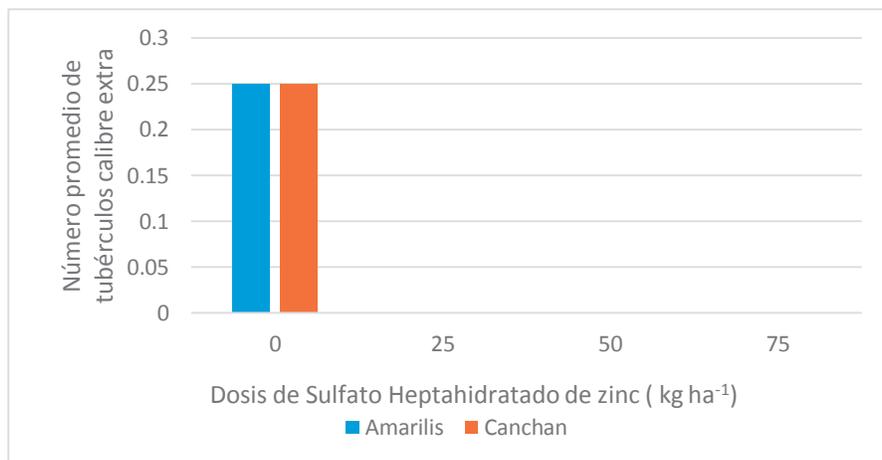


Gráfico 20: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el número promedio de tubérculos calibre extra en los tratamientos al suelo en dos variedades de papa cultivadas en campo

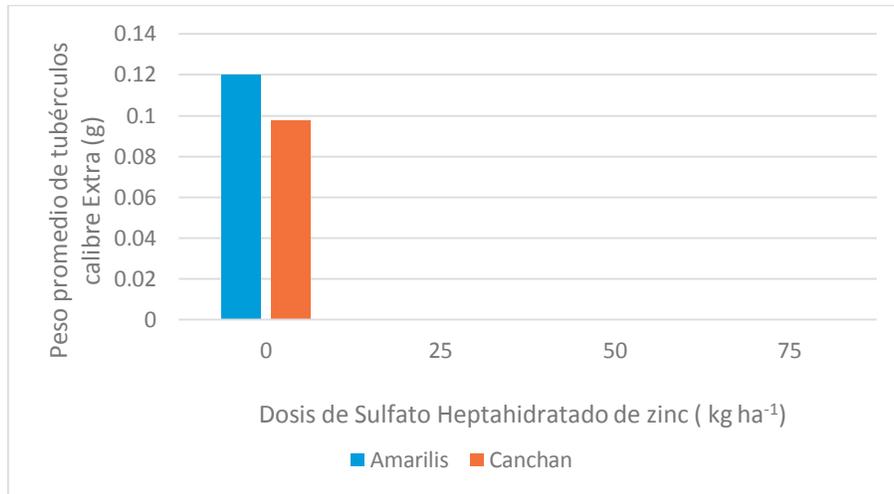


Gráfico 21: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el peso promedio de tubérculos calibre extra en los tratamientos al suelo en dos variedades de papa cultivadas en campo

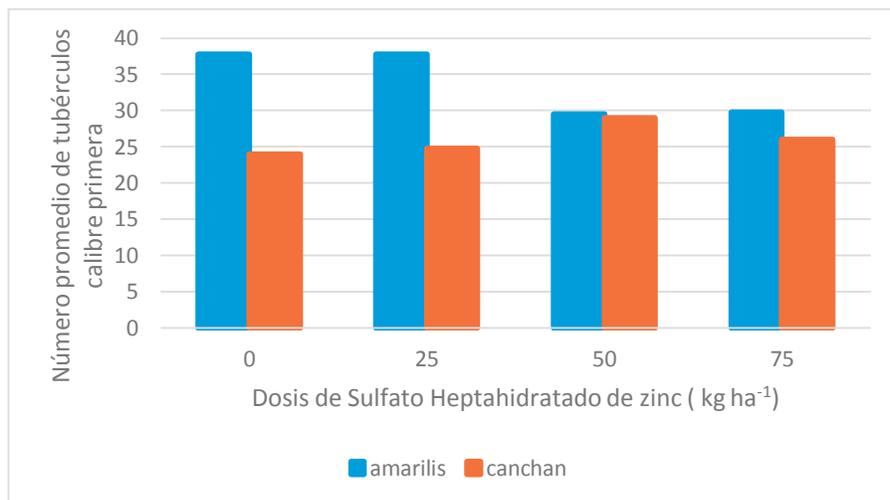


Gráfico 22: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el número promedio de tubérculos calibre primera en los tratamientos al suelo en dos variedades de papa cultivadas en campo

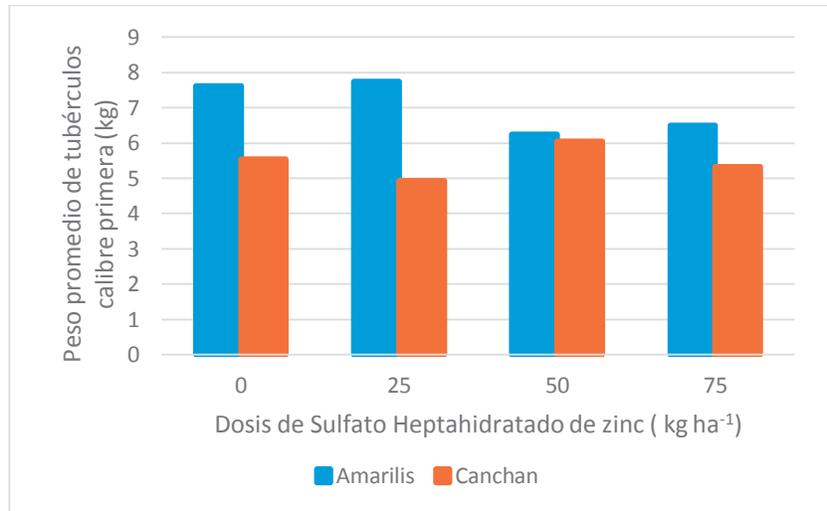


Gráfico 23: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el peso promedio de tubérculos calibre primera en los tratamientos al suelo en dos variedades de papa cultivadas en campo

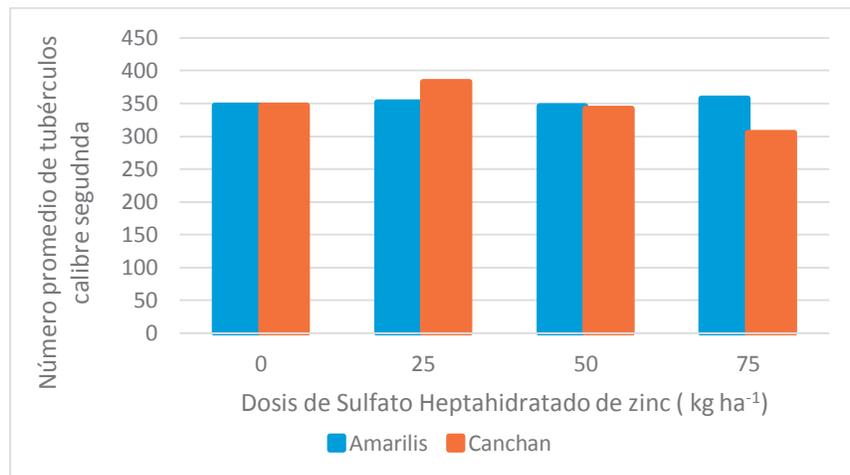


Gráfico 24: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el número promedio de tubérculos calibre primera en los tratamientos al suelo en dos variedades de papa cultivadas en campo

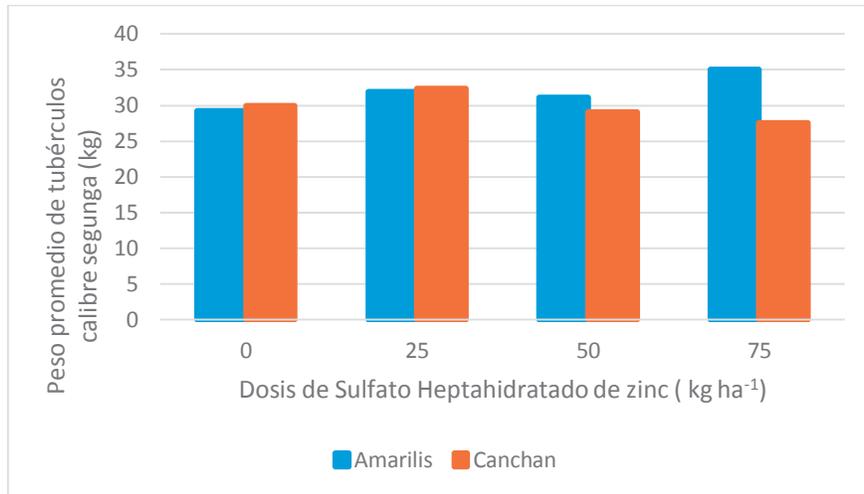


Gráfico 25: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el peso promedio de tubérculos calibre segunda en los tratamientos al suelo en dos variedades de papa cultivadas en campo

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

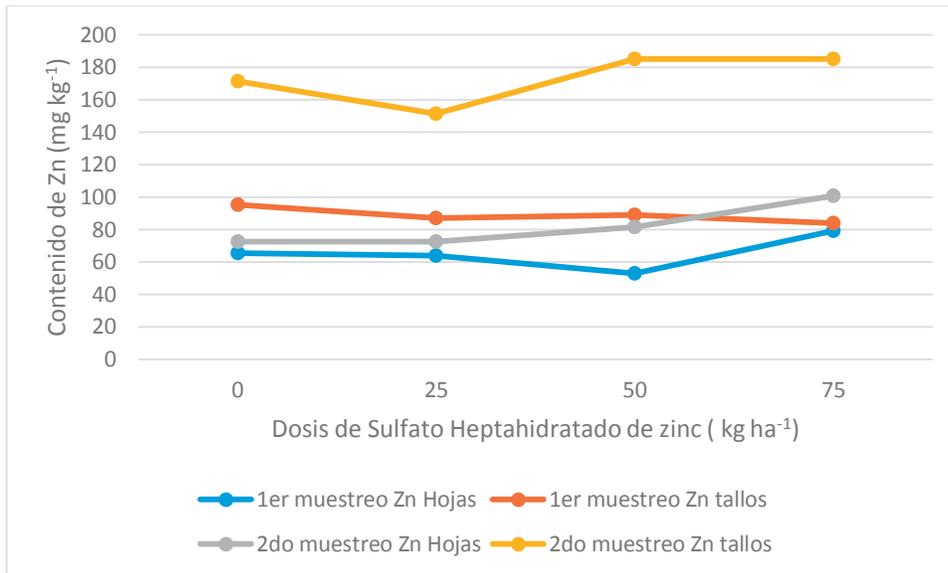


Gráfico 26: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el contenido de zinc en hojas y tallos en el primer y segundo muestreo en los tratamientos al suelo en la variedad Amarillis cultivadas en campo

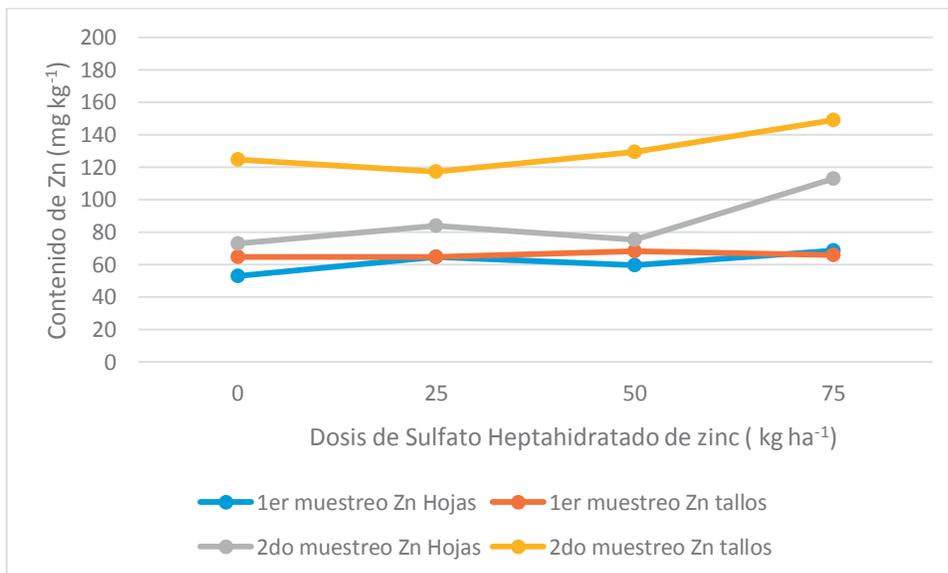


Gráfico 27: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el contenido de zinc en hojas y tallos en el primer y segundo muestreo en los tratamientos al suelo en la variedad Canchan cultivadas en campo

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 muestreo (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 Amarillis, 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.

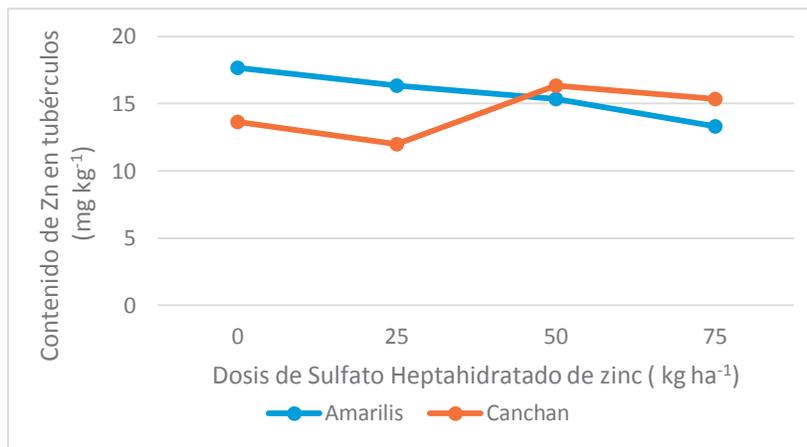


Gráfico 28: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre el contenido de zinc en tubérculos en los tratamientos al suelo en dos variedades de papa cultivadas en campo

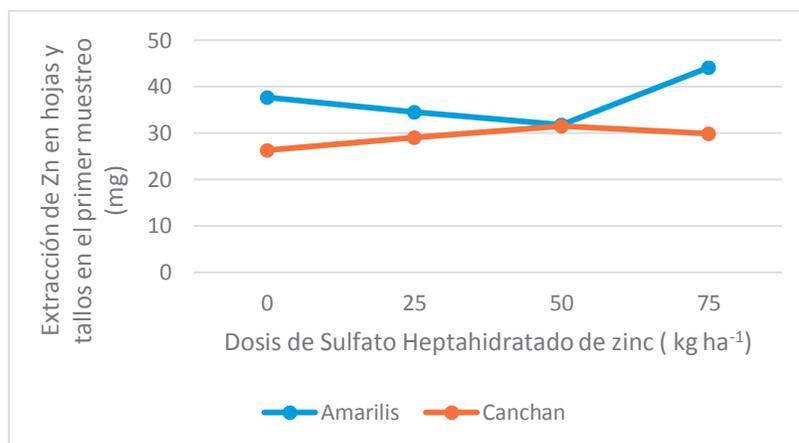


Gráfico 29: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre la extracción de zinc en hojas y tallos en el primer muestreo en los tratamientos al suelo en dos variedades de papa cultivadas en campo

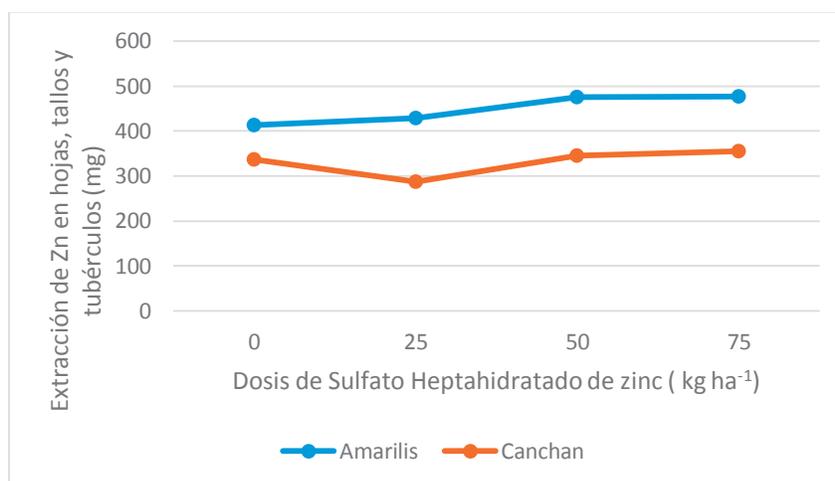


Gráfico 30: Efecto de la dosis de aplicación de zinc sobre la extracción de zinc en hojas, tallos y tubérculos en el segundo muestreo en los tratamientos al suelo en dos variedades de papa cultivadas en campo

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 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 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 primeros días de siembra para obtener mejores resultados.
- Para el experimento de campo, se recomienda usar Urea como fuente de nitrógeno, ya que al tratarse de un suelo de pH básico, la urea acidificará el suelo y ayudará 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 cómo 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 de 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 title: *Critical Reviews in plant sciences*.

XI. ANEXOS

Anexo 1: Análisis de Suelo (Experimento de macetas)

ANÁLISIS 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 Bases	% Sat. de Bases	
						Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ + H ⁺			
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
												Meq 100g ⁻¹						

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

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 ZnSO₄ 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 ZnSO₄ 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⁻¹ZnSO₄ 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 ZnSO₄ con y sin aplicación foliar) Exp Campo

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Bloque	3	0.750	0.2500		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

	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 ZnSO₄ 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 ZnSO₄ 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 ZnSO₄ 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 ZnSO₄ 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 ZnSO₄ 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 ZnSO₄ 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 ZnSO₄ 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 ZnSO₄, 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 ZnSO₄ 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 ZnSO₄ 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 ZnSO₄ 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 ZnSO₄ 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 ZnSO₄, 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 ZnSO₄, 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 ZnSO₄, 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 ZnSO₄, 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 ZnSO₄ 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 ZnSO₄ 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 ZnSO₄ 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 ZnSO₄ 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 ZnSO₄ 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 ZnSO₄ 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 ZnSO₄ 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 ZnSO₄ 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 ZnSO₄ 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 ZnSO₄ 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