

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y
Químicas
Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica y
Agrícola



**FERTILIZACIÓN EDÁFICA CON ZINC Y HIERRO PARA LA
BIOFORTIFICACIÓN EN ALFALFA (*Medicago sativa* L.) EN
DOS TIPOS DE SUELOS ÁCIDO Y BÁSICO.**

Tesis presentada por el Bachiller:

Condori Ramos, Ainer Rafael

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Agrónomo y Agrícola

Asesor:

Mg. Sc Zegarra Flores, Jorge Arturo

Arequipa - Perú

2023

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA AGRONOMICA Y AGRICOLA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 29 de Agosto del 2023

Dictamen: 009124-C-EPIAvA-2023

Visto el borrador del expediente 009124, presentado por:

2018221691 - CONDORI RAMOS AINER RAFAEL

Titulado:

**FERTILIZACIÓN EDÁFICA CON ZINC Y HIERRO PARA LA BIOFORTIFICACIÓN EN ALFALFA
(MEDICAGO SATIVA L.) EN DOS TIPOS DE SUELOS ÁCIDO Y BÁSICO.**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**30675663 - STRETZ CHAVEZ HUMBERTO JOSE
DICTAMINADOR**



**29568810 - COLOMA DONGO FROY ENGELBERT
DICTAMINADOR**



**29500662 - DIAZ VENTO INGRIND MIRNA
DICTAMINADOR**



FERTILIZACIÓN EDÁFICA CON ZINC Y HIERRO PARA LA BIOFORTIFICACIÓN EN ALFALFA (*Medicago sativa* L.) EN DOS TIPOS DE SUELOS ÁCIDO Y BÁSICO

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	journals.wsrpublishing.com Fuente de Internet	2%
2	www.mdpi.com Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Higher Education Commission Pakistan Trabajo del estudiante	1%
4	Innovations as Key to the Green Revolution in Africa, 2011. Publicación	1%
5	krishikosh.egranth.ac.in Fuente de Internet	1%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

DEDICATORIA

Dedicado a toda mi familia, en especial a mis padres Ainer, Elva y a mi hermana Fátima, quienes me han apoyado incondicionalmente en toda mi vida personal y académica, así como a toda mi familia quienes me han dado soporte emocional y ánimos en la realización del presente trabajo de investigación.



AGRADECIMIENTOS

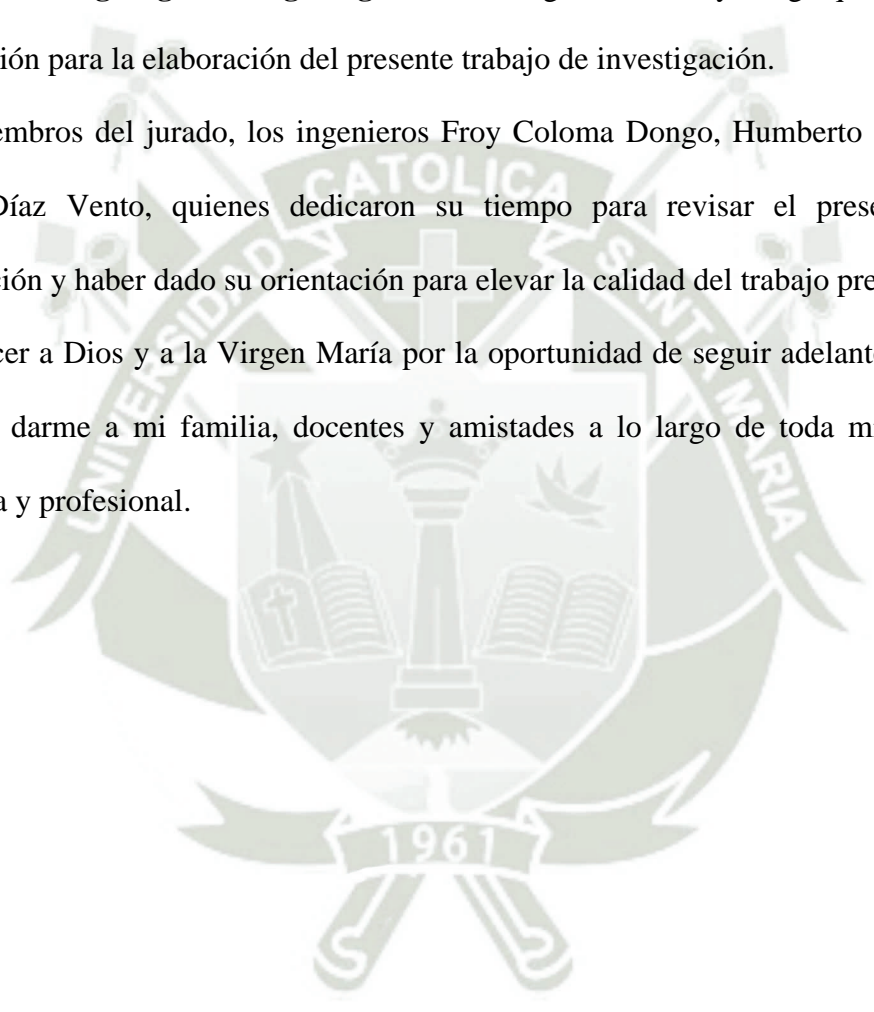
Agradezco a mi familia por siempre apoyarme con sus buenos deseos y consejos que sirvieron para poder concentrarme y dar todo de mí en este proceso.

Agradecer también a mis docentes que estuvieron presentes en mi proceso de formación académica y fueron parte importante de mi desarrollo como persona y profesional.

A mi asesor el **Ing. Mg. Sc. Jorge Zegarra Flores**, gran docente y amigo quien dio su tiempo y orientación para la elaboración del presente trabajo de investigación.

A los miembros del jurado, los ingenieros Froy Coloma Dongo, Humberto Stretz Chávez e Ingrid Díaz Vento, quienes dedicaron su tiempo para revisar el presente trabajo de investigación y haber dado su orientación para elevar la calidad del trabajo presentado.

Y agradecer a Dios y a la Virgen María por la oportunidad de seguir adelante de la mano de ellos, por darme a mi familia, docentes y amistades a lo largo de toda mi vida personal, académica y profesional.



RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en un invernadero protegido en el Fundo La Banda “Huasacache” de la Universidad Católica de Santa María para la evaluación de la fertilización edáfica con dosis de hierro y zinc en dos tipos de suelos ácido y básico para la biofortificación del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.). La investigación presentó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial de tres factores. Se utilizó noventa macetas instaladas con alfalfa previamente en el invernadero como unidades experimentales, se determinaron dieciocho tratamientos producto de la combinación de tres factores: suelo con dos niveles (ácido y básico), dosis de hierro (0, 10 y 20 kg ha⁻¹) y dosis de zinc (0, 9 y 18 kg ha⁻¹); cada tratamiento contó con cinco repeticiones. El objetivo general del trabajo de investigación fue evaluar el efecto de estos factores y sus combinaciones en las características biométricas como altura de planta, número de hojas y tallos; nivel de concentración nutricional de hierro y zinc; y producción de biomasa forrajera como materia fresca, seca y porcentaje de materia seca. Se realizaron cuatro evaluaciones generales, una por cada corte de alfalfa realizado en un período de 40 días cada corte. En los resultados de las evaluaciones se encontró que los de parámetros biométricos, el factor de suelo básico afectó positivamente a la altura de planta (cm), número de hojas y número de tallos; el nivel de concentración de zinc se dio mejor en el factor de suelos ácidos ligado a la dosis de zinc de 18 kg ha⁻¹ y el nivel de concentración de hierro tiene mejores resultados en el nivel de suelos básicos con dosis de hierro de 20 y 10 kg ha⁻¹; para producción de biomasa forrajera, en forma general la fertilización edáfica con hierro y zinc no reduce estadísticamente el rendimiento en materia seca, pudiendo obtener materia seca enriquecida con hierro y zinc. En la observación de los parámetros biométricos y producción de biomasa forrajera no se encontró interacción entre los factores.

Palabras clave: Biofortificación, alfalfa, zinc, hierro, fertilización edáfica.

ABSTRACT

The present research work was carried out in a protected greenhouse in the Fundo La Banda Huasacache of the Catholic University of Santa María for the evaluation of edaphic fertilization with doses of Iron and zinc in two types of acid and basic soils for the biofortification of the alfalfa crop. (*Medicago sativa* L.). The research presented a completely randomized experimental design with a factorial arrangement of three factors. Ninety pots previously installed with alfalfa in the greenhouse were used as experimental units, eighteen treatments were determined as a result of the combination of three factors: soil with two levels (acid and basic), Iron dose (0, 10 and 20 kg ha⁻¹) and dose of zinc (0, 9 and 18 kg ha⁻¹); each treatment had five repetitions. The general objective of the research work was to evaluate the effect of these factors and their combinations on biometric characteristics such as plant height, number of leaves and stems; level of nutritional concentration of iron and zinc; and production of forage biomass as fresh and dry matter and percentage of dry matter. Four general evaluations were carried out, one for each alfalfa cut made in a period of 40 days each cut. In the results of the evaluations it was found that the biometric parameters, the basic soil factor positively affected the plant height (cm), number of leaves and number of stems; the zinc concentration level was better in the acid soil factor linked to the zinc dose of 18 kg ha⁻¹ and the iron concentration level has better results in the basic soil level with an iron dose of 20 and 10 kg ha⁻¹; For forage biomass production, in general soil fertilization with iron and zinc does not statistically reduce dry matter yield, being able to obtain dry matter enriched with iron and zinc. In the observation of biometric parameters and forage biomass production, no interaction was found between the factors.

Keywords: Biofortification, alfalfa, zinc, iron, soil fertilization.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Enunciado del Problema.....	1
1.2 Descripción del Problema	1
1.3 Justificación del trabajo.....	2
1.3.1 Aspecto general	2
1.3.2 Aspecto tecnológico	2
1.3.3 Aspecto social	2
1.3.4 Aspecto económico	2
1.3.5 Importancia.....	2
1.4 Objetivos	3
1.4.1 Objetivo general	3
1.4.2 Objetivos específicos.....	3
1.5 Hipótesis.....	3
CAPÍTULO II	4
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Análisis bibliográfico	4
2.1.1 Biofortificación de cultivos.....	4
2.1.2 Avances de la biofortificación con microelementos en la actualidad	4
2.1.3 Importancia de los microelementos en el ser humano	5
2.1.4 Importancia fisiológica del zinc en la planta.....	5
2.1.5 Importancia fisiológica del hierro en la planta.....	6
2.1.6 Tipos de suelo según el pH y su relación con el nivel de concentración de hierro y zinc	6
2.1.7 Fertilización química.....	7
2.1.8 Fertilización edáfica	8
2.1.9 Movilidad de los elementos.....	8

2.1.10 Cinética de absorción de nutrientes en el suelo.....	8
2.1.11 Cultivo de Alfalfa.....	9
2.1.12 Variedad MOAPA 69.....	11
2.1.13 Producción de biomasa forrajera en alfalfa.....	11
2.2 Antecedentes de investigación	12
2.2.1 Revisión de tesis universitarias	12
2.2.2 Revisión de artículos de investigación	12
CAPÍTULO III	16
3. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1 Materiales	16
3.1.1 Localización del trabajo	16
3.1.2 Material biológico	17
3.1.3 Material de laboratorio	17
3.1.4 Material de campo	17
3.1.5 Equipos y maquinarias	17
3.1.6 Otros materiales.....	17
3.2 Métodos de muestreo	17
3.2.1 Universo	17
3.2.2 Tamaño de muestra	18
3.2.3 Procedimiento de muestreo	18
3.3 Métodos de evaluación.....	18
3.3.1 Metodología de experimentación	18
3.3.2 Factores	23
3.3.3 Tratamientos.....	24
3.4 Recopilación de información	24
3.4.1 En el campo.....	24
3.4.2 En el laboratorio	27
3.3 Variables de respuesta.....	28
3.3.1 Variables independientes.....	28
3.3.2 Variables dependientes.....	28
3.4 Evaluación estadística	29
3.4.1 Diseño experimental.....	29
3.4.2 Modelo aditivo lineal	29
3.4.3 Codificación de los tratamientos	29
3.4.4 Unidades experimentales.....	30
3.4.5 Croquis Experimental.....	31

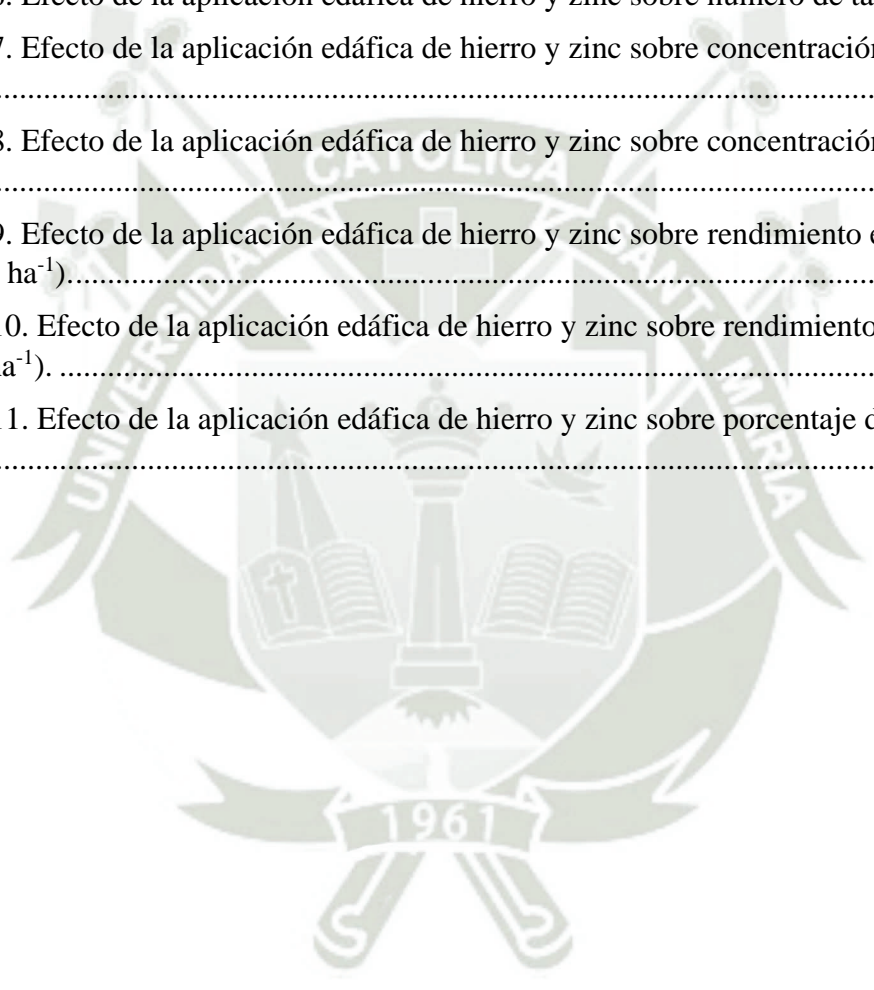
3.4.6 Análisis estadísticos	31
3.4.7 Análisis de significancia.....	32
3.4.8 Matrices de Correlación	32
CAPÍTULO IV	33
4. RESULTADOS	33
4.1 Parámetros biométricos	33
4.1.1 Altura de Planta	33
4.1.2 Número de Hojas.....	37
4.1.3 Número de Tallos	42
4.2 Nivel de concentración de micronutrientes	47
4.2.1 Nivel de concentración de hierro	47
4.2.2 Nivel de concentración de zinc	53
4.3 Rendimiento y Producción de biomasa.....	59
4.3.1 Producción de Materia Fresca	59
4.3.2 Producción de Materia Seca.....	63
4.3.3 Porcentaje de Materia Seca	67
4.4 Correlación entre factores y variables dependientes	70
4.4.1 Primer Corte	70
4.4.2 Segundo Corte	70
4.4.3 Tercer Corte.....	71
4.4.4 Cuarto Corte	71
CAPÍTULO V	76
5. DISCUSIÓN.....	76
5.1 Efectos de la biofortificación en parámetros biométricos	76
5.1.1 Altura de Planta	76
5.1.2 Número de Hojas.....	76
5.1.3 Número de Tallos	77
5.2 Efectos de la biofortificación en el nivel de concentración de micronutrientes.....	78
5.2.1 Nivel de concentración de hierro	78
5.2.2 Nivel de concentración de zinc	79
5.3 Efectos de la biofortificación en el rendimiento y producción de biomasa	80
5.3.1 Producción de Materia Fresca	80
5.3.2 Producción de Materia Seca	81
5.3.3 Porcentaje de Materia Seca	82
CAPÍTULO VI.....	83
6. CONCLUSIONES	83

6.1 Efectos de la biofortificación en parámetros biométricos	83
6.2 Efectos de la biofortificación en el nivel de concentración de micronutrientes.....	83
6.3 Efectos de la biofortificación en el rendimiento y producción de biomasa	83
CAPÍTULO VII.....	84
7. RECOMENDACIONES	84
REFERENCIAS	85
ANEXOS.....	93



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1. Esquema de fertilización de macronutrientes para las unidades experimentales. .	22
Tabla N°2. Esquema de fertilización por tratamientos.	24
Tabla N°3. Combinación y codificación de los tratamientos.....	30
Tabla N°4. Efecto de la aplicación edáfica de hierro y zinc sobre altura de planta (cm).	34
Tabla N°5. Efecto de la aplicación edáfica de hierro y zinc sobre número de hojas.	39
Tabla N°6. Efecto de la aplicación edáfica de hierro y zinc sobre número de tallos.....	44
Tabla N°7. Efecto de la aplicación edáfica de hierro y zinc sobre concentración de hierro (mg kg ⁻¹).	49
Tabla N°8. Efecto de la aplicación edáfica de hierro y zinc sobre concentración de zinc (mg kg ⁻¹).	55
Tabla N°9. Efecto de la aplicación edáfica de hierro y zinc sobre rendimiento en materia fresca (kg ha ⁻¹).....	60
Tabla N°10. Efecto de la aplicación edáfica de hierro y zinc sobre rendimiento en materia seca (kg ha ⁻¹).	64
Tabla N°11. Efecto de la aplicación edáfica de hierro y zinc sobre porcentaje de materia seca (%).	68



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1. Morfología de una planta de alfalfa en pleno crecimiento sin rebrote.	10
Figura N°2. Morfología de una planta de alfalfa en pleno rebrote.	10
Figura N°3. Ubicación del Invernadero en el Fundo “La Banda” Huasacache.	16
Figura N°4. Vista frontal del invernadero.	18
Figura N°5. Temperatura y humedad registrada en el invernadero.	19
Figura N°6. Temperatura y humedad registrada en la Estación Meteorológica Huasacache. .	19
Figura N°7. Temporizador de Riego Aqualin instalado en el invernadero.	20
Figura N°8. Implementos usados en el Manejo Fitosanitario en el invernadero.	21
Figura N°9. Trampa pegante amarilla instalada en el invernadero.	21
Figura N°11. Medición de altura de planta.	25
Figura N°12. Conteo del número de hojas por planta.	25
Figura N°13. Conteo del número de tallos por planta.	26
Figura N°14. Corte y pesado de las muestras.	26
Figura N°15. Embolsado y embalado de las muestras para envío a laboratorio.	27
Figura N°16. Croquis experimental y distribución de unidades experimentales.	31
Figura N°17. Altura de planta (cm) producto de la aplicación de diferentes dosis de hierro y zinc en dos tipos de suelo, en cuatro momentos de corte.	35
Figura N°18. Efecto del tipo de suelo sobre altura de planta (cm).	35
Figura N°19. Comparación visual del efecto de tipo de suelo ácido (T1 a T9) y suelo básico (T10 a T18) en el segundo corte.	36
Figura N°20. Comparación visual del efecto de tipo de suelo ácido (T1 a T9) y suelo básico (T10 a T18) en el tercer corte.	36
Figura N°21. Número de hojas producto de la aplicación de diferentes dosis de hierro y zinc en dos tipos de suelo, en cuatro momentos de corte.	40
Figura N°22. Efecto del tipo de suelo sobre el número de hojas.	40
Figura N°23. Efecto de las dosis de hierro sobre el número de hojas.	41
Figura N°24. Efecto de las dosis de zinc sobre el número de hojas.	41
Figura N°25. Número de Tallos producto de la aplicación de diferentes dosis de hierro y zinc en dos tipos de suelo, en cuatro momentos de corte.	45
Figura N°26. Efecto del tipo de suelo sobre el número de tallos.	45
Figura N°27. Efecto de las dosis de hierro sobre el número de tallos.	46
Figura N°28. Efecto de las dosis de zinc sobre el número de tallos.	46
Figura N°29. Nivel de concentración de hierro producto de la aplicación de diferentes dosis de hierro y zinc en dos tipos de suelo, en cuatro momentos de corte.	50
Figura N°30. Efecto del tipo de suelo sobre el nivel de concentración de hierro (mg kg ⁻¹). ...	50

Figura N°31. Efecto de las dosis de hierro sobre el nivel de concentración de hierro (mg kg ⁻¹).	51
Figura N°32. Efecto de las dosis de zinc sobre el nivel de concentración de hierro (mg kg ⁻¹).	51
Figura N°33. Efecto de la interacción entre las dosis de hierro y zinc sobre el nivel de concentración de hierro (mg kg ⁻¹).	52
Figura N°34. Nivel de concentración de zinc producto de la aplicación de diferentes dosis de hierro y zinc en dos tipos de suelo, en cuatro momentos de corte.	56
Figura N°35. Efecto del tipo de suelo sobre el nivel de concentración de zinc (mg kg ⁻¹).	56
Figura N°36. Efecto de las dosis de hierro sobre el nivel de concentración de zinc (mg kg ⁻¹).	57
Figura N°37. Efecto de las dosis de zinc sobre el nivel de concentración de zinc (mg kg ⁻¹). .	57
Figura N°38. Efecto de la interacción entre las dosis de hierro y zinc sobre el nivel de concentración de zinc (mg kg ⁻¹).	58
Figura N°39. Rendimiento en materia fresca producto de la aplicación de diferentes dosis de hierro y zinc en dos tipos de suelo, en cuatro momentos de corte.	61
Figura N°40. Efecto del tipo de suelo sobre el rendimiento en materia fresca (kg ha ⁻¹).	61
Figura N°41. Efecto de las dosis de zinc sobre el rendimiento en materia fresca (kg ha ⁻¹).	62
Figura N°42. Rendimiento en materia seca producto de la aplicación de diferentes dosis de hierro y zinc en dos tipos de suelo, en cuatro momentos de corte.	65
Figura N°43. Efecto del tipo de suelo sobre el rendimiento en materia seca (kg ha ⁻¹).	65
Figura N°44. Efecto de las dosis de hierro sobre el rendimiento en materia seca (kg ha ⁻¹).	66
Figura N°45. Efecto de las dosis de zinc sobre el rendimiento en materia seca (kg ha ⁻¹).	66
Figura N°46. Porcentaje de Materia Seca producto de la aplicación de diferentes dosis de hierro y zinc en dos tipos de suelo, en cuatro momentos de corte.	69
Figura N°47. Efecto del tipo de suelo sobre el porcentaje de materia seca (%).	69
Figura N°48. Matriz de Correlación correspondiente a las variables de estudio en el primer corte.	72
Figura N°49. Matriz de Correlación correspondiente a las variables de estudio en el segundo corte.	73
Figura N°50. Matriz de Correlación correspondiente a las variables de estudio en el tercer corte.	74
Figura N°51. Matriz de Correlación correspondiente a las variables de estudio en el cuarto corte.	75

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N°1. Análisis de suelo ácido.....	93
Anexo N°2. Análisis de suelo básico	94
Anexo N°3. Panel fotográfico de la aplicación de insecticida como parte del manejo fitosanitario.....	95
Anexo N°4. Panel fotográfico del cultivo de alfalfa instalado en invernadero.....	96
Anexo N°5. Análisis estadístico de altura de planta	98
Anexo N°6. Análisis estadístico de número de hojas.....	107
Anexo N°7. Análisis estadístico de número de tallos	115
Anexo N°8. Análisis estadístico de nivel de concentración de hierro	123
Anexo N°9 Análisis estadístico de nivel de concentración de zinc	132
Anexo N°10. Análisis estadístico de producción de materia fresca.....	140
Anexo N°11. Análisis estadístico de producción de materia seca	148
Anexo N°12. Análisis estadístico de porcentaje de materia seca.....	157
Anexo N°13. Código utilizado para la evaluación estadística en r	165
Anexo N°14. Código utilizado para la correlación estadística en r	166
Anexo N°15. Base de datos de las observaciones y variables del primer corte.....	167
Anexo N°16. Base de datos de las observaciones y variables del segundo corte	169
Anexo N°17. Base de datos de las observaciones y variables del tercer corte	171
Anexo N°18. Base de datos de las observaciones y variables del cuarto corte.....	173
Anexo N°19. Reporte de laboratorio para el primer corte	175
Anexo N°20. Reporte de laboratorio para el segundo corte.....	176
Anexo N°21. Reporte de laboratorio para el tercer corte.....	177
Anexo N°22. Reporte de laboratorio para el cuarto corte	178

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Enunciado del Problema

Se enuncia el siguiente problema diciendo: ¿Qué efectos presentará la fertilización edáfica con zinc y hierro para la biofortificación de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en dos tipos de suelos ácido y básico?

1.2 Descripción del Problema

Los forrajes son de gran importancia debido a que se emplean para la alimentación del ganado y la producción de carne y lácteos, uno de estos cultivos es la alfalfa, una de las especies leguminosas más cultivadas e importantes del Perú, debido a la cantidad de forraje obtenido por superficie cultivada y su valor nutritivo (Ministerio del Ambiente, 2019); sin embargo, el Perú cuenta con diversos tipos de ecosistemas y diferentes condiciones de desarrollo en cada una de las regiones del país, donde existen diferentes tipos de suelo que posiblemente afectarán el desarrollo del cultivo de maneras diferentes; y adicional a esto es de gran importancia elevar el nivel de calidad nutricional del forraje producido con objetivos de alimentación, cuyas tecnologías zona grupadas en la biofortificación agronómica.

Existen problemas críticos y relevantes dentro del sistema productivo de forrajes tales como la producción de biomasa o como incrementar el valor nutricional de cultivos forrajeros, como es el caso de la alfalfa. Referente a la aplicación de micronutrientes, la interrogante sería el efecto de la aplicación de fertilizantes vía edáfica en suelos ácidos básicos, suelos presentes en el Perú, factores que afectan la disponibilidad de dichos micro elementos necesarios para la planta.

Un problema recurrente en Perú es la anemia, la llamada “hambre escondida”, la cual afecta al 25% de niños menores de 5 años, y al 29.6% de niños menores de 3 años (Instituto Nacional de Salud, 2022). Y la región Arequipa presenta una prevalencia moderada de anemia en niños menores de 6 años a 35 meses con 33.9% (Instituto Nacional de Salud, 2020). Por ello, es necesario tener cultivos reforzados con microelementos tales como el hierro y el zinc, en el caso del cultivo de alfalfa, la biofortificación con microelementos podría significar un avance en el refuerzo nutricional ya que este cultivo es forraje esencial para vacas productoras de leche o cuyes. Según literatura consultada, la alfalfa es uno de los cultivos forrajeros más valiosos utilizados para la alimentación animal. La importancia de la alfalfa se debe a su alto y estable rendimiento de alimento nutritivo. Además de un alto contenido de proteínas crudas, contiene altos niveles de microelementos que son importantes para el crecimiento y desarrollo de los animales. (Radovic et al., 2009)

1.3 Justificación del trabajo

1.3.1 Aspecto general

Es importante llevar a cabo la presente investigación, ya que según la literatura consultada no se ha encontrado estudios previos de aplicación edáfica de Zn y Fe en alfalfa sobre dos tipos de suelo, ácido y alcalino. En ese sentido es importante llevar a cabo la investigación para así generar mayor conocimiento para el caso del cultivo de alfalfa. Según información del estado peruano, el cultivo de alfalfa es considerado el primer cultivo de la región Arequipa al alcanzar las 34 mil 258 hectáreas sembradas (SENASA, 2018).

1.3.2 Aspecto tecnológico

La biofortificación como aporte tecnológico para el mejoramiento de la calidad y rendimiento de materia seca será de gran importancia para los agricultores ya que les permitirá obtener un producto con mejor contenido de nutrientes en hierro y zinc, microelementos esenciales para la vida diaria de las personas.

1.3.3 Aspecto social

El uso de cultivos biofortificados en la industria alimentaria es un gran paso para complementar las deficiencias nutrimentales que aquejan a la población peruana, como es el caso de la anemia, una enfermedad que avanza progresivamente en la población menor de edad y embarazadas.

1.3.4 Aspecto económico

Un cultivo biofortificado permitirá la competitividad del producto para ser seleccionado en la industria de procesamiento debido a sus cualidades nutricionales tanto como materia prima para alimentación de ganado como alimentación humana.

1.3.5 Importancia

Si bien el cultivo de alfalfa ocupa mayor área de siembra dentro de la agricultura familiar, esto se debe a su fácil manejo, a su potencial para mejorar suelos y a su alto valor nutricional que posee para la alimentación del ganado y cuyos principalmente de la región.

Una de las características más importantes de la alfalfa es su alta calidad nutricional como alimento para animales. La alfalfa produce más proteína por hectárea que cualquier otro cultivo. El heno de alfalfa contiene de 15 a 22 % de proteína cruda y también es una excelente fuente de vitaminas y minerales. Específicamente, la alfalfa contiene vitaminas A, D, E, K, U, C, B1, B2, B6, B12, niacina, ácido pantotánico,

inositol, biotina y ácido fólico. La alfalfa también contiene los siguientes minerales: fósforo, calcio, potasio, sodio, cloro, azufre, magnesio, cobre, manganeso, hierro, cobalto, boro y molibdeno y oligoelementos como níquel, plomo, estroncio y paladio. La alfalfa también es consumida directamente por los humanos en forma de brotes de alfalfa (North American Alfalfa Improvement Conference, s. f.-a).

En ese sentido, el presente trabajo de investigación pretende ampliar el conocimiento en cuanto a nivel de concentración de Zn y Fe por aplicación vía edáfica en dos tipos de suelo, ácido y alcalino, para así poder evaluar si tal aplicación incrementa o disminuye la producción de biomasa forrajera de la planta y conocer en qué tipo de suelo es factible la aplicación vía edáfica, y con qué tipo de suelo se obtendría mayor rendimiento de biomasa forrajera.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la fertilización edáfica de hierro (Fe) y zinc (Zn) sobre los parámetros biométricos, el nivel de concentración de hierro y zinc, y rendimiento en producción de biomasa forrajera en el cultivo de alfalfa variedad MOAPA 69, bajo condiciones de invernadero en dos tipos de suelo, ácido y alcalino.

1.4.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la biofortificación con diferentes niveles de hierro y zinc aplicados en dos tipos de suelo ácido y básico en los parámetros biométricos del cultivo de alfalfa variedad MOAPA 69.
- Determinar el efecto de la biofortificación con diferentes niveles de hierro y zinc aplicados en dos tipos de suelo ácido y básico en el nivel de concentración de los microelementos hierro y zinc del cultivo de alfalfa variedad MOAPA 69.
- Determinar la respuesta de la biofortificación con diferentes niveles de hierro y zinc aplicados en dos tipos de suelo ácido y básico en la producción de materia fresca, materia seca y porcentaje de materia seca del cultivo de alfalfa variedad MOAPA 69.

1.5 Hipótesis

Dado que la biofortificación agronómica es de gran importancia para el mejoramiento de la calidad nutricional de los cultivos **es probable que** con la fertilización edáfica con Zn y Fe se incremente la cantidad de materia seca y nivel de concentración de nutrientes en el cultivo de alfalfa en suelos ácido y básico.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Análisis bibliográfico

2.1.1 Biofortificación de cultivos

La biofortificación es un nuevo tipo de intervención nutricional para abordar el problema global de las deficiencias de micronutrientes de hierro, zinc, yodo, selenio y vitamina A (también conocido como “hambre oculta”) porque las personas que sufren este tipo de desnutrición parecen saludables, pero de hecho son más vulnerables a enfermedades e infecciones (Kochhar & Gujral, 2020).

Según literatura, la falta de micronutrientes, también llamada “el hambre oculta”, es un problema mundial generalizado. En este sentido, la biofortificación, es decir, el aumento del contenido de micronutrientes (como Fe, Zn, Se o vitaminas) en las plantas para la mejora nutricional alimentaria, está surgiendo como una solución a este problema (Merinero de los Santos et al., 2020).

La biofortificación se puede conseguir mediante fertilización mineral o fitomejoramiento. Existe una variación genética considerable en las especies de cultivos que pueden aprovecharse para estrategias de biofortificación sostenibles. Ya se encuentran disponibles variedades con mayores concentraciones de minerales en sus porciones comestibles y se están desarrollando nuevos genotipos con mayores densidades de minerales (White & Broadley, 2005).

La biofortificación de cultivos como tecnología en el corto plazo y como complemento, emplea la biofortificación de tipo agronómica, la cual consiste en aplicar nutrientes al suelo donde se desarrolla el cultivo, para que éste, pueda absorberlo y, por consiguiente, tener mayores concentraciones en el producto cosechado, es decir, se habla de una fertilización química de tipo edáfica con micronutrientes (Gutierrez Vilchez, 2018).

2.1.2 Avances de la biofortificación con microelementos en la actualidad

Debido a la creciente deficiencia de microelementos en la población y el incremento de casos a nivel mundial de anemia y desnutrición recientemente se han realizado ensayos de biofortificación en varios cultivos, la biofortificación agronómica de cultivos básicos y no básicos con microelementos puede utilizar fertilizantes minerales u orgánicos con un potencial excepcional para luchar contra la anemia en forma general. Aunque haya un efecto positivo en el nivel de concentración de microelementos en cultivos biofortificados, aún existen muchos factores sobre la efectividad de esta tecnología, la comprensión de este tema aún no está clara del todo y sigue en investigación (Szerement et al., 2022). Bibliografía consultada apunta a la

ejecución de la biofortificación de carácter agronómica debido a la obtención de resultados en un periodo más corto de tiempo a comparación de la biofortificación genética, cuya práctica tiende a ser prolongada, como sería el caso del trigo harinero que aún presenta mejores resultados usando variedades comerciales con estrategias de biofortificación agronómica foliar y edáfica (Gómez-Coronado Romero, 2015). Asimismo, según literatura consultada sobre biofortificación en hortalizas del género *Brassica*, se halló resultados prometedores acerca de la biodisponibilidad de microelementos como el zinc en el cultivo de brócoli, combinados con estrategias de biofortificación agronómica de tipo foliar y directamente al suelo como enmienda, llegando a cubrir hasta un tercio de la dosis diaria recomendada de zinc, calcio y selenio (Rivera Martín, 2021). De igual manera, la aplicación de esta tecnología en leguminosas ha presentado una repercusión en el incremento de la actividad antioxidante presente en granos, lo que se puede deber a que las mayores dosis de zinc incrementan la actividad antioxidante y elevan la calidad del producto a nivel nutricional, sin embargo, aún existe la problemática de la reducción leve del rendimiento producto de esta tecnología sin usar variedades mejoradas (Guillén-Molina et al., 2016; Morales, 2019)

2.1.3 Importancia de los microelementos en el ser humano

Según la literatura del microelemento hierro, este tiene varias funciones vitales en el cuerpo. Sirve como transportador de oxígeno a los tejidos desde los pulmones mediante la hemoglobina de los glóbulos rojos, como medio de transporte de electrones dentro de las células y como parte integrada de importantes sistemas enzimáticos en varios tejidos (World Health Organization, 2004).

Según la literatura del microelemento zinc, este es un componente esencial de un gran número (>300) de enzimas que participan en la síntesis y degradación de carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, así como en el metabolismo de otros micronutrientes. El zinc juega un papel central en el sistema inmunológico, afectando varios aspectos de la inmunidad celular y humoral, las características clínicas de la deficiencia severa de zinc en humanos son retraso en el crecimiento, retraso en la maduración sexual y ósea, lesiones en la piel, diarrea, alopecia, falta de apetito, aumento de la susceptibilidad a infecciones mediada por defectos en el sistema inmunitario, y aparición de cambios de comportamiento (World Health Organization, 2004).

2.1.4 Importancia fisiológica del zinc en la planta

Activador de muchas enzimas: alcohol deshidrogenasa (ADH) que cataliza la reducción de acetaldehído a etanol; anhidrasa carbónica (CA) que cataliza la hidratación de CO₂ a bicarbonato, superóxido dismutasa, carboxipeptidasa, ácido glutámico deshidrogenasa (GDH), componente de la ARN polimerasa. Esencial para la síntesis de triptófano – precursor de la

fitohormona, ácido indol-3-acético. Esencial para la estructura y la función de los factores de transcripción como los dominios “Zn-finger”, “Zn-cluster” y “Ring-finger” asociado con enzimas importantes como el superóxido dismutasa (Kochhar & Gujral, 2020).

El zinc se distribuye dentro del citoplasma (50%), núcleo (30-40%) y membrana celular (10%). Puede unirse fuertemente a metaloproteínas como componente estructural o metaloenzimas como cofactor. El zinc se une a las metalotioneínas (MT) con baja afinidad, lo que constituye alrededor del 5 al 15 % del total de zinc celular. Puede compartimentarse en orgánulos intracelulares y vesículas para su almacenamiento, que sirven como fuente de proteínas dependientes de zinc. El zinc libre citosólico se mantiene en concentraciones muy bajas (Bhatla & Lal, 2018).

2.1.5 Importancia fisiológica del hierro en la planta

Parte del grupo catalítico de las enzimas de oxidación-reducción, citocromos que contienen hemo y proteínas de hierro y azufre no hemo (proteínas Rieske y ferredoxina) asociadas con la fotosíntesis, la fijación de nitrógeno y la respiración. Un constituyente de las enzimas oxidasas, tales como la catalasa y la peroxidasa. Necesario para la síntesis de clorofila y proteína de cloroplasto en las hojas. Participa en la estructura de la enzima dinitrogenasa (en procariontes), una enzima crucial para la fijación del nitrógeno molecular (N₂) en amoníaco (Kochhar & Gujral, 2020).

El hierro es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre. Es un micronutriente esencial con numerosas funciones celulares, y su deficiencia representa uno de los problemas más graves en la nutrición humana a nivel mundial. Las plantas se enfrentan a dos problemas principales con el hierro como ion libre, es decir, su insolubilidad y su toxicidad. Para asegurar la adquisición de hierro del suelo y evitar el exceso de hierro en las células, la absorción y la homeostasis están estrictamente controladas. El hierro se almacena en los cloroplastos como complejos de proteína de hierro conocidos como fitoferritina. Las propiedades químicas del hierro también son responsables de su limitada acumulación en las plantas (Bhatla & Lal, 2018).

2.1.6 Tipos de suelo según el pH y su relación con el nivel de concentración de hierro y zinc

El pH del suelo afecta directamente a la disponibilidad de los nutrientes del suelo para las plantas (CampoCyl, 2016). Los micronutrientes salvo el molibdeno son mejor absorbidos en suelos ácidos, el valor del pH se mide en una escala del 0 al 14, siendo los tipos de suelo según estos niveles:

- Suelos ácidos: pH menor a 6.5
- Suelos neutros: pH entre 6.6 y 7.5 (valor neutral idóneo = 7)

- Suelos básicos/alcalinos: pH mayor a 7.5

Según literatura clásica referida a la fisiología de la planta y la absorción mineral, en el caso del microelemento zinc, el cloruro, el nitrato y el sulfato de zinc son solubles. Los minerales de Zn naturales son insolubles en agua. Los ácidos, como el ácido acético, disuelven cantidades considerables de zinc, mientras que las soluciones alcalinas tienen un efecto mínimo o nulo. Con la disminución del pH del suelo, aumenta la concentración de Zn disuelto, lo cual es una consecuencia natural de la influencia de los ácidos en la solubilidad de ZnS y $ZnCO_3$, así como en la tasa de meteorización de otros minerales que contienen Zn. En consecuencia, se ha descubierto que la absorción de Zn por las plantas disminuye con el aumento del pH. Los síntomas de deficiencia de zinc parecen estar más relacionados con la reacción del suelo que con el contenido total de Zn (Adriani et al., 1958).

Asimismo, en el microelemento hierro, en los suelos existe en formas divalentes y trivalentes. La mayoría de los suelos cultivados son muy bajos en Fe disuelto en la solución del suelo y adsorbido en forma intercambiable. El contenido de Fe^{3+} aumenta con la acidez, pero alcanza concentraciones notables sólo en suelos muy ácidos, $pH < 3$ (en la investigación no contamos con un suelo tan ácido), y en suelos ricos en ácidos húmicos y coloides capaces de formar complejos solubles con el hierro. Los suelos bajo condiciones reductoras o anegadas son generalmente altos en Fe^{2+} . La solubilidad y la tasa de meteorización de los compuestos de hierro están íntimamente relacionadas con el pH y el potencial de oxidación-reducción del suelo. La presión del dióxido de carbono y las condiciones de humedad también juegan un cierto papel. En ausencia de oxígeno, el hierro ferroso se disuelve lentamente en agua que contiene CO_2 , formando así $Fe(HCO_3)_2$ y aumentando considerablemente la movilidad del hierro en suelos anaeróbicos. Si la presión parcial de CO_2 disminuye, el Fe se precipita como $FeCO_3$. El hierro ferroso también se disuelve por la acción de H_2SO_4 , formado por oxidación de FeS, esta reacción es de naturaleza tanto microbiológica como puramente química (Adriani et al., 1958).

2.1.7 Fertilización química

Se manifiesta que la fertilización química es una nutrición mineral que, junto con la disponibilidad de agua y cultivo; control de enfermedades, insectos y malezas; y las condiciones socioeconómicas del agricultor, desempeña un papel importante en el aumento de la productividad de los cultivos (Fageria, 2009). Las concentraciones de nutrientes en la solución del suelo han sido de interés durante muchas décadas como indicadores de la fertilidad del suelo en la agricultura. La nutrición mineral se refiere al suministro, disponibilidad, absorción,

translocación y utilización de elementos formados inorgánicamente para el crecimiento y desarrollo de las plantas de cultivo.

2.1.8 Fertilización edáfica

Es aquella fertilización que incorpora los nutrientes de forma directa al sustrato en el que se desarrolla el cultivo.

2.1.9 Movilidad de los elementos

Los elementos boro, el calcio, el **hierro**, el azufre y el cobre son elementos inmóviles; una vez incorporados al tejido vegetal, no regresan al floema ni pueden moverse a las partes más jóvenes de la planta.

Los elementos cloro, magnesio, nitrógeno, fósforo, potasio, sodio, **zinc** y molibdeno se consideran elementos móviles. Pueden trasladarse a tejidos más jóvenes, incluso después de haber sido incorporados al tejido vegetal anterior. Después de que el suelo se agota de uno de estos elementos, la planta sacrifica las hojas maduras. Dichos elementos móviles se recuperan y trasladan a las regiones de cultivo (Kochhar & Gujral, 2020).

2.1.10 Cinética de absorción de nutrientes en el suelo

Si bien algunos autores dicen que la eficiente respuesta a los fertilizantes aplicados es dependiente de la capacidad de una variedad de cultivo para absorber grandes cantidades de nutrientes y convertirlos en producción (Clarkson & Hanson, 1980). Los estudios realizados durante muchos años indican que la cinética de la absorción de los iones en la raíz sigue una cinética denominada de Michaelis-Menten, modelo que describe la operación de sistemas bioquímicos que se basan en la operación de enzimas y proteínas, una de las implicaciones del ajuste de los datos experimentales a este modelo es que la absorción de nutrimentos minerales es un proceso metabólicamente activo (Benavides Mendoza, 2011). La capacidad de algunos genotipos dentro de las especies vegetales para absorber nutrientes a un ritmo mayor a una concentración baja de nutrientes del medio de crecimiento es uno de los mecanismos responsables del uso eficiente de nutrientes por parte de las plantas. Los valores de V_{max} y K_m según la cinética de Michaelis-Menten o la cinética enzimática generalmente se utilizan para explicar la tasa de entrada de iones en las raíces de las plantas (Fageria et al., 2008).

Cuando las raíces están en una solución que contiene sales, los iones pueden entrar y salir de la raíz. Los términos que se usan normalmente en la bibliografía para describir este movimiento de iones son: flujo de entrada, movimiento de iones desde la solución externa hacia la raíz; I , la tasa de entrada por unidad de longitud de la raíz; salida, el movimiento de iones desde la raíz hacia la solución externa; E , la tasa de flujo de salida por unidad de longitud de la raíz, e I_n , la

tasa neta de entrada por unidad de longitud de la raíz, que es igual a $I - E$ (Claassen & Barber, 1974).

2.1.11 Cultivo de Alfalfa

La alfalfa es uno de los cultivos forrajeros más utilizados debido a que produce grandes cantidades de materia seca de alta calidad. El destino del cultivo es la producción de forraje, que puede aprovecharse mediante pastoreo directo o conservarse en forma de heno mediante la confección de rollos, fardos o megafardos. Es un cultivo perenne ya que su ciclo productivo perdura por varios años (puede llegar a 6-8 años) (Cancio, 2016). Su persistencia depende de varios factores, principalmente de las prácticas de manejo en combinación con el clima y los suelos de cada zona. Durante la temporada de crecimiento se realizan varios cortes de aprovechamiento y su número dependerá del objetivo de producción, del manejo, de cuestiones operativas y de las condiciones climáticas de cada temporada en particular.

El crecimiento de la alfalfa es impulsado por la fotosíntesis, un proceso que captura la energía del sol y la convierte en energía química. El azúcar de glucosa es el principal producto de energía química de la fotosíntesis. La glucosa se combina con otros elementos nutritivos para proporcionar todos los componentes necesarios para el crecimiento de la alfalfa. La alfalfa requiere nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio, magnesio, hierro, boro, manganeso, zinc, cobre, molibdeno y algunos otros micronutrientes para crecer. Estos nutrientes, junto con el agua, son absorbidos por la raíz del suelo (Undersander, Vassalotti, et al., 2011).

a) Morfología

En los puntos donde los pecíolos de las hojas y las ramas del tallo se unen al tallo hay yemas axilares. Las yemas axilares contienen tejido meristemático (en crecimiento) que puede convertirse en hojas, ramas de tallo o tallos nuevos (Figura N°1). Las yemas axilares generalmente permanecen inactivas hasta que el meristemo apical comienza a producir yemas inferiores o se elimina. La alfalfa cortada en altura puede volver a crecer de las yemas axilares en lugar de las yemas de la corona, lo que generalmente significa que el rendimiento se reducirá debido al exceso de forraje que queda en el campo como resultado de cortar la alfalfa en altura (Undersander, Vassalotti, et al., 2011).

Figura N°1. Morfología de una planta de alfalfa en pleno crecimiento sin rebrote.

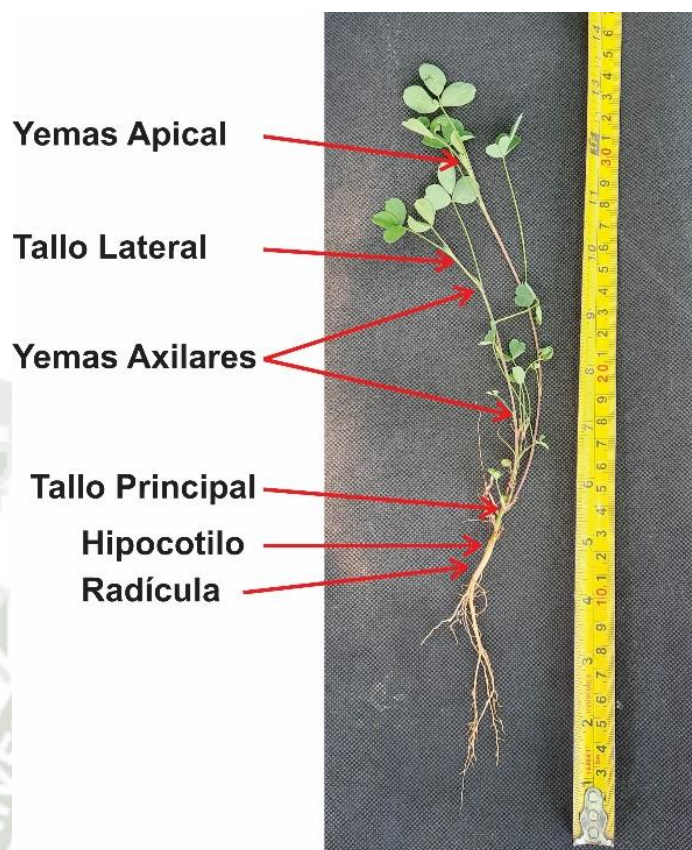
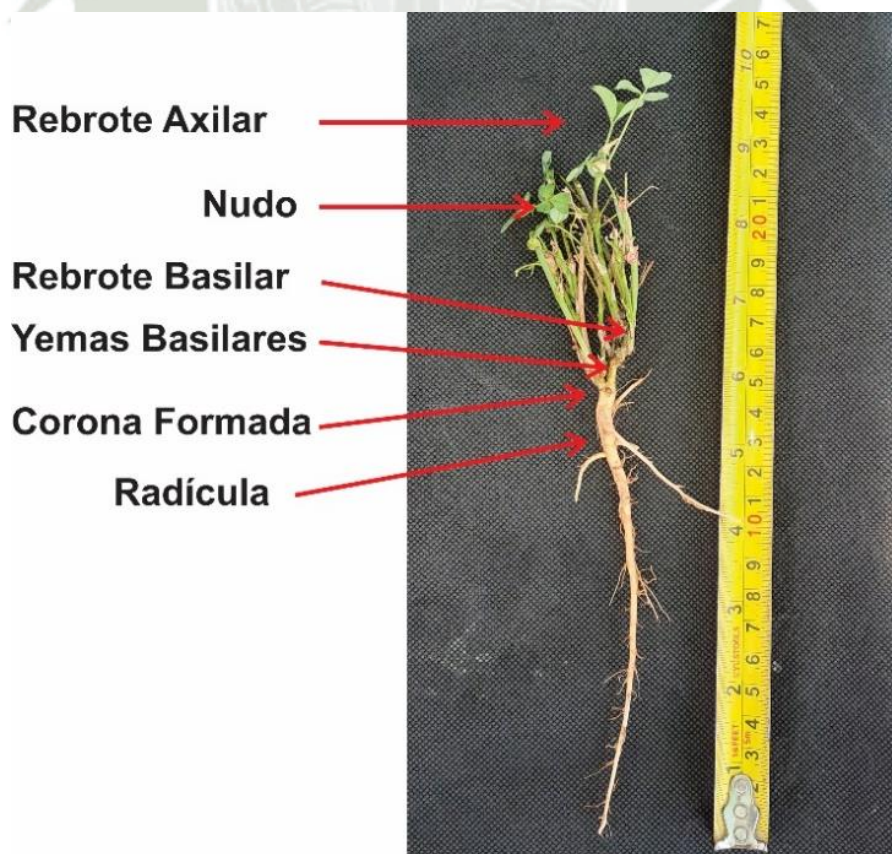


Figura N°2. Morfología de una planta de alfalfa en pleno rebrote.



b) Manejo Agronómico

Un campo denso de alfalfa que crece vigorosamente forma la base para una producción rentable de forraje. Las campañas rentables son el resultado de seleccionar cuidadosamente campos con suelo bien drenado, agregar cal y nutrientes si es necesario, seleccionar una buena variedad y usar prácticas de plantación apropiadas para asegurar la germinación y el establecimiento (Undersander, Cosgrove, et al., 2011).

El rebrote después de la cosecha proviene principalmente de los brotes de la corona (Figura N°2), pero también puede provenir de los brotes axilares si el corte es alto. La cantidad de tallos que se desarrollan a partir de las yemas axilares o de la corona depende de la variedad, la etapa de desarrollo en el momento de la cosecha, la salud de la corona y la altura de corte.

2.1.12 Variedad MOAPA 69

La variedad Moapa 69 fue lanzada conjuntamente por las Estaciones Experimentales de Nevada y California y el USDA en 1970 como reemplazo de la antigua variedad Moapa en áreas de Utah, Nevada y California donde se cultivaba, a partir de ahí se expandió a otras regiones. Es una variedad sintética de flores moradas, vigorosa, de crecimiento erguido, no tan resistente al invierno y resistente al pulgón de la alfalfa. Se recupera rápidamente después del corte y con buena persistencia en campaña (UC Davis Foundation Seed Program, 2019).

Los clones progenitores de Moapa se reconstituyeron para mejorar el rendimiento de la variedad y sustituir dos clones que eran difíciles de mantener. Se probaron siete clones parentales de Moapa en combinación con otros clones de rendimiento de progenie conocido. La selección se basó en el rendimiento, la persistencia y la reacción al pulgón manchado de la alfalfa. Se eligieron los siguientes nueve clones como progenitores de Moapa 69: C904, C905, C906, C907, C908, C909, C910 de Moapa, C1026 de Mesa-Sirsa y C937 de Sonora (North American Alfalfa Improvement Conference, s. f.-b).

2.1.13 Producción de biomasa forrajera en alfalfa

El valor alimenticio de la alfalfa cosechada puede cambiar tanto por factores posteriores a la cosecha como por el entorno previo al corte y la historia de la planta (Radovic et al., 2009).

Inmediatamente después de la cosecha, el rebrote de alfalfa es más rápido cuando las temperaturas son de 29 a 32 °C. Sin embargo, a medida que continúa el crecimiento de la alfalfa, la tasa máxima de crecimiento ocurre cuando las temperaturas están entre 10 y 27 °C. La relación hoja-tallo disminuye a medida que la planta madura dentro de cada período de rebrote. La relación hoja-tallo es menor para el crecimiento en primavera que en pleno verano. Las

temperaturas más cálidas y los días más largos del verano provocan un desarrollo más rápido de las plantas y una mayor lignificación de la pared celular que la que ocurre con las temperaturas más frías y los días más cortos de la primavera (Undersander, Vassalotti, et al., 2011).

2.2 Antecedentes de investigación

2.2.1 Revisión de tesis universitarias

- En la tesis “Efecto de la fertilización foliar y edáfica con hierro y zinc para la biofortificación agronómica del tubérculo de papa (*Solanum tuberosum* L.)” se señala que la mayor concentración de zinc en pulpa estuvo asociada con la aplicación al suelo de 40 y 20 kg ha⁻¹ de Fe y Zn respecto al testigo, con un incremento correspondiente a 104%, seguido por la aplicación de zinc al suelo con 69% y zinc foliar con 58% (Gavilanez Fernández, 2015).
- En la tesis “Fertilización foliar y edáfica con zinc para la biofortificación agronómica del cultivo de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en Cañete.” se indica que la aplicación foliar disminuyó el rendimiento del tubérculo significativamente; se obtuvo 27.1 Mg ha⁻¹ en el control y para la dosis de 5 kg Zn ha⁻¹, 22.3 Mg ha⁻¹. No hubo diferencias en las aplicaciones al suelo. Por otro lado, se logró incrementar las concentraciones de Zn en hoja y pulpa; donde el tratamiento de fertilización foliar presentó valores de 637.7, y 20.7 mg Zn kg⁻¹ en comparación al control que registró 79.3 y 14.7 mg Zn kg⁻¹, respectivamente. Para los tratamientos al suelo de 0, 20 y 40 kg Zn ha⁻¹ resultó 15.8, 17.4 y 19.0 mg Zn kg⁻¹ de pulpa, respectivamente. Por lo tanto, se alcanzó concentraciones mayores de Zn en los tubérculos de papa mediante la biofortificación agronómica (Quispe Poma, 2020).
- En la tesis “Características biométricas en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo fertilización edáfica y foliar con zinc.” se observó que la concentración de zinc en el cultivo de papa producto de la aplicación edáfica y foliar con sulfato de zinc bajo las condiciones del experimento en la UNALM, no afectan las características biométricas del cultivo de papa variedad UNICA, ni en el incremento del rendimiento de tubérculos (Ramírez Aparicio, 2019).

2.2.2 Revisión de artículos de investigación

- En la investigación titulada “Biofortificación de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) con hierro y zinc.” se dice que el mayor rendimiento de grano se obtuvo con la dosis 50 - 50 µM de Fe-EDDHAy Zn-EDTA, mientras que el mayor

contenido de hierro (Fe) y nitrógeno (N) se tuvo con la dosis 25 - 0 μM de Fe-EDDHA y Zn-EDTA, respectivamente. No se observó asociación entre el rendimiento y el contenido mineral del grano, ya que la dosis de mayor rendimiento, no tuvo los mayores contenidos de minerales (Guillén-Molina et al., 2016).

- En la investigación titulada “La aplicación de fertilizantes a Base de zinc y hierro mejora los atributos de crecimiento, productividad y calidad del grano de dos cultivares de trigo (*Triticum aestivum*).” indica que la aplicación combinada de Zn y Fe produjo el mayor rendimiento biológico y de grano. Se encontró que el cultivar Anaj⁻¹⁷ fue más receptivo con respecto a los atributos de crecimiento y rendimiento comparativamente. Se dice que la aplicación combinada de Zn y Fe a 10 y 12 kg ha⁻¹, respectivamente, produjo granos de buena calidad con una productividad máxima de cultivares de trigo harinero cultivados en suelo calcáreo (Hafeez et al., 2021).
- En la investigación titulada “Aplicación foliar de selenio, zinc y cobre en biofortificación de alfalfa (*Medicago sativa* L.)” se menciona que la aplicación de Se, Zn y Cu no tuvo efecto sobre el rendimiento seco ni sobre los contenidos de proteína bruta, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Mo y Co en el heno de alfalfa. Sin embargo, la fertilización con Se, Zn y Cu aumentó significativamente los contenidos de Se, Zn y Cu en el heno de alfalfa. Los resultados mostraron que los contenidos de Se y Zn en la biomasa vegetal se correlacionaron significativamente con las dosis aplicadas de Se ($r=0,99$) y Zn ($r=0,99$). Los años de producción de alfalfa y las condiciones climáticas demostraron ser factores significativos en la eficiencia de la fertilización (Petković et al., 2019).
- En la investigación titulada “Fitoextracción de Zn y reciclaje de biomasa de alfalfa como posible cultivo forrajero biofortificado con Zn.” utilizaron tres suelos con concentraciones de Zn (mg kg^{-1}) de 189 (suelo A), 265 (suelo B) y 1496 (suelo C), los resultados mostraron que el Zn era altamente transferible en los tejidos de alfalfa en los tres suelos incluso sin aditivos. EDDS fue más efectivo que NTA para mejorar la fitoextracción de Zn por alfalfa. La máxima acumulación de Zn en los brotes del tercer corte se obtuvo con la concentración de EDDS de 5 mmol kg^{-1} en el suelo A y de 2 mmol kg^{-1} en el suelo B, con un aumento del 462 % y 162 % en comparación con los controles, respectivamente. Sin embargo, la mayor concentración de EDDS resultó en una reducción significativa en la producción de biomasa. En el suelo C, todas las

concentraciones de EDDS resultaron en acumulaciones similares de Zn en el tercer brote (Wang et al., 2021).

- En la investigación titulada “Brotos vegetales enriquecidos con hierro: efectos sobre el rendimiento, generación de ROS y sistema antioxidante.” se apunta que de los brotes probados de rábano y la alfalfa cultivados en presencia de Fe, en concentraciones de 12 y 24 mg/L demostraron ser los más adecuados para el enriquecimiento con Fe ya que acumularon cantidades considerables de Fe a niveles aún aceptables de biomasa acumulada y generación relativamente baja de ROS. El enriquecimiento con Fe redujo la acumulación de biomasa, en algunos casos significativamente, en los brotes de alfalfa (6.1% y 3.3% para peso fresco y materia seca respectivamente) (Przybysz et al., 2016).
- En la investigación titulada “Biofortificación agronómica con Se, Zn y Fe: una estrategia eficaz para mejorar la calidad nutricional de los cultivos y la defensa contra el estrés: una revisión.” se sugiere que la biofortificación agronómica de los cultivos es una forma muy prometedora de mejorar la concentración de micronutrientes en las partes comestibles de los cultivos sin comprometer el rendimiento y es reconocida como la estrategia más barata para aliviar el hambre oculta en todo el mundo. La revisión se centra en los factores que influyen en la eficacia de los cultivos biofortificados (tipo de aplicación, forma y dosis de microelemento aplicado, biofertilizantes y nanofertilizantes). Además, la acumulación de zinc, selenio y hierro en las partes comestibles de los cultivos, sus efectos sobre el metabolismo, parámetros morfológicos y de rendimiento, y un impacto en los mecanismos de defensa de las plantas contra el estrés abiótico como sal, temperatura alta/baja, metales pesados y sequía fueron discutidas (Szerement et al., 2022).
- En la investigación titulada “La nutrición con zinc afecta las respuestas de la alfalfa al estrés hídrico y al exceso de humedad.” se desarrolló a dos niveles de Zn (suministro bajo de Zn: 0,05 mg Zn kg⁻¹ de suelo, suministro adecuado de Zn: 2,0 mg Zn kg⁻¹ de suelo) y tres niveles de humedad del suelo (estrés hídrico del suelo: 3% de humedad del suelo sobre el peso seco del suelo humedad adecuada del suelo: 12 % de humedad del suelo sobre la base del peso seco del suelo; humedad excesiva del suelo: 18 % de humedad del suelo sobre la base del peso seco del suelo) en una arena silíceo deficiente en Zn (DTPA Zn: 0,06 mg kg⁻¹ de suelo). Las plantas que crecieron con un suministro bajo de Zn desarrollaron síntomas de deficiencia de Zn y hubo una fuga grave de solutos de

las hojas de las plantas con deficiencia de Zn. El suministro adecuado de Zn mejoró significativamente el área foliar, la relación hoja-tallo, la producción de biomasa de brotes y raíces, la succulencia de las plantas y la concentración de Zn en las hojas. Con un suministro bajo de Zn, el estrés por humedad del suelo y los tratamientos de humedad excesiva redujeron significativamente la materia seca de los brotes, el área foliar y la relación hoja-tallo de las plantas de alfalfa, mientras que hubo poco impacto de los tratamientos de humedad del suelo cuando la concentración de Zn suministrada fue alta (H. S. Grewal & Williams, 2000).

- En la investigación “Concentraciones de minerales y compuestos fenólicos en tres especies de brotes comestibles tratados con quelatos de hierro durante la imbibición.” Se sumergió brotes de alfalfa en citrato de Fe (III) en concentraciones de 2.5, 5.0 o 10 mM durante 5-8 h. Se sugiere que el tratamiento de remojo incrementó significativamente la concentración de hierro en brotes de alfalfa de 5 días hasta 1,8 veces la concentración observada en los testigos. El hierro acumulado en los brotes de alfalfa tratados se asoció negativamente con las concentraciones de otros minerales como Ca, Mg, Mn y Na. Los brotes de alfalfa tratados mostraron un aumento significativo de 8,0-36,4% en las concentraciones de fenoles totales en comparación con los testigos (Park et al., 2014).

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Localización del trabajo

3.1.1.1 Localización espacial

La investigación se realizó en el campo experimental de la Universidad Católica de Santa María, ubicado en el distrito de Hunter, provincia de Arequipa, departamento de Arequipa, con una altitud de 2450 m.s.n.m.

Ubicación política:

- Departamento: Arequipa
- Provincia: Arequipa
- Distrito: Hunter
- Lugar: Invernadero controlado

Posición geográfica:

- Latitud Sur: $16^{\circ}27'29.05''S$
- Longitud Oeste: $71^{\circ}33'58.75''O$
- Altitud: 2204 m.s.n.m.
- Zona: 19 K
- Coordenada Este: 225982.36 m E
- Coordenada Norte: 8178654.91 m S

Figura N°3. Ubicación del Invernadero en el Fundo “La Banda” Huasacache.



Fuente:(Google, 2022)

3.1.1.2 Localización temporal

El trabajo de investigación comenzó en enero del 2023 y concluyó en junio del 2023.

3.1.2 Material biológico

A. Plantas de alfalfa de la variedad MOAPA 69

3.1.3 Material de laboratorio

1. Balanza de Precisión

3.1.4 Material de campo

1. Módulo de riego AQUALIN

2. Cinta métrica

3. 90 macetas de plástico

4. 5 mesas metálicas

5. Bolsas de papel

6. Coreador

7. Tijeras

8. Fertilizantes

a. Nitrato de Amonio

b. Superfosfato Triple

c. Cloruro de Potasio

d. Sulfato Ferroso

e. Sulfato de zinc

3.1.5 Equipos y maquinarias

1. Computadora

2. Calculadora

3. Cámara de celular

3.1.6 Otros materiales

1. Materiales de Escritorio

2. Software RStudio

3. Microsoft Excel

3.2 Métodos de muestreo

3.2.1 Universo

Se tuvo 90 macetas instaladas en el invernadero, cada maceta fue considerada una unidad experimental y a la vez contenía plantas de alfalfa en la densidad 25 kg ha^{-1} .

3.2.2 Tamaño de muestra

Cada uno de los 18 tratamientos contó con cinco repeticiones, no obstante, para las evaluaciones biométricas cada repetición abarcó 10 plantas de alfalfa variedad MOAPA 69, las que se promediaron para obtener un resultado más fiable para cada repetición.

Para las evaluaciones de nivel de concentración en laboratorio, el tamaño de la muestra por repetición abarcaba toda la producción de materia fresca por maceta (corte de todo el forraje por cada maceta).

3.2.3 Procedimiento de muestreo

El tipo de muestreo será probabilístico en su forma de Muestreo Aleatorio Simple (MAS) porque cualquiera de las semillas de alfalfa al instante de la siembra tendrá la misma probabilidad de formar parte de la muestra.

Cada muestreo de parámetros biométricos se realizó 4 días antes de cada corte según desarrollo del cultivo, por lo que se realizó cuatro muestreos biométricos en la investigación. Cada corte se realizó en 40 días aproximadamente.

3.3 Métodos de evaluación

3.3.1 Metodología de experimentación

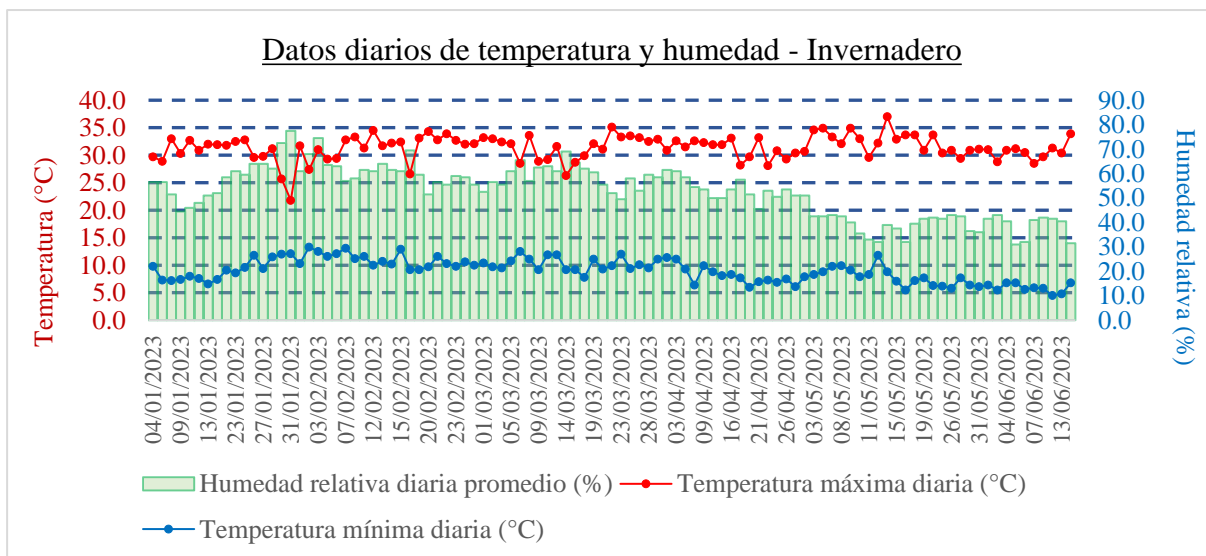
3.3.1.1 El invernadero y su manejo

El invernadero donde se desarrolló la investigación está ubicado en el Fundo “La Banda” en Huasacache (Figura N°4), protegido por una malla anti áfidos y con ventanillas para control de temperatura interna, adicional se contó con la instalación de un termómetro digital que registró los valores diarios máximos y mínimos de temperatura y humedad, por lo que se tiene la Figura N°5 producto de la recolección de estos datos.

Figura N°4. Vista frontal del invernadero.



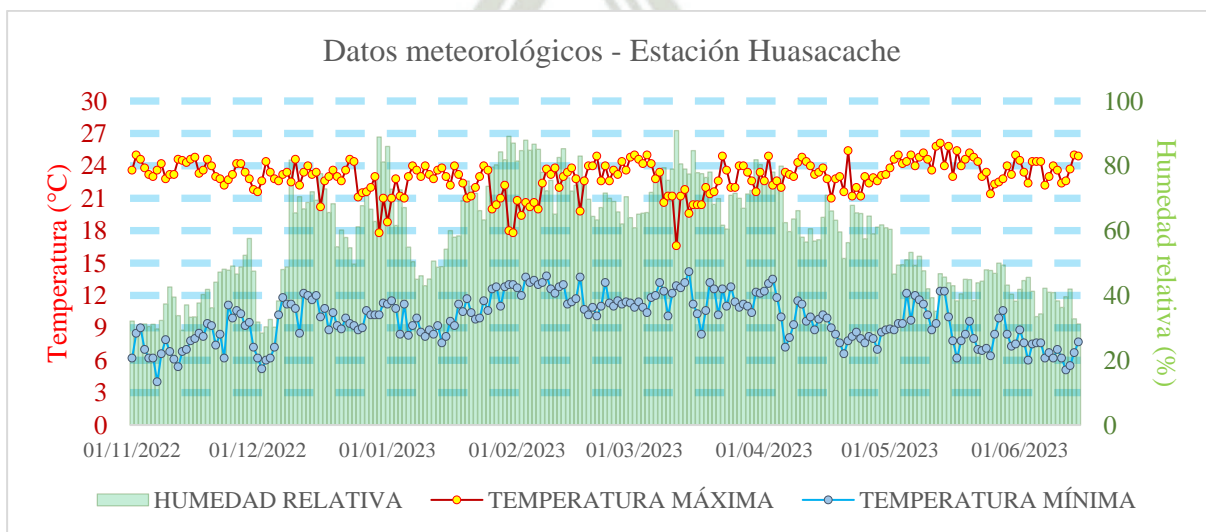
Figura N°5. Temperatura y humedad registrada en el invernadero.



El invernadero presentó valores de temperatura máximas entre los 30°C y 35°C y mínimas a 10°C, con una humedad relativa oscilante entre 40% y 60%. Esta información fue obtenida mediante un registro diario de temperatura máxima y mínima junto con porcentaje de humedad utilizando un termómetro digital, el registro se realizó cada día entre las 9 y 10 de la mañana.

Esta información se contrastó con la información recopilada por la Estación Meteorológica Huasacache (SENAMHI, s. f.), la cual tiene los siguientes datos para el mismo periodo de tiempo:

Figura N°6. Temperatura y humedad registrada en la Estación Meteorológica Huasacache.



Fuente (SENAMHI, s. f.)

Como se puede observar, el invernadero presentó valores de temperatura y humedad mayormente controlados en el desarrollo del experimento con temperaturas máximas entre los 30°C y 35°C, con temperaturas mínimas cercanas a 10°C, con una humedad relativa oscilante entre 40% y 60%.

Por lo tanto, el diseño experimental completamente al azar quedó validado en condiciones controladas de temperatura y humedad.

3.3.1.2 Riego Automatizado

Se instaló un temporizador de riego Aqualin (Aqualin, s. f.), programado en 3 turnos de riego (mañana, tarde y noche) con un caudal calculado de 7.04 lph, es decir 0.1173 litros cada minuto.

Se dispuso de 13 minutos de riego en tres momentos del día, teniendo un aporte diario de 1.52 litros por cada maceta en promedio.

Figura N°7. Temporizador de Riego Aqualin instalado en el invernadero.



3.3.1.3 Manejo Fitosanitario

Se realizó aplicaciones de Deltax para el control de caballada (*Spodoptera eridania*) (Vademécum Agrario 2022, s. f.). Las aplicaciones se realizaron según dosis recomendada en la etiqueta y con los implementos de seguridad necesarios para la aplicación.

Figura N°8. Implementos usados en el Manejo Fitosanitario en el invernadero.



Adicional, se instaló trampas pegantes de color amarillo en los pasillos entre mesas para controlar la entrada de insectos.

Figura N°9. Trampa pegante amarilla instalada en el invernadero.



3.3.1.4 Labores Culturales

Se realizó la eliminación de malezas de forma periódica antes y después de cada corte programado para un correcto muestreo sin alteración de las muestras.

Adicional se realizó la revisión diaria del correcto funcionamiento del riego y la limpieza correspondiente del invernadero.

Figura N°10. Herramientas usadas para la eliminación de malezas en el invernadero.



3.3.1.5 Fertilización de fondo

Se decidió hacer una aplicación de fondo para aportar los macronutrientes necesarios para el desarrollo de la alfalfa en una campaña de cuatro cortes, teniendo disponibles los fertilizantes de Nitrato de Amonio, Superfosfato Triple y Cloruro de Potasio, para una dosis de NPK de 20-25-50.

Tabla N°1. Esquema de fertilización de macronutrientes para las unidades experimentales.

Fertilizantes	LEY (%)		
	N	P2O5	K2O
Nitrato de Amonio	33	3	
Superfosfato Triple		46	
Cloruro de potasio			60

Fertilizantes	Nitrato de Amonio	Superfosfato Triple	Cloruro de potasio
Aplicación (kg ha ⁻¹)	60.61	50.40	83.33
Área maceta	0.0573 m ²		

Fertilizantes	Nitrato de Amonio	Superfosfato Triple	Cloruro de potasio
Aplicación (kg/maceta)	0.0003473	0.0002888	0.0004775
Aplicación (g/maceta)	0.347	0.289	0.478

APORTE REAL	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	20	25	50

3.3.2 Factores

a) Suelo Ácido

Según las claves de clasificación de la USDA el suelo está clasificado según el sistema Soil Taxonomy como un **ultisol** (Moreno Ramón & Ibañez Asensio, 2020; Soil Survey Staff, 2022). El suelo se caracteriza por tener textura franco arenosa (58.9 % de arena, 10.76% de arcilla y 30.34% de limo), reacción ácida ($\text{pH} = 4.06$), contenido de CaCO_3 muy bajo ($< 0.01\%$) y ser no salino (1.43 dS m^{-1}). Su fertilidad es alta, puesto que el tenor de materia orgánica es de 17.24%, el contenido de potasio disponible es (105.6 mg kg^{-1}) y el nivel de fósforo disponible es alto (20.32 mg kg^{-1}). La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es baja ($< 15 \text{ meq } 100\text{g}^{-1}$) y las relaciones catiónicas ($\text{Ca/Mg} = 5.11$, $\text{Mg/K} = 1.26$, $\text{Ca/K} = 6.44$ y $\text{K/Na} = 0.57$). La concentración de Fe extractable es muy alta ($218.55 \text{ mg kg}^{-1}$) y la concentración de Zn, baja ($< 1 \text{ mg kg}^{-1}$).

Este suelo proviene de la zona de Santa Rita.

b) Suelo Básico

Según las claves de clasificación de la USDA el suelo está clasificado según el sistema Soil Taxonomy como un **alfisol** (Moreno Ramón & Ibañez Asensio, 2020; Soil Survey Staff, 2022). El suelo se caracteriza por tener textura franco arenosa (60.88 % de arena, 18.74% de arcilla y 20.38% de limo), reacción moderadamente básica ($\text{pH} = 7.96$), contenido de CaCO_3 (3.23%) y ser salino (6.67 dS m^{-1}). Su fertilidad es baja, puesto que el tenor de materia orgánica no supera el 1%, el contenido de potasio disponible es alto (1202 mg kg^{-1}) y el nivel de fósforo disponible es alto ($> 7 \text{ mg kg}^{-1}$). La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es baja ($< 15 \text{ meq } 100\text{g}^{-1}$) y las relaciones catiónicas ($\text{Ca/Mg} = 2.35$, $\text{Mg/K} = 0.53$, $\text{Ca/K} = 1.24$ y $\text{K/Na} = 1.05$). La concentración de Fe extractable es baja (3.98 mg kg^{-1}) y la concentración de Zn, baja ($< 2.5 \text{ mg kg}^{-1}$).

Este suelo proviene del VRAEM.

c) Dosis de hierro

Se definió tres niveles: 0, 10 y 20 kg ha^{-1} usando su conversión al área de la maceta y la ley del fertilizante, por lo que se aplicó dosis de 0, 0.2865 y 0.5730 gramos de Sulfato de hierro (20% Fe).

d) Dosis de zinc

Se definió tres niveles: 0, 9 y 18 kg ha⁻¹ usando su conversión al área de la maceta y la ley del fertilizante, por lo que se aplicó dosis de 0, 0.2456 y 0.4911 gramos de Sulfato de zinc (21% Zn).

3.3.3 Tratamientos

Una vez determinados los niveles de fertilización, se procedió a armar el esquema de fertilización para alcanzar las dosis requeridas para cada combinación de factores.

Tabla N°2. Esquema de fertilización por tratamientos.

Trt	FACTORES			CLAVE
	Suelo	Fertilizante Fe (g/maceta)	Fertilizante Zn (g/maceta)	
T1	Ácido	0	0	111
T2	Ácido	0	0.2456	112
T3	Ácido	0	0.4911	113
T4	Ácido	0.2865	0	121
T5	Ácido	0.2865	0.2456	122
T6	Ácido	0.2865	0.4911	123
T7	Ácido	0.5730	0	131
T8	Ácido	0.5730	0.2456	132
T9	Ácido	0.5730	0.4911	133
T10	Básico	0	0	211
T11	Básico	0	0.2456	212
T12	Básico	0	0.4911	213
T13	Básico	0.2865	0	221
T14	Básico	0.2865	0.2456	222
T15	Básico	0.2865	0.4911	223
T16	Básico	0.5730	0	231
T17	Básico	0.5730	0.2456	232
T18	Básico	0.5730	0.4911	233

3.4 Recopilación de información

3.4.1 En el campo

- **Altura de Planta**

Con la ayuda de la cinta métrica, se procedió a tomar la altura de 10 plantas por cada maceta para obtener el valor promedio de la repetición de cada tratamiento, se tomó como altura la distancia del inicio de la corona de cada planta de alfalfa y la última hoja de la planta, en total se muestrearon 900 plantas de alfalfa por corte.

Figura N°11. Medición de altura de planta.



- **Número de Hojas**

Se contabilizó el número de hojas individuales de cada planta, el muestreo fue al azar y se tomó 10 plantas por maceta para obtener un valor promedio de la repetición de cada tratamiento, en total se muestrearon 900 plantas de alfalfa por corte.

Figura N°12. Conteo del número de hojas por planta.



- **Número de Tallos**

Se contabilizó el número de tallos principales (excluyendo laterales) de cada planta, se tomó de referencia el tallo que iniciaba en la corona. El muestreo fue al azar y se tomó 10 plantas por maceta para obtener un valor promedio de la repetición de cada tratamiento, en total se muestrearon 900 plantas de alfalfa por corte.

Figura N°13. Conteo del número de tallos por planta.



- **Materia Fresca**

Se pesó el forraje producido por cada maceta en cada uno de los cuatro cortes, por lo que se obtuvo 90 registros de peso en fresco para las 90 unidades experimentales establecidas. Se utilizó una balanza electrónica y se ejecutó al mismo tiempo que el corte (para que el forraje no sufra pérdidas de humedad).

Figura N°14. Corte y pesado de las muestras.



Cada muestra fue empaquetada y enviada a laboratorio para el análisis de materia seca y nivel de concentración de los microelementos hierro y zinc.

Figura N°15. Embolsado y embalado de las muestras para envío a laboratorio.



3.4.2 En el laboratorio

- **Materia Seca**

La materia seca fue obtenida a partir de la materia fresca recolectada en campo y enviada al laboratorio Valle Grande en Cañete, donde se realizó el procedimiento en horno de aire forzado, los resultados fueron remitidos en un plazo promedio de una semana en la unidad de gramos (g). Las unidades para el procesamiento fueron llevadas a kg ha^{-1} .

- **Nivel de concentración de hierro**

A partir de muestras secas el laboratorio realizó el procedimiento de Espectrometría de Absorción Atómica por Llama, empleada para la determinación de metales en una amplia variedad de matrices (FAO, s. f.), el reporte remitido por el laboratorio Valle Grande de Cañete acotó los resultados en mg kg^{-1} .

- **Nivel de concentración de zinc**

El reporte al igual que el micronutriente hierro, fue remitido en las unidades de mg kg^{-1} .

- **Porcentaje de Materia Seca**

Se obtuvo a partir de los pesos en fresco y en seco, la fórmula para calcular este porcentaje es la siguiente:

$$\frac{\text{Cantidad de Materia Seca}}{\text{Cantidad de Materia Fresca}} \times 100 = \% \text{ Materia Seca}$$

(Calistro, 2012)

3.3 Variables de respuesta

3.3.1 Variables independientes

1. Factor Suelo

- 1.1 Suelo Ácido
- 1.2 Suelo Básico

2. Factor hierro

- 2.1 Dosis de 0 kg ha⁻¹
- 2.2 Dosis de 10 kg ha⁻¹
- 2.3 Dosis de 20 kg ha⁻¹

3. Factor zinc

- 3.1 Dosis de 0 kg ha⁻¹
- 3.2 Dosis de 9 kg ha⁻¹
- 3.3 Dosis de 18 kg ha⁻¹

3.3.2 Variables dependientes

1) Alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad MOAPA 69

a. Observación de parámetros biométricos

- Altura de planta (cm)
- Número de hojas
- Número de tallos

b. Observación de niveles de concentración de micronutrientes

- Nivel de concentración de hierro (mg kg⁻¹)
- Nivel de concentración de zinc (mg kg⁻¹)

c. Observación de rendimiento y producción de biomasa forrajera

- Rendimiento en materia fresca (kg ha⁻¹)
- Rendimiento en materia seca (kg ha⁻¹)
- Porcentaje de materia seca (%)

3.4 Evaluación estadística

3.4.1 Diseño experimental

Se empleó un diseño completo al azar (DCA), con arreglo factorial de tres factores:

1. Dos tipos de suelo (ácido y alcalino).
2. Tres dosis de aplicación de hierro (0, 10 y 20 kg Fe ha⁻¹).
3. Tres dosis de aplicación de zinc (0, 9 y 18 kg Zn ha⁻¹).

Contó con 5 repeticiones por cada tratamiento.

3.4.2 Modelo aditivo lineal

Según nuestra metodología hay 2 (a) niveles para el factor A (tipo de suelo), 3 (b) niveles del factor B (dosis de hierro) y 3 (c) niveles para el factor C (dosis de zinc) y que cada una de las 5 (r) repeticiones del experimento contiene todas las posibles combinaciones de tratamientos, es decir contiene los 18 (abc) tratamientos posibles.

El modelo estadístico para este diseño es:

$$y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + (\tau\beta)_{ij} + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + u_{ijkl}$$

con

$$i = 1, 2; \quad j = 1, 2, 3; \quad k = 1, 2, 3; \quad l = 1, 2, 3, 4, 5$$

donde:

- τ_i , β_j y γ_k : Son los efectos producidos por el nivel i-ésimo del factor A, ($\sum_i \tau_i = 0$), por el nivel j-ésimo del factor B, ($\sum_j \beta_j = 0$) y por el nivel k-ésimo del factor C, ($\sum_k \gamma_k = 0$), respectivamente.
- $(\tau\beta)_{ij}$, $(\tau\gamma)_{ik}$, $(\beta\gamma)_{jk}$ y $(\tau\beta\gamma)_{ijk}$: Son los efectos producidos por las interacciones entre A × B, A × C, B × C y A × B × C, respectivamente

3.4.3 Codificación de los tratamientos

De acuerdo a los niveles de cada factor, se procedió a agruparlos y codificarlos para un mejor manejo de la información.

Tabla N°3. Combinación y codificación de los tratamientos.

Tratamiento	FACTORES			CLAVE
	Suelo	Dosis de Fe (kg ha ⁻¹)	Dosis de Zn (kg ha ⁻¹)	
T1	Ácido	0	0	111
T2	Ácido	0	9	112
T3	Ácido	0	18	113
T4	Ácido	10	0	121
T5	Ácido	10	9	122
T6	Ácido	10	18	123
T7	Ácido	20	0	131
T8	Ácido	20	9	132
T9	Ácido	20	18	133
T10	Básico	0	0	211
T11	Básico	0	9	212
T12	Básico	0	18	213
T13	Básico	10	0	221
T14	Básico	10	9	222
T15	Básico	10	18	223
T16	Básico	20	0	231
T17	Básico	20	9	232
T18	Básico	20	18	233

3.4.4 Unidades experimentales

La unidad experimental estuvo definida como una maceta de 27 cm de diámetro con capacidad para 6 kg de tierra. La investigación constó de 90 macetas, 5 por cada tratamiento.

Se multiplicó los niveles de cada factor (2x3x3), lo que nos dio 18 tratamientos, por las 5 repeticiones para hallar el número de unidades experimentales, las cuales corresponde a 90 unidades experimentales en el invernadero.

3.4.5 Croquis Experimental

Figura N°16. Croquis experimental y distribución de unidades experimentales.

ENTRADA		
MESA 1		
REPETICIÓN 1		
T1	T10	T2
T11	T4	T12
T5	T13	T6
T14	T7	T15
T8	T16	T9
T17	T3	T18
MESA 2		
REPETICIÓN 2		
T18	T13	T4
T9	T17	T8
T12	T5	T10
T2	T7	T16
T15	T3	T11
T6	T1	T14
MESA 3		
REPETICIÓN 3		
T16	T10	T15
T8	T13	T7
T6	T17	T5
T9	T4	T12
T3	T11	T1
T14	T2	T18
MESA 4		
REPETICIÓN 4		
T2	T12	T10
T17	T9	T16
T8	T3	T4
T5	T18	T7
T15	T6	T14
T11	T13	T1
MESA 5		
REPETICIÓN 5		
T8	T11	T7
T10	T5	T4
T17	T16	T12
T13	T2	T1
T3	T14	T15
T6	T18	T9

3.4.6 Análisis estadísticos

Todas las observaciones fueron agrupadas en bases de datos por cada corte realizado, las observaciones de rendimiento fueron extrapoladas a la unidad kg ha^{-1} , esto para obtener una mejor interpretación de los resultados, así como presentar los mismos en gráficos de barras, gráfico de bigote o boxplot y cuadros resumen. Además, se generó un análisis de correlación entre las variables y todas las observaciones, para ello, se generó un gráfico de correlaciones de Pearson en una matriz.

El software utilizado para generar los ANVA de las observaciones, los boxplots correspondientes, la comprobación de supuestos y el análisis de correlación fue el lenguaje de programación R mediante la interfaz RStudio (R Project for Statistical Computing, s. f.). R es software de uso libre y completamente gratuito, apoyado con paquetes de análisis estadístico tales como Agricolae, ExpDes, Corrplot, ggplot2 y librerías de soporte. El modelo de código utilizado está adjunto en el Anexo N°13.

3.4.7 Análisis de significancia

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 de Tukey con un nivel de significación de 0.05 en RStudio con el paquete Agricolae y ExpDes en su mayoría.

3.4.8 Matrices de Correlación

Según literatura referida a este tema, las matrices de correlación y covarianza proporcionan la base para todas las técnicas clásicas multivariantes. Existen muchas herramientas estadísticas para analizar su estructura, pero, sorprendentemente, existen pocas técnicas para la visualización visual exploratoria y para representar directamente los patrones de relaciones entre variables en tales matrices, particularmente cuando el número de variables es moderadamente grande (Friendly, 2002). Por ello al tener la herramienta gratuita del lenguaje R, fue posible armar un código para graficar las relaciones estadísticas para cada variable y contrastarlas entre sí agrupadas en una matriz por cada corte, teniendo como resultado una matriz que entregó información de la magnitud de la correlación entre dos variables, así como determinar su significancia y su tendencia ya sea positiva o negativa. El modelo de código utilizado está adjunto en el Anexo N°14.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1 Parámetros biométricos

4.1.1 Altura de Planta

En base al Anexo N°5 se elaboró la Tabla N°4 para la observación de altura de planta (cm), donde:

4.1.1.1 Primer Corte

En el primer corte de alfalfa (*Medicago sativa* L.). Se puede observar que solo hay significancia para el efecto principal de tipo de suelo. En los Figuras N°17 y N°18 se muestra la comparación de medias para los tratamientos y el efecto principal de tipo de suelo respectivamente. Existe diferencia estadística entre los tratamientos que contienen el nivel de suelo básico y los de suelo ácido.

El factor de suelo básico obtuvo el valor máximo de altura con 29.4 cm de altura, frente al factor de suelo ácido con 8.2 cm, un aumento del 258.5%.

4.1.1.2 Segundo Corte

En el segundo corte de alfalfa (*Medicago sativa* L.) (Tabla N°4), se puede observar que solo hay significancia para el efecto principal de tipo de suelo. En los Figuras N°17 y N°18 se muestra la comparación de medias para los tratamientos y el efecto principal de tipo de suelo respectivamente. Existe diferencia estadística entre los tratamientos que contienen el nivel de suelo básico y los de suelo ácido.

El factor de suelo básico obtuvo el valor máximo de altura con 37.1 cm de altura, frente al factor de suelo ácido con 32.2 cm, un aumento del 15.2%.

Acorde con estos resultados, se presenta una comparación visual del efecto en altura en la Figura N°19.

4.1.1.3 Tercer Corte

En el tercer corte de alfalfa (*Medicago sativa* L.) (Tabla N°4), se puede observar que existe significancia para el efecto principal de tipo de suelo. En los Figuras N°17 y N°18 se muestra la comparación de medias para los tratamientos y el efecto principal de tipo de suelo respectivamente. Existe diferencia estadística entre los tratamientos que contienen el nivel de suelo básico y los de suelo ácido.

El factor de suelo básico obtuvo el valor máximo de altura con 48.6 cm de altura, frente al factor de suelo ácido con 43.4 cm, un aumento del 11.98%.

Acorde con estos resultados, se presenta una comparación visual del efecto en altura en la Figura N°20.

4.1.1.4 Cuarto Corte

En el cuarto corte de alfalfa (*Medicago sativa* L.) (Tabla N°4), se puede observar que existe significancia para el efecto principal de tipo de suelo y hierro. En los Figuras N°17 y N°18 se muestra la comparación de medias para los tratamientos y el efecto principal de tipo de suelo respectivamente. Existe diferencia estadística entre los tratamientos que contienen el nivel de suelo básico y los de suelo ácido, no obstante, para el factor hierro solo existe diferencia estadística entre el testigo y las dosis aplicadas.

El factor de suelo básico obtuvo el valor máximo de altura con 49.5 cm de altura, frente al factor de suelo ácido con 45.5 cm, un aumento del 8.8%.

Tabla N°4. Efecto de la aplicación edáfica de hierro y zinc sobre altura de planta (cm).

Factor	Altura de planta (cm)			
	1 ^{er} Corte	2 ^{do} Corte	3 ^{er} Corte	4 ^{to} Corte
Tipo de suelo				
Ácido	8.2 b	32.2 b	43.4 b	45.5 b
Básico	29.4 a	37.1 a	48.6 a	49.5 a
Dosis de Fe				
Fe 0 kg ha ⁻¹	19.6 a	34.4 a	45.1 a	44.3 b
Fe 10 kg ha ⁻¹	18.5 a	34.6 a	44.9 a	47.9 a
Fe 20 kg ha ⁻¹	18.1 a	35.0 a	47.9 a	50.3 a
Dosis de Zn				
Zn 0 kg ha ⁻¹	19.2 a	34.2 a	46.3 a	45.9 a
Zn 9 kg ha ⁻¹	18.3 a	35.6 a	46.9 a	49.0 a
Zn 18 kg ha ⁻¹	18.8 a	34.2 a	44.8 a	47.6 a
Fuente de Variación	1^{er} Corte	2^{do} Corte	3^{er} Corte	4^{to} Corte
Suelo	0.0000 **	0.0011 **	0.0001 **	0.0013 **
Fe	0.4370	0.9400	0.1178	0.0004 **
Zn	0.7139	0.6785	0.3978	0.1031
Suelo*Fe	0.8786	0.7500	0.5255	0.6931
Suelo*Zn	0.3270	0.4296	0.0112 **	0.3272
Fe*Zn	0.9796	0.1144	0.1114	0.0641
Suelo*Fe*Zn	0.6285	0.8665	0.2872	0.4388
% C.V.	24.80%	19.76%	13.20%	11.77%

n.s: no significativo: *: significativo solo 5%; **: significancia de 1%

Medias de tratamiento dentro de una columna seguidos de la misma letra, para cada tipo de suelo y dosis, no son significativamente diferentes ($P < 0.05$) de acuerdo a la prueba HSD de Tukey.

Figura N°17. Altura de planta (cm) producto de la aplicación de diferentes dosis de hierro y zinc en dos tipos de suelo, en cuatro momentos de corte.

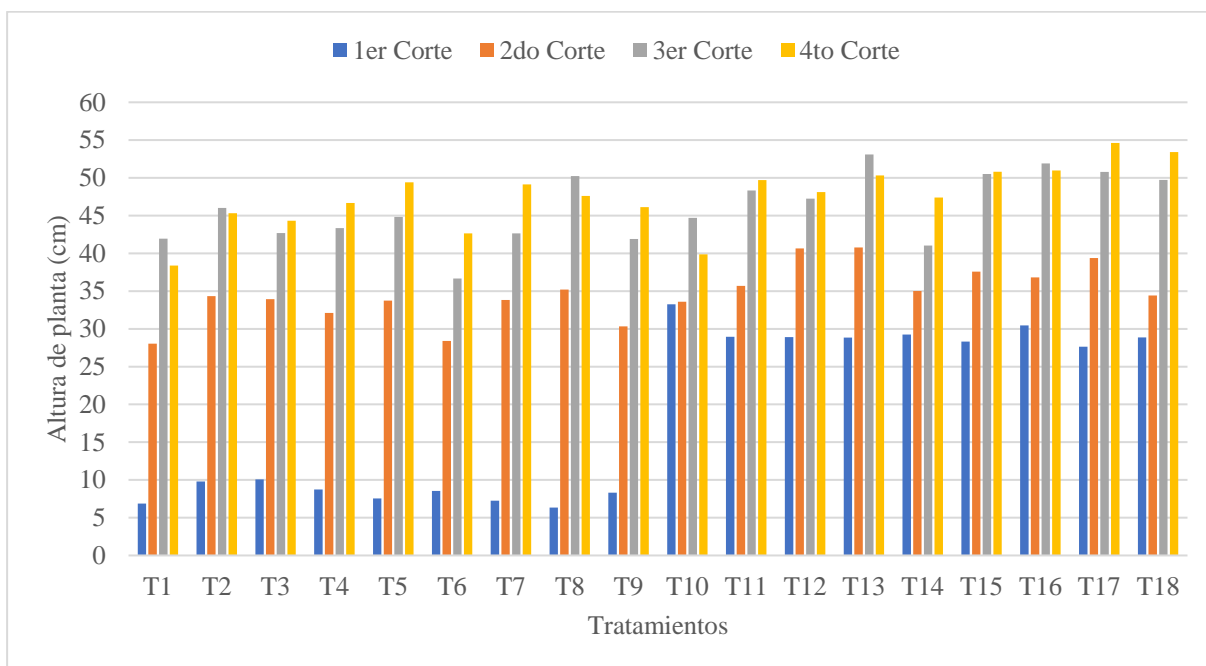


Figura N°18. Efecto del tipo de suelo sobre altura de planta (cm).

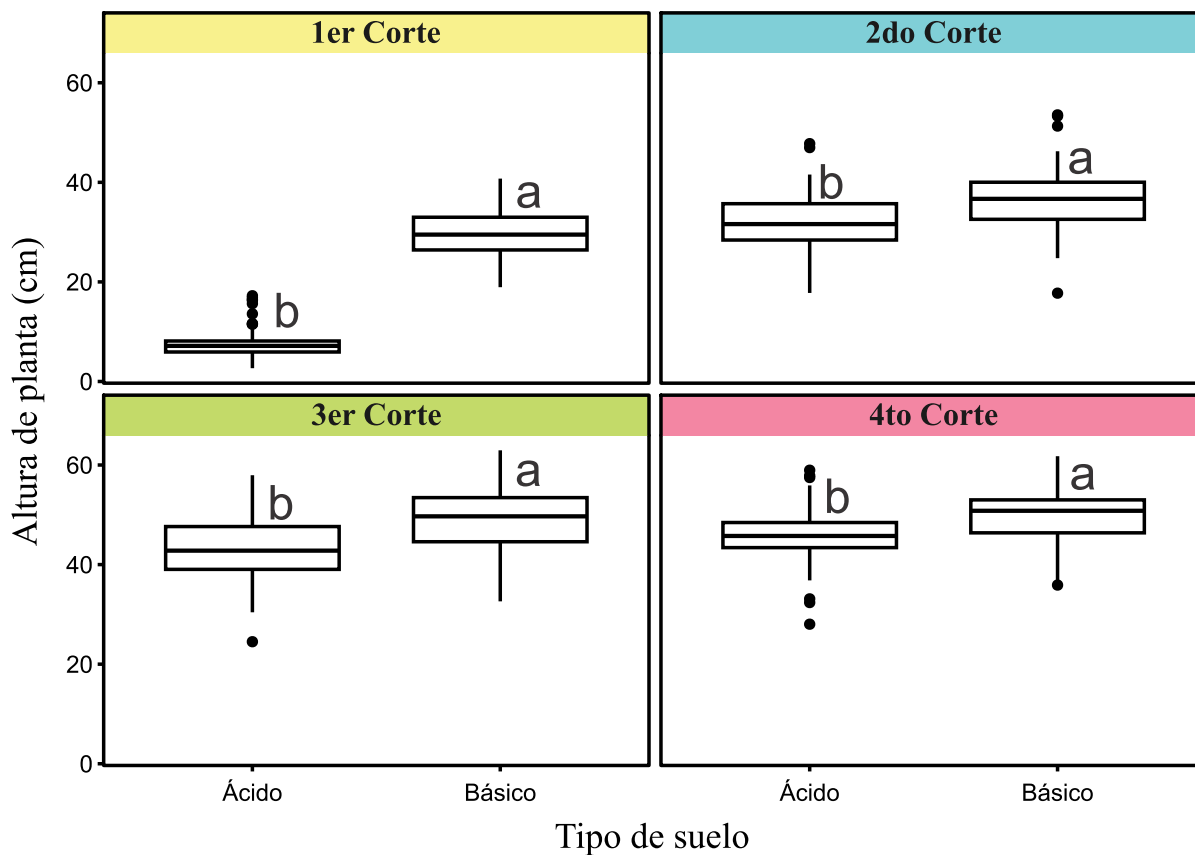


Figura N°19. Comparación visual del efecto de tipo de suelo ácido (T1 a T9) y suelo básico (T10 a T18) en el segundo corte.

2do Corte



Figura N°20. Comparación visual del efecto de tipo de suelo ácido (T1 a T9) y suelo básico (T10 a T18) en el tercer corte.

3er Corte



4.1.2 Número de Hojas

En base al Anexo N°6 se elaboró la Tabla N°5 para la observación de número de hojas, donde:

4.1.2.1 Primer Corte

En el primer corte de alfalfa (*Medicago sativa* L.). Se puede observar que existe significancia para el efecto principal de tipo de suelo, hierro y zinc. En el Figura N°21 se muestra la comparación de los tratamientos y en los Figuras N°22, 23 y 24 se muestran la comparación de medias los efectos principales de tipo de suelo, dosis de hierro y dosis de zinc respectivamente.

El factor de suelo básico obtuvo el valor máximo con 19 hojas, frente al factor de suelo ácido con 7 hojas, un aumento del 171.14%.

En el factor de hierro, las dosis de 0 y 10 kg ha⁻¹ son las que presentan los mayores valores con diferencia estadística de la dosis de 20 kg ha⁻¹.

En el factor de zinc, las dosis de 0 y 18 kg ha⁻¹ son las que presentan los mayores valores con diferencia estadística de la dosis de 9 kg ha⁻¹. Existen mejores resultados combinando las dosis de zinc con el nivel de suelo básico.

4.1.2.2 Segundo Corte

En el segundo corte de alfalfa (*Medicago sativa* L.) (Tabla N°5), se puede observar que existe significancia para el efecto principal de tipo de suelo y zinc. En el Figura N°21 se muestra la comparación de los tratamientos y en los Figuras N°22 y 24 se muestran la comparación de medias los efectos principales de tipo de suelo y dosis de zinc respectivamente.

El factor de suelo básico obtuvo el valor máximo con 26 hojas, frente al factor de suelo ácido con 21 hojas, un aumento del 23.8%.

En el factor de zinc, las dosis de 9 y 18 kg ha⁻¹ son las que presentan los mayores valores con diferencia estadística de la dosis de 0 kg ha⁻¹. Existen mejores resultados combinando las dosis de zinc con el nivel de suelo básico.

4.1.2.3 Tercer Corte

En el tercer corte de alfalfa (*Medicago sativa* L.) (Tabla N°5), se puede observar que existe significancia para el efecto principal de tipo de suelo, hierro y zinc. En el Figura N°21 se muestra la comparación de los tratamientos y en los Figuras N°22, 23 y 24 se muestran la comparación de medias los efectos principales de tipo de suelo, dosis de hierro y dosis de zinc respectivamente.

El factor de suelo básico obtuvo el valor máximo con 78 hojas, frente al factor de suelo ácido con 69 hojas, un aumento del 13%.

En el factor de hierro, las dosis de 20 y 10 kg ha⁻¹ son las que presentan los mayores valores con diferencia estadística de la dosis de 0 kg ha⁻¹.

En el factor de zinc, las dosis de 9 y 18 kg ha⁻¹ son las que presentan los mayores valores con diferencia estadística de la dosis de 0 kg ha⁻¹. Existen mejores resultados combinando las dosis de zinc con el nivel de suelo básico.

4.1.2.4 Cuarto Corte

En el cuarto corte de alfalfa (*Medicago sativa* L.) (Tabla N°5), se puede observar que existe significancia para el efecto principal de tipo de suelo, hierro y zinc. En el Figura N°21 se muestra la comparación de los tratamientos y en los Figuras N°22, 23 y 24 se muestran la comparación de medias los efectos principales de tipo de suelo, dosis de hierro y dosis de zinc respectivamente.

El factor de suelo básico obtuvo el valor máximo con 84 hojas, frente al factor de suelo ácido con 78 hojas, un aumento del 7.7%.

En el factor de hierro, las dosis de 20 y 10 kg ha⁻¹ son las que presentan los mayores valores con diferencia estadística de la dosis de 0 kg ha⁻¹.

En el factor de zinc, las dosis de 9 y 18 kg ha⁻¹ son las que presentan los mayores valores con diferencia estadística de la dosis de 0 kg ha⁻¹. Existen mejores resultados combinando las dosis de zinc con el nivel de suelo básico.

Tabla N°5. Efecto de la aplicación edáfica de hierro y zinc sobre número de hojas.

Factor	Número de hojas			
	1 ^{er} Corte	2 ^{do} Corte	3 ^{er} Corte	4 ^{to} Corte
Tipo de suelo				
Ácido	7 b	21 b	69 b	78 b
Básico	19 a	26 a	78 a	84 a
Dosis de Fe				
Fe 0 kg ha ⁻¹	13 a	23 a	70 b	73 b
Fe 10 kg ha ⁻¹	13 a	24 a	75 a	84 a
Fe 20 kg ha ⁻¹	12 b	24 a	77 a	86 a
Dosis de Zn				
Zn 0 kg ha ⁻¹	13 a	21 b	68 b	75 b
Zn 9 kg ha ⁻¹	13 b	25 a	78 a	84 a
Zn 18 kg ha ⁻¹	13 ab	25 a	75 a	84 a
Suelo*Fe				
Ácido + Fe 0 kg ha ⁻¹	8 c	20 c	66 c	72 b
Ácido + Fe 10 kg ha ⁻¹	7 c	21 c	72 bc	79 ab
Ácido + Fe 20 kg ha ⁻¹	7 d	23 bc	70 c	82 ab
Básico + Fe 0 kg ha ⁻¹	19 a	26 ab	73 bc	74 b
Básico + Fe 10 kg ha ⁻¹	19 a	27 a	78 ab	88 a
Básico + Fe 20 kg ha ⁻¹	17 b	25 ab	84 a	90 a
Suelo*Zn				
Ácido + Zn 0 kg ha ⁻¹	6 e	19 d	65 cd	76 b
Ácido + Zn 9 kg ha ⁻¹	8 d	24 bc	79 b	82 ab
Ácido + Zn 18 kg ha ⁻¹	7 d	21 cd	64 d	76 b
Básico + Zn 0 kg ha ⁻¹	20 a	23 bc	72 bc	75 b
Básico + Zn 9 kg ha ⁻¹	17 c	26 ab	77 b	85 ab
Básico + Zn 18 kg ha ⁻¹	18 b	29 a	86 a	92 a
Fe*Zn				
Fe, 0 kg ha ⁻¹ + Zn, 0 kg ha ⁻¹	15 a	18 c	61 c	63 b
Fe, 0 kg ha ⁻¹ + Zn, 9 kg ha ⁻¹	13 bc	24 ab	74 ab	81 a
Fe, 0 kg ha ⁻¹ + Zn, 18 kg ha ⁻¹	12 cd	27 a	74 ab	75 ab
Fe, 10 kg ha ⁻¹ + Zn, 0 kg ha ⁻¹	12 d	24 ab	72 b	81 a
Fe, 10 kg ha ⁻¹ + Zn, 9 kg ha ⁻¹	15 a	26 ab	77 ab	82 a
Fe, 10 kg ha ⁻¹ + Zn, 18 kg ha ⁻¹	14 b	23 ab	76 ab	87 a
Fe, 20 kg ha ⁻¹ + Zn, 0 kg ha ⁻¹	13 bc	23 b	72 b	81 a
Fe, 20 kg ha ⁻¹ + Zn, 9 kg ha ⁻¹	10 e	25 ab	83 a	88 a
Fe, 20 kg ha ⁻¹ + Zn, 18 kg ha ⁻¹	13 c	25 ab	75 ab	89 a
Fuente de Variación	1^{er} Corte	2^{do} Corte	3^{er} Corte	4^{to} Corte
Suelo	0.0000 **	0.0000 **	0.0000 **	0.0210 **
Fe	0.0000 **	0.4258	0.0004 **	0.0002 **
Zn	0.0014 **	0.0000 **	0.0000 **	0.0108 **
Suelo*Fe	0.0016 **	0.0160 **	0.0555	0.5149
Suelo*Zn	0.0000 **	0.0005 **	0.0000 **	0.0217 **
Fe*Zn	0.0000 **	0.0002 **	0.0568	0.3293
Suelo*Fe*Zn	0.0000 **	0.0673	0.0005 **	0.0281 **
% C.V.	4.42%	13.93%	9.14%	15.23%

n.s: no significativo: *: significativo solo 5%; **: significancia de 1%

Medias de tratamiento dentro de una columna seguidos de la misma letra, para cada tipo de suelo y dosis, no son significativamente diferentes ($P < 0.05$) de acuerdo a la prueba HSD de Tukey.

Figura N°21. Número de hojas producto de la aplicación de diferentes dosis de hierro y zinc en dos tipos de suelo, en cuatro momentos de corte.

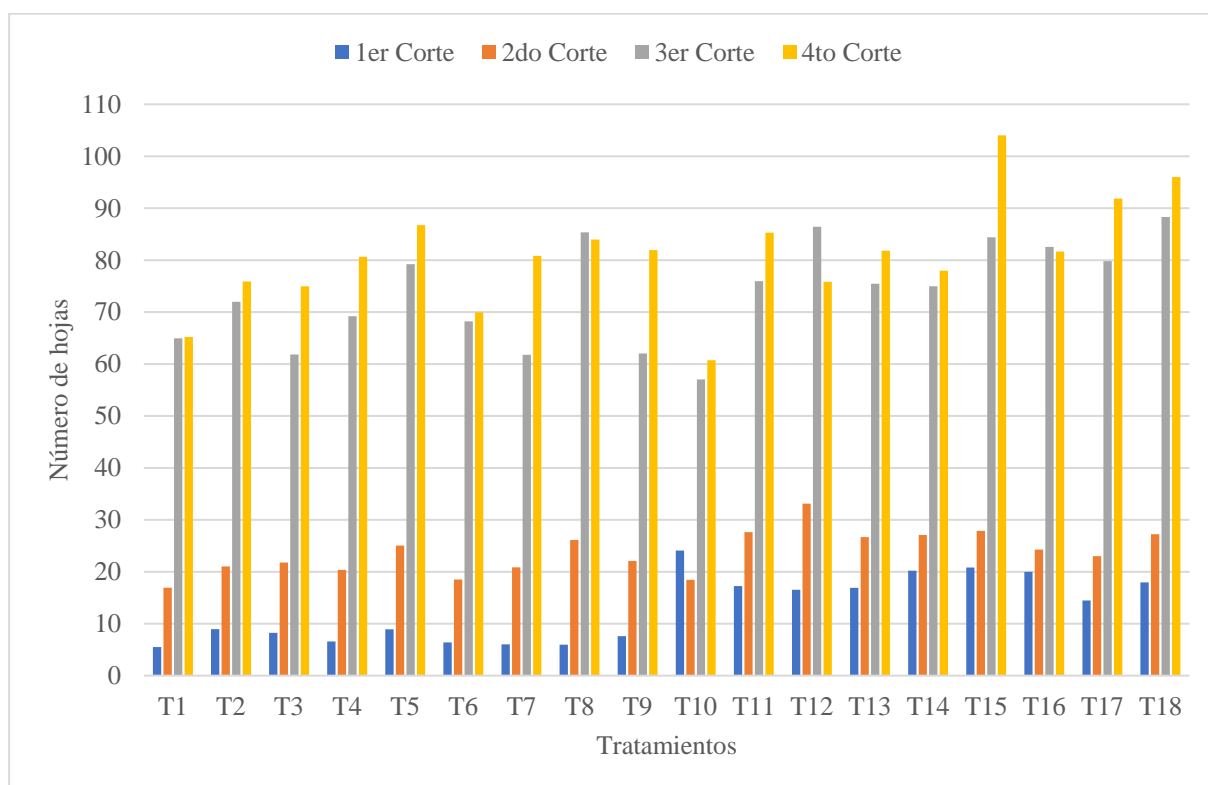


Figura N°22. Efecto del tipo de suelo sobre el número de hojas.

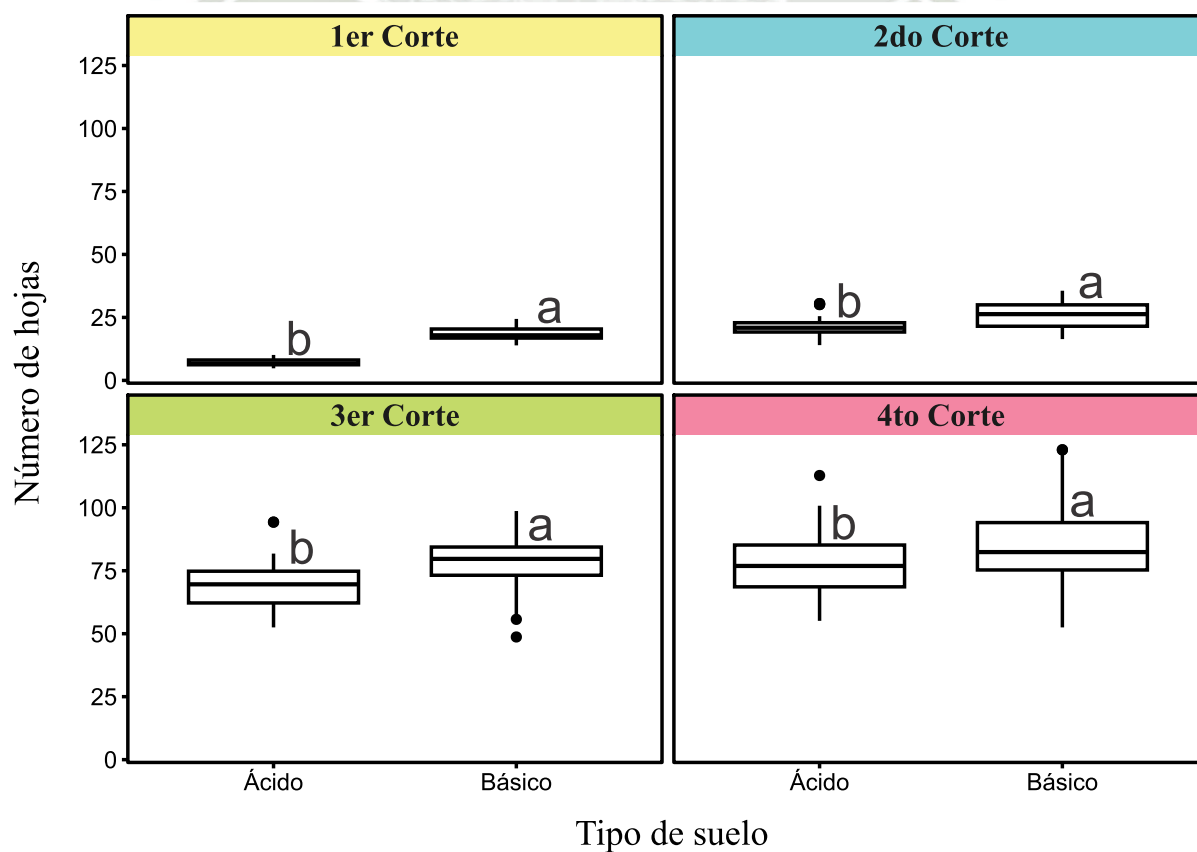


Figura N°23. Efecto de las dosis de hierro sobre el número de hojas.

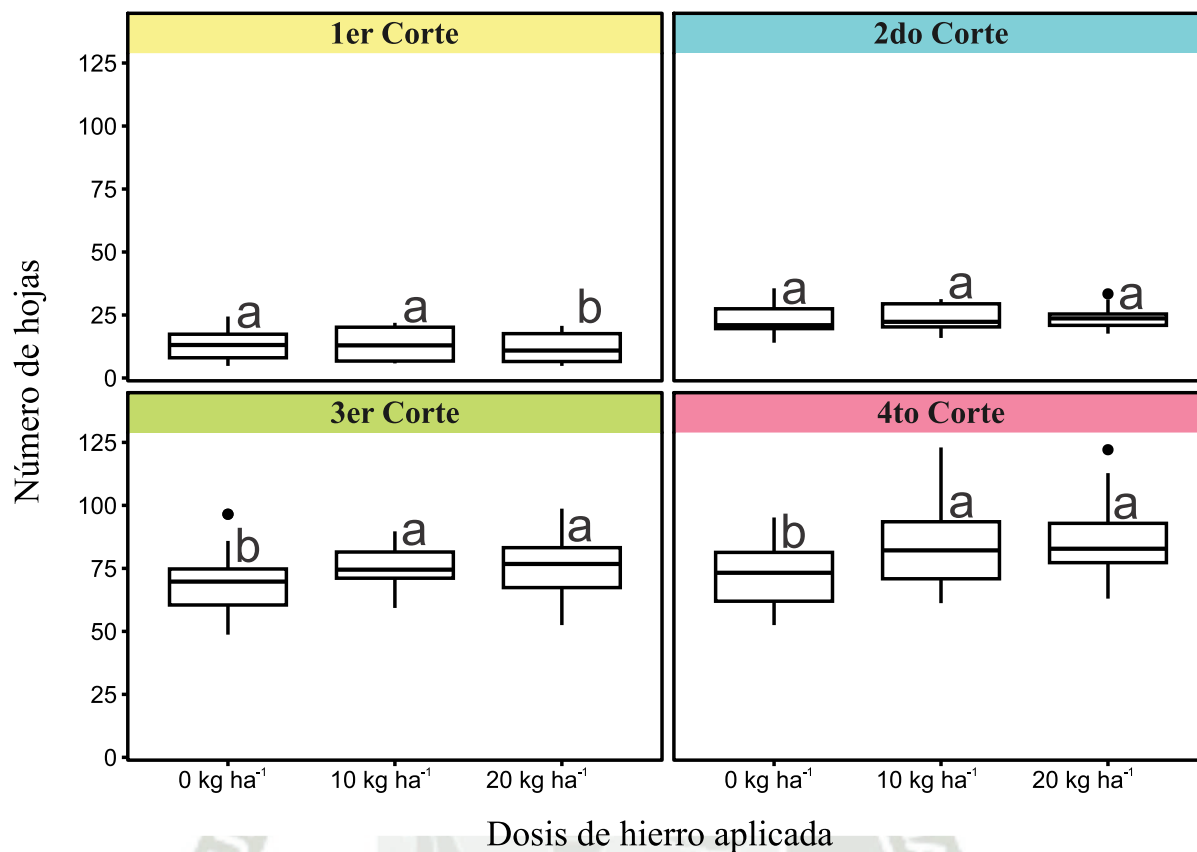
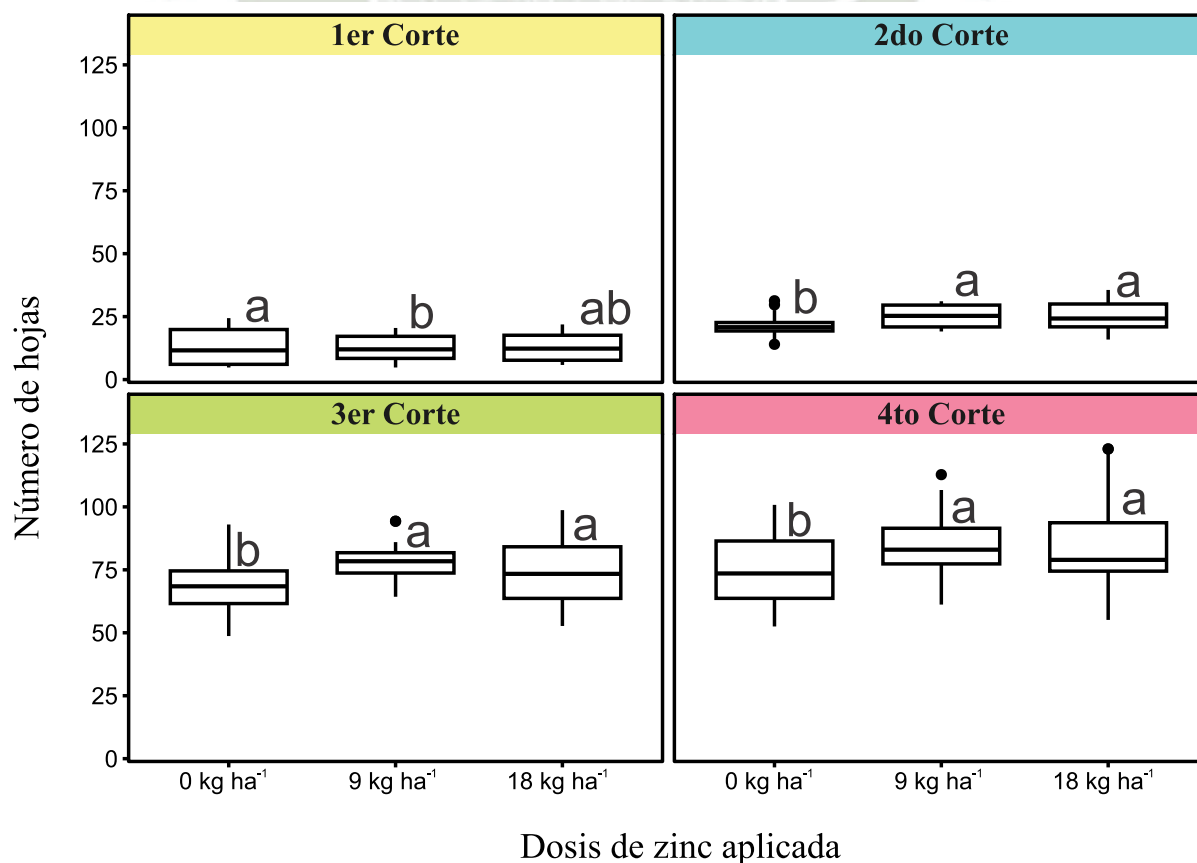


Figura N°24. Efecto de las dosis de zinc sobre el número de hojas.



4.1.3 Número de Tallos

En base al Anexo N°7 se elaboró la Tabla N°6 para la observación de número de tallos, donde:

4.1.3.1 Primer Corte

En el primer corte de alfalfa (*Medicago sativa* L.), se puede observar que existe significancia para el efecto principal de tipo de suelo y zinc. En el Figura N°25 se muestra la comparación de los tratamientos y en los Figuras N°26 y 28 se muestran la comparación de medias los efectos principales de tipo de suelo y dosis de zinc respectivamente.

El factor de suelo básico estadísticamente obtuvo un mejor promedio de número de tallos frente al suelo ácido.

En el factor de zinc, las dosis de 0 y 18 kg ha⁻¹ son las que presentan los mayores valores con diferencia estadística de la dosis de 9 kg ha⁻¹. Existen mejores resultados con el nivel de suelo básico sin dosis de zinc.

4.1.3.2 Segundo Corte

En el segundo corte de alfalfa (*Medicago sativa* L.) (Tabla N°6), se puede observar que existe significancia para el efecto principal de tipo de suelo, hierro y zinc. En el Figuras N°25 se muestra la comparación de los tratamientos y en los Figuras N°26, 27 y 28 se muestran la comparación de medias los efectos principales de tipo de suelo, dosis de hierro y dosis de zinc respectivamente.

El factor de suelo básico estadísticamente obtuvo un mejor promedio de número de tallos frente al suelo ácido.

En el factor de hierro, las dosis de 0 kg ha⁻¹ es la que presenta el mayor valor con diferencia estadística de las dosis de 10 y 20 kg ha⁻¹.

En el factor de zinc, las dosis de 9 y 18 kg ha⁻¹ son las que presentan los mayores valores con diferencia estadística de la dosis de 0 kg ha⁻¹. Existen mejores resultados combinando las dosis de zinc con el nivel de suelo básico.

4.1.3.3 Tercer Corte

En el tercer corte de alfalfa (*Medicago sativa* L.) (Tabla N°6), se puede observar que existe significancia para el efecto principal de hierro y zinc. En el Figura N°25 se muestra la comparación de los tratamientos y en los Figuras N°27 y 28 se muestran la comparación de medias los efectos principales de dosis de hierro y dosis de zinc respectivamente.

En el factor de hierro, la dosis de 20 kg ha⁻¹ es la que presenta el mayor valor con diferencia estadística de las dosis de 10 y 0 kg ha⁻¹.

En el factor de zinc, las dosis de 9 y 18 kg ha⁻¹ son las que presentan los mayores valores con diferencia estadística de la dosis de 0 kg ha⁻¹.

4.1.3.4 Cuarto Corte

En el tercer corte de alfalfa (*Medicago sativa* L.) (Tabla N°6), se puede observar que existe significancia para el efecto principal de tipo de suelo, hierro y zinc. En los Figuras N°25 se muestra la comparación de los tratamientos y en los Figuras N°26, 27 y 28 se muestran la comparación de medias los efectos principales de tipo de suelo, dosis de hierro y dosis de zinc respectivamente.

El factor de suelo ácido estadísticamente obtuvo un mejor promedio de número de tallos frente al suelo básico.

En el factor de hierro, las dosis de 20 y 10 kg ha⁻¹ son las que presentan los mayores valores con diferencia estadística de la dosis de 0 kg ha⁻¹.

En el factor de zinc, las dosis de 18 y 9 kg ha⁻¹ son las que presentan los mayores valores con diferencia estadística de la dosis de 0 kg ha⁻¹. Existen mejores resultados combinando altas dosis de ambos microelementos.

Tabla N°6. Efecto de la aplicación edáfica de hierro y zinc sobre número de tallos.

Factor	Número de tallos			
	1 ^{er} Corte	2 ^{do} Corte	3 ^{er} Corte	4 ^{to} Corte
Tipo de suelo				
Ácido	2 b	3 b	3 a	3 a
Básico	3 a	3 a	3 a	3 b
Dosis de Fe				
Fe 0 kg ha ⁻¹	2 a	3 a	3 b	3 b
Fe 10 kg ha ⁻¹	2 a	3 b	3 b	3 ab
Fe 20 kg ha ⁻¹	2 a	3 b	3 a	3 a
Dosis de Zn				
Zn 0 kg ha ⁻¹	2 a	3 b	3 b	3 b
Zn 9 kg ha ⁻¹	2 b	3 a	3 a	3 ab
Zn 18 kg ha ⁻¹	2 ab	3 a	3 ab	3 a
Suelo*Fe				
Ácido + Fe 0 kg ha ⁻¹	1 b	3 b	3 b	3 ab
Ácido + Fe 10 kg ha ⁻¹	2 b	3 b	3 b	3 a
Ácido + Fe 20 kg ha ⁻¹	2 b	3 b	3 ab	3 ab
Básico + Fe 0 kg ha ⁻¹	3 a	4 a	3 b	3 b
Básico + Fe 10 kg ha ⁻¹	3 a	3 b	3 b	3 ab
Básico + Fe 20 kg ha ⁻¹	3 a	3 b	4 a	3 a
Suelo*Zn				
Ácido + Zn 0 kg ha ⁻¹	2 c	3 d	3 b	3 a
Ácido + Zn 9 kg ha ⁻¹	2 c	4 ab	4 a	3 a
Ácido + Zn 18 kg ha ⁻¹	2 c	3 cd	3 b	3 a
Básico + Zn 0 kg ha ⁻¹	3 a	3 cd	3 b	3 b
Básico + Zn 9 kg ha ⁻¹	2 b	3 bc	3 b	3 a
Básico + Zn 18 kg ha ⁻¹	3 ab	4 a	4 a	3 a
Fe*Zn				
Fe, 0 kg ha ⁻¹ + Zn, 0 kg ha ⁻¹	2 ab	3 cd	3 c	3 c
Fe, 0 kg ha ⁻¹ + Zn, 9 kg ha ⁻¹	2 ab	4 a	3 abc	3 ab
Fe, 0 kg ha ⁻¹ + Zn, 18 kg ha ⁻¹	2 ab	4 ab	3 abc	3 bc
Fe, 10 kg ha ⁻¹ + Zn, 0 kg ha ⁻¹	2 ab	3 d	3 abc	3 ab
Fe, 10 kg ha ⁻¹ + Zn, 9 kg ha ⁻¹	2 ab	4 ab	3 bc	3 abc
Fe, 10 kg ha ⁻¹ + Zn, 18 kg ha ⁻¹	2 ab	3 bcd	3 abc	3 ab
Fe, 20 kg ha ⁻¹ + Zn, 0 kg ha ⁻¹	2 a	3 cd	3 abc	3 bc
Fe, 20 kg ha ⁻¹ + Zn, 9 kg ha ⁻¹	2 b	3 bcd	4 a	3 ab
Fe, 20 kg ha ⁻¹ + Zn, 18 kg ha ⁻¹	2 ab	3 abc	3 ab	3 a
Fuente de Variación	1^{er} Corte	2^{do} Corte	3^{er} Corte	4^{to} Corte
Suelo	0.0000 **	0.0004 **	0.4429	0.0373 **
Fe	0.5646	0.0041 **	0.0021 **	0.0100 **
Zn	0.0219 **	0.0000 **	0.0158 **	0.0016 **
Suelo*Fe	0.1968	0.1093	0.0139 **	0.1528
Suelo*Zn	0.0405 **	0.0000 **	0.0000 **	0.0646
Fe*Zn	0.0854	0.0617	0.0550	0.0087 **
Suelo*Fe*Zn	0.5417	0.0242 **	0.0001 **	0.0002 **
% C.V.	12.22%	5.08%	4.03%	3.32%

n.s: no significativo: *: significativo solo 5%; **: significancia de 1%

Medias de tratamiento dentro de una columna seguidos de la misma letra, para cada tipo de suelo y dosis, no son significativamente diferentes ($P < 0.05$) de acuerdo a la prueba HSD de Tukey

Figura N°25. Número de Tallos producto de la aplicación de diferentes dosis de hierro y zinc en dos tipos de suelo, en cuatro momentos de corte.

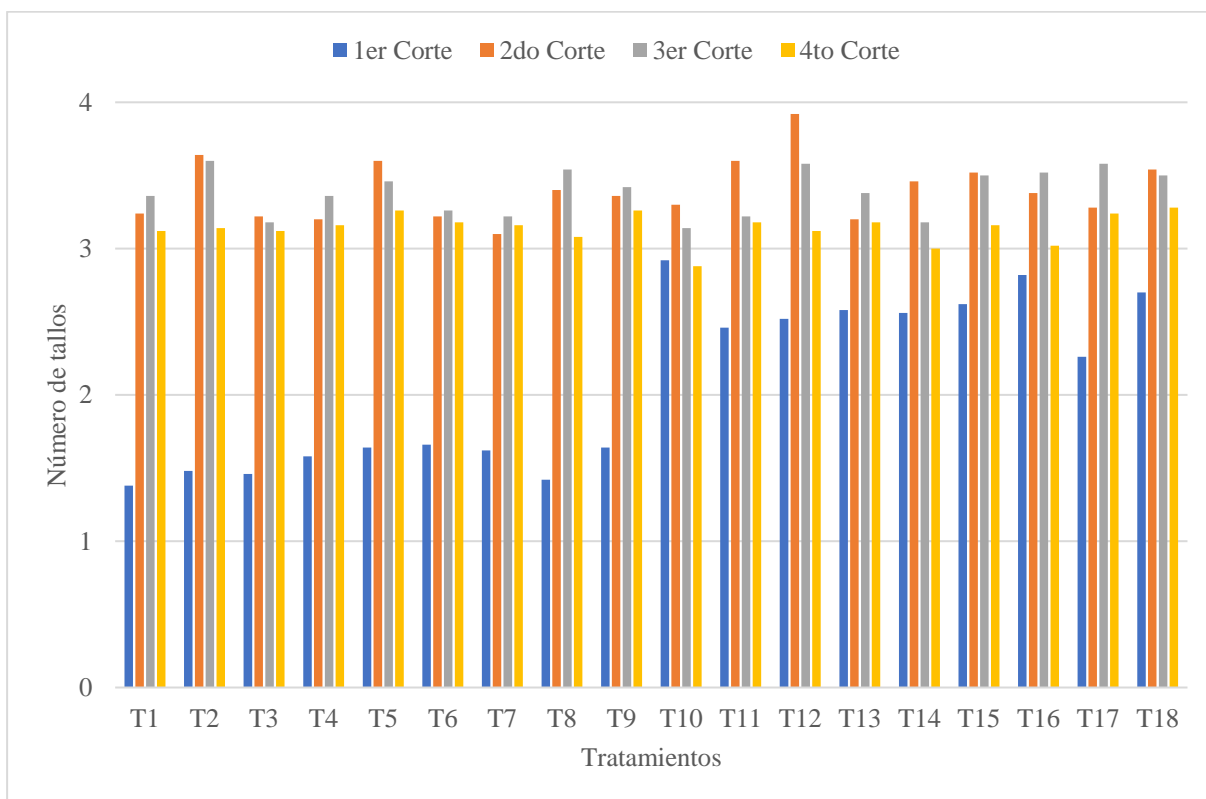


Figura N°26. Efecto del tipo de suelo sobre el número de tallos.

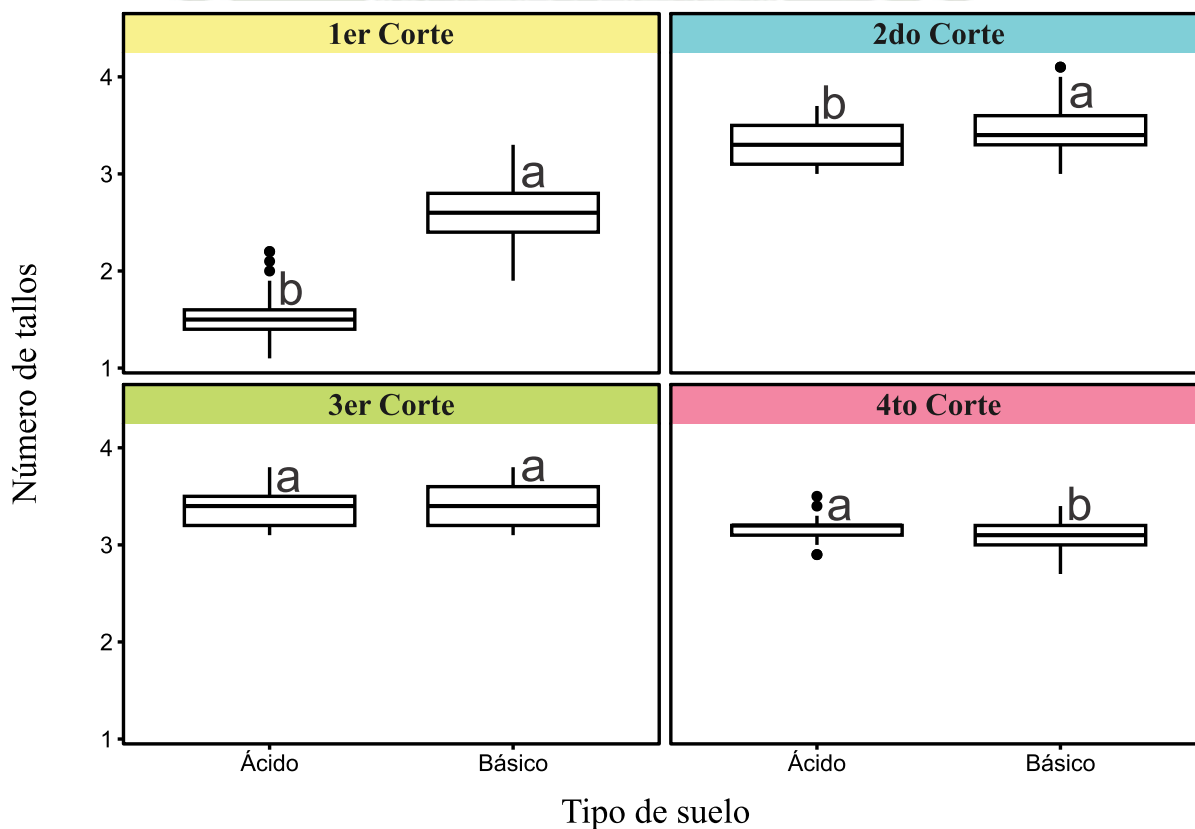


Figura N°27. Efecto de las dosis de hierro sobre el número de tallos.

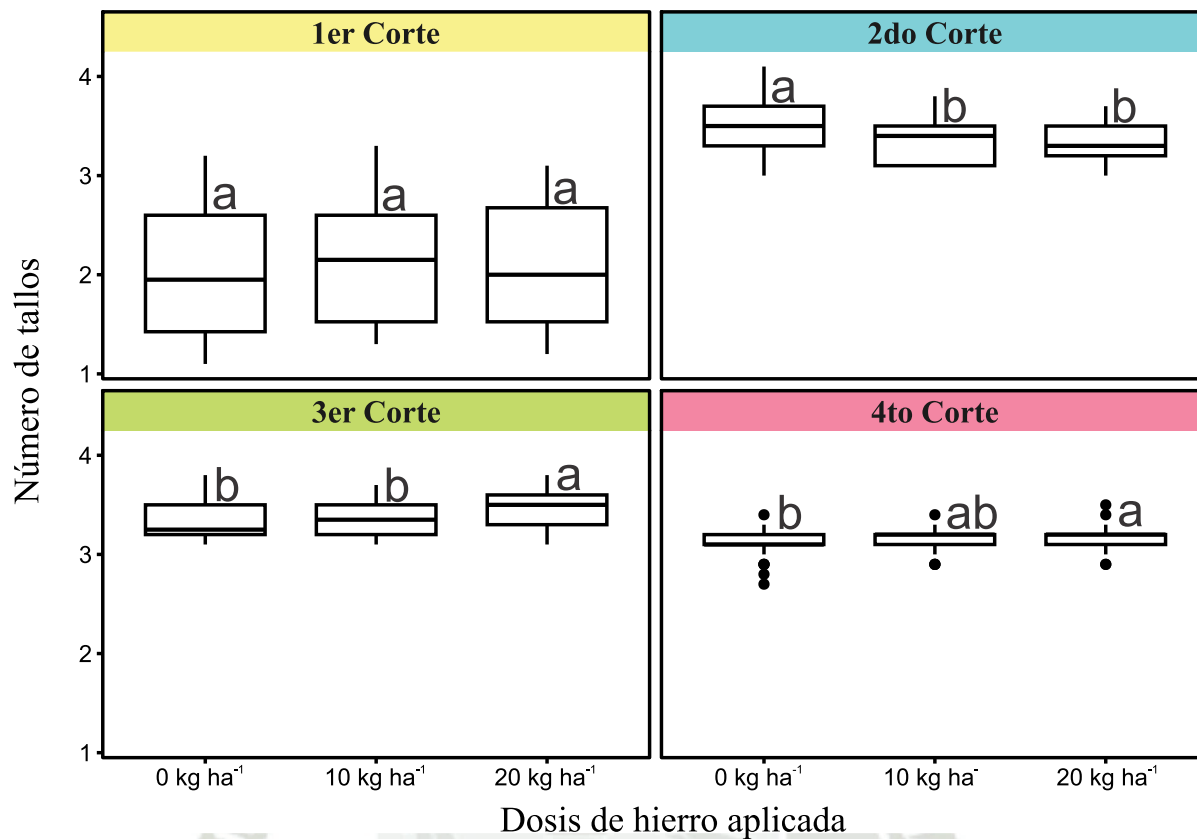
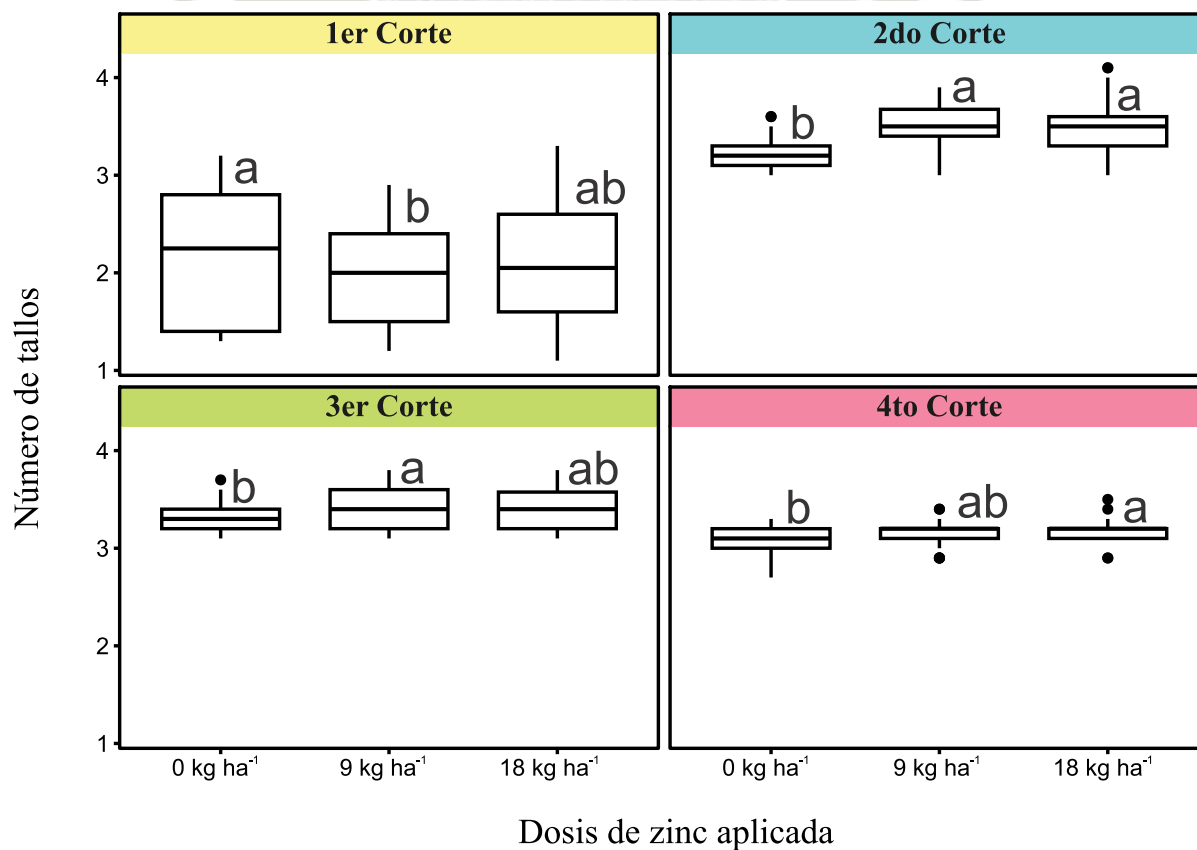


Figura N°28. Efecto de las dosis de zinc sobre el número de tallos.



4.2 Nivel de concentración de micronutrientes

En base al Anexo N°8 se elaboró la Tabla N°7 para nivel de concentración de hierro (mg kg^{-1}), donde:

4.2.1 Nivel de concentración de hierro

4.2.1.1 Primer Corte

En el primer corte de alfalfa (*Medicago sativa* L.), se puede observar que existe significancia para el efecto principal de tipo de suelo. En el Figura N°29 se muestra la comparación de los tratamientos y en el Figura N°30 se muestra la comparación de medias del efecto principal de tipo de suelo.

El factor de suelo básico obtuvo el valor máximo de concentración con 97.7 mg kg^{-1} de hierro, frente al factor de suelo ácido con 81 mg kg^{-1} , un aumento del 20.62%.

4.2.1.2 Segundo Corte

En el segundo corte de alfalfa (*Medicago sativa* L.) (Tabla N°7), se puede observar que existe significancia para el efecto principal de tipo de suelo, hierro y la interacción hierro-zinc. En el Figura N°29 se muestra la comparación de los tratamientos y en los Figuras N°30, 31 y 32 se muestran la comparación de medias los efectos principales de tipo de suelo, dosis de hierro y dosis de zinc respectivamente.

El factor de suelo básico obtuvo el valor máximo de concentración 109 mg kg^{-1} de hierro, frente al factor de suelo ácido con 85.6 mg kg^{-1} , un aumento del 27.3%.

En el factor de hierro, las dosis de 20 y 10 kg ha^{-1} son las que presentan los mayores valores con diferencia estadística de la dosis de 0 kg ha^{-1} .

En la interacción hierro-zinc, los mayores valores de concentración se presentan con dosis de 10 y 20 kg ha^{-1} de hierro combinados con 0, 9 y 18 kg ha^{-1} de zinc.

4.2.1.3 Tercer Corte

En el tercer corte de alfalfa (*Medicago sativa* L.) (Tabla N°7), se puede observar que existe significancia para el efecto principal de tipo de suelo y la interacción hierro-zinc. En el Figura N°29 se muestra la comparación de los tratamientos y en los Figuras N°30 y 33 se muestran las comparaciones de medias del efecto principal de tipo de suelo y la interacción entre las dosis de hierro y zinc.

El factor de suelo ácido obtuvo el valor máximo de concentración con 111.8 mg kg^{-1} de hierro, frente al factor de suelo básico con 79.3 mg kg^{-1} , un aumento del 41%.

En la interacción hierro-zinc, los mayores valores de concentración se presentan con las combinaciones de Fe, 10 kg ha⁻¹ + Zn, 18 kg ha⁻¹ y Fe, 20 kg ha⁻¹ + Zn, 0 kg ha⁻¹.

4.2.1.4 Cuarto Corte

En el cuarto corte de alfalfa (*Medicago sativa* L.) (Tabla N°7), se puede observar que existe significancia para el efecto principal de tipo de suelo, hierro, zinc y la interacción hierro-zinc. En el Figura N°29 se muestra la comparación de los tratamientos y en los Figuras N°30, 31 y 32 se muestran la comparación de medias los efectos principales de tipo de suelo, dosis de hierro y dosis de zinc respectivamente.

El factor de suelo básico obtuvo el valor máximo de concentración con 99.1 mg kg⁻¹ de hierro, frente al factor de suelo ácido con 78.7 mg kg⁻¹, un aumento del 25.9%.

En el factor de hierro, la dosis de 20 kg ha⁻¹ es la que presenta el mayor valor con diferencia estadística de la dosis de 10 y 0 kg ha⁻¹.

En el factor de zinc, la dosis de 18 kg ha⁻¹ es las que presenta el mayor valor con diferencia estadística de la dosis de 9 y 0 kg ha⁻¹.

En la interacción hierro-zinc, el mayor valor de concentración se presenta con la combinación de 20 kg ha⁻¹ de hierro con 18 kg ha⁻¹ de zinc.

Tabla N°7. Efecto de la aplicación edáfica de hierro y zinc sobre concentración de hierro

(mg kg⁻¹).

Factor	Concentración Fe (mg kg ⁻¹)			
	1 ^{er} Corte	2 ^{do} Corte	3 ^{er} Corte	4 ^{to} Corte
Tipo de suelo				
Ácido	81.0 b	85.6 b	111.8 a	78.7 b
Básico	97.7 a	109.0 a	79.3 b	99.1 a
Dosis de Fe				
Fe 0 kg ha ⁻¹	91.9 a	88.8 b	92.0 a	80.6 c
Fe 10 kg ha ⁻¹	90.6 a	101.2 a	96.0 a	88.4 b
Fe 20 kg ha ⁻¹	85.6 a	101.9 a	98.6 a	97.8 a
Dosis de Zn				
Zn 0 kg ha ⁻¹	85.9 a	99.0 a	96.8 a	84.2 b
Zn 9 kg ha ⁻¹	89.2 a	96.2 a	91.9 a	85.3 b
Zn 18 kg ha ⁻¹	93.0 a	96.8 a	97.9 a	97.3 a
Suelo*Fe				
Ácido + Fe 0 kg ha ⁻¹	73.0 c	72.6 d	107.5 a	72.6 c
Ácido + Fe 10 kg ha ⁻¹	83.3 c	90.9 c	111.7 a	76.5 c
Ácido + Fe 20 kg ha ⁻¹	86.8 bc	93.3 bc	116.0 a	87.0 b
Básico + Fe 0 kg ha ⁻¹	110.7 a	105.0 ab	76.6 b	88.6 b
Básico + Fe 10 kg ha ⁻¹	97.9 ab	111.5 a	80.3 b	100.2 a
Básico + Fe 20 kg ha ⁻¹	84.4 bc	110.5 a	81.1 b	108.6 a
Suelo*Zn				
Ácido + Zn 0 kg ha ⁻¹	76.0 b	87.8 b	116.0 a	77.5 c
Ácido + Zn 9 kg ha ⁻¹	79.2 b	87.8 b	104.1 a	77.7 c
Ácido + Zn 18 kg ha ⁻¹	87.8 ab	81.3 b	115.1 a	80.9 c
Básico + Zn 0 kg ha ⁻¹	95.7 a	110.1 a	77.5 b	90.9 b
Básico + Zn 9 kg ha ⁻¹	99.2 a	104.7 a	79.7 b	92.8 b
Básico + Zn 18 kg ha ⁻¹	98.1 a	112.3 a	80.7 b	113.6 a
Fe*Zn				
Fe, 0 kg ha ⁻¹ + Zn, 0 kg ha ⁻¹	93.1 ab	87.8 b	94.2 ab	77.5 e
Fe, 0 kg ha ⁻¹ + Zn, 9 kg ha ⁻¹	91.7 ab	85.3 b	89.9 b	80.0 de
Fe, 0 kg ha ⁻¹ + Zn, 18 kg ha ⁻¹	90.8 ab	93.3 ab	92.0 ab	84.1 cde
Fe, 10 kg ha ⁻¹ + Zn, 0 kg ha ⁻¹	81.1 b	102.5 ab	88.9 b	81.6 cde
Fe, 10 kg ha ⁻¹ + Zn, 9 kg ha ⁻¹	88.1 ab	107.4 a	91.2 b	86.1 bcde
Fe, 10 kg ha ⁻¹ + Zn, 18 kg ha ⁻¹	102.5 a	93.8 ab	108.0 a	97.3 b
Fe, 20 kg ha ⁻¹ + Zn, 0 kg ha ⁻¹	83.4 b	106.6 a	107.2 a	93.5 bc
Fe, 20 kg ha ⁻¹ + Zn, 9 kg ha ⁻¹	87.8 ab	95.9 ab	94.8 ab	89.6 bcd
Fe, 20 kg ha ⁻¹ + Zn, 18 kg ha ⁻¹	85.6 ab	103.2 ab	93.8 ab	110.3 a
Fuente de Variación	1^{er} Corte	2^{do} Corte	3^{er} Corte	4^{to} Corte
Suelo	0.0000 **	0.0000 **	0.0000 **	0.0000 **
Fe	0.1883	0.0002 **	0.0812	0.0000 **
Zn	0.1448	0.6969	0.0982	0.0000 **
Suelo*Fe	0.0000 **	0.0690	0.7555	0.1896
Suelo*Zn	0.3087	0.1208	0.0501	0.0000 **
Fe*Zn	0.0680	0.0476 *	0.0006 **	0.0275 *
Suelo*Fe*Zn	0.9385	0.6769	0.0336 *	0.0529
% C.V.	15.48%	13.51%	11.75%	9.32%

n.s: no significativo: *: significativo solo 5%; **: significancia de 1%

Medias de tratamiento dentro de una columna seguidos de la misma letra, para cada tipo de suelo y dosis, no son significativamente diferentes (P<0.05) de acuerdo a la prueba HSD de Tukey.

Figura N°29. Nivel de concentración de hierro producto de la aplicación de diferentes dosis de hierro y zinc en dos tipos de suelo, en cuatro momentos de corte.

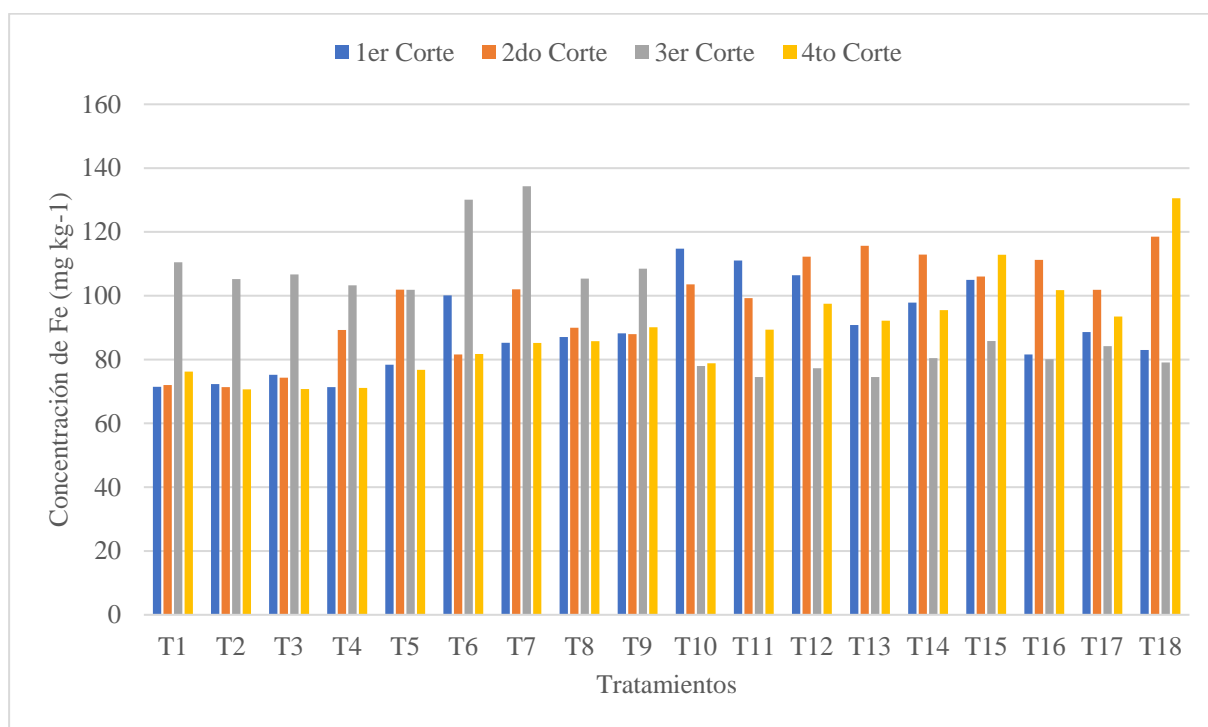


Figura N°30. Efecto del tipo de suelo sobre el nivel de concentración de hierro (mg kg⁻¹).

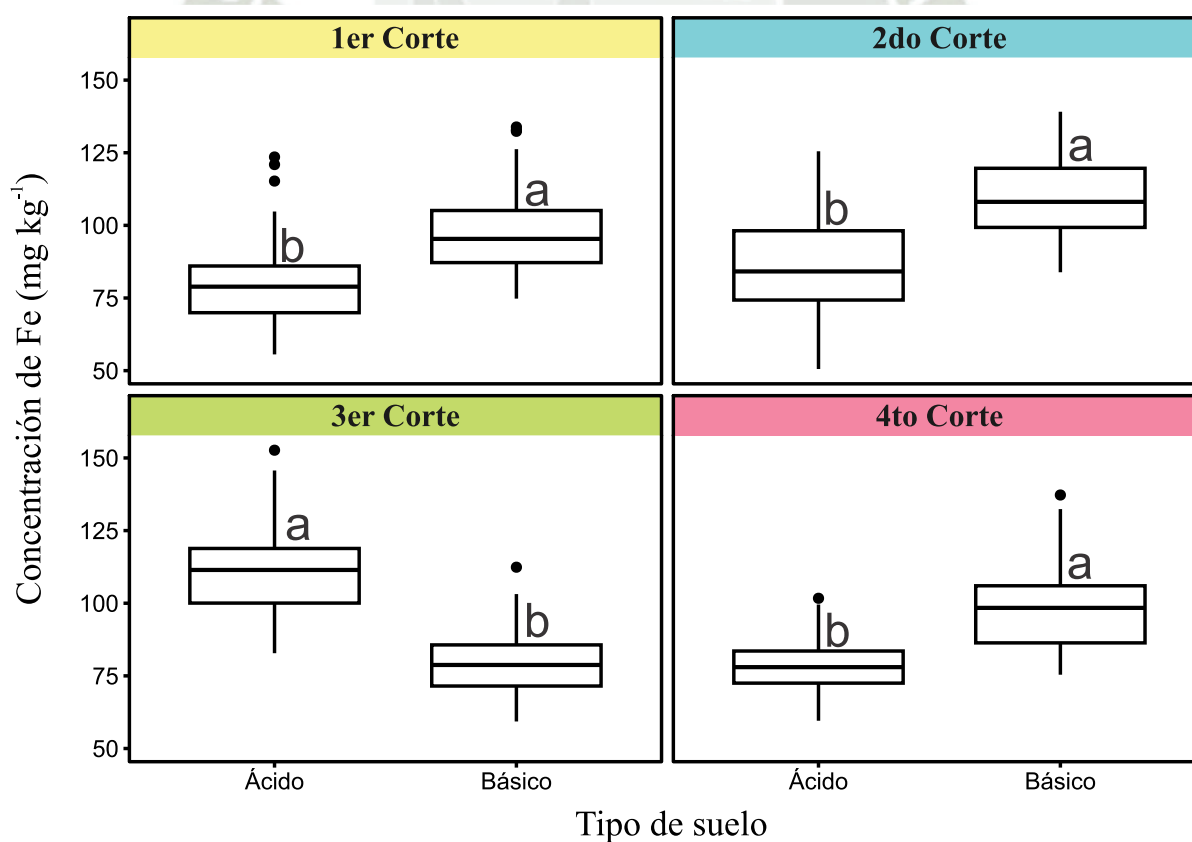


Figura N°31. Efecto de las dosis de hierro sobre el nivel de concentración de hierro (mg kg⁻¹).

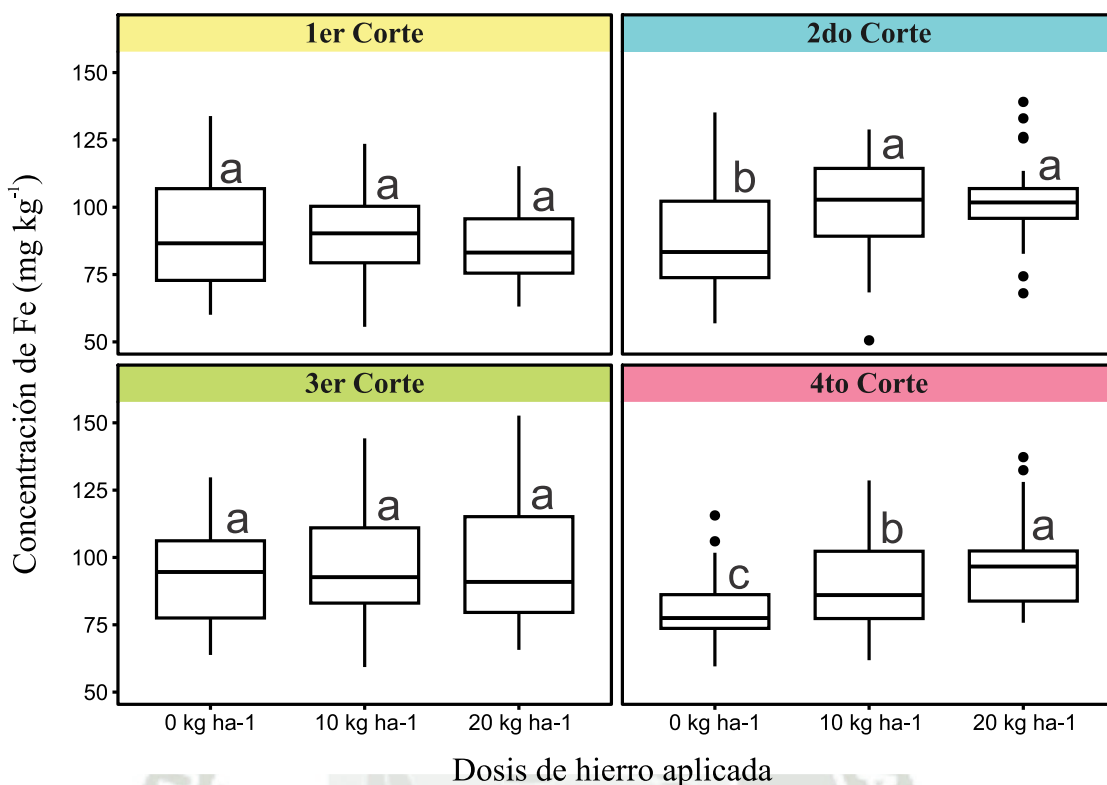


Figura N°32. Efecto de las dosis de zinc sobre el nivel de concentración de hierro (mg kg⁻¹).

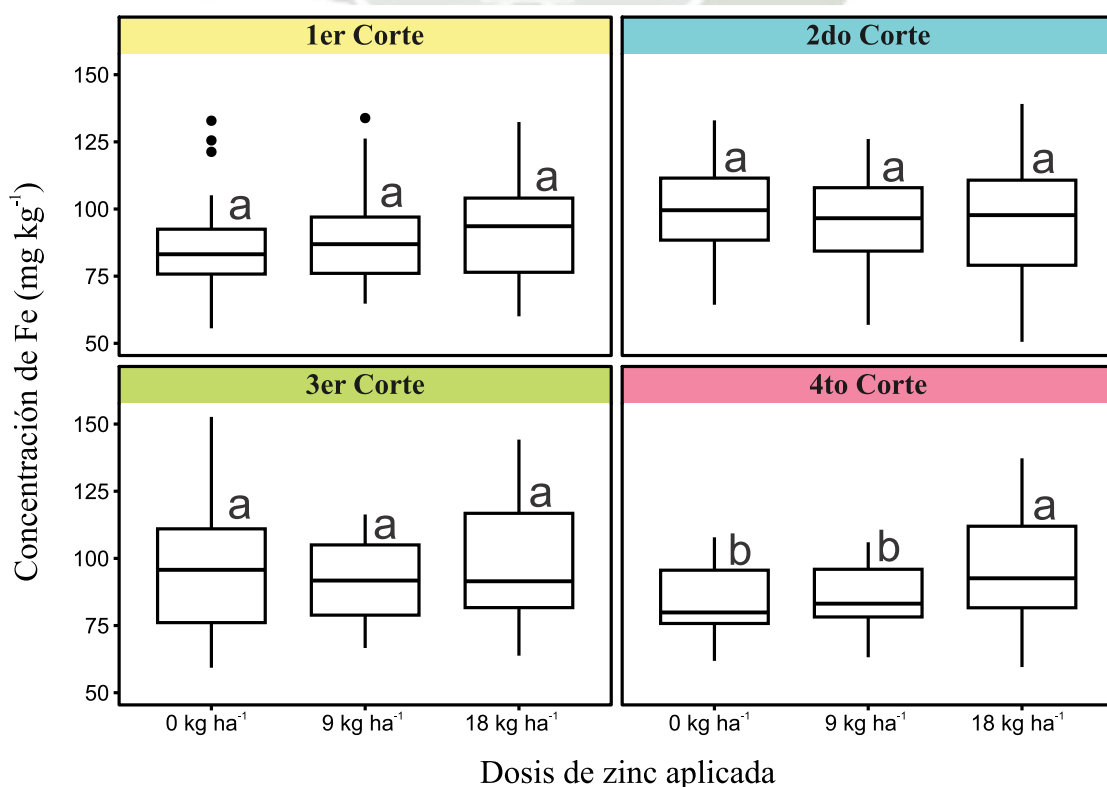
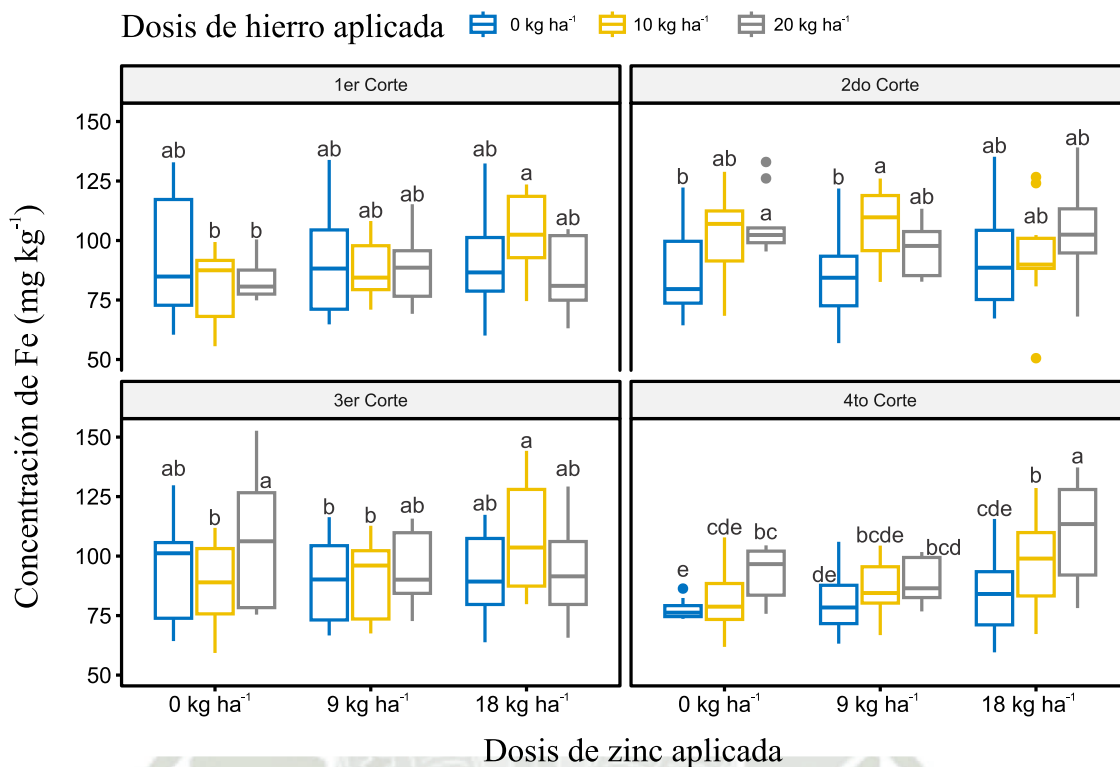


Figura N°33. Efecto de la interacción entre las dosis de hierro y zinc sobre el nivel de concentración de hierro (mg kg^{-1}).



4.2.2 Nivel de concentración de zinc

En base al Anexo N°9 se elaboró la Tabla N°8 para la observación de nivel de concentración de zinc (mg kg^{-1}) donde:

4.2.2.1 Primer Corte

En el primer corte de alfalfa (*Medicago sativa* L.), se puede observar que existe significancia para el efecto principal de tipo de suelo, hierro, zinc y la interacción hierro-zinc. En el Figura N°34 se muestra la comparación de los tratamientos y en los Figuras N°35, 36 y 37 se muestran la comparación de medias los efectos principales de tipo de suelo, dosis de hierro y dosis de zinc respectivamente, de igual forma el Figura N°38 muestra la interacción entre las dosis de hierro y zinc.

El factor de suelo ácido obtuvo el valor máximo de concentración con 122.5 mg kg^{-1} de zinc, frente al factor de suelo básico con 23.8 mg kg^{-1} , un aumento del 414.7%. En el factor de hierro, la dosis de 10 y 20 kg ha^{-1} es las que presenta los mayores valores con diferencia estadística de la dosis de 0 kg ha^{-1} . En el factor de zinc, la dosis de 18 kg ha^{-1} es la que presenta el mayor valor con diferencia estadística de la dosis de 9 y 0 kg ha^{-1} .

En la interacción hierro-zinc, los mayores valores de concentración de zinc se dan cuando se tiene dosis de 10 y 20 kg ha^{-1} de hierro combinados con 18 kg ha^{-1} .

4.2.2.2 Segundo Corte

En el segundo corte de alfalfa (*Medicago sativa* L.) (Tabla N°8), se puede observar que existe significancia para el efecto principal de tipo de suelo, hierro, zinc y la interacción hierro-zinc. En el Figura N°34 se muestra la comparación de los tratamientos y en los Figuras N°35, 36 y 37 se muestran la comparación de medias los efectos principales de tipo de suelo, dosis de hierro y dosis de zinc respectivamente, de igual forma el Figura N°38 muestra la interacción entre las dosis de hierro y zinc.

El factor de suelo ácido obtuvo el valor máximo de concentración con 189.6 mg kg^{-1} de zinc, frente al factor de suelo básico con 38.5 mg kg^{-1} , un aumento del 392.5%. En el factor de hierro, la dosis de 0 y 10 kg ha^{-1} es las que presenta los mayores valores con diferencia estadística de la dosis de 20 kg ha^{-1} . En el factor de zinc, la dosis de 18 kg ha^{-1} es la que presenta el mayor valor con diferencia estadística de la dosis de 9 y 0 kg ha^{-1} .

En la interacción hierro-zinc, el mayor valor de concentración de zinc se da con la combinación de 0 kg ha^{-1} de hierro con 18 kg ha^{-1} de zinc.

4.2.2.3 Tercer Corte

En el tercer corte de alfalfa (*Medicago sativa* L.) (Tabla N°8), se puede observar que existe significancia para el efecto principal de tipo de suelo, hierro, zinc y la interacción hierro-zinc. En el Figura N°34 se muestra la comparación de los tratamientos y en los Figuras N°35, 36 y 37 se muestran la comparación de medias los efectos principales de tipo de suelo, dosis de hierro y dosis de zinc respectivamente, de igual forma el Figura N°38 muestra la interacción entre las dosis de hierro y zinc.

El factor de suelo ácido obtuvo el valor máximo de concentración con 149.2 mg kg^{-1} de zinc, frente al factor de suelo básico con 26 mg kg^{-1} , un aumento del 473.8%. En el factor de hierro, la dosis de 0 kg ha^{-1} es la que presenta el mayor valor con diferencia estadística de las dosis de 10 y 20 kg ha^{-1} . En el factor de zinc, la dosis de 18 kg ha^{-1} es la que presenta el mayor valor con diferencia estadística de la dosis de 9 y 0 kg ha^{-1} .

En la interacción hierro-zinc, el mayor valor de concentración de zinc se da con la combinación de 0 kg ha^{-1} de hierro con 18 kg ha^{-1} de zinc.

4.2.2.4 Cuarto Corte

En el cuarto corte de alfalfa (*Medicago sativa* L.) (Tabla N°8), se puede observar que existe significancia para el efecto principal de tipo de suelo, hierro, zinc y la interacción hierro-zinc. En el Figura N°34 se muestra la comparación de los tratamientos y en los Figuras N°35, 36 y 37 se muestran la comparación de medias los efectos principales de tipo de suelo, dosis de hierro y dosis de zinc respectivamente, de igual forma el Figura N°38 muestra la interacción entre las dosis de hierro y zinc.

El factor de suelo ácido obtuvo el valor máximo de concentración con 123.3 mg kg^{-1} de zinc, frente al factor de suelo básico con 27.5 mg kg^{-1} , un aumento del 348.4%. En el factor de hierro, la dosis de 0 y 10 kg ha^{-1} son las que presentan los mayores valores con diferencia estadística de la dosis de 20 kg ha^{-1} . En el factor de zinc, la dosis de 18 kg ha^{-1} es la que presenta el mayor valor con diferencia estadística de la dosis de 9 y 0 kg ha^{-1} .

En la interacción hierro-zinc, el mayor valor de concentración de zinc se da con la combinación de 0 kg ha^{-1} de hierro con 18 kg ha^{-1} de zinc.

Tabla N°8. Efecto de la aplicación edáfica de hierro y zinc sobre concentración de zinc

(mg kg⁻¹).

Factor	Concentración Zn (mg kg ⁻¹)			
	1 ^{er} Corte	2 ^{do} Corte	3 ^{er} Corte	4 ^{to} Corte
Tipo de suelo				
Ácido	122.5 a	189.6 a	149.2 a	123.3 a
Básico	23.8 b	38.5 b	26.0 b	27.5 b
Dosis de Fe				
Fe 0 kg ha ⁻¹	62.9 b	120.6 a	92.6 a	76.7 a
Fe 10 kg ha ⁻¹	78.3 a	115.6 a	87.1 b	75.7 ab
Fe 20 kg ha ⁻¹	78.3 a	106.1 b	83.0 b	73.7 b
Dosis de Zn				
Zn 0 kg ha ⁻¹	34.8 c	44.6 c	34.0 c	31.8 c
Zn 9 kg ha ⁻¹	72.4 b	121.7 b	85.7 b	79.0 b
Zn 18 kg ha ⁻¹	112.2 a	175.9 a	142.9 a	115.4 a
Suelo*Fe				
Ácido + Fe 0 kg ha ⁻¹	103.7 b	208.8 a	161.2 a	127.4 a
Ácido + Fe 10 kg ha ⁻¹	131.6 a	187.0 b	147.1 b	122.8 b
Ácido + Fe 20 kg ha ⁻¹	132.1 a	173.2 c	139.3 b	119.7 b
Básico + Fe 0 kg ha ⁻¹	22.1 c	32.4 e	24.1 c	26.0 c
Básico + Fe 10 kg ha ⁻¹	24.9 c	44.1 d	27.2 c	28.6 c
Básico + Fe 20 kg ha ⁻¹	24.4 c	39.0 de	26.6 c	27.8 c
Suelo*Zn				
Ácido + Zn 0 kg ha ⁻¹	45.4 c	63.3 c	44.0 c	40.3 c
Ácido + Zn 9 kg ha ⁻¹	122.5 b	209.1 b	146.2 b	132.0 b
Ácido + Zn 18 kg ha ⁻¹	199.5 a	296.5 a	257.4 a	197.7 a
Básico + Zn 0 kg ha ⁻¹	24.3 d	25.9 d	24.1 d	23.2 e
Básico + Zn 9 kg ha ⁻¹	22.2 d	34.3 d	25.3 d	26.0 e
Básico + Zn 18 kg ha ⁻¹	25.0 d	55.2 c	28.5 d	33.1 d
Fe*Zn				
Fe, 0 kg ha ⁻¹ + Zn, 0 kg ha ⁻¹	32.0 e	26.6 f	32.6 e	31.0 e
Fe, 0 kg ha ⁻¹ + Zn, 9 kg ha ⁻¹	59.1 d	146.0 c	83.6 cd	75.9 d
Fe, 0 kg ha ⁻¹ + Zn, 18 kg ha ⁻¹	97.6 b	189.1 a	161.6 a	123.2 a
Fe, 10 kg ha ⁻¹ + Zn, 0 kg ha ⁻¹	35.9 e	73.8 e	35.2 e	33.4 e
Fe, 10 kg ha ⁻¹ + Zn, 9 kg ha ⁻¹	77.4 c	104.0 d	92.7 c	74.3 d
Fe, 10 kg ha ⁻¹ + Zn, 18 kg ha ⁻¹	121.5 a	168.9 b	133.5 b	119.5 a
Fe, 20 kg ha ⁻¹ + Zn, 0 kg ha ⁻¹	36.6 e	33.6 f	34.3 e	30.9 e
Fe, 20 kg ha ⁻¹ + Zn, 9 kg ha ⁻¹	80.7 c	115.1 d	80.9 d	86.8 c
Fe, 20 kg ha ⁻¹ + Zn, 18 kg ha ⁻¹	117.6 a	169.6 b	133.7 b	103.5 b
Fuente de Variación	1^{er} Corte	2^{do} Corte	3^{er} Corte	4^{to} Corte
Suelo	0.0000 **	0.0000 **	0.0000 **	0.0000 **
Fe	0.0000 **	0.0000 **	0.0001 **	0.0307 *
Zn	0.0000 **	0.0000 **	0.0000 **	0.0000 **
Suelo*Fe	0.0000 **	0.0000 **	0.0000 **	0.0001 **
Suelo*Zn	0.0000 **	0.0000 **	0.0000 **	0.0000 **
Fe*Zn	0.0000 **	0.0000 **	0.0000 **	0.0000 **
Suelo*Fe*Zn	0.0000 **	0.0000 **	0.0000 **	0.0000 **
% C.V.	6.29%	9.55%	9.26%	5.70%

n.s: no significativo; *: significativo solo 5%; **: significancia de 1%

Medias de tratamiento dentro de una columna seguidos de la misma letra, para cada tipo de suelo y dosis, no son significativamente diferentes (P<0.05) de acuerdo a la prueba HSD de Tukey.

Figura N°34. Nivel de concentración de zinc producto de la aplicación de diferentes dosis de hierro y zinc en dos tipos de suelo, en cuatro momentos de corte.

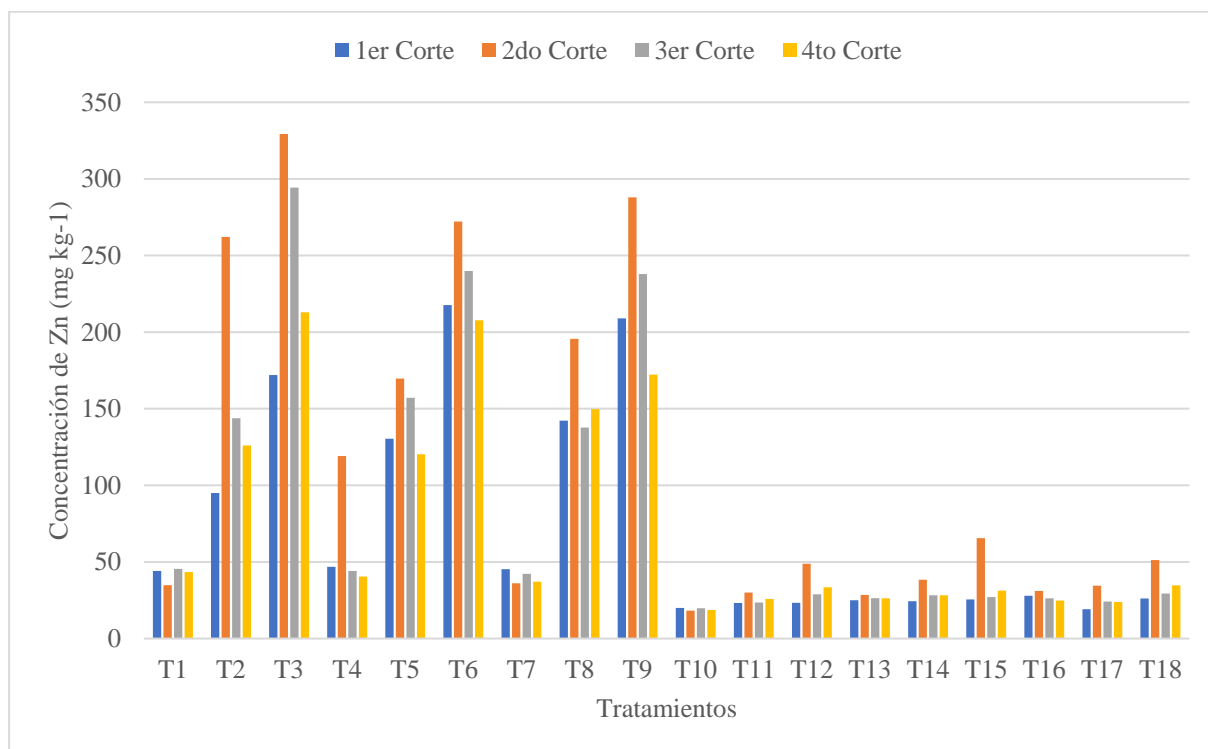


Figura N°35. Efecto del tipo de suelo sobre el nivel de concentración de zinc (mg kg⁻¹).

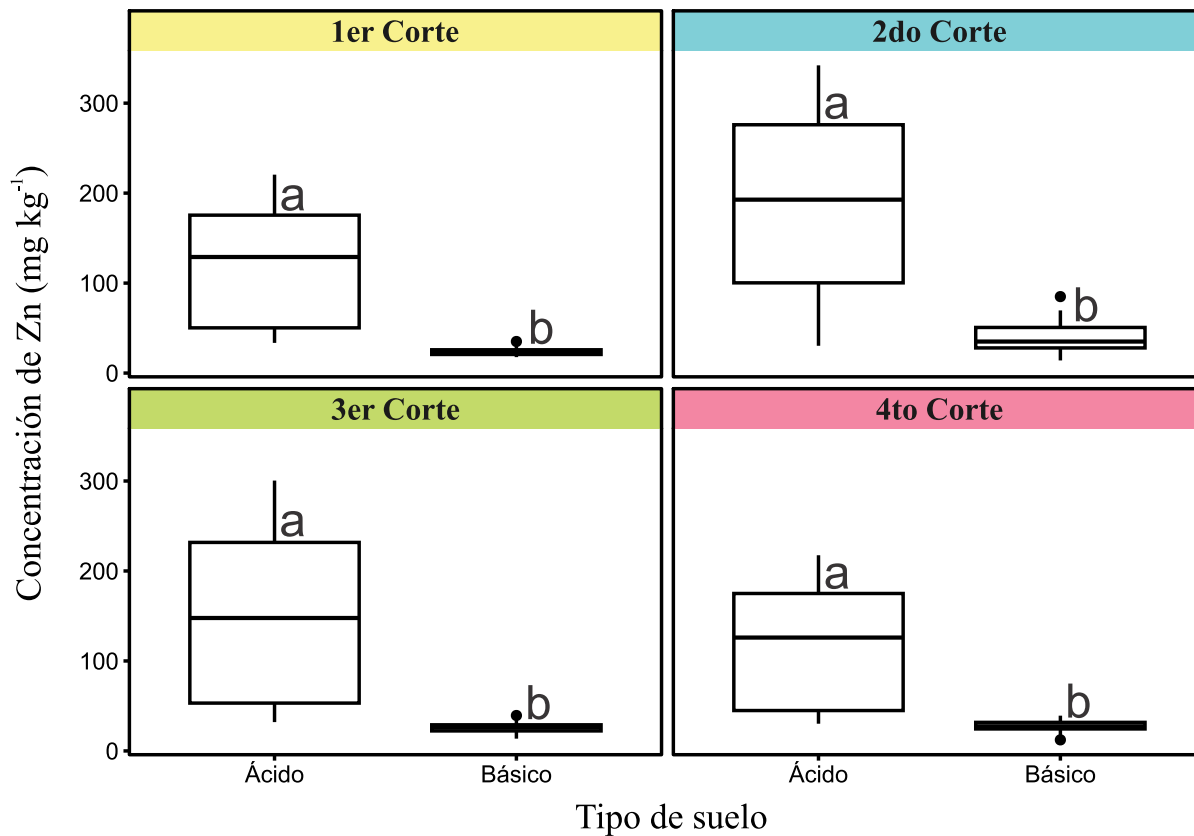


Figura N°36. Efecto de las dosis de hierro sobre el nivel de concentración de zinc (mg kg^{-1})

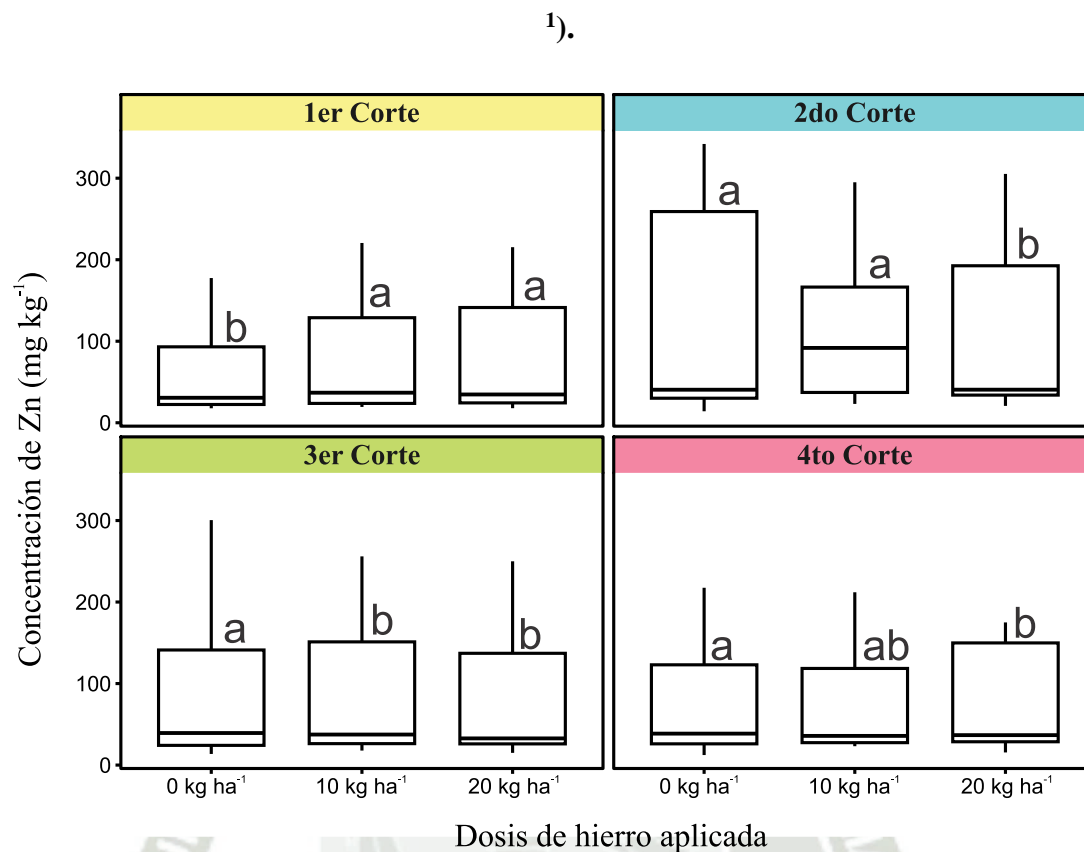


Figura N°37. Efecto de las dosis de zinc sobre el nivel de concentración de zinc (mg kg^{-1}).

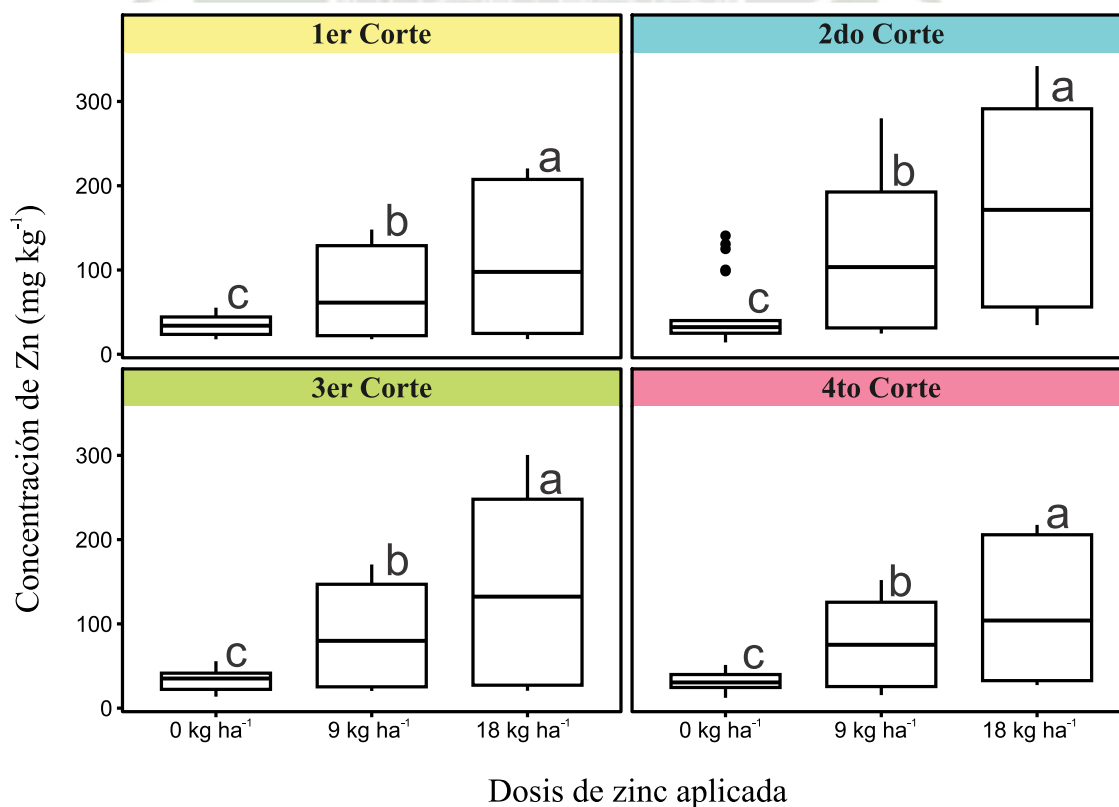
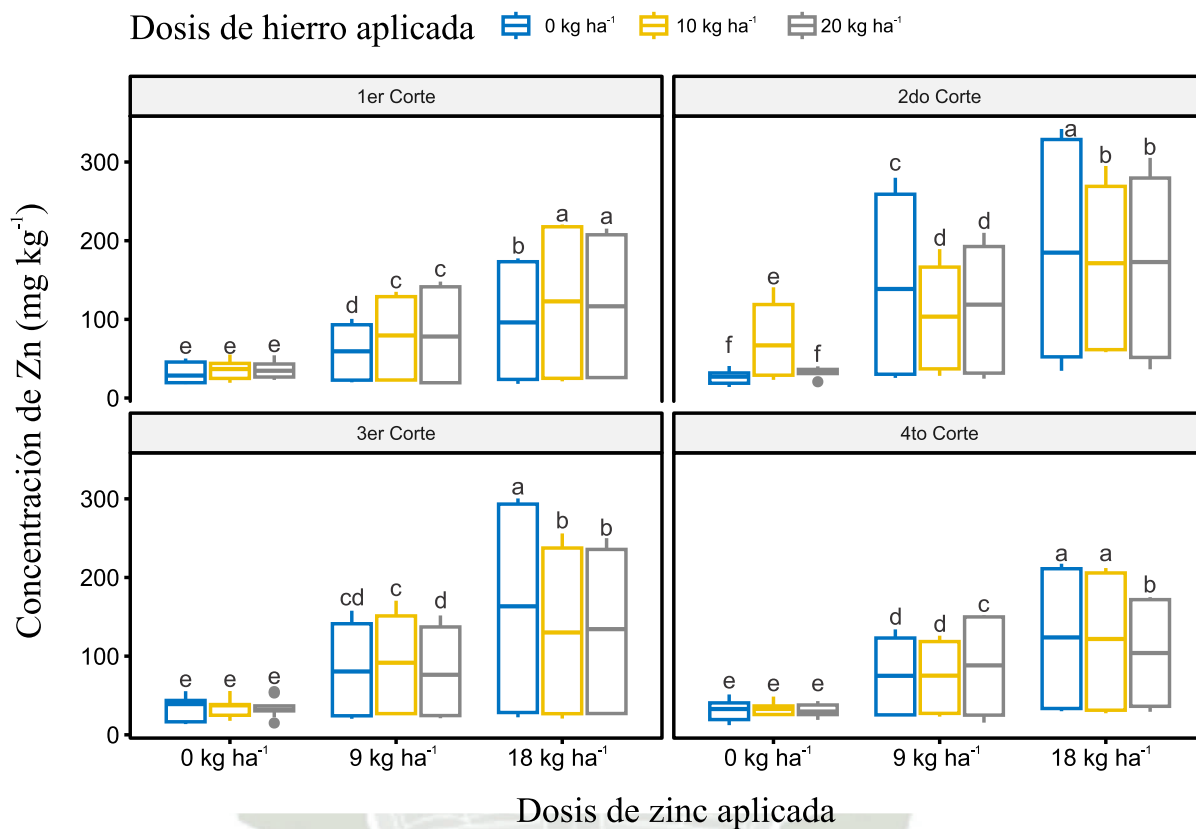


Figura N°38. Efecto de la interacción entre las dosis de hierro y zinc sobre el nivel de concentración de zinc (mg kg^{-1}).



4.3 Rendimiento y Producción de biomasa

En base al Anexo N°10 se elaboró la Tabla N°9 para la observación de rendimiento en materia fresca (kg ha^{-1}), donde:

4.3.1 Producción de Materia Fresca

4.3.1.1 Primer Corte

En el primer corte de alfalfa (*Medicago sativa* L.), se puede observar que existe significancia para el efecto principal de tipo de suelo. En el Figura N°39 se muestra la comparación de los tratamientos y en el Figura N°40 se muestra la comparación de medias del efecto principal de tipo de suelo.

El factor de suelo básico obtuvo el valor máximo de rendimiento con $13\,961.5 \text{ kg ha}^{-1}$ de materia fresca, frente al factor de suelo ácido con $4\,042.7 \text{ kg ha}^{-1}$, un aumento del 245.4%.

4.3.1.2 Segundo Corte

En el segundo corte de alfalfa (*Medicago sativa* L.) (Tabla N°9), se puede observar que existe significancia para el efecto principal de tipo de suelo y zinc. En el Figura N°39 se muestra la comparación de los tratamientos y en los Figuras N°40 y 41 se muestran la comparación de medias los efectos principales de tipo de suelo y dosis de zinc respectivamente.

El factor de suelo básico obtuvo el valor máximo de rendimiento con $13\,703.5 \text{ kg ha}^{-1}$ de materia fresca, frente al factor de suelo ácido con $7\,455.6 \text{ kg ha}^{-1}$, un aumento del 83.8%. En el factor de zinc, la dosis de 0 y 9 kg ha^{-1} son las que presentan los mayores valores con diferencia estadística de la dosis de 18 kg ha^{-1} .

4.3.1.3 Tercer Corte

En el tercer corte de alfalfa (*Medicago sativa* L.) (Tabla N°9), se puede observar que existe significancia para el efecto principal de tipo de suelo y zinc. En el Figura N°39 se muestra la comparación de los tratamientos y en los Figuras N°40 y 41 se muestran la comparación de medias los efectos principales de tipo de suelo y dosis de zinc respectivamente.

El factor de suelo básico obtuvo el valor máximo de rendimiento con $15\,853.8 \text{ kg ha}^{-1}$ de materia fresca, frente al factor de suelo ácido con $9\,452.5 \text{ kg ha}^{-1}$, un aumento del 67.7%. En el factor de zinc, la dosis de 0 y 9 kg ha^{-1} son las que presentan los mayores valores con diferencia estadística de la dosis de 18 kg ha^{-1} .

4.3.1.4 Cuarto Corte

En el cuarto corte de alfalfa (*Medicago sativa* L.) (Tabla N°9), se puede observar que existe significancia para el efecto principal de tipo de suelo. En el Figura N°39 se muestra la

comparación de los tratamientos y en el Figura N°40 se muestra la comparación de medias del efecto principal de tipo de suelo.

El factor de suelo básico obtuvo el valor máximo de rendimiento con 17 610.3 kg ha⁻¹ de materia fresca, frente al factor de suelo ácido con 14 889.5 kg ha⁻¹, un aumento del 18.3%.

Tabla N°9. Efecto de la aplicación edáfica de hierro y zinc sobre rendimiento en materia fresca (kg ha⁻¹).

Factor	Rendimiento materia fresca (kg ha ⁻¹)							
	1 ^{er} Corte	2 ^{do} Corte	3 ^{er} Corte	4 ^{to} Corte				
Tipo de suelo								
Ácido	4042.7 b	7455.6 b	9452.5 b	14889.6 b				
Básico	13961.5 a	13703.5 a	15853.8 a	17610.3 a				
Dosis de Fe								
Fe 0 kg ha ⁻¹	9771.7 a	11510.1 a	13594.8 a	16209.2 a				
Fe 10 kg ha ⁻¹	8685.2 a	10076.6 a	12358.9 a	16555.5 a				
Fe 20 kg ha ⁻¹	8549.4 a	10152.0 a	12005.8 a	15985.1 a				
Dosis de Zn								
Zn 0 kg ha ⁻¹	9472.9 a	11509.4 a	13839.3 a	16161.7 a				
Zn 9 kg ha ⁻¹	8922.9 a	10885.3 a	12983.7 a	17377.2 a				
Zn 18 kg ha ⁻¹	8610.5 a	9343.9 b	11136.6 b	15211.0 a				
Fuente de Variación	1 ^{er} Corte		2 ^{do} Corte		3 ^{er} Corte		4 ^{to} Corte	
Suelo	0.0000	**	0.0000	**	0.0000	**	0.0008	**
Fe	0.0688		0.0438		0.0796		0.8343	
Zn	0.3131		0.0032	**	0.0014	**	0.0818	
Suelo*Fe	0.2376		0.4927		0.7890		0.5348	
Suelo*Zn	0.3232		0.0417	*	0.1872		0.0223	*
Fe*Zn	0.9572		0.1377		0.2165		0.1556	
Suelo*Fe*Zn	0.0328	*	0.1168		0.0410	*	0.9054	
% C.V.	24.46%		23.10%		22.31%		22.73%	

n.s: no significativo: *: significativo solo 5%; **: significancia de 1%

Medias de tratamiento dentro de una columna seguidos de la misma letra, para cada tipo de suelo y dosis, no son significativamente diferentes (P<0.05) de acuerdo a la prueba HSD de Tukey

Figura N°39. Rendimiento en materia fresca producto de la aplicación de diferentes dosis de hierro y zinc en dos tipos de suelo, en cuatro momentos de corte.

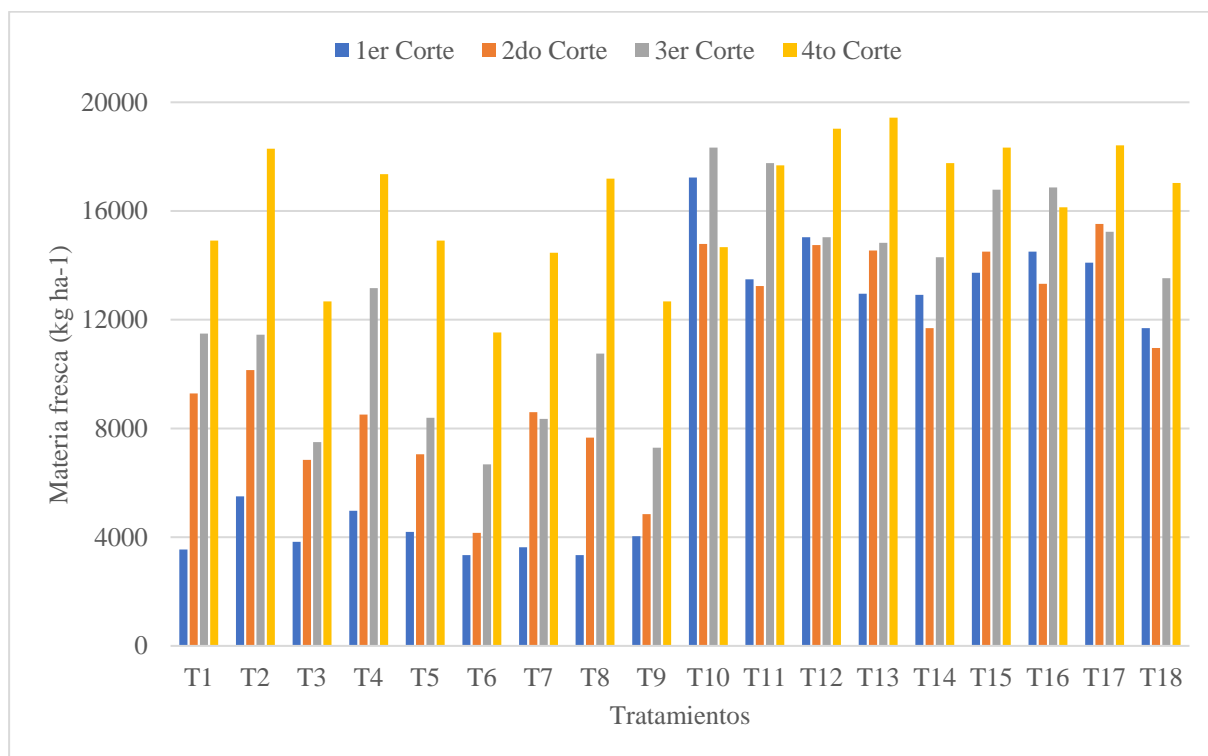


Figura N°40. Efecto del tipo de suelo sobre el rendimiento en materia fresca (kg ha⁻¹).

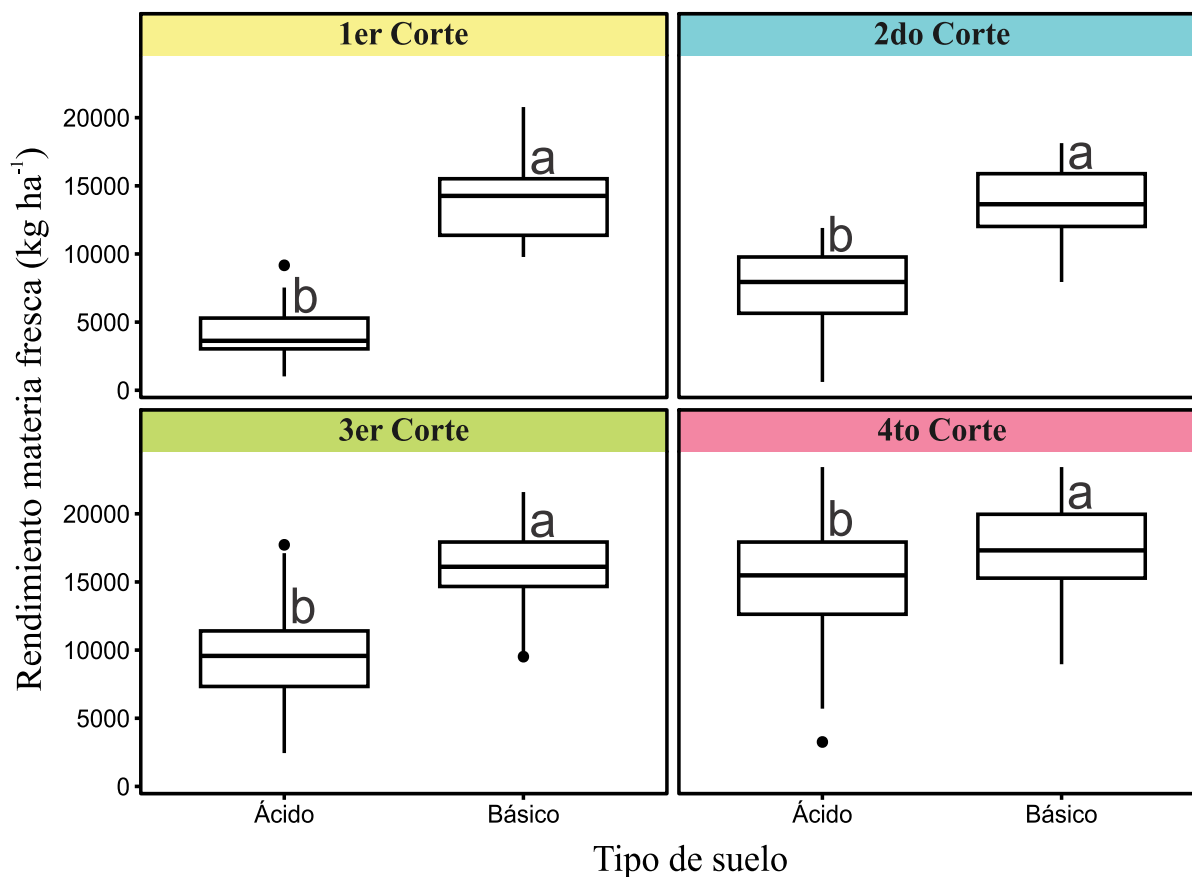
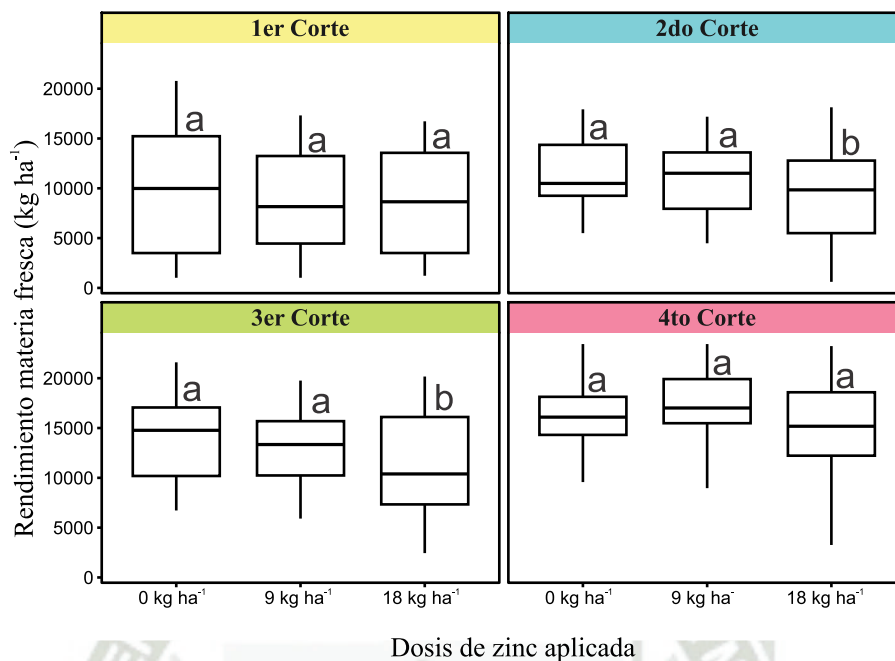


Figura N°41. Efecto de las dosis de zinc sobre el rendimiento en materia fresca (kg ha^{-1}).



4.3.2 Producción de Materia Seca

En base al Anexo N°11 se elaboró la Tabla N°10 para la observación de rendimiento en materia seca (kg ha^{-1}), donde:

4.3.2.1 Primer Corte

En el primer corte de alfalfa (*Medicago sativa* L.), se puede observar que existe significancia para el efecto principal de tipo de suelo y hierro. En el Figura N°42 se muestra la comparación de los tratamientos y en los Figuras N°43 y 44 se muestran la comparación de medias de los efectos principales de tipo de suelo y dosis de hierro respectivamente.

El factor de suelo básico obtuvo el valor máximo de rendimiento con $3\,273.7 \text{ kg ha}^{-1}$ de materia seca, frente al factor de suelo ácido con 848.5 kg ha^{-1} , un aumento del 285.8%. En el factor de hierro, la dosis de 0 ha^{-1} es la que presenta el mayor valor con diferencia estadística de la dosis de 10 y 20 kg ha^{-1} .

4.3.2.2 Segundo Corte

En el segundo corte de alfalfa (*Medicago sativa* L.) (Tabla N°10), se puede observar que existe significancia para el efecto principal de tipo de suelo, hierro y zinc. En el Figura N°42 se muestra la comparación de los tratamientos y en los Figuras N°43, 44 y 45 se muestran la comparación de medias de los efectos principales de tipo de suelo, dosis de hierro y dosis de zinc respectivamente.

El factor de suelo básico obtuvo el valor máximo de rendimiento con $2\,738.2 \text{ kg ha}^{-1}$ de materia seca, frente al factor de suelo ácido con $1\,356.3 \text{ kg ha}^{-1}$, un aumento del 101.9%. En el factor de hierro, la dosis de 0 y 10 kg ha^{-1} son las que presentan los mayores valores con diferencia estadística de la dosis de 20 kg ha^{-1} . En el factor de zinc, la dosis de 0 y 9 kg ha^{-1} son las que presentan los mayores valores con diferencia estadística de la dosis de 18 kg ha^{-1} .

4.3.2.3 Tercer Corte

En el tercer corte de alfalfa (*Medicago sativa* L.) (Tabla N°10), se puede observar que existe significancia para el efecto principal de tipo de suelo y zinc. En el Figura N°42 se muestra la comparación de los tratamientos y en los Figuras N°43 y 45 se muestran la comparación de medias de los efectos principales de tipo de suelo y dosis de zinc respectivamente.

El factor de suelo básico obtuvo el valor máximo de rendimiento con $2\,964.9 \text{ kg ha}^{-1}$ de materia seca, frente al factor de suelo ácido con $1\,882.4 \text{ kg ha}^{-1}$, un aumento del 57.5%. En el factor de zinc, la dosis de 0 y 9 ha^{-1} son las que presentan los mayores valores con diferencia estadística de la dosis de 18 kg ha^{-1} .

4.3.2.4 Cuarto Corte

En el cuarto corte de alfalfa (*Medicago sativa* L.) (Tabla N°10), se puede observar que existe significancia para el efecto principal de tipo de suelo. En el Figura N°42 se muestra la comparación de los tratamientos y en el Figura N°43 se muestra la comparación de medias del efecto principal de tipo de suelo.

El factor de suelo básico obtuvo el valor máximo de rendimiento con 3 786.3 kg ha⁻¹ de materia seca, frente al factor de suelo ácido con 3 016.7 kg ha⁻¹, un aumento del 25.5%.

Tabla N°10. Efecto de la aplicación edáfica de hierro y zinc sobre rendimiento en materia seca (kg ha⁻¹).

Factor	Rendimiento materia seca (kg ha ⁻¹)							
	1 ^{er} Corte		2 ^{do} Corte		3 ^{er} Corte		4 ^{to} Corte	
Tipo de suelo								
Ácido	848.5	b	1356.3	b	1882.4	b	3016.7	b
Básico	3273.7	a	2738.3	a	2964.9	a	3786.3	a
Dosis de Fe								
Fe 0 kg ha ⁻¹	2278.3	a	2254.7	a	2604.9	a	3407.4	a
Fe 10 kg ha ⁻¹	1965.4	b	1965.6	ab	2330.1	a	3431.0	a
Fe 20 kg ha ⁻¹	1939.6	b	1921.6	b	2335.9	a	3366.0	a
Dosis de Zn								
Zn 0 kg ha ⁻¹	2196.2	a	2258.2	a	2730.9	a	3424.9	a
Zn 9 kg ha ⁻¹	2019.2	a	2097.1	a	2466.2	a	3634.3	a
Zn 18 kg ha ⁻¹	1967.9	a	1786.6	b	2073.8	b	3145.1	a
Fuente de Variación	1^{er} Corte	2^{do} Corte	3^{er} Corte	4^{to} Corte				
Suelo	0.0000	**	0.0000	**	0.0000	**	0.0000	**
Fe	0.0079	**	0.0169	**	0.1252		0.9542	
Zn	0.1309		0.0010	**	0.0002	**	0.0808	
Suelo*Fe	0.4702		0.9074		0.5720		0.8785	
Suelo*Zn	0.3048		0.2525		0.2255		0.2191	
Fe*Zn	0.9407		0.1396		0.2938		0.1718	
Suelo*Fe*Zn	0.0375	**	0.2270		0.0202	**	0.9563	
% C.V.	22.01%		23.28%		24.26%		24.48%	

n.s: no significativo: *: significativo solo 5%; **: significancia de 1%

Medias de tratamiento dentro de una columna seguidos de la misma letra, para cada tipo de suelo y dosis, no son significativamente diferentes ($P < 0.05$) de acuerdo a la prueba HSD de Tukey

Figura N°42. Rendimiento en materia seca producto de la aplicación de diferentes dosis de hierro y zinc en dos tipos de suelo, en cuatro momentos de corte.

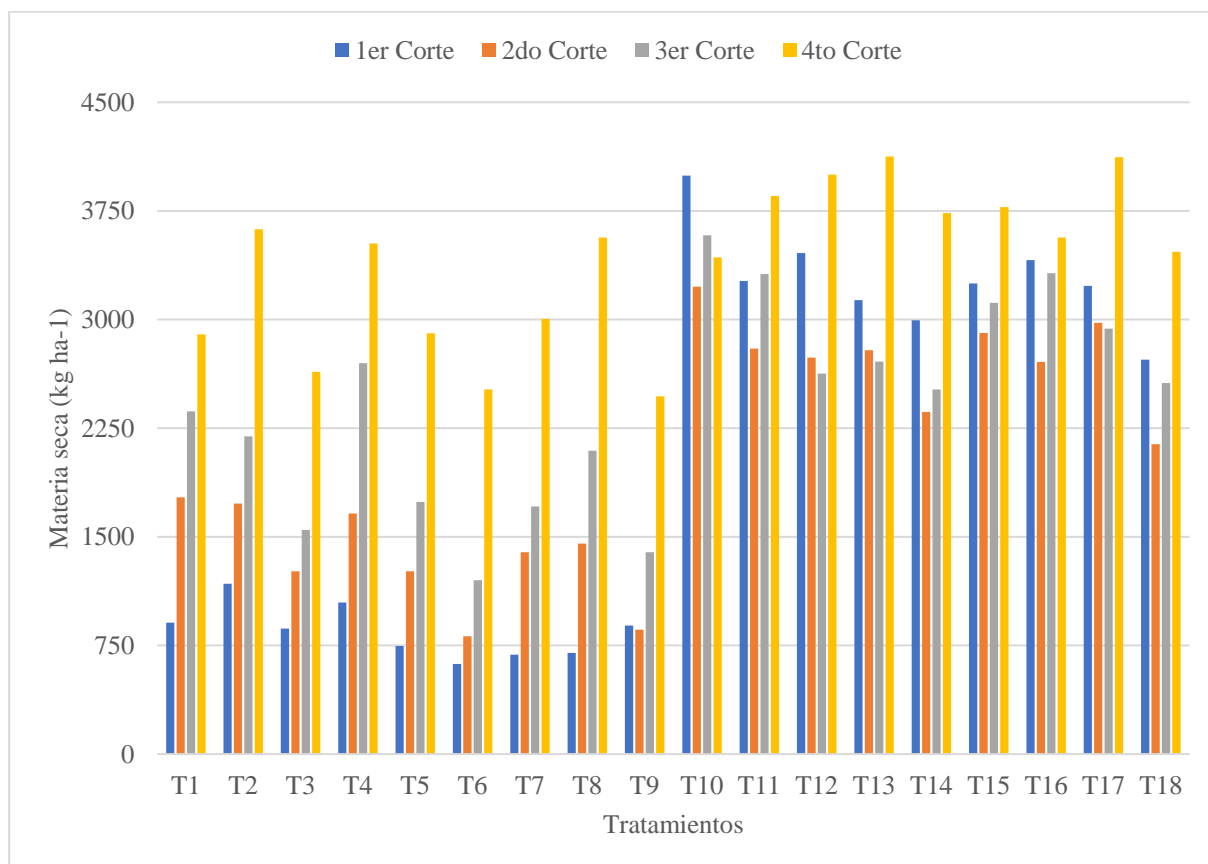


Figura N°43. Efecto del tipo de suelo sobre el rendimiento en materia seca (kg ha⁻¹).

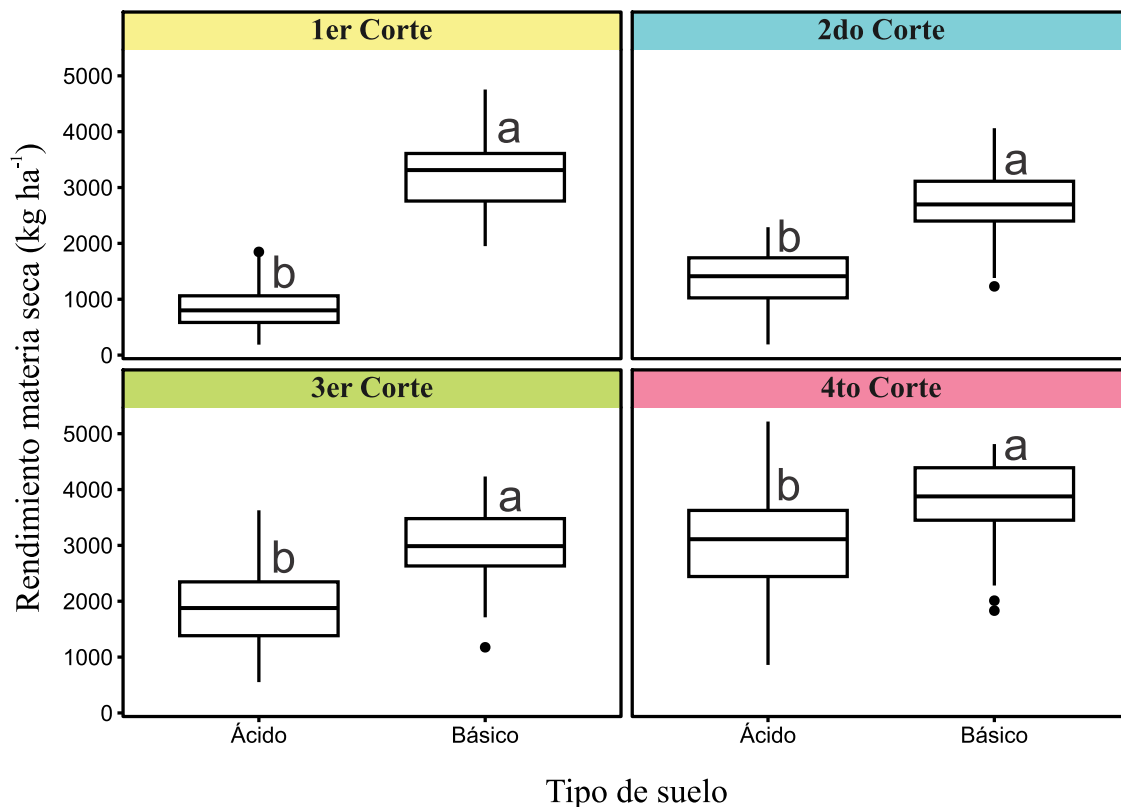


Figura N°44. Efecto de las dosis de hierro sobre el rendimiento en materia seca (kg ha^{-1}).

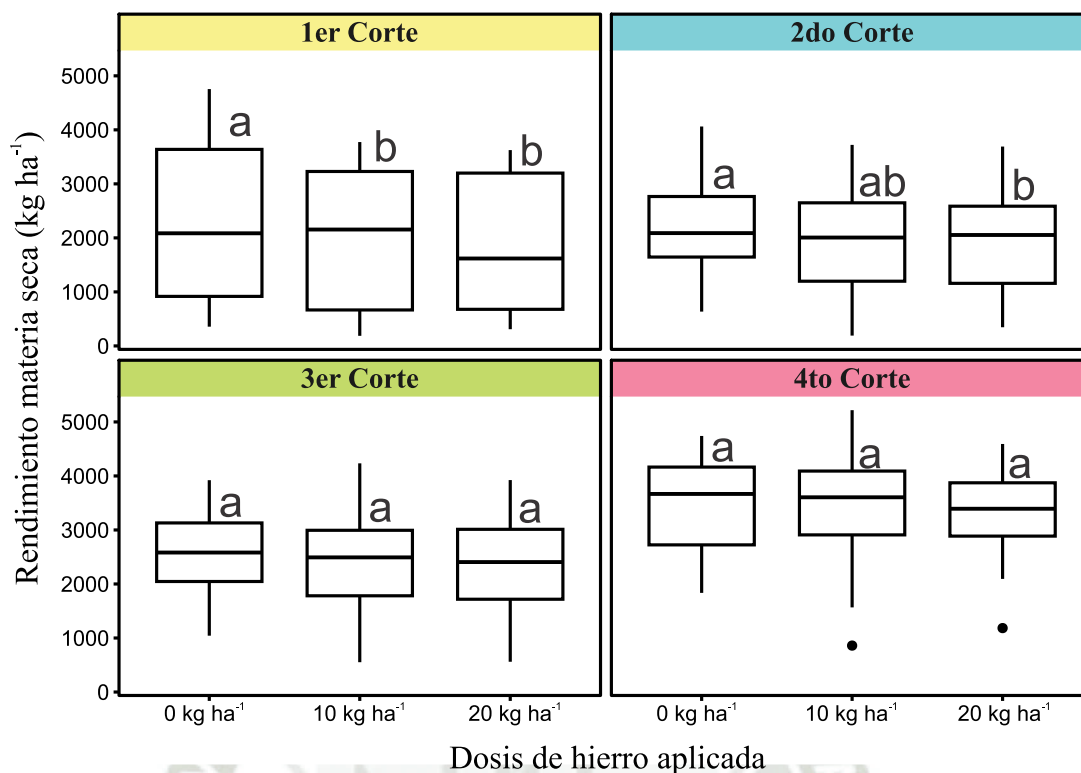
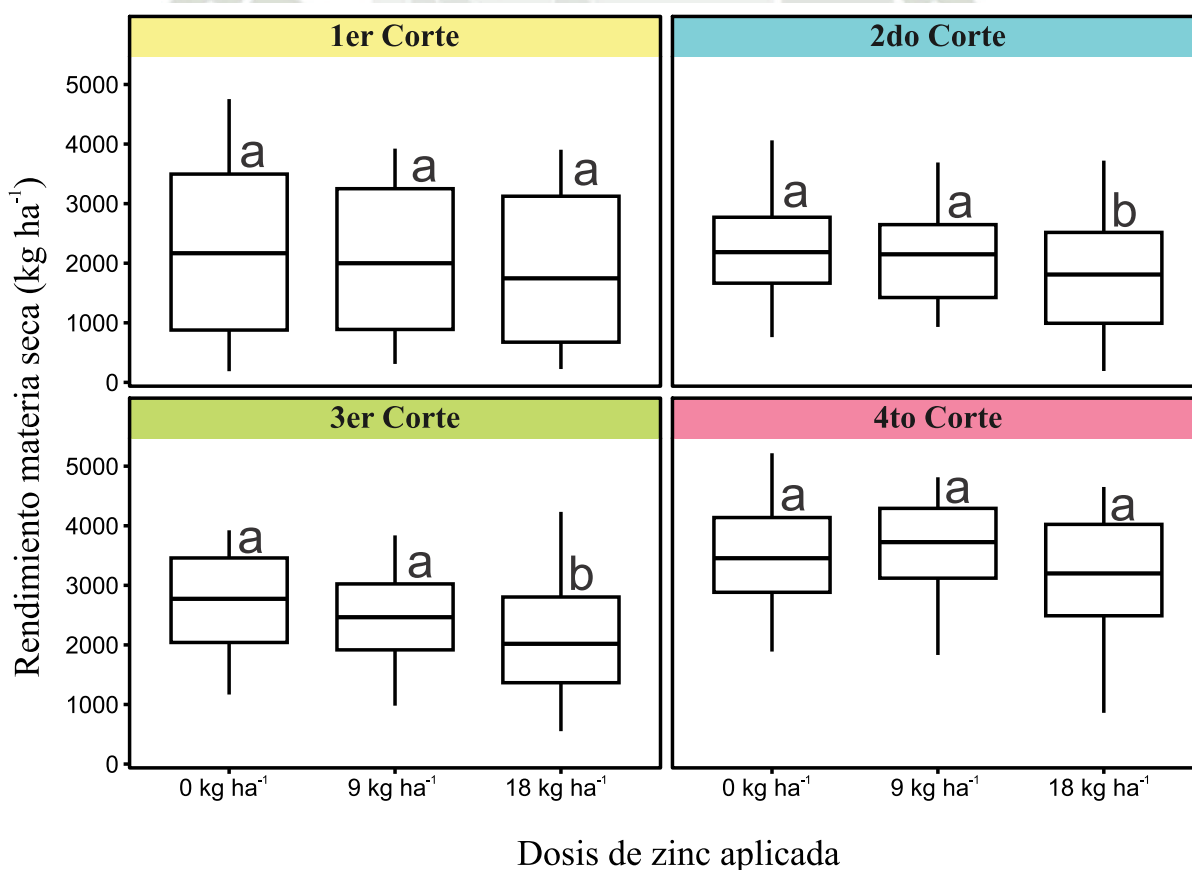


Figura N°45. Efecto de las dosis de zinc sobre el rendimiento en materia seca (kg ha^{-1}).



4.3.3 Porcentaje de Materia Seca

En base al Anexo N°11 se elaboró la Tabla N°11 para la observación de porcentaje de materia seca (%) donde:

4.3.3.1 Primer Corte

En el primer corte de alfalfa (*Medicago sativa* L.), se puede observar que existe significancia para el efecto principal de tipo de suelo. En el Figura N°46 se muestra la comparación de los tratamientos y en el Figura N°47 se muestra la comparación de medias del efecto principal de tipo de suelo.

El factor de suelo básico obtuvo el valor máximo de rendimiento con 23.6% de materia seca, frente al factor de suelo ácido con 21.4% de materia seca, un aumento del 10.3%.

4.3.3.2 Segundo Corte

En el segundo corte de alfalfa (*Medicago sativa* L.) (Tabla N°11), se puede observar que no existe significancia para efecto principal. En el Figura N°46 se muestra la comparación de los tratamientos y en el Figura N°47 se muestra la comparación de medias del efecto principal de tipo de suelo.

Numéricamente el suelo básico presentó mejores resultados, pero no estadísticamente diferente del suelo ácido.

4.3.3.3 Tercer Corte

En el tercer corte de alfalfa (*Medicago sativa* L.) (Tabla N°11), se puede observar que existe significancia para el efecto principal de tipo de suelo. En el Figura N°46 se muestra la comparación de los tratamientos y en el Figura N°47 se muestra la comparación de medias del efecto principal de tipo de suelo.

El factor de suelo ácido obtuvo el valor máximo de rendimiento con 19.9% de materia seca, frente al factor de suelo básico con 18.7% de materia seca, un aumento del 6.4%.

4.3.3.4 Cuarto Corte

En el cuarto corte de alfalfa (*Medicago sativa* L.) (Tabla N°11), se puede observar que existe significancia para el efecto principal de tipo de suelo. En el Figura N°46 se muestra la comparación de los tratamientos y en el Figura N°47 se muestra la comparación de medias del efecto principal de tipo de suelo.

El factor de suelo básico obtuvo el valor máximo de rendimiento con 21.6% de materia seca, frente al factor de suelo ácido con 20.3% de materia seca, un aumento del 6.4%.

Tabla N°11. Efecto de la aplicación edáfica de hierro y zinc sobre porcentaje de materia seca (%).

Factor	Porcentaje de materia seca (%)			
	1 ^{er} Corte	2 ^{do} Corte	3 ^{er} Corte	4 ^{to} Corte
Tipo de suelo				
Ácido	21.4 b	19.3 a	19.9 a	20.3 b
Básico	23.6 a	20.1 a	18.7 b	21.6 a
Dosis de Fe				
Fe 0 kg ha ⁻¹	23.5 a	19.2 a	19.4 a	21.0 a
Fe 10 kg ha ⁻¹	21.3 b	20.5 a	19.0 a	20.8 a
Fe 20 kg ha ⁻¹	22.6 ab	19.5 a	19.4 a	21.0 a
Dosis de Zn				
Zn 0 kg ha ⁻¹	22.5 a	19.3 a	19.7 a	21.1 a
Zn 9 kg ha ⁻¹	22.3 a	19.1 a	19.2 a	20.9 a
Zn 18 kg ha ⁻¹	22.7 a	20.7 a	19.0 a	20.8 a
Fuente de Variación	1 ^{er} Corte	2 ^{do} Corte	3 ^{er} Corte	4 ^{to} Corte
Suelo	0.0000 **	0.2367	0.0048 **	0.0009 **
Fe	0.0010 **	0.2717	0.6348	0.8893
Zn	0.7732	0.0965	0.3589	0.7679
Suelo*Fe	0.0006 **	0.0410 *	0.5122	0.2209
Suelo*Zn	0.7460	0.0042 **	0.8965	0.0224 *
Fe*Zn	0.0151 *	0.4817	0.9309	0.2236
Suelo*Fe*Zn	0.0229 *	0.3608	0.2641	0.5227
% C.V.	9.75%	15.60%	10.29%	8.79%

n.s: no significativo: *: significativo solo 5%; **: significancia de 1%

Medias de tratamiento dentro de una columna seguidos de la misma letra, para cada tipo de suelo y dosis, no son significativamente diferentes ($P < 0.05$) de acuerdo a la prueba HSD de Tukey.

Figura N°46. Porcentaje de Materia Seca producto de la aplicación de diferentes dosis de hierro y zinc en dos tipos de suelo, en cuatro momentos de corte.

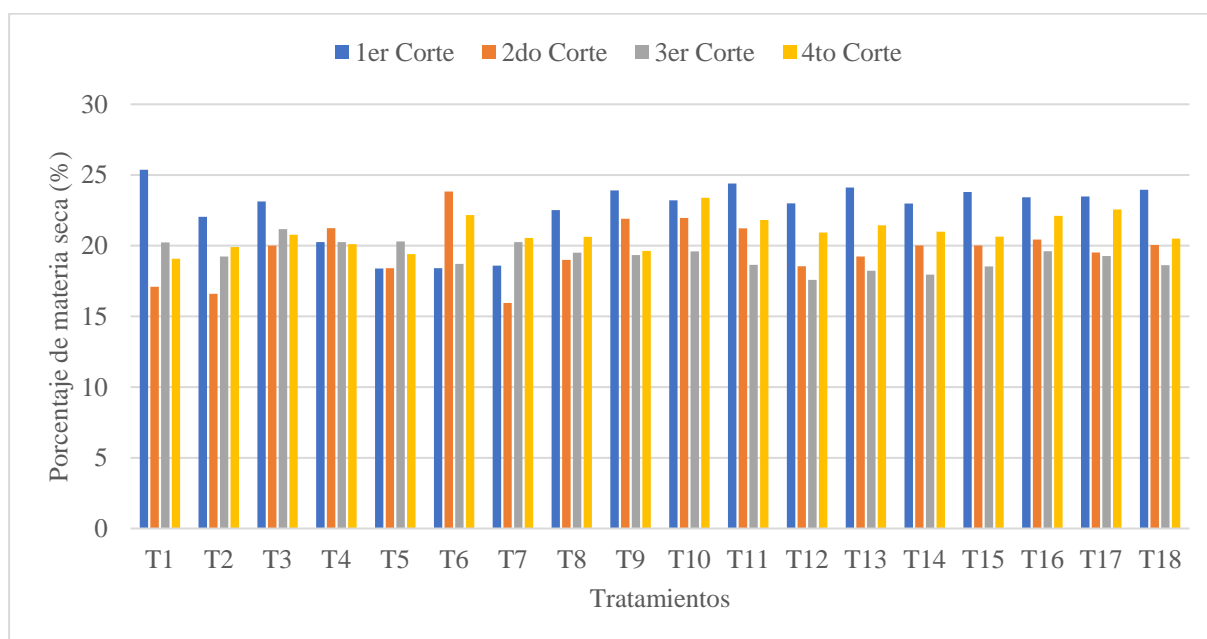
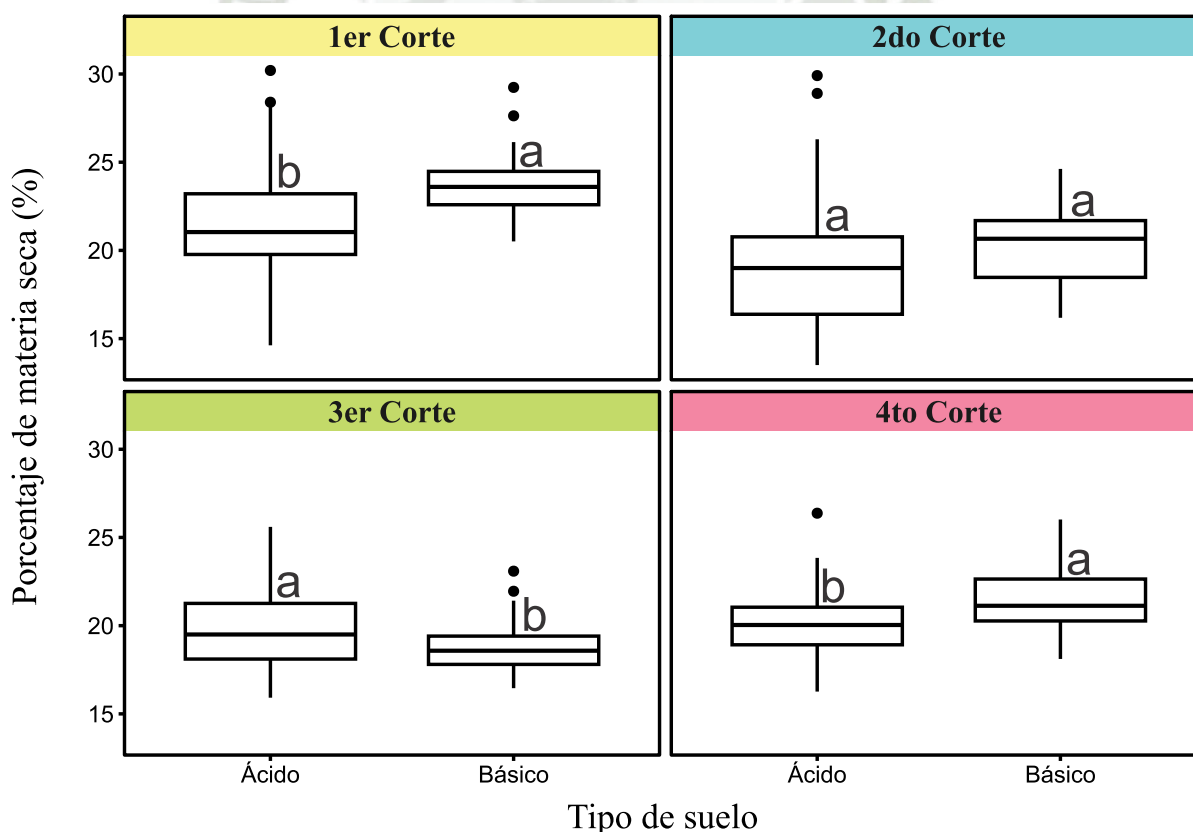


Figura N°47. Efecto del tipo de suelo sobre el porcentaje de materia seca (%).



4.4 Correlación entre factores y variables dependientes

Usando los datos recopilados en las bases de datos de los Anexos N° 15, 16, 17 y 18 se obtuvo cuatro matrices de correlación con el software R (usando las librerías “corrplot” y “psych”), donde se detalla con Figuras de dispersión bivariados debajo de la diagonal, histogramas de la distribución de datos en la diagonal y la correlación de Pearson entre variables encima de la diagonal, los valores de correlación pueden ser positivos o negativos, que puede interpretarse como directamente (positiva) o inversamente (negativa) proporcionales, y valores de correlación nula donde no es ni negativa ni positiva (valor de correlación cercano a $r = 0$), mientras mayor sea el valor de correlación, puede caracterizarse como significativa, los valores significativos van acompañados del símbolo “ * ”, donde si hay mayor número de asteriscos significa una correlación más importante entre variables y con mayor probabilidad de estar relacionadas entre sí.

En el caso de la correlación entre los factores, su valor de correlación debe ser siempre de un cero perfecto, debido a que no son valores continuos y por lo tanto no deberían estar relacionados de ninguna manera para preservar la validez de la experimentación.

4.4.1 Primer Corte

Según el Figura N°48 en el 1er Corte existen:

Correlaciones positivas significativas de los parámetros biométricos tales como altura de planta, número de hojas y número de tallos donde poseen correlaciones de carácter alto con el tipo de suelo básico, asimismo, tienen correlación con la producción de materia fresca, materia seca y porcentaje de materia seca. No existe evidencia de una correlación de parámetros biométricos y rendimiento con el nivel de concentración de hierro. El nivel de concentración de zinc es únicamente correlativo a la aplicación de zinc.

Correlaciones negativas significativas del nivel de concentración de zinc donde posee una correlación alta con el tipo de suelo ácido, de igual manera existen correlaciones negativas con los parámetros biométricos y el rendimiento obtenido.

4.4.2 Segundo Corte

Según el Figura N°49 en el 2do Corte existen:

Correlaciones positivas significativas del tipo de suelo básico donde está correlacionado con el nivel de concentración de hierro, los parámetros biométricos y el rendimiento en materia fresca y seca. Los parámetros biométricos poseen correlación con la producción

de materia fresca y seca. La aplicación de zinc posee correlación con el nivel de concentración de zinc y el número de hojas y tallos.

Correlaciones negativas significativas del nivel de concentración de zinc donde está fuertemente correlacionado con el tipo de suelo ácido, de igual manera que posee correlaciones negativas con el nivel de concentración de hierro, número de hojas y de tallos. La aplicación esta correlacionada negativamente con el rendimiento en materia fresca y seca.

4.4.3 Tercer Corte

Según el Figura N°50 en el 3er Corte existen:

Correlaciones positivas significativas del tipo de suelo básico donde está correlacionado con la altura de planta, el número de hojas y el rendimiento en materia fresca y seca. La altura de planta y el número de hojas poseen correlación con el rendimiento y producción de biomasa forrajera. La aplicación de zinc está altamente correlacionada con el nivel de concentración de zinc.

Correlaciones negativas significativas de los niveles de concentración de hierro y zinc donde están correlacionados negativamente con el rendimiento en materia fresca y seca, así como con los parámetros biométricos de altura de planta y número de hojas. El tipo de suelo ácido tiene correlación con los niveles de concentración de los microelementos.

4.4.4 Cuarto Corte

Según el Figura N°51 en el 4to Corte existen

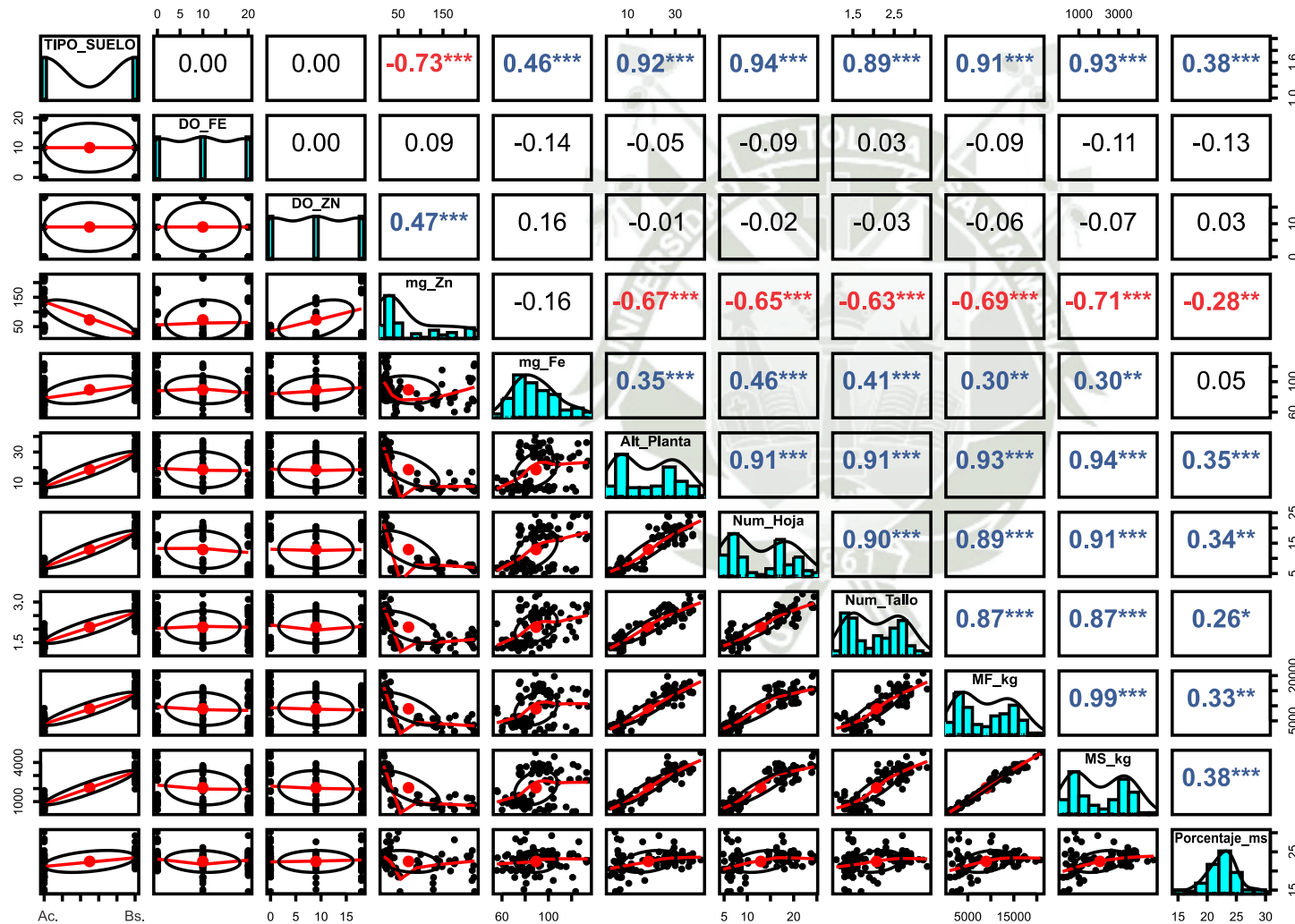
Correlaciones positivas significativas del tipo de suelo básico donde está correlacionado con el nivel de concentración de hierro, la altura, y el rendimiento en materia fresca y seca. Los parámetros biométricos están correlacionados entre sí y con el rendimiento en materia fresca y seca.

Correlaciones negativas significativas del nivel de concentración de zinc donde está correlacionado negativamente con el nivel de concentración de hierro, así como altura de planta y rendimiento en materia fresca y seca.

Figura N°48. Matriz de Correlación correspondiente a las variables de estudio en el primer corte.

* = Correlación Baja; ** = Correlación Moderada; *** = Correlación Alta; Correlaciones sin signo = No Significativas; Valores 0 = Correlación Nula

Matriz de correlación - 1er Corte



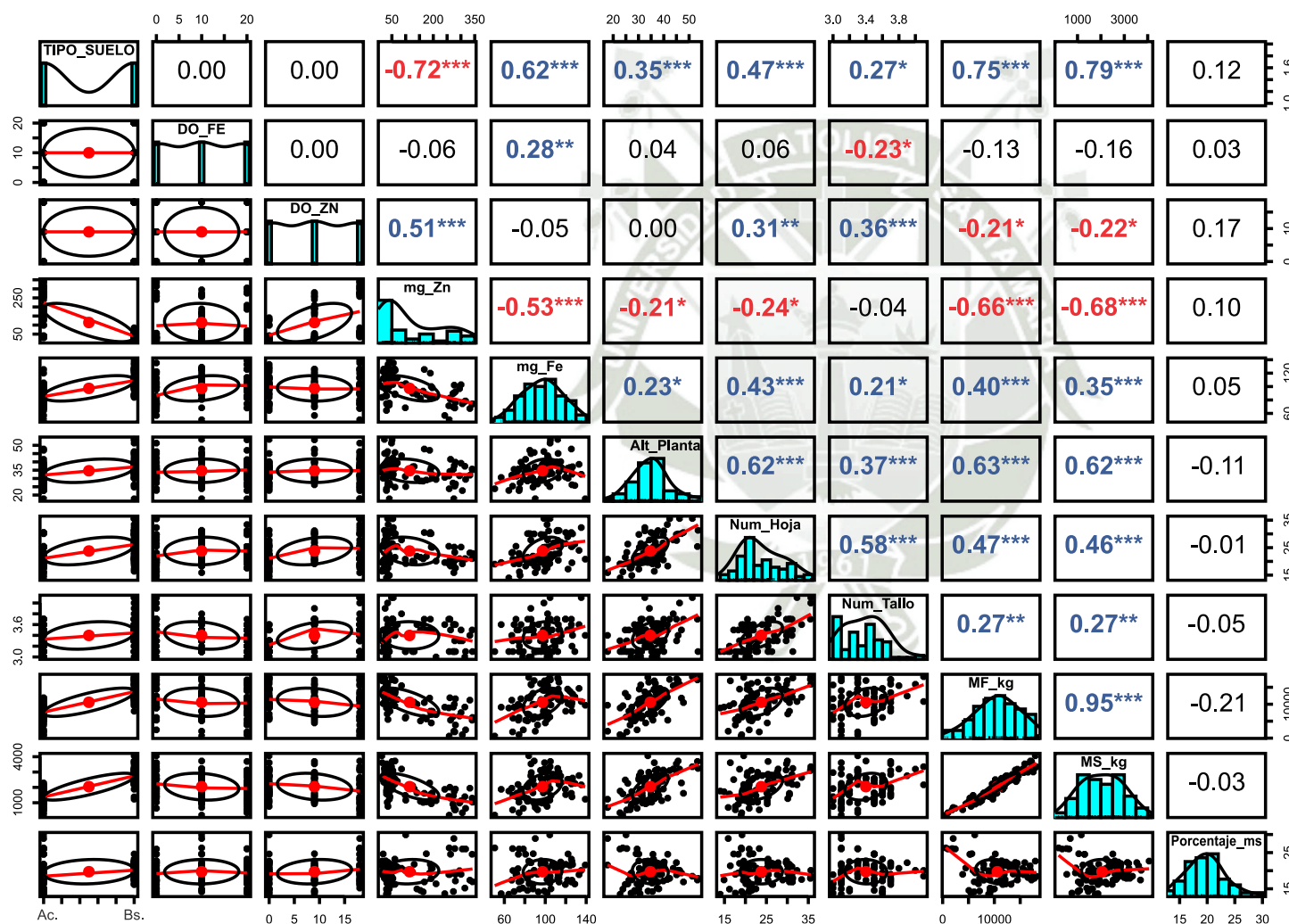
TIPO_SUELO = Tipo de Suelo;
DO_FE = Aplicación de hierro;
DO_ZN = Aplicación de zinc.

Alt_Planta = Altura de planta;
Num_Hoja = Número de hojas;
Num_Tallo = Número de tallos;
mg_Zn = Nivel de concentración de zinc, mg_Fe = Nivel de concentración de hierro; MF_kg = Producción de materia fresca; MS_kg = Producción de materia seca; Porcentaje_ms = Porcentaje de materia seca.

Figura N°49. Matriz de Correlación correspondiente a las variables de estudio en el segundo corte.

* = Correlación Baja; ** = Correlación Moderada; *** = Correlación Alta; Correlaciones sin signo = No Significativas; Valores 0 = Correlación Nula

Matriz de correlación - 2do Corte



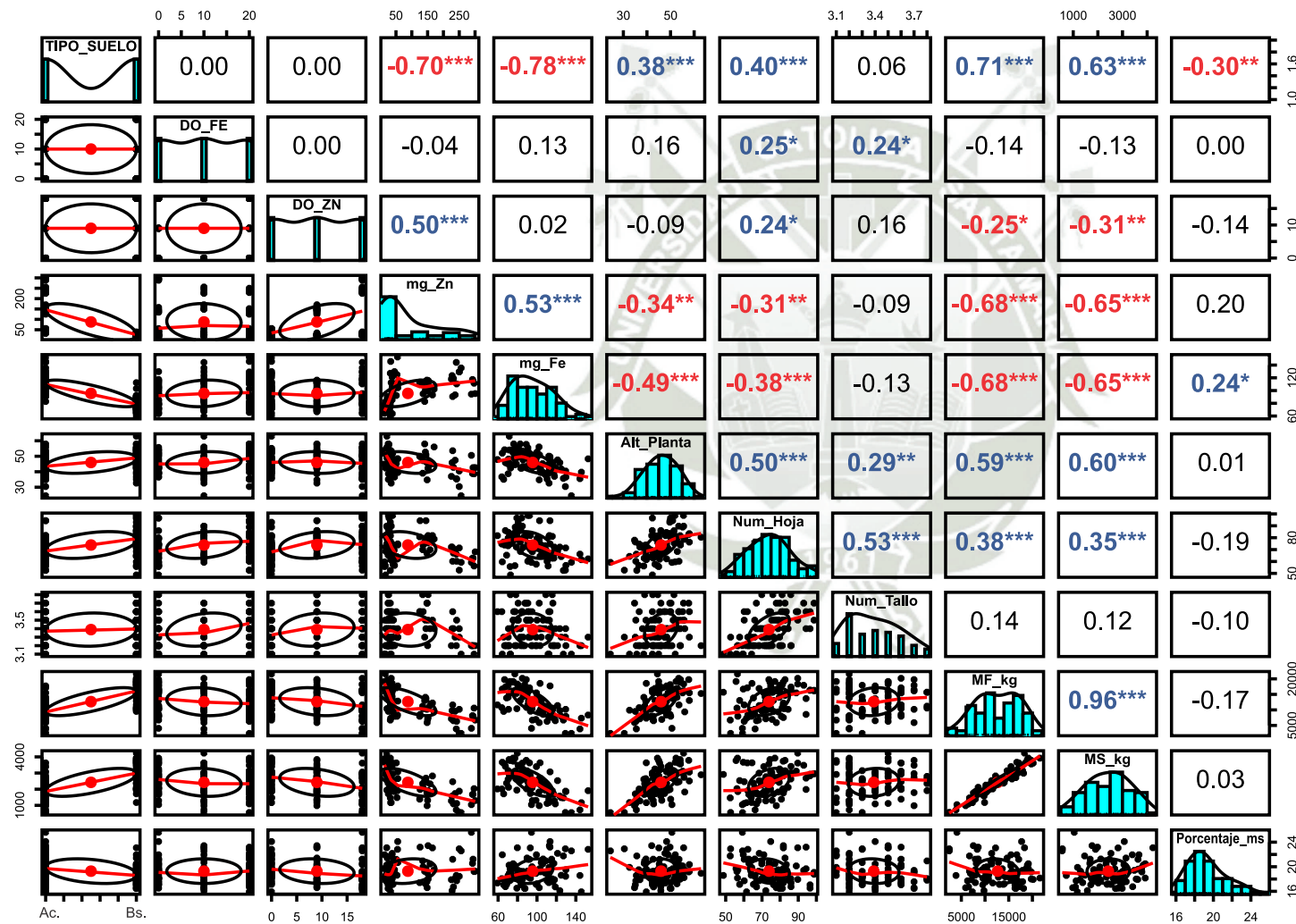
TIPO_SUELO = Tipo de Suelo;
DO_FE = Aplicación de hierro;
DO_ZN = Aplicación de zinc.

Alt_Planta = Altura de planta;
Num_Hoja = Número de hojas;
Num_Tallo = Número de tallos;
mg_Zn = Nivel de concentración de zinc, mg_Fe = Nivel de concentración de hierro; MF_kg = Producción de materia fresca; MS_kg = Producción de materia seca; Porcentaje_ms = Porcentaje de materia seca.

Figura N°50. Matriz de Correlación correspondiente a las variables de estudio en el tercer corte.

* = Correlación Baja; ** = Correlación Moderada; *** = Correlación Alta; Correlaciones sin signo = No Significativas; Valores 0 = Correlación Nula

Matriz de correlación - 3er Corte



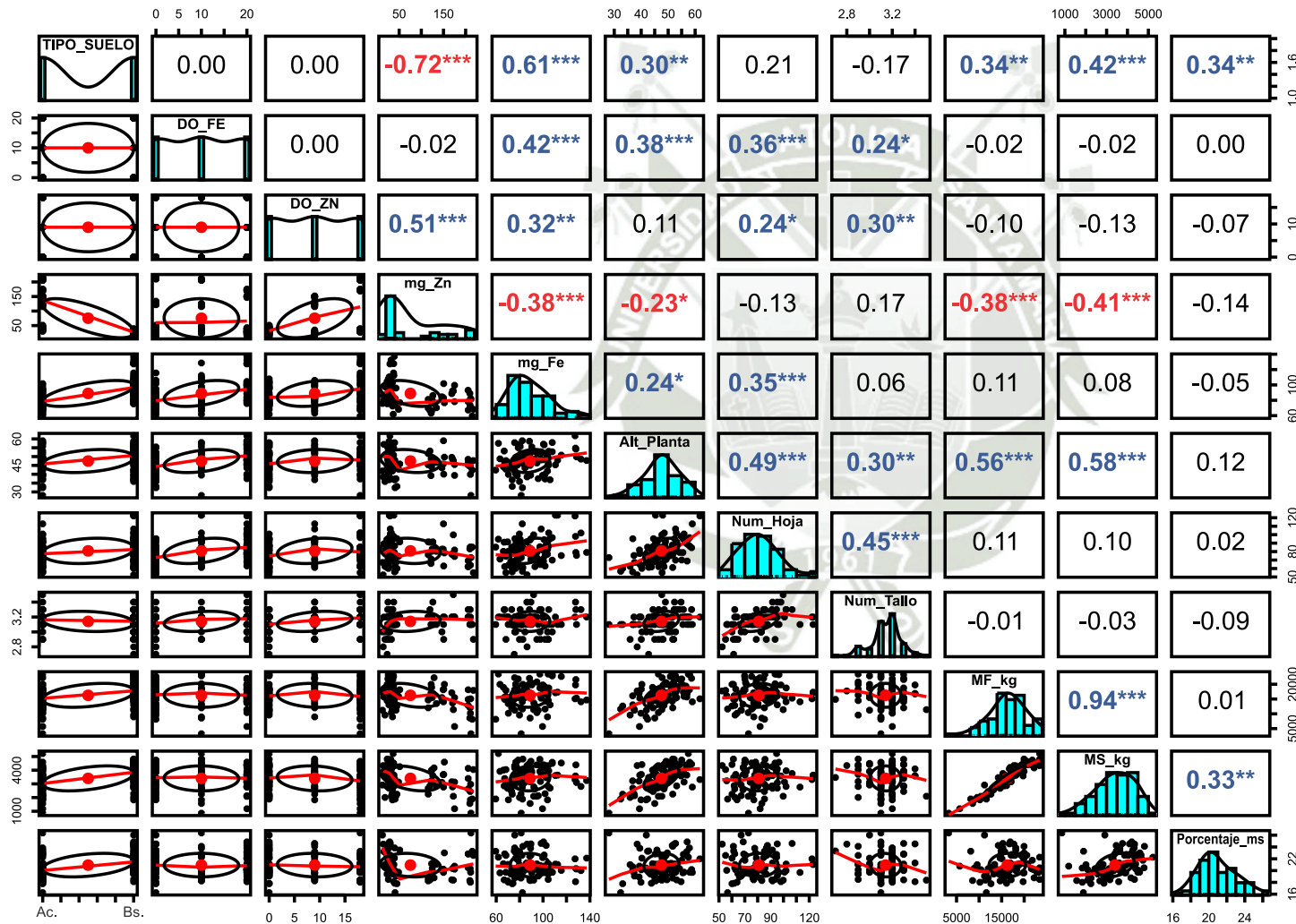
TIPO_SUELO = Tipo de Suelo;
DO_FE = Aplicación de hierro;
DO_ZN = Aplicación de zinc.

Alt_Planta = Altura de planta;
Num_Hoja = Número de hojas;
Num_Tallo = Número de tallos;
mg_Zn = Nivel de concentración de zinc, mg_Fe = Nivel de concentración de hierro; MF_kg = Producción de materia fresca; MS_kg = Producción de materia seca; Porcentaje_ms = Porcentaje de materia seca.

Figura N°51. Matriz de Correlación correspondiente a las variables de estudio en el cuarto corte.

* = Correlación Baja; ** = Correlación Moderada; *** = Correlación Alta; Correlaciones sin signo = No Significativas; Valores 0 = Correlación Nula

Matriz de correlación - 4to Corte



TIPO_SUELO = Tipo de Suelo;
DO_FE = Aplicación de hierro;
DO_ZN = Aplicación de zinc.

Alt_Planta = Altura de planta;
Num_Hoja = Número de hojas;
Num_Tallo = Número de tallos;
mg_Zn = Nivel de concentración de zinc, mg_Fe = Nivel de concentración de hierro; MF_kg = Producción de materia fresca; MS_kg = Producción de materia seca; Porcentaje_ms = Porcentaje de materia seca.

CAPÍTULO V

5. DISCUSIÓN

5.1 Efectos de la biofortificación en parámetros biométricos

5.1.1 Altura de Planta

Según bibliografía consultada referida a la instalación del cultivo de alfalfa en campo, el pH del suelo afecta en la producción de biomasa forrajera relacionada con el rendimiento, donde los mejores rendimientos se dan conforme el pH del suelo se eleva hasta ser moderadamente alcalino ($\text{pH} > 7$) (Undersander, Cosgrove, et al., 2011). Esta información dada por el autor se puede confirmar con los resultados referentes a los cuatro cortes, donde el nivel de suelo básico nos dio los mejores resultados frente al nivel de suelo ácido.

En la evolución de la alfalfa en los cuatro cortes, siempre hubo significancia en los efectos principales del factor de tipo de suelo, sin embargo, en el cuarto corte se evidenció significancias a nivel de hierro, según literatura el comportamiento de suelos ácidos frente a suelos calcáreos con pH elevado indica que un pH mayor a 5.4 del suelo favorece de forma lineal la acumulación de biomasa (definida por la altura, hojas y tallos en cada corte). (Bouton & Sumner, 1983; Moreira & Fageria, 2010)

Según información sobre el desarrollo del cultivo de alfalfa, a relación simbiótica fija una menor amplitud de pH óptimo para el crecimiento de la alfalfa, dado que esta asociación es más eficiente en un rango de pH 6,8 – 7,0; tanto la iniciación y el establecimiento como el funcionamiento de la simbiosis entre la leguminosa hospedante y el rizobio específico se tornan más complejas y sensibles en un medio ácido (Basigalup, 2007). Podemos afirmar con nuestros resultados que el tipo de suelo tiene un efecto general en la altura de planta en cualquier corte.

De la misma forma, según el análisis correlativo de las variables dependientes y factores, la observación de altura de planta tiene correlaciones positivas de carácter alto con el nivel de suelo básico (0.92 - 0.30), con el número de hojas (0.91 - 0.49) y el número de tallos (0.91 - 0.30), Materia Fresca y Materia Seca en los cuatros cortes, sin embargo, también existió una correlación positiva moderada con la dosis de hierro (0.38) y la cantidad de hierro absorbida (0.24), pero es exclusiva del cuarto corte.

5.1.2 Número de Hojas

Según literatura revisada sobre parámetros biométricos, una nutrición adecuada de Zn de la alfalfa aumentó significativamente el área foliar y el número de hojas por consiguiente, asimismo, (H. Grewal, 2010) indica que el número de hojas es bajo en los primeros cortes

debido a la aplicación de micronutrientes, pero posterior del primer corte, recién se manifiesta efectos positivos relacionados a la adición de micronutrientes en forma de fertilización (H. S. Grewal & Williams, 2000). De forma general en los cuatro cortes evaluados, la adición de 18 kg ha⁻¹ de zinc resulta en un aumento positivo en el número de hojas.

Asimismo, se indica que la proporción de hoja-tallo aumenta con la fertilización de zinc a dosis altas (H. Grewal, 2010). Nuestros resultados apoyan esa información en el segundo, tercer y cuarto corte, donde aumentó el número de hojas debido a la cantidad de micronutriente aplicado (dosis de 10 y 20 kg ha⁻¹ para hierro y de 9 y 18 kg ha⁻¹ para zinc).

Referente al comportamiento de biomasa en suelos con pH ácido y básico, se indica que para la formación de biomasa no hubo ninguna ventaja en suelos de pH bajo, lo que se reafirma con nuestros resultados debido a que el nivel de suelo básico fue estadísticamente mejor que el nivel de suelo ácido. (Bouton & Sumner, 1983)

De la misma forma, según el análisis correlativo de las variables dependientes y factores, la observación de número de hojas pasó de tener correlaciones positivas muy altas con la altura de planta (0.91), número de tallos (0.90), producción de materia fresca (0.89) y materia seca (0.91), a tener correlaciones moderadas con las dosis de hierro (0.36) y zinc (0.24), y mantener las correlaciones altas con la altura de planta (0.49) y el número de tallos (0.45), lo que indica el número de hojas es totalmente dependiente de los parámetros biométricos en su desarrollo temprano, pero una vez establecida procede a depender también del nivel de aplicación y disponibilidad de micronutrientes.

5.1.3 Número de Tallos

Según literatura se indica que dosis de zinc suplementarias aumentaron el número de tallos y su relación con las hojas se vio favorecida en suelos básicos (H. S. Grewal & Williams, 2000). Nuestros resultados también reflejan este hecho, debido a que los mejores tratamientos en número de tallos se caracterizan por tener dosis de 18 kg ha⁻¹ de zinc aplicados, el comportamiento de este microelemento en los primeros dos cortes se caracterizó en el nivel de suelo básico donde obtuvo los mejores resultados; sin embargo, en el tercer corte el factor suelo dejó de tener significancia y en el cuarto corte el nivel de suelo ácido pasó a ser el mejor nivel de este factor para favorecer el número de tallos con dosis altas de zinc (18 y 9 kg ha⁻¹)

Para una correcta interpretación de los resultados es necesario entender la movilidad del microelemento zinc, la literatura afirma que el microelemento zinc es móvil en tejido joven en la planta, por lo que es correcto indicar que conforme haya más rebrotes de tallos principales

en la planta al pasar los cortes, el microelemento zinc tendrá mayor incidencia en estos resultados (Kochhar & Gujral, 2020).

De la misma forma, según el análisis correlativo de las variables dependientes y factores, la observación de número de tallos pasó de tener correlaciones positivas muy altas con la altura de planta (0.91), número de hojas (0.90), dosis de zinc (0.31), nivel de concentración de hierro (0.61) y producción materia fresca y materia seca (0.87 en ambos casos), a solo tener correlaciones moderadas con las dosis de hierro (0.38) y su nivel de concentración (0.24), manteniendo correlación con altura de planta (0.30) y número de hojas (0.45), la formación de tallos dejó de estar significativamente relacionada con el rendimiento (valores negativos de 0.01).

5.2 Efectos de la biofortificación en el nivel de concentración de micronutrientes

5.2.1 Nivel de concentración de hierro

Según literatura en trabajos similares de biofortificación en alfalfa, se encontró aumentos entre 30 a 50% en la concentración de hierro en planta según dosis aplicada (Park et al., 2014), nuestros resultados son similares encontrándose aumentos porcentuales entre 21 a 35% según dosis aplicada y la interacción con suelo, de igual forma otros estudios obtuvieron aumentos de hasta 130% con aplicación de soluciones férricas solubles directamente en suelo básico (Przybysz et al., 2016).

Según literatura, en los suelos la corrección de la acidez puede favorecer considerablemente la concentración de hierro (Fe) a valores altos de pH. Esto debido a que el microelemento zinc puede causar deficiencia de hierro y síntomas de toxicidad por nutrientes (en hojas viejas) (Basigalup, 2007; Bhatla & Lal, 2018; Mousavi et al., 2012). En nuestros resultados se observó que los mejores tratamientos para el nivel de concentración de hierro en kg ha^{-1} se caracterizan por tener una dosis de 0 kg ha^{-1} de zinc aplicados.

Literatura reciente indica que el mayor contenido de nutriente hierro se da en los brotes en suelo calcáreo de pH igual o mayor a 7 (Motesarezadeh et al., 2020). El nivel de suelo básico que se sometió a análisis (Anexo N°2) indica altas concentraciones de CaCO_3 , lo que permitió un mejor aprovechamiento del microelemento hierro en los tratamientos, los peores tratamientos de dieron en los suelos ácidos con altas dosis de zinc aplicadas, confirmando la información dada anteriormente (Bhatla & Lal, 2018).

Cabe mencionar que la biodisponibilidad del hierro es baja (<15%) en los alimentos vegetales y, por lo tanto, es un factor importante a considerar en los enfoques de biofortificación de cultivos básicos (Connorton & Balk, 2019). No obstante, según información sobre

disponibilidad del hierro para animales, los rumiantes que pastan o son alimentados con ensilaje o heno cosechado pueden estar expuestos a altos niveles de hierro a través de la ingestión de forraje, agua o suelo. Se necesitan estudios para determinar si la solubilidad del hierro de los forrajes y del suelo es suficiente para afectar adversamente la fermentación ruminal (Spears, 1994).

El nivel de concentración de hierro está correlacionado fuertemente con el tipo de suelo, siendo el suelo básico el que mayor correlación presenta (0.62), adicional a esto está moderadamente relacionada con los parámetros biométricos de altura de planta (0.35 – 0.24) y número de hojas (0.46 – 0.35), el comportamiento del nivel de concentración de hierro fue alterándose en los diferentes cortes, siendo el tercer corte donde presentó correlaciones negativas con varias observaciones paramétricas y de rendimiento.

5.2.2 Nivel de concentración de zinc

Se indica que la planta de alfalfa solo requiere de 1.5 gramos de zinc por cada tonelada de materia seca producida para asegurar una nutrición básica en el animal (Basigalup, 2007). Sin embargo, en nuestros resultados se han obtenido mayores absorciones en mg kg^{-1} por lo que podemos hablar de que los tratamientos significativos pueden ser considerados biofortificados en zinc y de materia seca enriquecida con altos niveles de concentración.

En literatura reciente se menciona que el microelemento zinc es muy móvil hacia los tejidos foliares juveniles (Wang et al., 2021). Esto puede confirmarse con nuestros resultados debido a que los tratamientos con dosis de 18 y 9 kg ha^{-1} de zinc resultaron tener la mayor cantidad de zinc concentrado en la biomasa producida (kg ha^{-1}), otra forma de relacionar nuestra investigación es referente al régimen de corte consecutivo de la presente investigación, que estimuló el rebrote de alfalfa y la retranslocación de metales de la raíz a los tejidos aéreos, ya que según la metodología del trabajo de investigación, se usaron periodos de corte con 45 días aproximadamente tomando en cuenta la aparición del rebrote de tallos basales principales.

Incluso con aplicaciones bajas de 0.5 y 1 kg ha^{-1} se obtienen resultados significativos en el nivel de concentración de zinc (Petković et al., 2019). Nuestra investigación se asemeja en dosis de zinc aplicada a trabajos anteriores donde el zinc se aplicó a través del suelo y en dosis de 4 kg Zn ha^{-1} o dosis aún mayores de 40, 80, 120 kg ha^{-1} , donde las dosis altas obtuvieron los mejores resultados de nivel de concentración de zinc (Ceylan et al., 2009; H. Grewal, 2010; H. S. Grewal, 2001). Ceylan solo obtuvo mejoras de 18% en comparación con el testigo en un suelo básico, a comparación nuestro trabajo pudo obtener mejoras de hasta 262% con dosis de 18 kg ha^{-1} de zinc, donde los mejores resultados se dieron con los suelos ácidos. Grewal obtuvo

aumentos de hasta 42% aplicando 4 kg ha⁻¹ de sulfato de zinc, con una concentración baja en el tratamiento testigo de 15.9 mg kg⁻¹ en un suelo básico.

De la misma forma, según el análisis correlativo de las variables dependientes y factores, la observación de nivel de concentración de zinc no tuvo correlaciones significativas positivas en el primer corte excepto por la dosis aplicada de zinc (0.47), a partir del segundo corte empezó a decrecer la correlación negativa con la producción de Materia Seca (de -0.71 a -0.41) y el nivel de concentración de hierro (llegando a valores de -0.53), asimismo, el nivel de concentración de zinc se ve favorecida por el nivel de suelo ácido (-0.73).

5.3 Efectos de la biofortificación en el rendimiento y producción de biomasa

5.3.1 Producción de Materia Fresca

El rendimiento de producción de materia fresca estará sujeta a la categoría de nutrientes esenciales presentes en el desarrollo del cultivo hasta el corte (Basigalup, 2007). Por lo que según esta definición podemos afirmar que mayormente los tratamientos que cuentan con el nivel de suelo básico permiten un aprovechamiento de micronutrientes en la categoría de “suficiente” ya que el rendimiento en producción de materia fresca no se ve reducido, pero si favorece la concentración del microelemento, esto se reafirma con los tratamientos de nivel de suelo ácido, los cuales presentan los peores resultados en cuanto a producción de Materia Fresca (kg ha⁻¹).

Dosis de 4 kg ha⁻¹ de zinc solo afectan en una variación de 8% en biomasa producida en el cultivo de alfalfa (H. Grewal, 2010), nuestros resultados son similares con variaciones de 6% referentes al testigo.

Dosis altas de zinc pueden reducir hasta en un 40% la materia fresca producida por planta (Wang et al., 2021), nuestro trabajo de investigación obtuvo resultados similares con reducciones entre 25 a 30% según dosis de zinc aplicada.

Además, se encontró que la dosis de 4 kg ha⁻¹ de Zn tenía diferente eficiencia en el aumento del rendimiento de diferentes genotipos de alfalfa (H. S. Grewal, 2001). Por lo que sería necesario investigar otras variedades en condiciones controladas con las mismas dosis de 0, 9 y 18 kg ha⁻¹ de zinc para tener un mejor panorama.

Otros autores apoyan este planteamiento debido a que el rendimiento se ve afectado enormemente por el nivel de pH del suelo, donde los suelos ácidos presentan la peor adaptación y la categoría de “sobrexceso y toxicidad” en cuestión de disponibilidad de microelementos, como el caso del microelemento zinc, cuyas dosis en suelo ácido reduce el rendimiento

(Undersander, Cosgrove, et al., 2011). Se dice que la aplicación combinada de Zn y Fe produjo el mayor rendimiento biológico, siempre y cuando se de en suelos óptimos para producción. (Hafeez et al., 2021)

De la misma forma, según el análisis correlativo de las variables dependientes y factores, la observación de materia fresca pasó de tener correlaciones significativas positivas con todos los parámetros biométricos. A solo tener correlación significativa con la observación de altura de planta (0.56) en el cuarto corte, sin embargo, siempre tuvo una correlación significativa casi perfecta con la producción de materia seca (0.99 - 0.94).

5.3.2 Producción de Materia Seca

Algunos autores indican que los índices de acidez óptimos para el máximo rendimiento de materia seca se dan con un pH mayor a 5.4 (Moreira & Fageria, 2010). Esto se puede reflejar en nuestros resultados donde el máximo rendimiento se dio en suelos de nivel básico para los cuatro cortes, donde al inicio, la aplicación de hierro reducía el rendimiento, pero conforme se desarrollaba el cultivo la aplicación dejó de ser significativa.

Las aplicaciones de zinc puede resultar en una disminución muy variable desde el 5% hasta 10% en suelos básicos en materia seca en la producción de biomasa de alfalfa (Wang et al., 2021), nuestros resultados son similares en la dosis de 9 kg ha⁻¹ donde se obtuvo reducciones de 9%, no obstante en dosis altas de 18 kg ha⁻¹ se obtuvo reducciones menores a 20%. Cabe aclarar que también se indica que el zinc (Zn) a dosis altas, no incrementó el rendimiento de forraje de la alfalfa a lo largo de una temporada de evaluación (Basigalup, 2007). Si bien lo dicho anteriormente por el autor es correcto para los primeros tres cortes de nuestra investigación, el cuarto corte reflejó que hubo aumento en el rendimiento por la combinación de hierro y zinc en suelos básicos, por lo que es discutible la dosis aplicada a nuestro experimento, esto sujeto a las propias limitaciones de la variedad y el no haber usado otros cultivares para evaluar la respuesta.

Dosis altas de zinc compuestas de 40, 80 y 120 kg ha⁻¹ puede ocasionar reducciones variables entre 20 a 20.5% (Ceylan et al., 2009), cuya reducción es similar a nuestro trabajo aplicando 18 kg ha⁻¹ con reducciones menores del 20%, es decir, que a dosis altas de zinc, la reducción de rendimiento es igual.

El efecto positivo de la fertilización con Zn sobre el rendimiento de la alfalfa se estableció en varios estudios relacionados al suministro adecuado de nutrientes clave es uno de los factores importantes para una mayor productividad y sostenibilidad de los pastos de alfalfa (Ceylan et al., 2009; H. Grewal, 2010; H. S. Grewal, 2001). Varios autores afirman que la

biofortificación agronómica con micronutrientes reduce la producción de materia seca pero esta es enriquecida con micronutrientes, de igual manera se indica que la producción se ve mermada por el aumento de las dosis de micronutrientes, siendo objeto de estudio otras maneras de biofortificación para la producción de forraje sin perder rendimiento (Guillén-Molina et al., 2016; Szerement et al., 2022; Wang et al., 2021).

La producción de materia seca presenta correlaciones significativas positivas con el tipo de suelo básico (de 0.93 a 0.42) en los cuatro cortes, al igual que posee una correlación negativa con la concentración de zinc (de -0.71 a -0.41) pero esta reduce su valor conforme se desarrolla el cultivo.

5.3.3 Porcentaje de Materia Seca

Se menciona que omitir la fertilización con micronutrientes puede llevar a pérdidas de calidad en la pastura, por lo que se traduce con una alfalfa con mayor contenido de agua, menor contenido de proteína y fibra detergente, lo que repercute en el porcentaje de materia seca (H. Grewal, 2010). Sin embargo, en nuestros resultados existe igualdad estadística entre el tratamiento testigo y las combinaciones con dosis de hierro y zinc.

El Porcentaje de Materia Seca es un indicador de producción, siendo un parámetro que para la producción de materia seca es muy variable en los forrajes, dependiendo significativamente del estado fisiológico del mismo, donde en las plantas más jóvenes crece activamente el contenido de agua, y cuando comienzan a envejecer sin realizarle cortes o pastoreos contienen menos agua y por ende más porcentaje de fibra neutra y menos digestibles para la alimentación de animales (Calistro, 2012). El Porcentaje de Materia Seca se verá afectado por el objetivo de manejo al que sometamos al cultivo, se menciona que para una producción de calidad se necesita cortes con tiempos más espaciados, pero en cambio, nuestra metodología aplicó cortes más intensivos de periodos de corte entre 40 a 45 días, esto con el objetivo de obtener producción de Materia Seca de forma rápida para analizarla (Undersander, Cosgrove, et al., 2011).

Las correlaciones entre el porcentaje de materia y las demás variables en los cuatro cortes son irregulares, por lo que podemos decir que es una variable con poca probabilidad de relación y de carácter independiente conforme se desarrolla el cultivo.

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES

6.1 Efectos de la biofortificación en parámetros biométricos

Se concluye que, para los parámetros biométricos, el suelo básico favorece el desarrollo de las plantas de alfalfa en comparación con el suelo ácido, existe diferencia estadística para las variables de altura de planta, número de hojas y tallos. Con las dosis de 10 y 20 kg ha⁻¹ de hierro con 9 y 18 kg ha⁻¹ de zinc se obtienen mejores resultados con diferencia estadística del testigo, todas las variables que componen el desarrollo del cultivo están correlacionadas.

6.2 Efectos de la biofortificación en el nivel de concentración de micronutrientes

Se concluye que, para los niveles de concentración, en **hierro** el tipo de suelo básico influyó positivamente en el nivel de concentración, adicional la aplicación de 10 y 20 kg ha⁻¹ tuvieron efectos positivos, se encontró significancia en la interacción de hierro y zinc con aplicaciones combinadas de ambos microelementos, esta variable tiene una correlación positiva con la dosis de hierro aplicada, pero cuenta con una correlación negativa con el nivel de concentración de zinc obtenido en planta. Para **zinc**, el tipo de suelo ácido influyó significativamente en el nivel de concentración obtenido, siendo ampliamente superior a comparación del suelo básico, combinado con dosis de 18 kg ha⁻¹ de zinc donde se presentan mejores resultados con bajas dosis de hierro (0 y 10 kg ha⁻¹), esta variable posee una correlación negativa con los valores de concentración de hierro en planta y la producción de biomasa.

6.3 Efectos de la biofortificación en el rendimiento y producción de biomasa

Se concluye que, para rendimiento de **materia fresca** (kg ha⁻¹), **materia seca (kg ha⁻¹)** y **porcentaje de materia seca (%MS)**, el tipo de suelo básico tuvo una influencia positiva con diferencia significativa frente al suelo ácido. El rendimiento de materia fresca se ve reducido con dosis de 18 kg ha⁻¹ de zinc, esta variable tiene correlaciones altas con los parámetros biométricos. Para el rendimiento de **Materia Seca**, las dosis de 20 kg ha⁻¹ de hierro y 18 kg ha⁻¹ de zinc reducen el rendimiento con valores menores al 20%, esta variable tiene una correlación alta positiva con la materia fresca producida, pero con una correlación negativa con el nivel de concentración de zinc.

CAPÍTULO VII

7. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la elección de suelos básicos para el cultivo de alfalfa, ya que esto favorece un desarrollo más óptimo. Además, se sugiere la aplicación de dosis de 10 y 20 kg ha⁻¹ de hierro junto con 9 y 18 kg ha⁻¹ de zinc. Asimismo, es esencial supervisar el desarrollo en altura de planta, número de hojas y tallos, dado que están correlacionados y tienen un impacto conjunto en el éxito del cultivo de alfalfa.
2. Para optimizar la concentración de micronutrientes en las plantas, elija suelos básicos y aplique entre 10 y 20 kg ha⁻¹ de hierro. En suelos ácidos, prefiera 18 kg ha⁻¹ de zinc y dosis moderadas de hierro. Evalúe constantemente la biomasa y la interacción entre hierro y zinc para ajustar las prácticas de fertilización. Esta estrategia mejorará la eficiencia de absorción de nutrientes y el rendimiento del cultivo.
3. Se recomienda suelos básicos para obtener un mejor rendimiento de materia fresca y materia seca. No se recomienda dosis elevadas de zinc de 18 kg ha⁻¹. Supervisar el crecimiento de alfalfa, ya que está fuertemente ligado al rendimiento de materia fresca. Investigar dosis alternativas de 20 kg ha⁻¹ de hierro y 18 kg ha⁻¹ de zinc para evitar reducciones de rendimiento en materia seca.

REFERENCIAS

- Adriani, M. J., Åslander, A., Baumeister, W., Bergmann, W., Biebl, R., V. Boguslawski, E., Ellenberg, H., Eschrich, W., Fischer, H., Gessner, F., Hewitt, E. J., Jensen, H. L., Kalle, K., Krause, W., Leyton, L., Linnemann, G., Melin, E., Metzner, H., Michael, G., ... V. Witsch, H. (Eds.). (1958). *Die mineralische ernährung der pflanze / Mineral nutrition of plants*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-94729-2>
- Aqualin. (s. f.). *Automatic LCD display watering timer electronic ball valve irrigation*. Aqualin Official Store. Recuperado 18 de junio de 2023, de <https://www.aqualinstore.com/products/automatic-lcd-display-watering-timer-electronic-ball-valve-irrigation-controller-21026>
- Basigalup, D. (2007). *El cultivo de la alfalfa en la Argentina*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA. <https://inta.gob.ar/documentos/el-cultivo-de-la-alfalfa-en-la-argentina>
- Benavides Mendoza, A. (2011). *Absorción de iones en la raíz*. Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/absorcion_de_iones_en_la_raiz.pdf
- Bhatla, S. C., & Lal, M. A. (2018). *Plant physiology, development and metabolism*. Springer.
- Bouton, J. H., & Sumner, M. E. (1983). Alfalfa, *Medicago sativa* L., in highly weathered, acid soils. *Plant and Soil*, 74(3), 431-436. <https://doi.org/10.1007/BF02181360>
- Calistro, E. (2012). *Cálculo práctico de forraje disponible*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/161-Calculo_Forraje_Disponible.pdf
- CampoCyl. (2016, octubre 21). *¿Cómo influye el tipo de pH sobre el suelo de una explotación agraria?* | *Campo CyL*. <https://www.campocyl.es/sector/como-influye-el-tipo-de-ph-sobre-el-suelo-de-una-explotacion-agraria/>

- Cancio, H. (2016). *Cultivo de alfalfa*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA.
<https://inta.gov.ar/documentos/cultivo-de-alfalfa>
- Ceylan, S., Soya, H., Budak, B., Akdemir, H., & Colak Esetlili, B. (2009). Effect of zinc on yield and some related traits of alfalfa. *Turkish Journal of Field Crops*, 14, 136-143.
- Claassen, N., & Barber, S. A. (1974). A method for characterizing the relation between nutrient concentration and flux into roots of intact plants 1. *Plant Physiology*, 54(4), 564-568. <https://doi.org/10.1104/pp.54.4.564>
- Clarkson, D. T., & Hanson, J. B. (1980). The mineral nutrition of higher plants. *Annual Review of Plant Physiology*, 31(1), 239-298.
<https://doi.org/10.1146/annurev.pp.31.060180.001323>
- Connorton, J. M., & Balk, J. (2019). Iron biofortification of staple crops: Lessons and challenges in plant genetics. *Plant and Cell Physiology*, 60(7), 1447-1456.
<https://doi.org/10.1093/pcp/pcz079>
- Fageria, N. K. (2009). *The use of nutrients in crop plants*. CRC press.
- Fageria, N. K., Baligar, V. C., & Li, Y. C. (2008). The role of nutrient efficient plants in improving crop yields in the twenty first century. *Journal of Plant Nutrition*, 31(6), 1121-1157. <https://doi.org/10.1080/01904160802116068>
- FAO. (s. f.). *Espectroscopia de absorción atómica*. Recuperado 18 de junio de 2023, de <https://www.fao.org/3/ab482s/AB482S04.htm>
- Friendly, M. (2002). Corrgrams: Exploratory displays for correlation matrices. *The American Statistician*, 56(4), 316-324. <https://doi.org/10.1198/000313002533>
- Gavilanez Fernández, L. I. (2015). *Efecto de la fertilización foliar y edáfica con hierro y zinc para la biofortificación agronómica del tubérculo de papa (Solanum tuberosum L.)* [bachelorThesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4265>

Gómez-Coronado Romero, F. (2015). *Biofortificación agronómica y genética con zinc de genotipos de trigo harinero (Triticum aestivum L.) en clima mediterráneo*

[[Http://purl.org/dc/dcmitype/Text](http://purl.org/dc/dcmitype/Text), Universidad de Extremadura].

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=46201>

Google. (2022). *Google Maps*. Google Maps.

[https://www.google.com.pe/maps/place/Fundo+Huasacache+-+Universidad+Cat%C3%B3lica+de+Santa+Mar%C3%ADa/@-16.4568675,-](https://www.google.com.pe/maps/place/Fundo+Huasacache+-+Universidad+Cat%C3%B3lica+de+Santa+Mar%C3%ADa/@-16.4568675,-71.5689024,16z/data=!4m5!3m4!1s0x9143b55652cd7c1b:0x631a110f2c3146a9!8m2!3d-16.4582384!4d-71.5656168?hl=es-419)

[71.5689024,16z/data=!4m5!3m4!1s0x9143b55652cd7c1b:0x631a110f2c3146a9!8m2!](https://www.google.com.pe/maps/place/Fundo+Huasacache+-+Universidad+Cat%C3%B3lica+de+Santa+Mar%C3%ADa/@-16.4568675,-71.5689024,16z/data=!4m5!3m4!1s0x9143b55652cd7c1b:0x631a110f2c3146a9!8m2!3d-16.4582384!4d-71.5656168?hl=es-419)

[3d-16.4582384!4d-71.5656168?hl=es-419](https://www.google.com.pe/maps/place/Fundo+Huasacache+-+Universidad+Cat%C3%B3lica+de+Santa+Mar%C3%ADa/@-16.4568675,-71.5689024,16z/data=!4m5!3m4!1s0x9143b55652cd7c1b:0x631a110f2c3146a9!8m2!3d-16.4582384!4d-71.5656168?hl=es-419)

Grewal, H. (2010). Fertiliser management for higher productivity of established lucerne pasture. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 303-314.

<https://doi.org/10.1080/00288233.2010.524225>

Grewal, H. S. (2001). Zinc influences nodulation, disease severity, leaf drop and herbage yield of alfalfa cultivars. *Plant and Soil*, 234(1), 47-59.

<https://doi.org/10.1023/A:1010544601267>

Grewal, H. S., & Williams, R. (2000). Zinc nutrition affects alfalfa responses to water stress and excessive moisture. *Journal of Plant Nutrition*, 23(7), 949-962.

<https://doi.org/10.1080/01904160009382073>

Guillén-Molina, M., Márquez-Quiroz, C., Cruz-Lázaro, E. de la, Velázquez-Martínez, J. R., Parra, J. M. S., Carrillo, M. G., & Vidal, J. A. O. (2016). Biofortificación de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) con hierro y zinc. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 17, 3427-3438. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263149506004>

Gutierrez Vilchez, P. P. (2018). Biofortificación agronómica del cultivo de papa mediante aplicación foliar y edáfica de Zinc y su interacción con Cadmio. *Universidad Nacional Agraria La Molina*. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3769>

- Hafeez, M. B., Ramzan, Y., Khan, S., Ibrar, D., Bashir, S., Zahra, N., Rashid, N., Nadeem, M., Rahman, S. ur, Shair, H., Ahmad, J., Hussain, M., Irshad, S., Al-Hashimi, A., Alfagham, A., & Diao, Z.-H. (2021). Application of zinc and iron-based fertilizers improves the growth attributes, productivity, and grain quality of two wheat (*Triticum aestivum*) cultivars. *Frontiers in Nutrition*, 8, 779595.
<https://doi.org/10.3389/fnut.2021.779595>
- Instituto Nacional de Salud. (2020). *Situación actual de la anemia—Contenido 1 | Anemia*.
<https://anemia.ins.gob.pe/situacion-actual-de-la-anemia-c1>
- Instituto Nacional de Salud. (2022). *Vigilancia del sistema de información del estado nutricional en EESS*. INSTITUTO NACIONAL DE SALUD.
<https://web.ins.gob.pe/es/alimentacion-y-nutricion/vigilancia-alimentaria-y-nutricional/vigilancia-del-sistema-de-informacion-del-estado-nutricional-en-%20EESS>
- Kochhar, S. L., & Gujral, S. K. (2020). *Plant physiology: Theory and applications* (Second edition). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108639736>
- Merinero de los Santos, M., Pérez-Aranda Redondo, M., Begines Ruiz, B., Martín Valero, M. J., Navarro de la Torre, S., Rodríguez Llorente, I. D., Pajuelo Domínguez, E., & Alcudia Cruz, A. (2020). *Biofortificación de plantas de medicago sativa mediante el uso de nanoparticulas cargadas con hierro*. 3ciencias.
<https://doi.org/10.17993/IngyTec.2020.61>
- Ministerio del Ambiente. (2019). *Línea de base de la alfalfa con fines de bioseguridad en el Perú*. Dirección General de Diversidad Biológica.
https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2020/02/estudio_lb_alfalfa.pdf
- Morales, D. L. (2019). *Biofortificación agronómica de Vigna unguiculata (L.) Walp con sulfato de zinc: Influencia en el rendimiento, contenido mineral, compuestos*

bioactivos y capacidad antioxidante [UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO]. <https://ri.ujat.mx/handle/20.500.12107/3429>

Moreira, A., & Fageria, N. K. (2010). Liming influence on soil chemical properties, nutritional status and yield of alfalfa grown in acid soil. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, 34, 1231-1239. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000400022>

Moreno Ramón, H., & Ibañez Asensio, S. (2020). *Soil Taxonomy: Principios de clasificación de los suelos*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/146033>

Motesharezadeh, B., Ghorbani, S., & Alikhani, H. A. (2020). The effect of selenium biofortification in alfalfa (*Medicago sativa*). *Journal of Plant Nutrition*, 43(2), 240-250. <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1676900>

Mousavi, S. R., Galavi, M., & Rezaei, M. (2012). The interaction of zinc with other elements in plants: A review. *International journal of agriculture and crop sciences*, 4, 1881-1884.

North American Alfalfa Improvement Conference. (s. f.-a). *Importance of alfalfa*.

Recuperado 15 de junio de 2023, de <https://www.naaic.org/resource/importance.php>

North American Alfalfa Improvement Conference. (s. f.-b). *Moapa 69*. Recuperado 28 de mayo de 2023, de <https://www.naaic.org/varietyaps/Moapa69.html>

Park, S.-A., Grusak, M. A., & Oh, M.-M. (2014). Concentrations of minerals and phenolic compounds in three edible sprout species treated with iron-chelates during imbibition. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 55(6), 471-478.

<https://doi.org/10.1007/s13580-014-0075-9>

Petković, K., Manojlović, M., Lombnæs, P., Čabilovski, R., Krstić, Đ., Lončarić, Z., & Lombnæs, P. (2019). Foliar application of selenium, zinc and copper in alfalfa (*Medicago sativa* L.) biofortification. *Turkish Journal Of Field Crops*, 24(1), Article 1. <https://doi.org/10.17557/tjfc.569363>

Przybysz, A., Wrochna, M., Małeczka-Przybysz, M., Gawrońska, H., & Gawroński, S. W.

(2016). Vegetable sprouts enriched with iron: Effects on yield, ROS generation and antioxidative system. *Scientia Horticulturae*, 203, 110-117.

<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.03.017>

Quispe Poma, M. (2020). *Fertilización foliar y edáfica con Zinc para la biofortificación agronómica del cultivo de Papa (Solanum tuberosum L.) en Cañete* [Universidad Nacional Agraria La Molina].

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4572>

R Project for Statistical Computing. (s. f.). *R: The R Project for Statistical Computing*.

Recuperado 20 de diciembre de 2022, de <https://www.r-project.org/>

Radovic, J., Sokolović, D., & Marković, J. (2009). Alfalfa-most important perennial forage legume in animal husbandry. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 25, 465-475.

<https://doi.org/10.2298/BAH0906465R>

Ramírez Aparicio, J. A. (2019). *Características biométricas en el cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) bajo fertilización edáfica y foliar con zinc* [Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4138>

Rivera Martín, A. M. (2021). *Biofortificación agronómica con zinc sobre el cultivo del brócoli (Brassica oleracea var. Italica) y el broccolini (híbrido entre el brócoli y la col Kai-lan (Brassica oleracea var. Alboglabra))* [doctoralThesis].

<https://dehesa.unex.es:8443/handle/10662/12461>

SENAMHI. (s. f.). *Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional SENAMHI - Perú*.

Recuperado 16 de junio de 2023, de <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>

SENASA. (2018, agosto 24). Arequipa: Senasa inicia formación de evaluadores de plagas en cultivo de alfalfa. *SENASA al día*. <https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/arequipa-senasa-inicia-formacion-de-evaluadores-de-plagas-en-cultivo-de-alfalfa/>

- Soil Survey Staff. (2022). *Keys to soil taxonomy* (13.^a ed.). United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.
- <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/Keys-to-Soil-Taxonomy.pdf>
- Spears, J. W. (1994). Minerals in forages. En *Forage Quality, Evaluation, and Utilization* (pp. 281-317). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.2134/1994.foragequality.c7>
- Szerement, J., Szatanik-Kloc, A., Mokrzycki, J., & Mierzwa-Hersztek, M. (2022). Agronomic biofortification with Se, Zn, and Fe: An effective strategy to enhance crop nutritional quality and stress defense—A review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 22(1), 1129-1159. <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00719-2>
- UC Davis Foundation Seed Program. (2019, enero 16). *Alfalfa—Moapa 69*. UC Davis Foundation Seed Program. <https://fsp.ucdavis.edu/seed-catalog/alfalfa-varieties/moapa-69>
- Undersander, D., Cosgrove, D., Cullen, E., Grau, C., Rice, M. E., Renz, M., Sheaffer, C., Shewmaker, G., & Sulc, M. (2011). Alfalfa management guide. *ASA, CSSA, and SSSA Books*. https://www.academia.edu/86352483/Alfalfa_Management_Guide
- Undersander, D., Vassalotti, P., Cosgrove, D., & Hall, Marvin H. (2011). *Alfalfa germination & growth*. University of Wisconsin--Extension, Cooperative Extension. https://www.alfalfa.org/pdf/Alf_GerminationGrowth.pdf
- Vademécum Agrario 2022. (s. f.). *Deltax 2.5 EC - Vademécum Agrario*. Recuperado 18 de junio de 2023, de <https://vademecumagrario.com/product/deltax-2-5-ec/>
- Wang, X., Fernandes de Souza, M., Li, H., Tack, F. M. G., Ok, Y. S., & Meers, E. (2021). Zn phytoextraction and recycling of alfalfa biomass as potential Zn-biofortified feed crop. *Science of The Total Environment*, 760, 143424. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143424>

White, P. J., & Broadley, M. R. (2005). Biofortifying crops with essential mineral elements.

Trends in Plant Science, 10(12), 586-593.

<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2005.10.001>

World Health Organization. (2004). *Vitamin and mineral requirements in human nutrition*.

World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42716>



ANEXOS

Anexo N°1. Análisis de suelo ácido



SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
 PREDIO : JORGE ARTURO ZEGARRA FLORES
 MATRIZ : SUELO AGRICOLA

ANÁLISIS N° : 1114-01S-2022
 LUGAR : AREQUIPA
 FECHA DE RECEP. : 03/01/1900

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACION CON MICRONUTRIENTES DISPONIBLES
 MUESTRA : M1 - SA

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Textura				
Arena	58.90	%		
Limo	30.34	%		
Arcilla	10.76	%	MES-001	Bouyoucos
Clase Textural	FRANCO ARENOSO			
Carbonato de Calcio Total	< 0.01	%	MES-003	Gravimétrico
Conductividad Eléctrica (E.S) a 25 °C.	1.43	dS / m	MES-004	Electrométrico
pH (1/1) a Temp = 23.4 °C	4.06		MES-005	Electrométrico
Fósforo Disponible	20.32	ppm	MES-006	Bray I
Materia Orgánica	17.24	%	MES-007	Walkley y Black
Potasio Disponible	105.60	ppm	MES-008	Acelato de Amonio
Cationes Cambiables				Extractante:Ac. Amonio
Calcio	1.74	mEq / 100 g	MES-010	FAAS
Magnesio	0.34	mEq / 100 g	MES-011	FAAS
Sodio	0.47	mEq / 100 g	MES-012	FAAS
Potasio	0.27	mEq / 100 g	MES-013	FAAS
Aluminio + Hidrógeno	3.51	mEq / 100 g	MES-014	KCl / Volumétrico
P.A.I	55.45	%	MES-015	Cálculo Matemático
C.I.C.E	6.33	mEq / 100 g	MES-017	Cálculo Matemático
Micronutrientes Disponibles				Extractante: DTPA
Cobre	0.05	ppm	MES-018	FAAS
Zinc	2.28	ppm	MES-019	FAAS
Manganeso	1.85	ppm	MES-020	FAAS
Hierro	218.55	ppm	MES-021	FAAS
				Extractante: CaCl₂·2H₂O
Boro	1.20	ppm	MES-022	Colorimétrico

DONDE:

E.S : Extracto de Saturación.
 (1/1) : Relación Masa del Suelo / Volumen del Agua.
 P.A.I : Porcentaje de Acidez Intercambiable.
 C.I.C.E : Capacidad de Intercambio Catiónico Efectivo.

% : Masa / Masa.
 ppm : mg / Kg.
 MES : Método Propio del Laboratorio.
 FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Uvra.

NOTA:

1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
 JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
 DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
 Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
 Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

Anexo N°2. Análisis de suelo básico



SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

ANÁLISIS N° : 1114-02S-2022

PREDIO : JORGE ARTURO ZEGARRA FLORES

LUGAR : AREQUIPA

MATRIZ : SUELO AGRICOLA

FECHA DE RECEP. : 03/11/2022

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACION CON MICRONUTRIENTES DISPONIBLES MUESTRA : M2 - SB - STA. RITA

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Textura				
Arena	60.88	%		
Limo	20.38	%		
Arcilla	18.74	%	MES - 001	Bouyoucos
Clase Textural	FRANCO ARENOSO			
Carbonato de Calcio Total	3.23	%	MES - 003	Gravimétrico
Conductividad Eléctrica (E.S) a 25 °C.	6.67	dS / m	MES - 004	Electrométrico
pH (1/1) a Temp = 23.4 °C	7.96		MES - 005	Electrométrico
Fósforo Disponible	11.52	ppm	MES - 006	Olsen
Materia Orgánica	0.83	%	MES - 007	Walkley y Black
Potasio Disponible	1202.00	ppm	MES - 009	Acetato de Amonio
Cationes Cambiables				Extractante: Ac. Amonio
Calcio	3.83	mEq / 100 g	MES - 010	FAAS
Magnesio	1.63	mEq / 100 g	MES - 011	FAAS
Sodio	2.91	mEq / 100 g	MES - 012	FAAS
Potasio	3.07	mEq / 100 g	MES - 013	FAAS
P.S.I	25.42	%	MES - 015	Cálculo Matemático
C.I.C.E	11.44	mEq / 100 g	MES - 017	Cálculo Matemático
Micronutrientes Disponibles				Extractante: DTPA
Cobre	0.48	ppm.	MES - 018	FAAS
Zinc	2.18	ppm.	MES - 019	FAAS
Manganeso	2.13	ppm.	MES - 020	FAAS
Hierro	3.98	ppm.	MES - 021	FAAS
Boro	4.20	ppm.	MES - 022	Colorimétrico

DONDE:

E.S : Extrado de Saturación.
(1/1) : Relación Masa del Suelo / Volumen del Agua.
P.S.I : Porcentaje de Sodio Intercambiable.
C.I.C.E. : Capacidad de Intercambio Catiónico Efectivo.

% : Masa / Masa.

ppm : mg / Kg.

MES : Método Propio del Laboratorio.

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama.

NOTA:

1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular

Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

Anexo N°3. Panel fotográfico de la aplicación de insecticida como parte del manejo fitosanitario



Anexo N°4. Panel fotográfico del cultivo de alfalfa instalado en invernadero



21/12/2022



10/01/2023



24/01/2023



17/02/2023



22/02/2023



07/03/2023



15/03/2023



27/03/2023



30/03/2023



01/04/2023



05/04/2023



18/04/2023



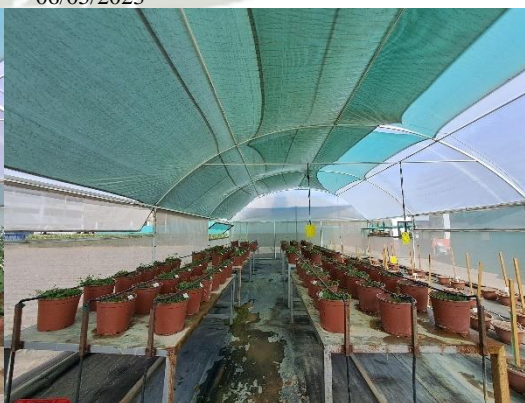
29/04/2023



06/05/2023



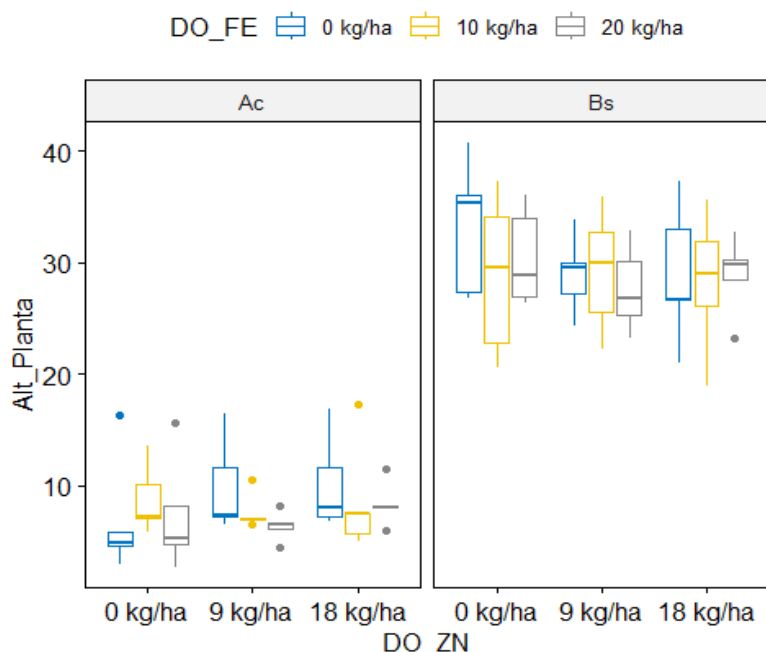
15/05/2023



24/05/2023

Anexo N°5. Análisis estadístico de altura de planta

ALTURA 1ER CORTE



Cuadro de Análisis de Varianza

	DF	SS	MS	FC	Pr>Fc
TIPO_SUELO	1	10134.52369	10134.52369	467.4159	<2e-16 ***
DO_FE	2	36.31204	18.15602	0.8374	0.4370
DO_ZN	2	14.68179	7.34089	0.3386	0.7139
TIPO_SUELO*DO_FE	2	5.62184	2.81092	0.1296	0.8786
TIPO_SUELO*DO_ZN	2	49.22770	24.61385	1.1352	0.3270
DO_FE*DO_ZN	4	9.32175	2.33044	0.1075	0.9796
TIPO_SUELO*DO_FE*DO_ZN	4	56.39584	14.09896	0.6503	0.6285
Residuals	72	1561.10591	21.68203		
Total	89	11867.19056			

CV = 24.8 %

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

```
> shapiro.test(residuals(model))
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: residuals(model)
W = 0.97657, p-value = 0.1034
```

```
> bartlett.test(Alt_Planta ~ interaction(TIPO_SUELO,DO_FE,DO_ZN))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: Alt_Planta by interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN)
Bartlett's K-squared = 20.151, df = 17, p-value = 0.2666
```

CV: 24.8%, dentro de los parámetros permisibles.

Los datos son normales y homogéneos.

ANVA: La interacción no es significativa, por lo que se procederá a analizar los efectos principales del factor significativo de tipo de suelo y comparación de los tratamientos.

PRUEBA DE TUKEY: Hay diferencias estadísticas entre los tratamientos según factor de tipo de suelo, siendo los tratamientos que tienen suelo básico los de mayor promedio y estadísticamente diferentes a los que tienen suelo ácido.

Tukey's new multiple range test
for Alt_Planta

Mean Square Error: 21.68203

TIPO_SUELO, means

	Alt_Planta	std	r	Min	Max
Ac	8.166889	3.686510	45	2.67	17.22
Bs	29.390067	5.078231	45	18.94	40.75

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

Critical Range

$\sqrt{2}$
1.956893

Means with the same letter are not significantly different.

Alt_Planta groups	
Bs 29.390067	a
Ac 8.166889	b

Tukey's new multiple range test
for Alt_Planta

Mean Square Error: 21.68203

TIPO_SUELO:DO_FE:DO_ZN, means

	Alt_Planta	std	r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	6.8780	5.384206	5	2.94	16.34
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	10.0800	4.221487	5	6.80	16.82
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	9.7940	4.199599	5	6.42	16.39
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	8.7320	3.123471	5	5.85	13.58
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	8.5520	4.976381	5	4.95	17.22
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	7.5560	1.675270	5	6.47	10.53
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	7.2580	5.066238	5	2.67	15.64
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	8.3040	2.008091	5	5.92	11.50
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	6.3480	1.347969	5	4.37	8.13
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	33.2640	6.045178	5	26.79	40.75
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	28.9060	6.337324	5	20.97	37.31
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	28.9580	3.536753	5	24.26	33.82
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	28.8566	7.159910	5	20.51	37.33
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	28.3220	6.320148	5	18.94	35.65
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	29.2460	5.484763	5	22.21	35.91
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	30.4520	4.365601	5	26.42	36.10
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	28.8700	3.538043	5	23.18	32.70
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	27.6360	3.860587	5	23.26	32.92

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

Critical Range

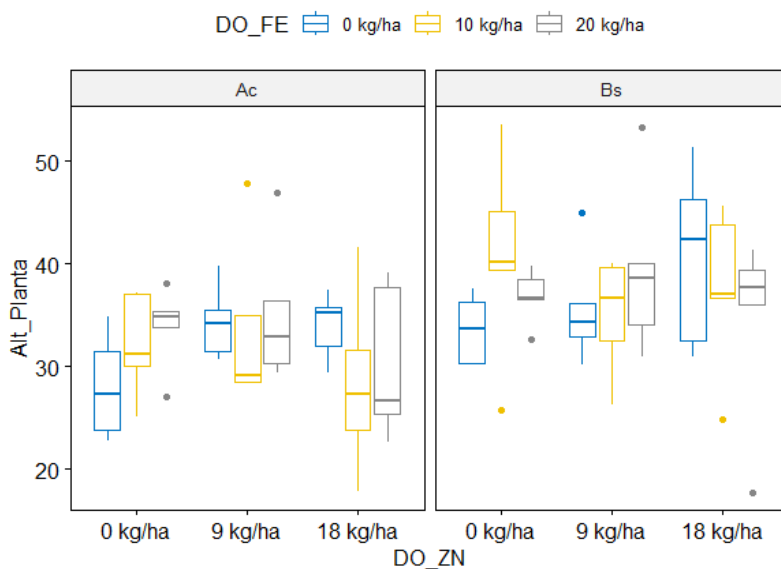
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	5.870678	6.176761	6.379238	6.526973	6.641165	6.732862	6.808518	6.872216	6.926692
	6.973866	7.015132	7.051531	7.083864	7.112754	7.138697	7.162095	7.183276	

Means with the same letter are not significantly different.

Alt_Planta groups	
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	33.2640 a
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	30.4520 a
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	29.2460 a
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	28.9580 a
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	28.9060 a
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	28.8700 a

Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	28.8566	a
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	28.3220	a
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	27.6360	a
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	10.0800	b
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	9.7940	b
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	8.7320	b
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	8.5520	b
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	8.3040	b
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	7.5560	b
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	7.2580	b
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	6.8780	b
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	6.3480	b

ALTURA 2DO CORTE



Cuadro de Análisis de Varianza

	DF	SS	MS	Fc	Pr>Fc	
TIPO_SUELO	1	538.21787	538.21787	11.4726	0.001148	**
DO_FE	2	5.80950	2.90475	0.0619	0.940010	
DO_ZN	2	36.59553	18.29776	0.39	0.678455	
TIPO_SUELO*DO_FE	2	27.10571	13.55285	0.2889	0.749957	
TIPO_SUELO*DO_ZN	2	80.21354	40.10677	0.8549	0.429591	
DO_FE*DO_ZN	4	362.42617	90.60654	1.9314	0.114438	
TIPO_SUELO*DO_FE*DO_ZN	4	59.27922	14.8198	0.3159	0.866463	
Residuals	72	3377.74872	46.91318			
Total	89	4487.39625				

CV = 19.76 %

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

```
> shapiro.test(residuals(model))
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: residuals(model)
W = 0.98931, p-value = 0.6802
```

```
> bartlett.test(Alt_Planta ~ interaction(TIPO_SUELO,DO_FE,DO_ZN))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: Alt_Planta by interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN)
Bartlett's K-squared = 18.509, df = 17, p-value = 0.3574
```

CV: 19.76%, dentro de los parámetros permisibles.

Los datos son normales y homogéneos.

ANVA: La interacción no es significativa, por lo que se procederá a analizar los efectos principales del factor significativo de tipo de suelo y comparación de los tratamientos.

PRUEBA DE TUKEY: Hay diferencias estadísticas entre los tratamientos según factor de tipo de suelo, siendo el efecto principal de suelo básico de mayor promedio y estadísticamente diferente a suelo ácido.

Tukey's new multiple range test
for Alt_Planta

Mean Square Error: 46.91318

TIPO_SUELO, means

	Alt_Planta	std	r	Min	Max
Ac	32.21622	6.181372	45	17.78	47.77
Bs	37.10711	7.179464	45	17.74	53.55

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

Critical Range
 $\sqrt{2}$
2.878488

Means with the same letter are not significantly different.

	Alt_Planta groups
Bs	37.10711 a
Ac	32.21622 b

Tukey's new multiple range test
for Alt_Planta

Mean Square Error: 46.91318

TIPO_SUELO:DO_FE:DO_ZN, means

	Alt_Planta	std	r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	28.050	5.111790	5	22.76	34.87
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	33.942	3.190230	5	29.44	37.38
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	34.344	3.654296	5	30.62	39.83
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	32.120	5.101098	5	25.09	37.19
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	28.400	8.927847	5	17.78	41.56
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	33.736	8.311259	5	28.41	47.77
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	33.828	4.088927	5	27.07	38.03
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	30.330	7.573473	5	22.68	39.18
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	35.196	7.126291	5	29.40	46.98
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	33.590	3.365026	5	30.12	37.54
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	40.662	8.775000	5	30.94	51.30
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	35.702	5.623333	5	30.16	44.97
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	40.782	10.114273	5	25.77	53.55
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	37.582	8.191833	5	24.77	45.66
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	35.020	5.775608	5	26.20	40.02
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	36.816	2.738107	5	32.57	39.80
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	34.428	9.542967	5	17.74	41.39
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	39.382	8.592798	5	30.89	53.31

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

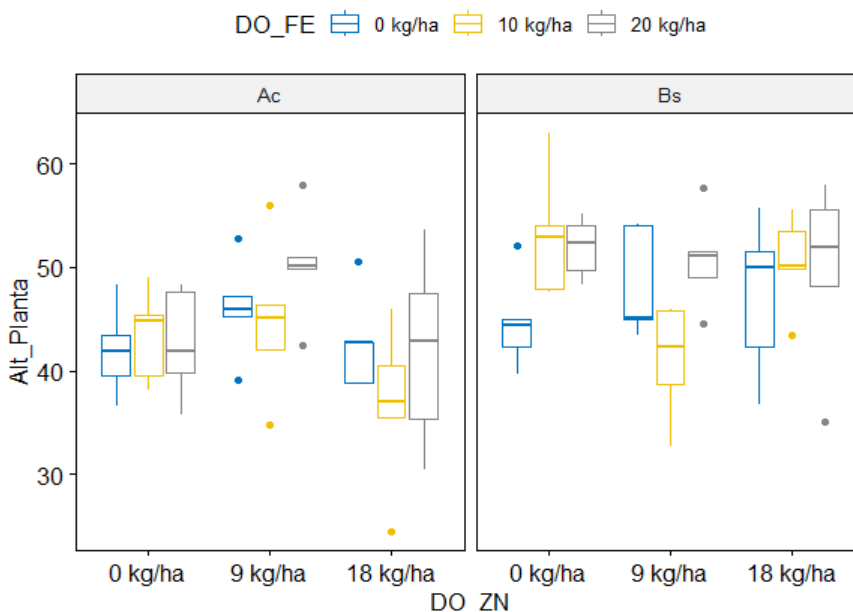
Critical Range
 $\sqrt{2}$ 8.635465 $\sqrt{3}$ 9.085698 $\sqrt{4}$ 9.383532 $\sqrt{5}$ 9.600841 $\sqrt{6}$ 9.768812 $\sqrt{7}$ 9.903693 $\sqrt{8}$ 10.014979 $\sqrt{9}$ 10.108676

10 11 12 13 14 15 16 17
10.188808 10.258198 10.318898 10.372440 10.420000 10.462495 10.500656 10.535074
18
10.566230

Means with the same letter are not significantly different.

Alt_Planta groups		
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	40.782	a
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	40.662	a
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	39.382	a
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	37.582	ab
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	36.816	ab
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	35.702	ab
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	35.196	ab
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	35.020	ab
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	34.428	ab
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	34.344	ab
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	33.942	ab
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	33.828	ab
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	33.736	ab
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	33.590	ab
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	32.120	ab
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	30.330	ab
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	28.400	b
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	28.050	b

ALTURA 3ER CORTE



Cuadro de Análisis de Varianza

	DF	SS	MS	FC	Pr>FC	
TIPO_SUELO	1	615.17878	615.17878	16.7132	0.0001117	***
DO_FE	2	162.19953	81.09976	2.2033	0.1178289	
DO_ZN	2	68.74372	34.37186	0.9338	0.3977594	
TIPO_SUELO*DO_FE	2	47.78534	23.89267	0.6491	0.5255380	
TIPO_SUELO*DO_ZN	2	352.35094	176.17547	4.7863	0.0111780	*
DO_FE*DO_ZN	4	287.10231	71.77558	1.95	0.1114014	
TIPO_SUELO*DO_FE*DO_ZN	4	187.95654	46.98913	1.2766	0.2871836	
Residuals	72	2650.17924	36.80804			
Total	89	4371.49640				

CV = 13.2 %

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

```
> shapiro.test(residuals(model))
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: residuals(model)
W = 0.98997, p-value = 0.7287
```

```
> bartlett.test(Alt_Planta ~ interaction(TIPO_SUELO,DO_FE,DO_ZN))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: Alt_Planta by interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN)
Bartlett's K-squared = 10.978, df = 17, p-value = 0.8577
```

CV: 13.2%, dentro de los parámetros permisibles.

Los datos son normales y homogéneos.

ANVA: Solo la interacción entre tipo de suelo y dosis de zinc es significativa junto al efecto principal de tipo de suelo, por lo que se procederá a analizar la interacción.

PRUEBA DE TUKEY: Las mejores combinaciones estadísticamente son de suelos básicos, en especial las que poseen 0 y 18 kg ha⁻¹ de zinc.

Tukey's new multiple range test
for Alt_Planta

Mean Square Error: 36.80804

TIPO_SUELO:DO_ZN, means

	Alt_Planta	std	r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹	42.64600	4.451141	15	35.70	48.95
Ac:18 kg ha ⁻¹	40.42000	7.523970	15	24.51	53.58
Ac:9 kg ha ⁻¹	47.01800	6.175272	15	34.75	57.95
Bs:0 kg ha ⁻¹	49.89667	5.845574	15	39.71	62.95
Bs:18 kg ha ⁻¹	49.15733	6.912584	15	35.08	57.96
Bs:9 kg ha ⁻¹	46.71667	6.459015	15	32.62	57.71

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

Critical Range

	2	3	4	5	6
	4.416203	4.646454	4.798767	4.909900	4.995800

Means with the same letter are not significantly different.

	Alt_Planta	groups
Bs:0 kg ha ⁻¹	49.89667	a
Bs:18 kg ha ⁻¹	49.15733	a
Ac:9 kg ha ⁻¹	47.01800	ab
Bs:9 kg ha ⁻¹	46.71667	ab
Ac:0 kg ha ⁻¹	42.64600	bc
Ac:18 kg ha ⁻¹	40.42000	c

Tukey's new multiple range test
for Alt_Planta

Mean Square Error: 36.80804

TIPO_SUELO:DO_FE:DO_ZN, means

	Alt_Planta	std	r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	41.940	4.412890	5	36.54	48.34
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	42.680	4.838280	5	38.64	50.59
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	46.010	4.890000	5	39.04	52.73
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	43.346	4.466411	5	38.12	48.95

Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	36.674	7.882178	5	24.51	45.88
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	44.818	7.692481	5	34.75	56.01
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	42.652	5.355956	5	35.70	48.34
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	41.906	9.268893	5	30.42	53.58
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	50.226	5.495310	5	42.45	57.95
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	44.692	4.580996	5	39.71	52.00
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	47.242	7.625724	5	36.71	55.72
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	48.324	5.323944	5	43.38	54.19
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	53.086	6.226763	5	47.64	62.95
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	50.498	4.600997	5	43.43	55.55
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	41.038	5.554793	5	32.62	45.88
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	51.912	2.861297	5	48.35	55.12
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	49.732	8.982058	5	35.08	57.96
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	50.788	4.749507	5	44.59	57.71

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

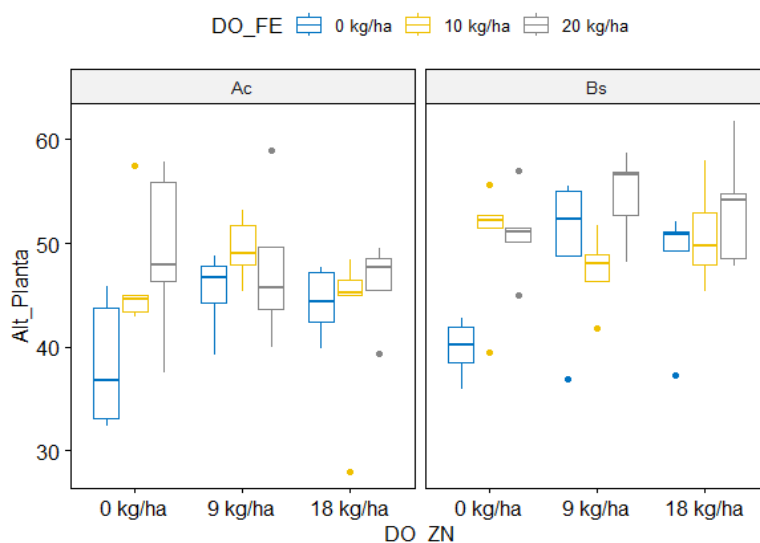
Critical Range

2	3	4	5	6	7	8	9	10
7.649088	8.047894	8.311708	8.504196	8.652980	8.772455	8.871029	8.954023	9.025002
11	12	13	14	15	16	17	18	
9.086467	9.140233	9.187659	9.229786	9.267428	9.301230	9.331717	9.359314	

Means with the same letter are not significantly different.

Alt_Planta groups		
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	53.086	a
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	51.912	ab
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	50.788	abc
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	50.498	abc
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	50.226	abc
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	49.732	abcd
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	48.324	abcd
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	47.242	abcd
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	46.010	abcd
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	44.818	abcde
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	44.692	abcde
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	43.346	bcde
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	42.680	cde
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	42.652	cde
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	41.940	cde
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	41.906	cde
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	41.038	de
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	36.674	e

ALTURA 4TO CORTE



Cuadro de Análisis de Varianza

DF	SS	MS	FC	Pr>FC
----	----	----	----	-------

TIPO_SUELO	1	351.49088	351.49088	11.2604	0.0012666	**
DO_FE	2	551.49015	275.74507	8.8338	0.0003708	***
DO_ZN	2	146.39425	73.19712	2.345	0.1031325	
TIPO_SUELO*DO_FE	2	23.00123	11.50061	0.3684	0.6931130	
TIPO_SUELO*DO_ZN	2	70.83334	35.41667	1.1346	0.3272276	
DO_FE*DO_ZN	4	290.86130	72.71533	2.3295	0.0641128	.
TIPO_SUELO*DO_FE*DO_ZN	4	118.95034	29.73759	0.9527	0.4388455	
Residuals	72	2247.46456	31.21479			
Total	89	3800.48606				

CV = 11.77 %

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

```
> shapiro.test(residuals(model))
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: residuals(model)
W = 0.97721, p-value = 0.1148
```

```
> bartlett.test(Alt_Planta ~ interaction(TIPO_SUELO,DO_FE,DO_ZN))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: Alt_Planta by interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN)
Bartlett's K-squared = 13.941, df = 17, p-value = 0.6713
```

CV: 11.77%, dentro de los parámetros permisibles.

Los datos son normales y homogéneos.

ANVA: Hay significancia en la interacción entre las dosis de hierro y zinc, además de significancia en los efectos principales de tipo de suelo y dosis de hierro, se procederá a analizar la interacción.

PRUEBA DE TUKEY: Las única combinación estadísticamente diferente de la interacción entre dosis de hierro y zinc es la que posee 0 kg ha⁻¹ para ambos micronutrientes, siendo las demás combinaciones estadísticamente iguales.

```
Tukey's new multiple range test
for Alt_Planta
```

Mean Square Error: 31.21479

DO_FE:DO_ZN, means

	Alt_Planta	std	r	Min	Max
0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	39.124	4.550678	10	32.38	45.83
0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	46.218	5.044913	10	37.32	52.07
0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	47.507	6.142944	10	36.88	55.46
10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	48.485	6.143555	10	39.47	57.49
10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	46.726	7.720595	10	28.03	57.96
10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	48.397	3.360714	10	41.83	53.15
20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	50.047	6.218505	10	37.51	57.88
20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	49.770	6.029789	10	39.36	61.77
20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	51.114	6.696761	10	40.03	58.96

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

Critical Range

2	3	4	5	6	7	8	9
4.980850	5.240540	5.412328	5.537670	5.634553	5.712352	5.776540	5.830584

Means with the same letter are not significantly different.

Alt_Planta groups		
20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	51.114	a
20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	50.047	a
20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	49.770	a
10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	48.485	a
10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	48.397	a
0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	47.507	a
10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	46.726	a
0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	46.218	a
0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	39.124	b

Tukey's new multiple range test
for Alt_Planta

Mean Square Error: 31.21479

TIPO_SUELO:DO_FE:DO_ZN, means

Alt_Planta	std r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	38.386	6.136459	5 32.38 45.83
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	44.324	3.294599	5 39.91 47.74
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	45.322	3.809537	5 39.21 48.73
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	46.660	6.112970	5 42.87 57.49
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	42.640	8.281002	5 28.03 48.45
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	49.412	3.088887	5 45.35 53.15
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	49.132	8.159073	5 37.51 57.88
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	46.122	4.070592	5 39.36 49.56
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	47.604	7.245376	5 40.03 58.96
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	39.862	2.752593	5 35.89 42.76
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	48.112	6.119038	5 37.32 52.07
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	49.692	7.645739	5 36.88 55.46
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	50.310	6.263178	5 39.47 55.65
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	50.812	4.878890	5 45.31 57.96
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	47.382	3.646316	5 41.83 51.68
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	50.962	4.282934	5 45.02 57.04
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	53.418	5.653921	5 47.76 61.77
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	54.624	4.196323	5 48.20 58.68

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

Critical Range

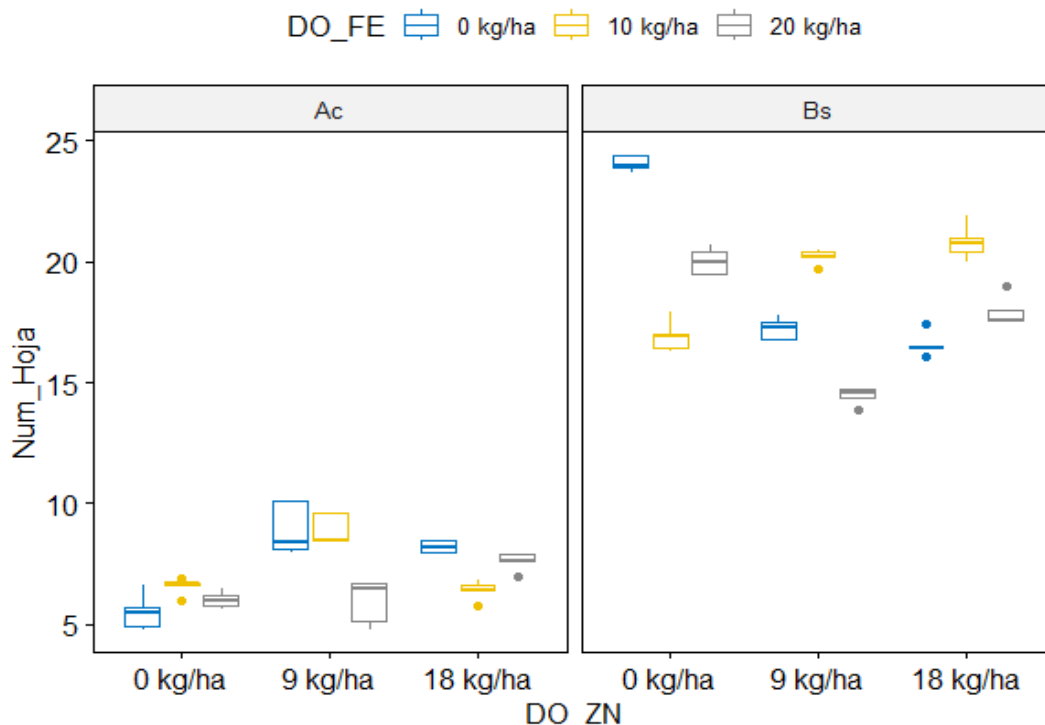
2	3	4	5	6	7	8	9	10
7.043986	7.411243	7.654187	7.831447	7.968462	8.078485	8.169262	8.245690	8.311054
11	12	13	14	15	16	17	18	
8.367657	8.417169	8.460844	8.499639	8.534302	8.565431	8.593505	8.618919	

Means with the same letter are not significantly different.

Alt_Planta groups		
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	54.624	a
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	53.418	ab
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	50.962	abc
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	50.812	abc
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	50.310	abc
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	49.692	abc
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	49.412	abc
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	49.132	abc
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	48.112	abc
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	47.604	abcd
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	47.382	abcd
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	46.660	abcd
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	46.122	bcde
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	45.322	bcde
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	44.324	cde
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	42.640	cde
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	39.862	de
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	38.386	e

Anexo N°6. Análisis estadístico de número de hojas

NÚMERO DE HOJAS 1ER CORTE



Cuadro de Análisis de Varianza

	DF	SS	MS	FC	Pr>Fc
TIPO_SUELO	1	3005.60011	3005.60011	9222.7757	<2.2e-16***
DO_FE	2	37.57156	18.78578	57.6447	1.131e-15***
DO_ZN	2	4.71489	2.35744	7.2339	0.001372 **
TIPO_SUELO*DO_FE	2	4.58756	2.29378	7.0385	0.001614 **
TIPO_SUELO*DO_ZN	2	94.52022	47.26011	145.0191	<2.2e-16***
DO_FE*DO_ZN	4	115.09511	28.77378	88.2932	<2.2e-16***
TIPO_SUELO*DO_FE*DO_ZN	4	143.49111	35.87278	110.0767	<2.2e-16***
Residuals	72	23.46400	0.32589		
Total	89	3429.04456			

CV = 4.42 %

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

```
> shapiro.test(residuals(model))
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: residuals(model)
W = 0.97646, p-value = 0.1016
```

```
> bartlett.test(Num_Hoja ~ interaction(TIPO_SUELO,DO_FE,DO_ZN))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: Num_Hoja by interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN)
Bartlett's K-squared = 22.002, df = 17, p-value = 0.1846
```

CV: 4.42%, dentro de los parámetros permisibles.

Los datos son normales y homogéneos.

ANVA: La interacción triple es significativa, por lo que se procederá a analizarla y comparación de los tratamientos.

PRUEBA DE TUKEY: El mejor tratamiento fue T10 (Suelo Básico, 0 kg ha⁻¹ de Fe, 0 kg ha⁻¹ de Zn) siendo el mejor tratamiento con diferencia estadística, seguido del tratamiento T15 (Suelo Básico, 10 kg ha⁻¹ de Fe, 18 kg ha⁻¹ de Zn).

Tukey's new multiple range test
for Num_Hoja

Mean Square Error: 0.3258889

TIPO_SUELO:DO_FE:DO_ZN, means

	Num_Hoja	std	r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	5.50	0.7245688	5	4.8	6.6
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	8.24	0.2509980	5	8.0	8.5
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	8.94	1.0691118	5	8.0	10.1
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	6.58	0.3420526	5	6.0	6.9
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	6.40	0.3741657	5	5.8	6.8
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	8.92	0.6220932	5	8.4	9.6
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	6.02	0.3492850	5	5.6	6.5
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	7.60	0.3674235	5	7.0	7.9
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	5.96	0.9316652	5	4.8	6.7
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	24.08	0.3114482	5	23.7	24.4
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	16.54	0.4979960	5	16.1	17.4
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	17.24	0.4393177	5	16.8	17.8
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	16.90	0.6363961	5	16.3	17.9
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	20.82	0.7155418	5	20.0	21.9
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	20.20	0.3082207	5	19.7	20.5
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	20.00	0.5612486	5	19.4	20.7
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	17.94	0.6228965	5	17.5	19.0
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	14.46	0.3361547	5	13.9	14.7

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

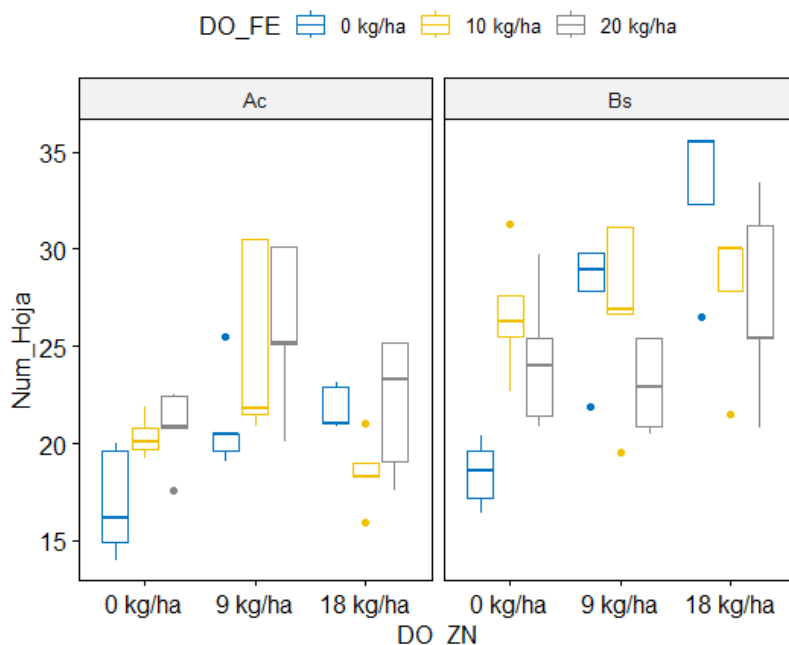
Critical Range

0.7197357	0.7572611	0.7820845	0.8001965	0.8141962	0.8254381	0.8347135	0.8425227	0.8492014
0.8549849	0.8600440	0.8645066	0.8684705	0.8720123	0.8751929	0.8780615	0.8806583	

Means with the same letter are not significantly different.

	Num_Hoja	groups
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	24.08	a
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	20.82	b
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	20.20	bc
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	20.00	c
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	17.94	d
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	17.24	de
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	16.90	e
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	16.54	e
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	14.46	f
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	8.94	g
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	8.92	g
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	8.24	gh
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	7.60	h
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	6.58	i
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	6.40	i
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	6.02	ij
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	5.96	ij
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	5.50	j

NÚMERO DE HOJAS 2DO CORTE



Cuadro de Análisis de Varianza

	DF	SS	MS	FC	Pr>Fc	
TIPO_SUELO	1	505.52100	505.521	46.0761	2.713e-09	***
DO_FE	2	18.95822	9.47911	0.864	0.4258042	
DO_ZN	2	287.21089	143.60544	13.089	1.417e-05	***
TIPO_SUELO*DO_FE	2	96.22400	48.112	4.3852	0.0159547	*
TIPO_SUELO*DO_ZN	2	183.18600	91.593	8.3483	0.0005487	***
DO_FE*DO_ZN	4	286.41178	71.60294	6.5263	0.0001540	***
TIPO_SUELO*DO_FE*DO_ZN	4	100.77400	25.1935	2.2963	0.0673102	.
Residuals	72	789.94400	10.97144			
Total	89	2268.22989				

CV = 13.93 %

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

```
> shapiro.test(residuals(model))
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: residuals(model)
w = 0.98364, p-value = 0.3193
```

```
> bartlett.test(Num_Hoja ~ interaction(TIPO_SUELO,DO_FE,DO_ZN))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: Num_Hoja by interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN)
Bartlett's K-squared = 22.362, df = 17, p-value = 0.1712
```

CV: 13.93%, dentro de los parámetros permisibles.

Los datos son normales y homogéneos.

ANVA: La interacción es significativa, por lo que se procederá a analizarla y se realizó comparación de los tratamientos.

PRUEBA DE TUKEY: El mejor tratamiento es T12 (Suelo Básico, 0 kg ha⁻¹ de Fe, 18 kg ha⁻¹ de Zn) con diferencia estadística.

Tukey's new multiple range test

for Num_Hoja

Mean Square Error: 10.97144

TIPO_SUELO:DO_FE:DO_ZN, means

	Num_Hoja	std r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	16.94	2.729102	5	14.0 20.0
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	21.78	1.116692	5	20.9 23.1
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	21.04	2.564761	5	19.1 25.5
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	20.34	1.050238	5	19.2 21.9
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	18.50	1.826198	5	15.9 21.0
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	25.04	4.994797	5	20.9 30.5
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	20.84	1.980656	5	17.6 22.5
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	22.08	3.532280	5	17.6 25.2
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	26.12	4.177559	5	20.1 30.1
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	18.44	1.651666	5	16.4 20.4
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	33.10	3.951582	5	26.5 35.6
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	27.64	3.312552	5	21.9 29.8
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	26.68	3.145155	5	22.7 31.3
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	27.88	3.695538	5	21.5 30.1
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	27.06	4.742151	5	19.5 31.1
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	24.28	3.550634	5	20.9 29.7
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	27.24	5.046583	5	20.8 33.4
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	23.02	2.355207	5	20.5 25.4

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

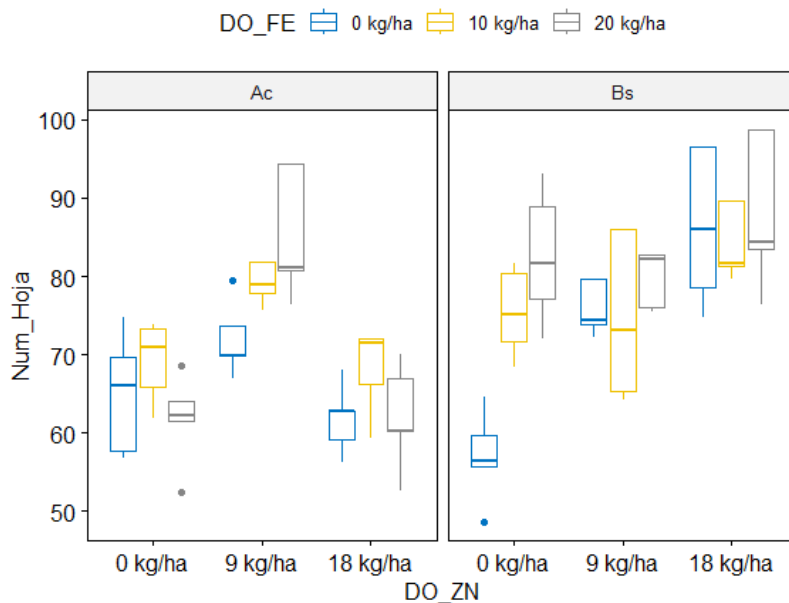
Critical Range

2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.176093	4.393825	4.537857	4.642947	4.724178	4.789406	4.843224	4.888535	4.927287
11	12	13	14	15	16	17	18	
4.960844	4.990198	5.016091	5.039091	5.059641	5.078096	5.094741	5.109808	

Means with the same letter are not significantly different.

	Num_Hoja groups
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	33.10 a
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	27.88 b
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	27.64 b
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	27.24 b
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	27.06 b
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	26.68 bc
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	26.12 bcd
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	25.04 bcde
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	24.28 bcde
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	23.02 bcdef
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	22.08 cdef
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	21.78 def
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	21.04 efg
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	20.84 efg
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	20.34 efg
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	18.50 fg
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	18.44 fg
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	16.94 g

NÚMERO DE HOJAS 3ER CORTE



Cuadro de Análisis de Varianza

	DF	SS	MS	FC	Pr>FC	
TIPO_SUELO	1	1794.7068	1794.70678	39.3812	2.323e-08	***
DO_FE	2	807.0409	403.52044	8.8544	0.0003647	***
DO_ZN	2	1402.1776	701.08878	15.384	2.736e-06	***
TIPO_SUELO*DO_FE	2	274.3929	137.19644	3.0105	0.0555081	.
TIPO_SUELO*DO_ZN	2	2287.1069	1143.55344	25.093	5.385e-09	***
DO_FE*DO_ZN	4	439.6698	109.91744	2.4119	0.0568160	.
TIPO_SUELO*DO_FE*DO_ZN	4	1037.6164	259.40411	5.6921	0.0004882	***
Residuals	72	3281.2320	45.57267			
Total	89	11323.9432				

CV = 9.14 %

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

```
> shapiro.test(residuals(model))
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: residuals(model)
w = 0.97577, p-value = 0.0908
```

```
> bartlett.test(Num_Hoja ~ interaction(TIPO_SUELO,DO_FE,DO_ZN))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: Num_Hoja by interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN)
Bartlett's K-squared = 17.234, df = 17, p-value = 0.4386
```

CV: 9.14%, dentro de los parámetros permisibles.

Los datos son normales y homogéneos.

ANVA: La interacción es significativa, se realiza la comparación de tratamientos.

PRUEBA DE TUKEY: Los mejores tratamientos con diferencia estadística son el T18 (Suelo Básico, 20 kg ha⁻¹ de Fe, 18 kg ha⁻¹ de Zn) y el T12 (Suelo Básico, 0 kg ha⁻¹ de Fe, 18 kg ha⁻¹ de Zn).

Tukey's new multiple range test

for Num_Hoja

Mean Square Error: 45.57267

TIPO_SUELO:DO_FE:DO_ZN, means

	Num_Hoja	std r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	64.96	7.751967	5 56.7	74.8
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	61.82	4.466766	5 56.2	68.1
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	71.98	4.846855	5 66.9	79.5
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	69.20	5.155580	5 61.9	73.9
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	68.22	5.564800	5 59.3	72.1
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	79.20	2.658007	5 75.6	81.8
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	61.76	5.850470	5 52.5	68.5
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	62.02	6.744776	5 52.7	70.0
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	85.34	8.393331	5 76.3	94.3
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	57.02	5.795861	5 48.7	64.5
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	86.44	10.024869	5 74.7	96.5
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	75.96	3.507563	5 72.2	79.7
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	75.46	5.644732	5 68.4	81.7
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	84.38	4.907851	5 79.7	89.7
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	74.96	10.651432	5 64.3	86.0
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	82.54	8.533053	5 72.0	93.0
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	88.32	9.964286	5 76.4	98.7
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	79.80	3.754331	5 75.4	82.7

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

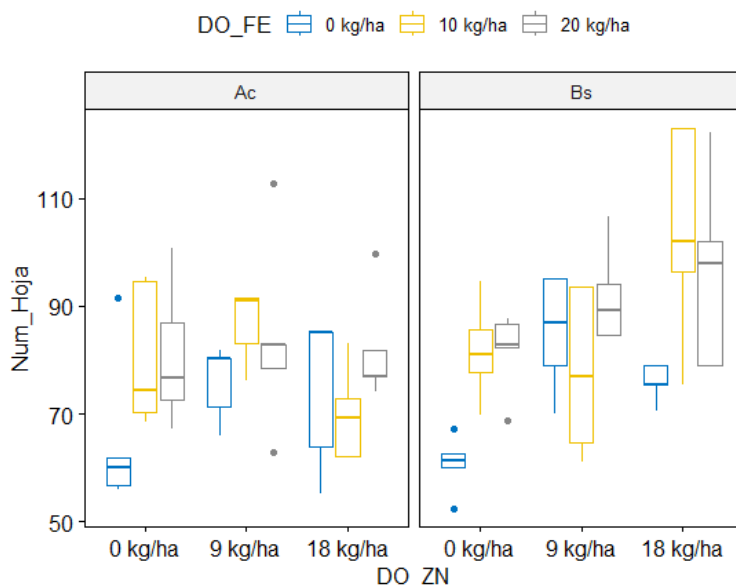
Critical Range

8.511195 ²	8.954948 ³	9.248496 ⁴	9.462678 ⁵	9.628232 ⁶	9.761172 ⁷	9.870857 ⁸	9.963205 ⁹	10.042184 ¹⁰
10.110576 ¹¹	10.170402 ¹²	10.223174 ¹³	10.270049 ¹⁴	10.311932 ¹⁵	10.349545 ¹⁶	10.383467 ¹⁷	10.414175 ¹⁸	

Means with the same letter are not significantly different.

	Num_Hoja	groups
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	88.32	a
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	86.44	a
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	85.34	ab
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	84.38	abc
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	82.54	abc
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	79.80	abcd
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	79.20	abcd
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	75.96	bcde
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	75.46	cde
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	74.96	cde
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	71.98	def
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	69.20	efg
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	68.22	efg
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	64.96	fgh
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	62.02	gh
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	61.82	gh
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	61.76	gh
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	57.02	h

NÚMERO DE HOJAS 4TO CORTE



Cuadro de Análisis de Varianza

	DF	SS	MS	FC	Pr>Fc	
TIPO_SUELO	1	843.2137	843.21367	5.5649	0.0210406	*
DO_FE	2	2879.6284	1439.8142	9.5022	0.0002176	***
DO_ZN	2	1463.7584	731.8792	4.8301	0.0107546	*
TIPO_SUELO*DO_FE	2	203.0513	101.52567	0.67	0.5148556	
TIPO_SUELO*DO_ZN	2	1224.7459	612.37294	4.0414	0.0217047	*
DO_FE*DO_ZN	4	711.7988	177.9497	1.1744	0.3293433	
TIPO_SUELO*DO_FE*DO_ZN	4	1751.3506	437.83764	2.8895	0.0281219	*
Residuals	72	10909.7705	151.52459			
Total	89	19987.3176				

CV = 15.23 %

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

```
> shapiro.test(residuals(model))
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: residuals(model)
w = 0.988, p-value = 0.5846
```

```
> bartlett.test(Num_Hoja ~ interaction(TIPO_SUELO,DO_FE,DO_ZN))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: Num_Hoja by interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN)
Bartlett's K-squared = 22.286, df = 17, p-value = 0.174
```

CV: 15.23%, dentro de los parámetros permisibles.

Los datos son normales y homogéneos.

ANVA: Hay significancia en la interacción, se realizó la comparación de tratamientos.

PRUEBA DE TUKEY: El mejor tratamiento es el T15 (Suelo Básico, 10 kg ha⁻¹ de Fe, 18 kg ha⁻¹ de Zn).

Tukey's new multiple range test
for Num_Hoja

Mean Square Error: 151.5246

TIPO_SUELO:DO_FE:DO_ZN, means

	Num_Hoja	std r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	65.200	14.839980	56.00	91.4
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	74.960	14.415027	55.10	85.3
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	75.880	6.972231	65.90	81.7
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	80.640	13.280550	68.60	95.3
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	69.944	8.727006	62.21	83.2
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	86.720	6.816304	76.30	91.5
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	80.820	13.268459	67.20	100.8
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	81.940	10.364507	74.20	99.8
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	83.960	18.060122	63.00	112.8
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	60.740	5.328508	52.50	67.2
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	75.820	3.415699	70.60	78.9
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	85.280	10.850207	70.10	95.2
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	81.800	9.191844	69.90	94.6
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	104.020	19.963141	75.50	123.0
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	77.980	15.334830	61.20	93.5
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	81.660	7.548377	68.80	87.6
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	96.020	18.022264	79.00	122.1
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	91.840	9.188743	84.60	106.7

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

Critical Range

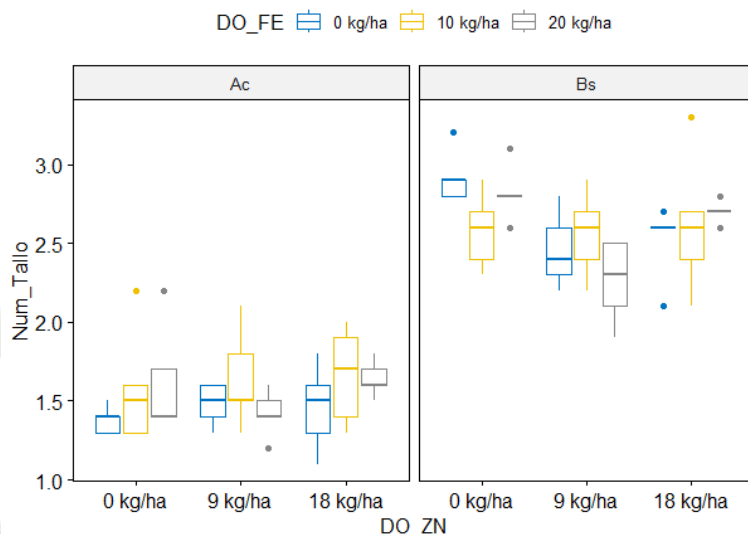
2	3	4	5	6	7	8	9	10
15.51958	16.32873	16.86399	17.25454	17.55642	17.79882	17.99883	18.16722	18.31123
18.43594	18.54503	18.64125	18.72673	18.80310	18.87168	18.93354	18.98953	

Means with the same letter are not significantly different.

	Num_Hoja groups	
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	104.020	a
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	96.020	ab
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	91.840	abc
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	86.720	bcd
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	85.280	bcd
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	83.960	bcd
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	81.940	bcde
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	81.800	bcde
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	81.660	bcde
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	80.820	bcde
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	80.640	bcde
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	77.980	bcdef
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	75.880	cdef
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	75.820	cdef
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	74.960	cdef
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	69.944	def
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	65.200	ef
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	60.740	f

Anexo N°7. Análisis estadístico de número de tallos

NÚMERO DE TALLOS 1ER CORTE



Cuadro de Análisis de Varianza

	DF	SS	MS	Fc	Pr>Fc
TIPO_SUELO	1	25.38711	25.38711	395.301	< 2e-16 ***
DO_FE	2	0.07400	0.037	0.5761	0.56464
DO_ZN	2	0.51800	0.259	4.0329	0.02187 *
TIPO_SUELO*DO_FE	2	0.21356	0.10678	1.6626	0.19684
TIPO_SUELO*DO_ZN	2	0.43089	0.21544	3.3547	0.04046 *
DO_FE*DO_ZN	4	0.54800	0.137	2.1332	0.08540 .
TIPO_SUELO*DO_FE*DO_ZN	4	0.20044	0.05011	0.7803	0.54167
Residuals	72	4.62400	0.06422		
Total	89	31.99600			

CV = 12.22 %

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

```
> shapiro.test(residuals(model))
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: residuals(model)
W = 0.97778, p-value = 0.126
```

```
> bartlett.test(Num_Tallo ~ interaction(TIPO_SUELO,DO_FE,DO_ZN))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: Num_Tallo by interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN)
Bartlett's K-squared = 25.899, df = 17, p-value = 0.07631
```

CV: 12.22%, dentro de los parámetros permisibles.

Los datos son normales y homogéneos.

ANVA: Se encontró significancia en las interacciones de tipo de suelo y dosis de zinc, y entre dosis de hierro y dosis de zinc, se procedió a analizar y comparar tratamientos.

PRUEBA DE TUKEY: El mejor tratamiento fue T10 (Suelo Básico, 0 kg ha⁻¹ de Fe, 0 kg ha⁻¹ de Zn) siendo el mejor tratamiento con diferencia estadística.

Tukey's new multiple range test

for Num_Tallos

Mean Square Error: 0.06422222

TIPO_SUELO:DO_FE:DO_ZN, means

	Num_Tallos	std	r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	1.38	0.08366600	5	1.3	1.5
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	1.46	0.27018512	5	1.1	1.8
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	1.48	0.13038405	5	1.3	1.6
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	1.58	0.37013511	5	1.3	2.2
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	1.66	0.30495901	5	1.3	2.0
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	1.64	0.31304952	5	1.3	2.1
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	1.62	0.34928498	5	1.4	2.2
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	1.64	0.11401754	5	1.5	1.8
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	1.42	0.14832397	5	1.2	1.6
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	2.92	0.16431677	5	2.8	3.2
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	2.52	0.23874673	5	2.1	2.7
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	2.46	0.24083189	5	2.2	2.8
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	2.58	0.23874673	5	2.3	2.9
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	2.62	0.44384682	5	2.1	3.3
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	2.56	0.27018512	5	2.2	2.9
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	2.82	0.17888544	5	2.6	3.1
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	2.70	0.07071068	5	2.6	2.8
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	2.26	0.26076810	5	1.9	2.5

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

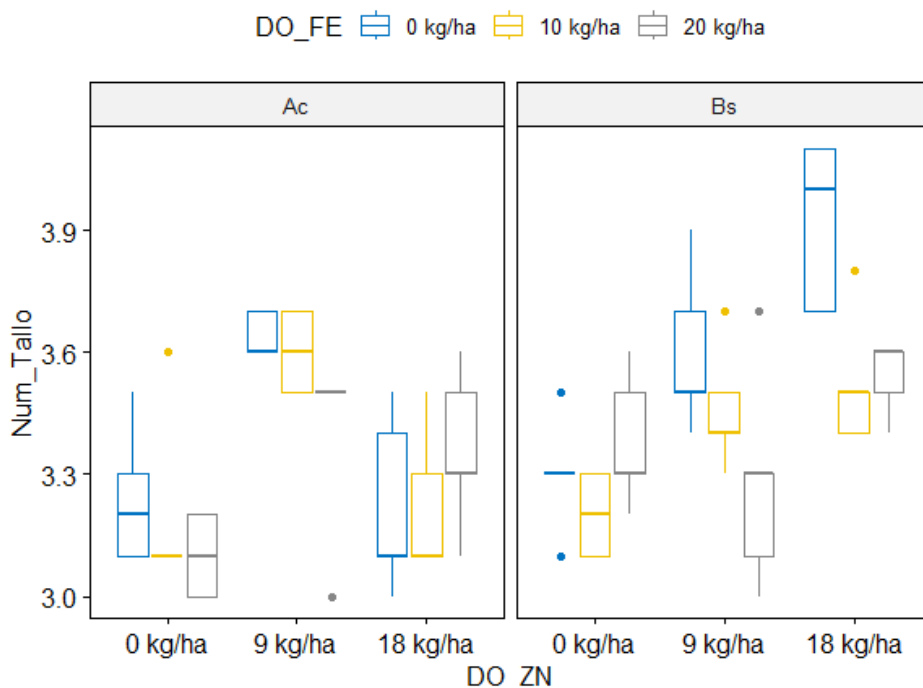
Critical Range

2	3	4	5	6	7	8	9
0.3195074	0.3361658	0.3471855	0.3552258	0.3614406	0.3664312	0.3705487	0.3740154
0.3769803	0.3795477	0.3817935	0.3837746	0.3855342	0.3871065	0.3885185	0.3897919
0.3909447							

Means with the same letter are not significantly different.

	Num_Tallos	groups
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	2.92	a
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	2.82	ab
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	2.70	ab
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	2.62	abc
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	2.58	abc
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	2.56	abc
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	2.52	bc
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	2.46	bc
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	2.26	c
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	1.66	d
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	1.64	d
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	1.64	d
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	1.62	d
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	1.58	d
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	1.48	d
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	1.46	d
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	1.42	d
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	1.38	d

NÚMERO DE TALLOS 2DO CORTE



Cuadro de Análisis de Varianza

	DF	SS	MS	Fc	Pr>Fc	
TIPO_SUELO	1	0.41344	0.41344	13.8585	0.0003882	***
DO_FE	2	0.35489	0.17744	5.9479	0.0040676	**
DO_ZN	2	1.20089	0.60044	20.1266	1.140e-07	***
TIPO_SUELO*DO_FE	2	0.13622	0.06811	2.2831	0.1093083	
TIPO_SUELO*DO_ZN	2	0.91822	0.45911	15.3892	2.726e-06	***
DO_FE*DO_ZN	4	0.28111	0.07028	2.3557	0.0617012	.
TIPO_SUELO*DO_FE*DO_ZN	4	0.35711	0.08928	2.9926	0.0241578	*
Residuals	72	2.14800	0.02983			
Total	89	5.80989				

CV = 5.08 %

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

```
> shapiro.test(residuals(model))
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: residuals(model)
W = 0.97591, p-value = 0.09284
```

```
> bartlett.test(Num_Tallo ~ interaction(TIPO_SUELO,DO_FE,DO_ZN))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: Num_Tallo by interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN)
Bartlett's K-squared = 16.543, df = 17, p-value = 0.4857
```

CV: 5.08%, dentro de los parámetros permisibles.

Los datos son normales y homogéneos.

ANVA: La interacción es significativa, por lo que se procederá a analizarla y se realizó comparación de los tratamientos.

PRUEBA DE TUKEY: El mejor tratamiento es T12 (Suelo Básico, 0 kg ha⁻¹ de Fe, 18 kg ha⁻¹ de Zn) con diferencia estadística.

Tukey's new multiple range test
for Num_Tallos

Mean Square Error: 0.02983333

TIPO_SUELO:DO_FE:DO_ZN, means

	Num_Tallos	std	r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3.24	0.16733201	5	3.1	3.5
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.22	0.21679483	5	3.0	3.5
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.64	0.05477226	5	3.6	3.7
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3.20	0.22360680	5	3.1	3.6
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.22	0.17888544	5	3.1	3.5
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.60	0.10000000	5	3.5	3.7
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3.10	0.10000000	5	3.0	3.2
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.36	0.19493589	5	3.1	3.6
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.40	0.22360680	5	3.0	3.5
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3.30	0.14142136	5	3.1	3.5
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.92	0.20493902	5	3.7	4.1
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.60	0.20000000	5	3.4	3.9
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3.20	0.10000000	5	3.1	3.3
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.52	0.16431677	5	3.4	3.8
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.46	0.15165751	5	3.3	3.7
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3.38	0.16431677	5	3.2	3.6
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.54	0.08944272	5	3.4	3.6
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.28	0.26832816	5	3.0	3.7

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

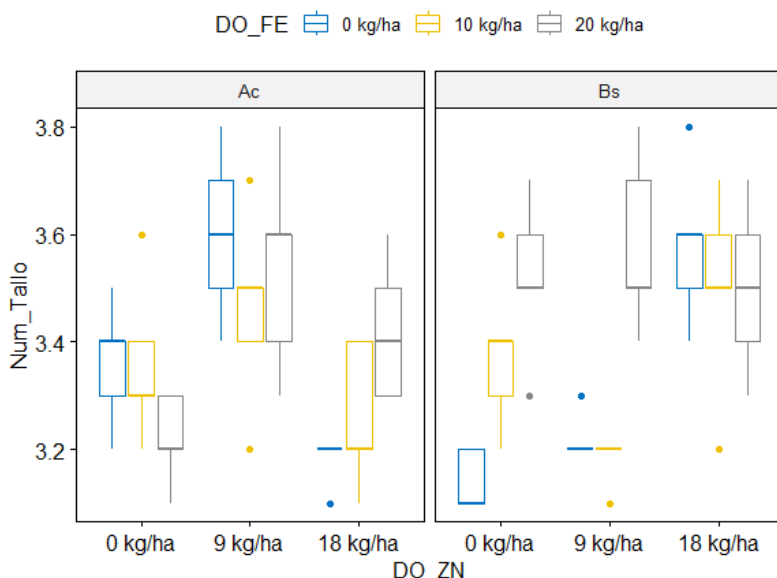
Critical Range

2	3	4	5	6	7	8	9
0.2177656	0.2291193	0.2366300	0.2421100	0.2463458	0.2497472	0.2525536	0.2549164
0.2569371	0.2586870	0.2602177	0.2615679	0.2627672	0.2638388	0.2648012	0.2656691
0.2664548							

Means with the same letter are not significantly different.

	Num_Tallos	groups
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.92	a
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.64	b
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.60	bc
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.60	bc
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.54	bcd
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.52	bcde
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.46	bcdef
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.40	bcdefg
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3.38	cdefg
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.36	cdefg
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3.30	defgh
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.28	efgh
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3.24	fgh
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.22	fgh
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.22	fgh
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3.20	gh
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3.20	gh
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3.10	h

NÚMERO DE TALLOS 3ER CORTE



Cuadro de Análisis de Varianza

	DF	SS	MS	Fc	Pr>Fc	
TIPO_SUELO	1	0.01111	0.01111	0.5952	0.442925	
DO_FE	2	0.25089	0.12544	6.7202	0.002109	**
DO_ZN	2	0.16422	0.08211	4.3988	0.015762	*
TIPO_SUELO*DO_FE	2	0.16956	0.08478	4.5417	0.013881	*
TIPO_SUELO*DO_ZN	2	0.74956	0.37478	20.0774	1.176e-07	***
DO_FE*DO_ZN	4	0.18178	0.04544	2.4345	0.054961	.
TIPO_SUELO*DO_FE*DO_ZN	4	0.53778	0.13444	7.2024	6.174e-05	***
Residuals	72	1.34400	0.01867			
Total	89	3.40889				

CV = 4.03 %

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

```
> shapiro.test(residuals(model))
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: residuals(model)
W = 0.98368, p-value = 0.3211
```

```
> bartlett.test(Num_Tallo ~ interaction(TIPO_SUELO,DO_FE,DO_ZN))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: Num_Tallo by interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN)
Bartlett's K-squared = 23.667, df = 17, p-value = 0.1288
```

CV: 4.03%, dentro de los parámetros permisibles.

Los datos son normales y homogéneos.

ANVA: La interacción es significativa, se realiza la comparación de tratamientos.

PRUEBA DE TUKEY: El mejor tratamiento con diferencia estadística es el T2 (Suelo Ácido, 0 kg ha⁻¹ de Fe, 9 kg ha⁻¹ de Zn).

Tukey's new multiple range test
for Num_Tallo

Mean Square Error: 0.01866667

TIPO_SUELO:DO_FE:DO_ZN, means

	Num_Tallos	std	r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3.36	0.11401754	5	3.2	3.5
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.18	0.04472136	5	3.1	3.2
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.60	0.15811388	5	3.4	3.8
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3.36	0.15165751	5	3.2	3.6
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.26	0.13416408	5	3.1	3.4
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.46	0.18165902	5	3.2	3.7
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3.22	0.08366600	5	3.1	3.3
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.42	0.13038405	5	3.3	3.6
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.54	0.19493589	5	3.3	3.8
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3.14	0.05477226	5	3.1	3.2
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.58	0.14832397	5	3.4	3.8
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.22	0.04472136	5	3.2	3.3
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3.38	0.14832397	5	3.2	3.6
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.50	0.18708287	5	3.2	3.7
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.18	0.04472136	5	3.1	3.2
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3.52	0.14832397	5	3.3	3.7
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.50	0.15811388	5	3.3	3.7
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.58	0.16431677	5	3.4	3.8

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

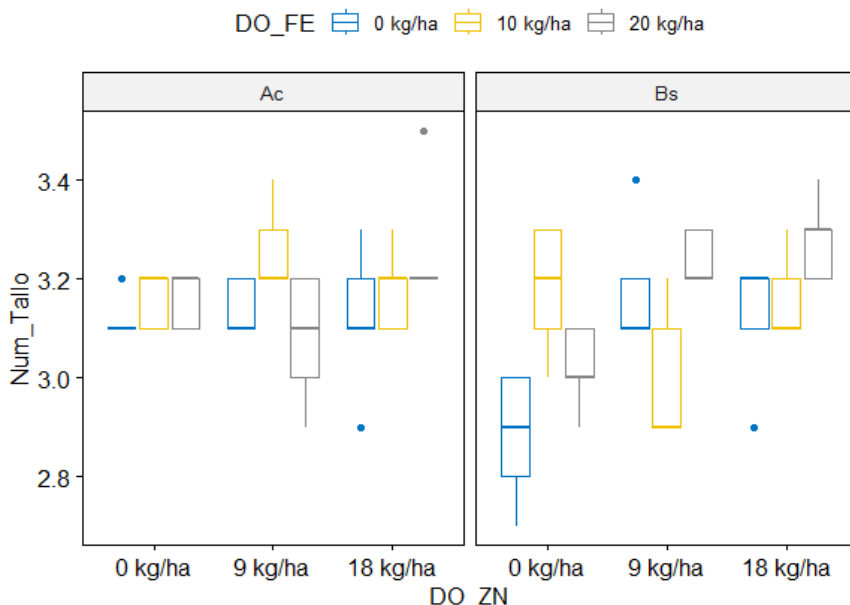
Critical Range

2	3	4	5	6	7	8	9
0.1722549	0.1812359	0.1871769	0.1915117	0.1948622	0.1975528	0.1997726	0.2016416
10	11	12	13	14	15	16	17
0.2032401	0.2046242	0.2058350	0.2069031	0.2078517	0.2086994	0.2094606	0.2101472
18							
0.2107687							

Means with the same letter are not significantly different.

	Num_Tallos	groups
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.60	a
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.58	ab
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.58	ab
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.54	abc
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3.52	abc
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.50	abc
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.50	abc
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.46	abc
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.42	abcd
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3.38	bcde
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3.36	cdef
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3.36	cdef
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.26	defg
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3.22	efg
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.22	efg
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.18	fg
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.18	fg
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3.14	g

NÚMERO DE TALLOS 4TO CORTE



Cuadro de Análisis de Varianza

	DF	SS	MS	Fc	Pr>Fc	
TIPO_SUELO	1	0.04900	0.049	4.5	0.037338	*
DO_FE	2	0.10689	0.05344	4.9082	0.010040	*
DO_ZN	2	0.15356	0.07678	7.051	0.001598	**
TIPO_SUELO*DO_FE	2	0.04200	0.021	1.9286	0.152791	
TIPO_SUELO*DO_ZN	2	0.06200	0.031	2.8469	0.064572	.
DO_FE*DO_ZN	4	0.16044	0.04011	3.6837	0.008735	**
TIPO_SUELO*DO_FE*DO_ZN	4	0.28000	0.07	6.4286	0.000176	***
Residuals	72	0.78400	0.01089			
Total	89	1.63789				

CV = 3.32 %

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

```
> shapiro.test(residuals(model))
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: residuals(model)
W = 0.97312, p-value = 0.05881
```

```
> bartlett.test(Num_Tallo ~ interaction(TIPO_SUELO,DO_FE,DO_ZN))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: Num_Tallo by interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN)
Bartlett's K-squared = 17.471, df = 17, p-value = 0.4229
```

CV: 3.32%, dentro de los parámetros permisibles.

Los datos son normales y homogéneos.

ANVA: Hay significancia en la interacción, se realizó la comparación de tratamientos.

PRUEBA DE TUKEY: El mejor tratamiento es el T18 (Suelo Básico, 20 kg ha⁻¹ de Fe, 18 kg ha⁻¹ de Zn).

Tukey's new multiple range test
for Num_Tallo

Mean Square Error: 0.01088889

TIPO_SUELO:DO_FE:DO_ZN, means

	Num_Tallos	std	r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3.12	0.04472136	5	3.1	3.2
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.12	0.14832397	5	2.9	3.3
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.14	0.05477226	5	3.1	3.2
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3.16	0.05477226	5	3.1	3.2
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.18	0.08366600	5	3.1	3.3
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.26	0.08944272	5	3.2	3.4
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3.16	0.05477226	5	3.1	3.2
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.26	0.13416408	5	3.2	3.5
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.08	0.13038405	5	2.9	3.2
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	2.88	0.13038405	5	2.7	3.0
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.12	0.13038405	5	2.9	3.2
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.18	0.13038405	5	3.1	3.4
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3.18	0.13038405	5	3.0	3.3
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.16	0.08944272	5	3.1	3.3
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.00	0.14142136	5	2.9	3.2
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3.02	0.08366600	5	2.9	3.1
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.28	0.08366600	5	3.2	3.4
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.24	0.05477226	5	3.2	3.3

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

Critical Range

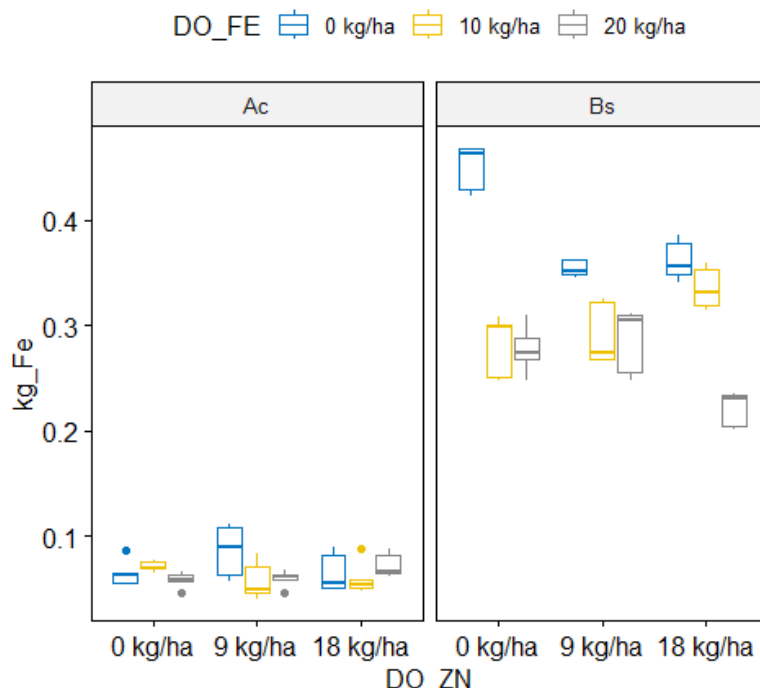
2	3	4	5	6	7	8	9
0.1315619	0.1384212	0.1429587	0.1462695	0.1488285	0.1508834	0.1525789	0.1540063
0.1552272	0.1562843	0.1572091	0.1580248	0.1587494	0.1593968	0.1599782	0.1605026
0.1609772							

Means with the same letter are not significantly different.

	Num_Tallos	groups
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.28	a
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.26	ab
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.26	ab
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.24	ab
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.18	abc
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.18	abc
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3.18	abc
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3.16	abcd
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3.16	abcd
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.16	abcd
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.14	abcde
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3.12	bcde
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.12	bcde
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3.12	bcde
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.08	cde
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3.02	de
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3.00	ef
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	2.88	f

Anexo N°8. Análisis estadístico de nivel de concentración de hierro

NIVEL DE CONCENTRACIÓN 1ER CORTE



Cuadro de Análisis de Varianza

	DF	SS	MS	FC	Pr>FC	
TIPO_SUELO	1	1.42096	1.42096	3701.9874	< 2.2e-16	***
DO_FE	2	0.07270	0.03635	94.699	< 2.2e-16	***
DO_ZN	2	0.00345	0.00173	4.498	0.014431	*
TIPO_SUELO*DO_FE	2	0.05435	0.02717	70.7946	< 2.2e-16	***
TIPO_SUELO*DO_ZN	2	0.00454	0.00227	5.9115	0.004197	**
DO_FE*DO_ZN	4	0.01488	0.00372	9.6903	2.509e-06	***
TIPO_SUELO*DO_FE*DO_ZN	4	0.02872	0.00718	18.7076	1.397e-10	***
Residuals	72	0.02764	0.00038			
Total	89	1.62723				

CV = 10.21 %

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

```
> shapiro.test(residuals(model))
```

Shapiro-wilk normality test

data: residuals(model)
W = 0.9794, p-value = 0.164

```
> bartlett.test(kg_Fe ~ interaction(TIPO_SUELO,DO_FE,DO_ZN))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: kg_Fe by interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN)
Bartlett's K-squared = 27.149, df = 17, p-value = 0.05592

CV: 10.21%, dentro de los parámetros permisibles.

Los datos son normales y homogéneos.

ANVA: La interacción es significativa, por lo que se procederá a analizarla

PRUEBA DE TUKEY: Hay diferencias estadísticas entre los distintos tratamientos, siendo el tratamiento T10 (Suelo Básico, 0 kg ha⁻¹ de Fe, 0 kg ha⁻¹ de Zn) de mayor nivel de concentración.

Tukey's new multiple range test
for kg_Fe

Mean Square Error: 0.0003838363

TIPO_SUELO:DO_FE:DO_ZN, means

	kg_Fe	std r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.06486520	0.012685027	5 0.05472738	0.08598694
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.06566447	0.018537456	5 0.05000877	0.08964670
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.08541658	0.024953368	5 0.05677330	0.11080240
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.07122473	0.004814359	5 0.06490700	0.07670615
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.06000767	0.016428555	5 0.04749571	0.08848153
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.05803047	0.018404383	5 0.04070878	0.08397531
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.05817609	0.007644313	5 0.04587268	0.06602755
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.07257310	0.011430597	5 0.06248590	0.08819519
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.05957965	0.008277919	5 0.04581625	0.06738340
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.44982388	0.022006122	5 0.42284995	0.46767610
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.36150734	0.019376301	5 0.34044641	0.38580224
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.35414157	0.007794000	5 0.34596402	0.36298927
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.28102401	0.029530998	5 0.24717691	0.30803545
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.33564709	0.020097235	5 0.31398574	0.35934922
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.29122113	0.029826537	5 0.26640565	0.32569699
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.27741337	0.022839975	5 0.24742567	0.30894660
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.22104630	0.017290743	5 0.20057342	0.23600029
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.28544843	0.031396321	5 0.24687226	0.31038117

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

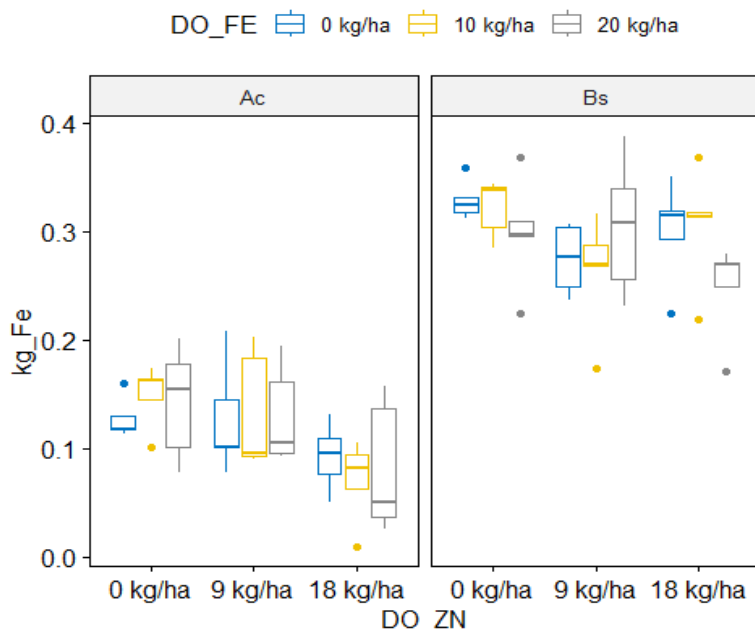
Critical Range

0.02470082	0.02598866	0.02684058	0.02746217	0.02794263	0.02832845	0.02864677	0.02891478	0.02914399
0.02934247	0.02951610	0.02966925	0.02980529	0.02992684	0.03003600	0.03013445	0.03022356	

Means with the same letter are not significantly different.

kg_Fe groups	
Bs:0 kg ha⁻¹:0 kg ha⁻¹	0.44982388 a
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.36150734 b
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.35414157 b
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.33564709 b
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.29122113 c
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.28544843 c
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.28102401 c
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.27741337 c
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.22104630 d
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.08541658 e
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.07257310 e
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.07122473 e
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.06566447 e
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.06486520 e
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.06000767 e
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.05957965 e
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.05817609 e
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.05803047 e

NIVEL DE CONCENTRACIÓN 2DO CORTE



Cuadro de Análisis de Varianza

	DF	SS	MS	FC	Pr>Fc	
TIPO_SUELO	1	0.70543	0.70543	349.217	< 2.2e-16	***
DO_FE	2	0.00102	0.00051	0.2529	0.777248	
DO_ZN	2	0.03027	0.01513	7.4916	0.001107	**
TIPO_SUELO*DO_FE	2	0.00156	0.00078	0.385	0.681860	
TIPO_SUELO*DO_ZN	2	0.01038	0.00519	2.5696	0.083570	.
DO_FE*DO_ZN	4	0.00769	0.00192	0.9513	0.439606	
TIPO_SUELO*DO_FE*DO_ZN	4	0.00950	0.00238	1.176	0.328636	
Residuals	72	0.14544	0.00202			
Total	89	0.91129				

CV = 21.87 %

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

```
> shapiro.test(residuals(model))
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: residuals(model)
w = 0.98523, p-value = 0.4032
```

```
> bartlett.test(kg_Fe ~ interaction(TIPO_SUELO,DO_FE,DO_ZN))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: kg_Fe by interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN)
Bartlett's K-squared = 14.49, df = 17, p-value = 0.6321
```

CV: 21.87%, dentro de los parámetros permisibles.

Los datos son normales y homogéneos.

ANVA: Solo hay interacción entre el factor de suelo y dosis de zinc, se procede a analizarla

PRUEBA DE TUKEY: Hay diferencias estadísticas entre los tratamientos que contiene suelo básico y 0kg ha⁻¹ de zinc, no hay diferencia estadística entre los tratamientos de factor suelo básico con dosis de 9 y 18 kg ha⁻¹ de zinc. Se realizó la prueba para la interacción TIPO_SUELO:DO_ZN y de los tratamientos.

Tukey's new multiple range test
for kg_Fe

Mean Square Error: 0.002020041

TIPO_SUELO:DO_ZN, means

	kg_Fe	std	r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹	0.13969017	0.03456361	15	0.077327741	0.2011897
Ac:18 kg ha ⁻¹	0.08144034	0.04278968	15	0.009621963	0.1574672
Ac:9 kg ha ⁻¹	0.12975076	0.04722657	15	0.078161680	0.2079598
Bs:0 kg ha ⁻¹	0.31651699	0.03493645	15	0.224459192	0.3687025
Bs:18 kg ha ⁻¹	0.28493373	0.05263449	15	0.171158210	0.3682393
Bs:9 kg ha ⁻¹	0.28063013	0.05053459	15	0.174055331	0.3875260

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

Critical Range

2	3	4	5	6
0.03271581	0.03442154	0.03554990	0.03637318	0.03700954

Means with the same letter are not significantly different.

	kg_Fe	groups
Bs:0 kg ha ⁻¹	0.31651699	a
Bs:18 kg ha ⁻¹	0.28493373	ab
Bs:9 kg ha ⁻¹	0.28063013	b
Ac:0 kg ha ⁻¹	0.13969017	c
Ac:9 kg ha ⁻¹	0.12975076	c
Ac:18 kg ha ⁻¹	0.08144034	d

Tukey's new multiple range test
for kg_Fe

Mean Square Error: 0.002020041

TIPO_SUELO:DO_FE:DO_ZN, means

	kg_Fe	std	r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.12766211	0.01937706	5	0.113298826	0.1605215
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.09242888	0.03085855	5	0.049894693	0.1309588
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.12653682	0.05141391	5	0.078161680	0.2079598
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.14893562	0.02859428	5	0.101164729	0.1729630
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.07060399	0.03764382	5	0.009621963	0.1050242
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.13292994	0.05537230	5	0.090271164	0.2026874
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.14247278	0.05187272	5	0.077327741	0.2011897
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.08128815	0.06116614	5	0.025748978	0.1574672
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.12978552	0.04551034	5	0.093133596	0.1944104
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.32869389	0.01808594	5	0.311999788	0.3584721
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.30053404	0.04704651	5	0.224799933	0.3506176
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.27454425	0.03170056	5	0.236945680	0.3070168
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.32197106	0.02641351	5	0.284592221	0.3431073
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.30630580	0.05420575	5	0.218615759	0.3682393
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.26311646	0.05347691	5	0.174055331	0.3163393
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.29888602	0.05134273	5	0.224459192	0.3687025
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.24796134	0.04428160	5	0.171158210	0.2790104
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.30422968	0.06282929	5	0.231340149	0.3875260

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

Critical Range

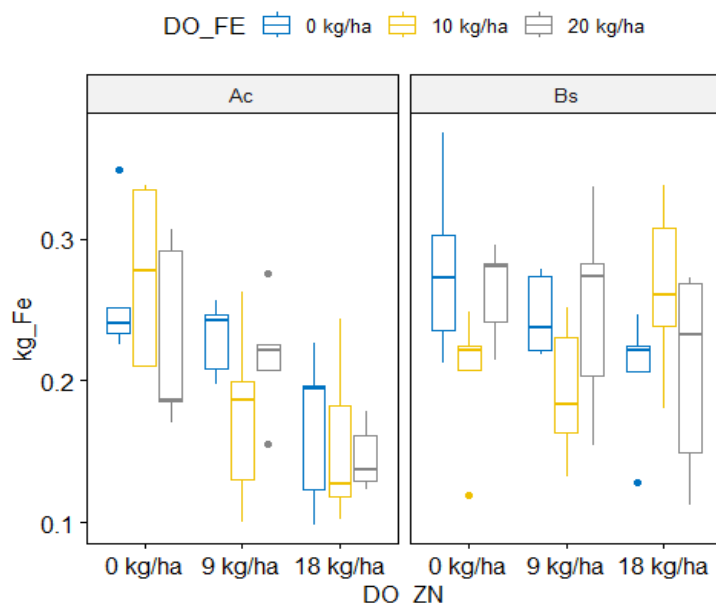
2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.05666545	0.05961985	0.06157422	0.06300020	0.06410241	0.06498750	0.06571775	0.06633258	0.06685840
0.06731374	0.06771205	0.06806339	0.06837547	0.06865432	0.06890474	0.06913058	0.06933503	

Means with the same letter are not significantly different.

	kg_Fe	groups
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.32869389	a
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.32197106	a
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.30630580	ab

Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.30422968	ab
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.30053404	ab
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.29888602	ab
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.27454425	ab
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.26311646	ab
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.24796134	b
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.14893562	c
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.14247278	cd
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.13292994	cde
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.12978552	cde
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.12766211	cde
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.12653682	cde
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.09242888	cde
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.08128815	de
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.07060399	e

NIVEL DE CONCENTRACIÓN 3ER CORTE



Cuadro de Análisis de Varianza

	DF	SS	MS	Fc	Pr>Fc	
TIPO_SUELO	1	0.01875	0.01875	6.5904	0.0123305	*
DO_FE	2	0.00649	0.00324	1.1405	0.3253768	
DO_ZN	2	0.05502	0.02751	9.6713	0.0001904	***
TIPO_SUELO*DO_FE	2	0.00241	0.00121	0.4244	0.6558021	
TIPO_SUELO*DO_ZN	2	0.02143	0.01071	3.7661	0.0278244	*
DO_FE*DO_ZN	4	0.02253	0.00563	1.9803	0.1066214	
TIPO_SUELO*DO_FE*DO_ZN	4	0.02108	0.00527	1.8527	0.1281545	
Residuals	72	0.20480	0.00284			
Total	89	0.35251				

CV = 24.22 %

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

```
> shapiro.test(residuals(model))
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: residuals(model)
W = 0.98005, p-value = 0.1821
```

```
> bartlett.test(kg_Fe ~ interaction(TIPO_SUELO,DO_FE,DO_ZN))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: kg_Fe by interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN)
Bartlett's K-squared = 12.385, df = 17, p-value = 0.7763

CV: 24.22%, dentro de los parámetros permisibles.

Los datos son normales y homogéneos.

ANVA: Solo la interacción entre tipo de suelo y dosis de zinc es significativa, por lo que se procederá a analizarla

PRUEBA DE TUKEY: La combinación con mejor promedio y diferencia estadística corresponde a la combinación de Suelo Ácido y 0 kg ha⁻¹ de Zn, la cual posee mayor nivel de concentración. Se realizó la prueba para la interacción TIPO_SUELO:DO_ZN y de los tratamientos.

Tukey's new multiple range test
for kg_Fe

Mean Square Error: 0.002844462

TIPO_SUELO:DO_ZN, means

	kg_Fe	std	r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹	0.2538202	0.05911256	15	0.17005719	0.3485181
Ac:18 kg ha ⁻¹	0.1560569	0.04521692	15	0.09841062	0.2432562
Ac:9 kg ha ⁻¹	0.2075146	0.04940308	15	0.10024225	0.2756160
Bs:0 kg ha ⁻¹	0.2489680	0.05753182	15	0.11947611	0.3748817
Bs:18 kg ha ⁻¹	0.2257740	0.06303139	15	0.11247720	0.3378147
Bs:9 kg ha ⁻¹	0.2292435	0.05583272	15	0.13212111	0.3366834

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

Critical Range

2	3	4	5	6
0.03882199	0.04084607	0.04218503	0.04316198	0.04391711

Means with the same letter are not significantly different.

	kg_Fe	groups
Ac:0 kg ha ⁻¹	0.2538202	a
Bs:0 kg ha ⁻¹	0.2489680	ab
Bs:9 kg ha ⁻¹	0.2292435	ab
Bs:18 kg ha ⁻¹	0.2257740	ab
Ac:9 kg ha ⁻¹	0.2075146	b
Ac:18 kg ha ⁻¹	0.1560569	c

Tukey's new multiple range test
for kg_Fe

Mean Square Error: 0.002844462

TIPO_SUELO:DO_FE:DO_ZN, means

	kg_Fe	std	r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.2598012	0.05049161	5	0.22529725	0.3485181
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.1678427	0.05427346	5	0.09841062	0.2268170
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.2300330	0.02583300	5	0.19709137	0.2560397
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.2739286	0.06318420	5	0.20964593	0.3377634
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.1544357	0.05809824	5	0.10184000	0.2432562
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.1756131	0.06328162	5	0.10024225	0.2624919
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.2277307	0.06547831	5	0.17005719	0.3066407
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.1458924	0.02299827	5	0.12347286	0.1777983
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.2168976	0.04306265	5	0.15520036	0.2756160
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.2797311	0.06353342	5	0.21208147	0.3748817

Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.2052559	0.04529004	5	0.12848531	0.2465833
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.2457911	0.02842472	5	0.21850318	0.2781641
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.2041697	0.04965573	5	0.11947611	0.2485760
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.2648563	0.06115496	5	0.18054588	0.3378147
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.1920698	0.04861395	5	0.13212111	0.2511331
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.2630032	0.03383344	5	0.21433460	0.2958406
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.2072099	0.07244254	5	0.11247720	0.2727002
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.2498695	0.07167861	5	0.15385878	0.3366834

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

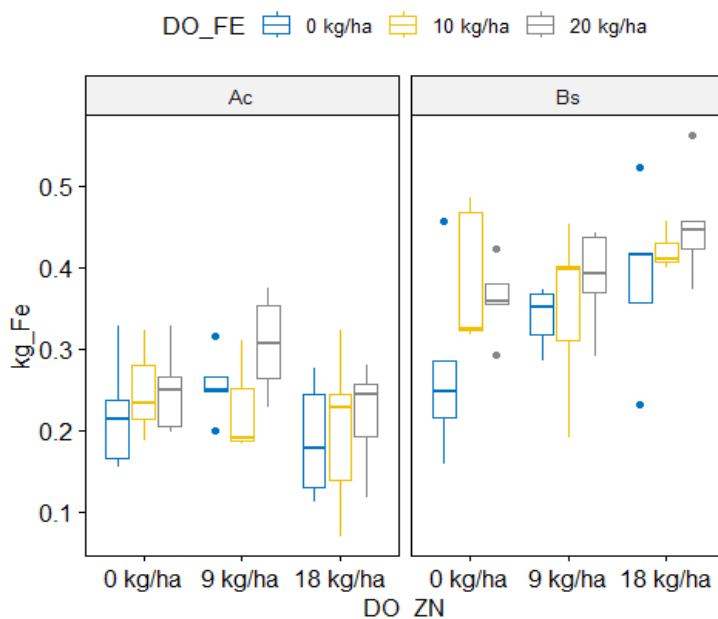
Critical Range

0.06724165	0.07074747	0.07306661	0.07475874	0.07606667	0.07711695	0.07798350	0.07871308	0.07933705
0.07987737	0.08035002	0.08076693	0.08113726	0.08146816	0.08176531	0.08203331	0.08227592	

Means with the same letter are not significantly different.

		kg_Fe groups	
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.2797311	a	
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.2739286	a	
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.2648563	ab	
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.2630032	ab	
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.2598012	ab	
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.2498695	abc	
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.2457911	abcd	
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.2300330	abcde	
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.2277307	abcde	
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.2168976	abcdef	
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.2072099	abcdef	
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.2052559	abcdef	
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.2041697	abcdef	
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.1920698	bcdef	
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.1756131	cdef	
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.1678427	def	
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.1544357	ef	
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.1458924	f	

NIVEL DE CONCENTRACIÓN 4TO CORTE



Cuadro de Análisis de Varianza

	DF	SS	MS	Fc	Pr>Fc
TIPO_SUELO	1	0.43080	0.4308	83.7425	1.094e-13 ***
DO_FE	2	0.03984	0.01992	3.8718	0.025288 *

DO_ZN	2	0.00942	0.00471	0.9156	0.404869
TIPO_SUELO*DO_FE	2	0.00893	0.00447	0.8684	0.423970
TIPO_SUELO*DO_ZN	2	0.07089	0.03545	6.8902	0.001828 **
DO_FE*DO_ZN	4	0.01840	0.0046	0.8941	0.472042
TIPO_SUELO*DO_FE*DO_ZN	4	0.00481	0.0012	0.2337	0.918505
Residuals	72	0.37040	0.00514		
Total	89	0.95349			

CV = 23.63 %

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

```
> shapiro.test(residuals(model))
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: residuals(model)
W = 0.9943, p-value = 0.9682
```

```
> bartlett.test(kg_Fe ~ interaction(TIPO_SUELO,DO_FE,DO_ZN))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: kg_Fe by interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN)
Bartlett's K-squared = 17.54, df = 17, p-value = 0.4184
```

CV: 23.63%, dentro de los parámetros permisibles.

Los datos son normales y homogéneos.

ANVA: Solo la interacción entre tipo de suelo y dosis de zinc es significativa, por lo que se procederá a analizarla.

PRUEBA DE TUKEY: La combinación con mejor promedio y diferencia estadística corresponde a la combinación de Suelo Básico y 18 kg ha⁻¹ de Zn, la cual posee mayor nivel de concentración. Se realizó la prueba para la interacción TIPO_SUELO:DO_ZN y de los tratamientos.

Tukey's new multiple range test
for kg_Fe

Mean Square Error: 0.005144381

TIPO_SUELO:DO_ZN, means

	kg_Fe	std	r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹	0.2388935	0.05636712	15	0.15560984	0.3278439
Ac:18 kg ha ⁻¹	0.2026044	0.07446761	15	0.06993589	0.3229811
Ac:9 kg ha ⁻¹	0.2615840	0.06035165	15	0.18267575	0.3754129
Bs:0 kg ha ⁻¹	0.3393068	0.09371120	15	0.15864422	0.4849004
Bs:18 kg ha ⁻¹	0.4203333	0.07408273	15	0.23215741	0.5621561
Bs:9 kg ha ⁻¹	0.3585579	0.07044991	15	0.19010220	0.4523745

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

Critical Range

	2	3	4	5	6
	0.05220886	0.05493091	0.05673157	0.05804540	0.05906093

Means with the same letter are not significantly different.

	kg_Fe	groups
Bs:18 kg ha ⁻¹	0.4203333	a
Bs:9 kg ha ⁻¹	0.3585579	b
Bs:0 kg ha ⁻¹	0.3393068	b
Ac:9 kg ha ⁻¹	0.2615840	c

Ac:0 kg ha⁻¹ 0.2388935 cd
Ac:18 kg ha⁻¹ 0.2026044 d

Tukey's new multiple range test
for kg_Fe

Mean Square Error: 0.005144381

TIPO_SUELO:DO_FE:DO_ZN, means

	kg_Fe	std r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.2199682	0.06910408	5 0.15560984	0.3278439
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.1884707	0.07111735	5 0.11294358	0.2763313
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.2553305	0.04195177	5 0.19878274	0.3157318
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.2472511	0.05414653	5 0.18639208	0.3226854
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.2010735	0.09813172	5 0.06993589	0.3229811
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.2244000	0.05576310	5 0.18267575	0.3102944
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.2494613	0.05233108	5 0.19842776	0.3274599
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.2182690	0.06451450	5 0.11782773	0.2797437
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.3050215	0.06117953	5 0.22754420	0.3754129
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.2727654	0.11302437	5 0.15864422	0.4571348
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.3888700	0.10639556	5 0.23215741	0.5235129
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.3386060	0.03719118	5 0.28504268	0.3735534
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.3832472	0.08474514	5 0.31680207	0.4849004
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.4203574	0.02342784	5 0.39907320	0.4572719
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.3504316	0.10313210	5 0.19010220	0.4523745
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.3619079	0.04683318	5 0.29314354	0.4221565
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.4517727	0.06976412	5 0.37221783	0.5621561
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.3866360	0.06153158	5 0.29105370	0.4423610

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

Critical Range

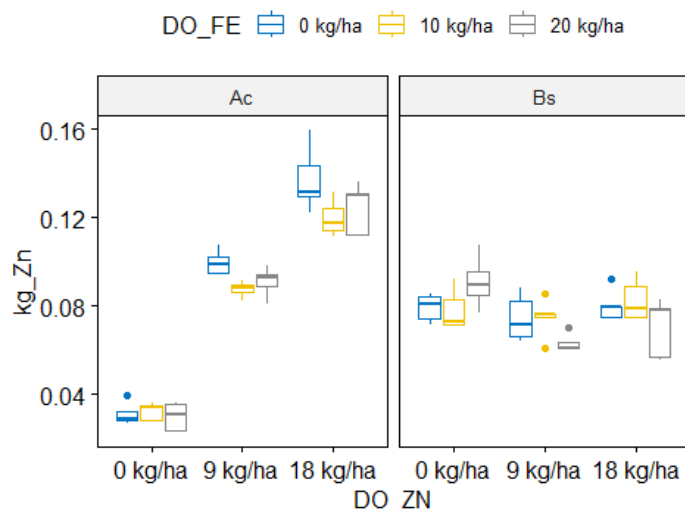
0.09042840	0.09514313	0.09826197	0.10053758	0.10229653	0.10370897	0.10487433	0.10585550	0.10669462
0.10742126	0.10805689	0.10861757	0.10911560	0.10956060	0.10996022	0.11032063	0.11064689	

Means with the same letter are not significantly different.

	kg_Fe groups
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.4517727 a
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.4203574 ab
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.3888700 abc
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.3866360 abc
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.3832472 abc
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.3619079 abcd
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.3504316 abcde
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.3386060 bcde
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.3050215 cdef
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.2727654 defg
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.2553305 efg
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.2494613 efg
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.2472511 efg
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.2244000 fg
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.2199682 fg
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.2182690 fg
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.2010735 fg
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.1884707 g

Anexo N°9 Análisis estadístico de nivel de concentración de zinc

NIVEL DE CONCENTRACIÓN 1ER CORTE



Cuadro de Análisis de Varianza

	DF	SS	MS	FC	Pr>FC	
TIPO_SUELO	1	0.00098	0.00098	12.9427	6e-04	***
DO_FE	2	0.00049	0.00025	3.2475	0.0446	*
DO_ZN	2	0.03107	0.01554	205.5466	< 0001	***
TIPO_SUELO*DO_FE	2	0.00037	0.00019	2.4605	0.0925	.
TIPO_SUELO*DO_ZN	2	0.04094	0.02047	270.8383	< 0001	***
DO_FE*DO_ZN	4	0.00084	0.00021	2.7905	0.0325	*
TIPO_SUELO*DO_FE*DO_ZN	4	0.00084	0.00021	2.7626	0.0339	*
Residuals	72	0.00544	8e-05			
Total	89	0.08098				

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
CV = 10.82 %

```
> shapiro.test(residuals(model))
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: residuals(model)
w = 0.98713, p-value = 0.5239
```

```
> bartlett.test(kg_Zn ~ interaction(TIPO_SUELO,DO_FE,DO_ZN))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: kg_Zn by interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN)
Bartlett's K-squared = 20.07, df = 17, p-value = 0.2707
```

CV: 10.82%, dentro de los parámetros permisibles.

Los datos son normales y homogéneos.

ANVA: La interacción es significativa, por lo que se procederá a analizarla

PRUEBA DE TUKEY: Hay diferencias estadísticas entre los distintos tratamientos, siendo el tratamiento T3 (Suelo Ácido, 0 kg ha⁻¹ de Fe, 18 kg ha⁻¹ de Zn) de mayor nivel de concentración. Los tratamientos que tiene Suelo Ácido y 0 kg ha⁻¹ de Zn son los que tiene menor nivel de concentración estadísticamente.

Tukey's new multiple range test

for kg_Zn

Mean Square Error: 7.558698e-05

TIPO_SUELO:DO_FE:DO_ZN, means

	kg_Zn	std r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.03110714	0.005111048	5 0.02684519	0.03963375
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.13719971	0.014611291	5 0.12190495	0.15927310
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.09968154	0.005396216	5 0.09456142	0.10756328
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.03246646	0.003895278	5 0.02800470	0.03637790
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.11992771	0.008209423	5 0.11150269	0.13181807
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.08749675	0.003552182	5 0.08205219	0.09129982
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.02988098	0.006555196	5 0.02280336	0.03651040
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.12430182	0.011438027	5 0.11161407	0.13614276
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.09090268	0.006614847	5 0.08081751	0.09832474
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.07921239	0.006217569	5 0.07130987	0.08542480
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.08005857	0.007421187	5 0.07388864	0.09249835
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.07446160	0.010331344	5 0.06437499	0.08835743
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.07824432	0.009236658	5 0.07148920	0.09248817
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.08232897	0.009518287	5 0.07392714	0.09574761
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.07490049	0.008881828	5 0.06096037	0.08567852
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.09076468	0.011455759	5 0.07676316	0.10724996
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.07056336	0.013259938	5 0.05559776	0.08313798
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.06308497	0.004094280	5 0.06046161	0.07011211

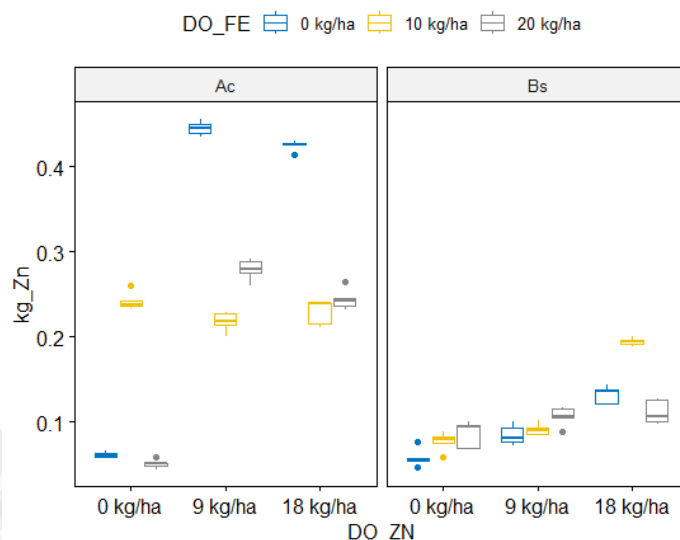
Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

0.01096129 ²	0.01153279 ³	0.01191084 ⁴	0.01218668 ⁵	0.01239989 ⁶	0.01257110 ⁷	0.01271236 ⁸	0.01283129 ⁹	0.01293301 ¹⁰
0.01302109 ¹¹	0.01309813 ¹²	0.01316610 ¹³	0.01322646 ¹⁴	0.01328041 ¹⁵	0.01332885 ¹⁶	0.01337253 ¹⁷	0.01341208 ¹⁸	

Means with the same letter are not significantly different.

	kg_Zn groups
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.13719971 a
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.12430182 b
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.11992771 b
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.09968154 c
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.09090268 cd
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.09076468 cd
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.08749675 de
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.08232897 def
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.08005857 def
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.07921239 def
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.07824432 ef
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.07490049 fg
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.07446160 fg
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.07056336 fg
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.06308497 g
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.03246646 h
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.03110714 h
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.02988098 h

NIVEL DE CONCENTRACIÓN 2DO CORTE



Cuadro de Análisis de Varianza

	DF	SS	MS	FC	Pr>FC	
TIPO_SUELO	1	0.43806	0.43806	3837.0672	< 2.2e-16	***
DO_FE	2	0.04501	0.0225	197.1154	< 2.2e-16	***
DO_ZN	2	0.28157	0.14078	1233.1432	< 2.2e-16	***
TIPO_SUELO*DO_FE	2	0.07292	0.03646	319.3511	< 2.2e-16	***
TIPO_SUELO*DO_ZN	2	0.11781	0.05891	515.9719	< 2.2e-16	***
DO_FE*DO_ZN	4	0.13151	0.03288	287.9863	< 2.2e-16	***
TIPO_SUELO*DO_FE*DO_ZN	4	0.14589	0.03647	319.4623	< 2.2e-16	***
Residuals	72	0.00822	0.00011			
Total	89	1.24099				

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

CV = 6.14 %

```
> shapiro.test(residuals(model))
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: residuals(model)
w = 0.98159, p-value = 0.2325
```

```
> bartlett.test(kg_Zn ~ interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: kg_Zn by interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN)
Bartlett's K-squared = 18.734, df = 17, p-value = 0.344
```

CV: 6.14%, dentro de los parámetros permisibles.

Los datos son normales y homogéneos.

ANVA: La interacción es significativa, por lo que se procederá a analizarla

PRUEBA DE TUKEY: Hay diferencias estadísticas entre los distintos tratamientos, siendo el tratamiento T2 (Suelo Ácido, 0 kg ha⁻¹ de Fe, 9 kg ha⁻¹ de Zn) de mayor nivel de concentración, seguido del tratamiento T3 (Suelo Ácido, 0 kg ha⁻¹ de Fe, 18 kg ha⁻¹ de Zn), ambos diferentes estadísticamente según la prueba de Tukey al 5%

```
Tukey's new multiple range test
for kg_Zn
```

Mean Square Error: 0.0001141662

TIPO_SUELO:DO_FE:DO_ZN, means

	kg_Zn	std r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.06109414	0.003066124	5 0.05787353	0.06528690
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.42473007	0.005912391	5 0.41455611	0.42970551
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.44516868	0.008021897	5 0.43529192	0.45579030
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.24212562	0.010897971	5 0.23309538	0.26075499
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.22912373	0.014486483	5 0.21106472	0.24119866
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.21766779	0.011067098	5 0.20099792	0.22801416
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.05036925	0.005569111	5 0.04406799	0.05895885
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.24394749	0.012567744	5 0.23155511	0.26437836
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.27864763	0.012648522	5 0.25956558	0.29182077
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.05776650	0.011122927	5 0.04639379	0.07631475
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.13144512	0.010572144	5 0.12000167	0.14325317
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.08394995	0.011711050	5 0.07156928	0.09955222
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.07649592	0.011041297	5 0.05851442	0.08788898
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.19405292	0.004087006	5 0.18895330	0.19983796
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.09062851	0.007260475	5 0.08329244	0.10163841
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.08529604	0.016054169	5 0.06743597	0.10076943
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.11118610	0.014074559	5 0.09681017	0.12718025
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.10625556	0.011244285	5 0.08848888	0.11711972

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

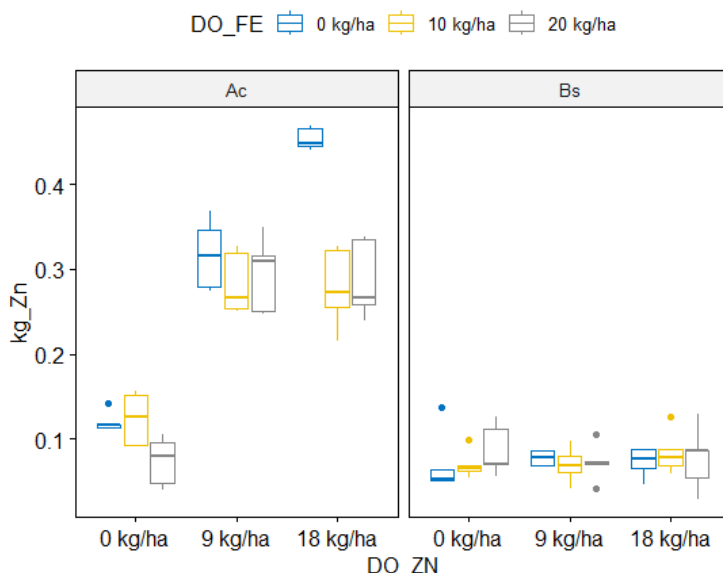
Critical Range

2	3	4	5	6	7	8	9
0.01347122	0.01417358	0.01463820	0.01497720	0.01523923	0.01544965	0.01562325	0.01576942
0.01589442	0.01600267	0.01609736	0.01618089	0.01625508	0.01632137	0.01638090	0.01643459
0.01648320							

Means with the same letter are not significantly different.

	kg_Zn groups
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.44516868 a
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.42473007 b
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.27864763 c
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.24394749 d
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.24212562 de
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.22912373 ef
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.21766779 f
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.19405292 g
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.13144512 h
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.11118610 i
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.10625556 i
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.09062851 j
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.08529604 j
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.08394995 j
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.07649592 j
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.06109414 k
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.05776650 k
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.05036925 k

NIVEL DE CONCENTRACIÓN 3ER CORTE



Cuadro de Análisis de Varianza

	DF	SS	MS	FC	Pr>FC	
TIPO_SUELO	1	0.66870	0.6687	689.4955	< 2.2e-16	***
DO_FE	2	0.02530	0.01265	13.0409	1.468e-05	***
DO_ZN	2	0.23540	0.1177	121.3623	< 2.2e-16	***
TIPO_SUELO*DO_FE	2	0.02964	0.01482	15.2801	2.943e-06	***
TIPO_SUELO*DO_ZN	2	0.23404	0.11702	120.6582	< 2.2e-16	***
DO_FE*DO_ZN	4	0.02323	0.00581	5.9878	0.0003233	***
TIPO_SUELO*DO_FE*DO_ZN	4	0.03144	0.00786	8.104	1.879e-05	***
Residuals	72	0.06983	0.00097			
Total	89	1.31757				

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
CV = 19.27 %

```
> shapiro.test(residuals(model))
```

Shapiro-wilk normality test

data: residuals(model)
W = 0.98172, p-value = 0.2373

```
> bartlett.test(kg_Zn ~ interaction(TIPO_SUELO,DO_FE,DO_ZN))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: kg_Zn by interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN)
Bartlett's K-squared = 24.31, df = 17, p-value = 0.1113

CV: 19.27%, dentro de los parámetros permisibles.

Los datos son normales y homogéneos.

ANVA: La interacción es significativa, por lo que se procederá a analizarla

PRUEBA DE TUKEY: Hay diferencias estadísticas entre los distintos tratamientos, siendo el tratamiento T3 (Suelo Ácido, 0 kg ha⁻¹ de Fe, 18 kg ha⁻¹ de Zn) de mayor nivel de concentración.

Tukey's new multiple range test
for kg_Zn

Mean Square Error: 0.0009698397

TIPO_SUELO:DO_FE:DO_ZN, means

	kg_Zn	std r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.11982368	0.011936083	5 0.11258627	0.14096052
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.45370435	0.013020564	5 0.43993662	0.46943754
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.31673769	0.040792979	5 0.27427258	0.36794093
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.12333812	0.031163027	5 0.09065212	0.15574265
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.27844577	0.046925406	5 0.21549776	0.32675910
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.28328846	0.036985159	5 0.25003593	0.32719388
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.07302004	0.029250330	5 0.03881292	0.10477886
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.28746581	0.045413975	5 0.23977647	0.33753231
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.29421724	0.044434192	5 0.24662423	0.34939487
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.07086026	0.037378846	5 0.05072464	0.13701443
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.07278703	0.017522363	5 0.04638096	0.08802720
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.07749307	0.008429113	5 0.06881626	0.08621461
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.06933152	0.017422815	5 0.05334120	0.09895210
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.08368906	0.026284253	5 0.05795674	0.12637921
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.06919071	0.021249827	5 0.04084705	0.09759126
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.08671568	0.030404540	5 0.05598180	0.12634040
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.07639005	0.037327859	5 0.02886424	0.12810297
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.07202965	0.022551413	5 0.04096429	0.10465764

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

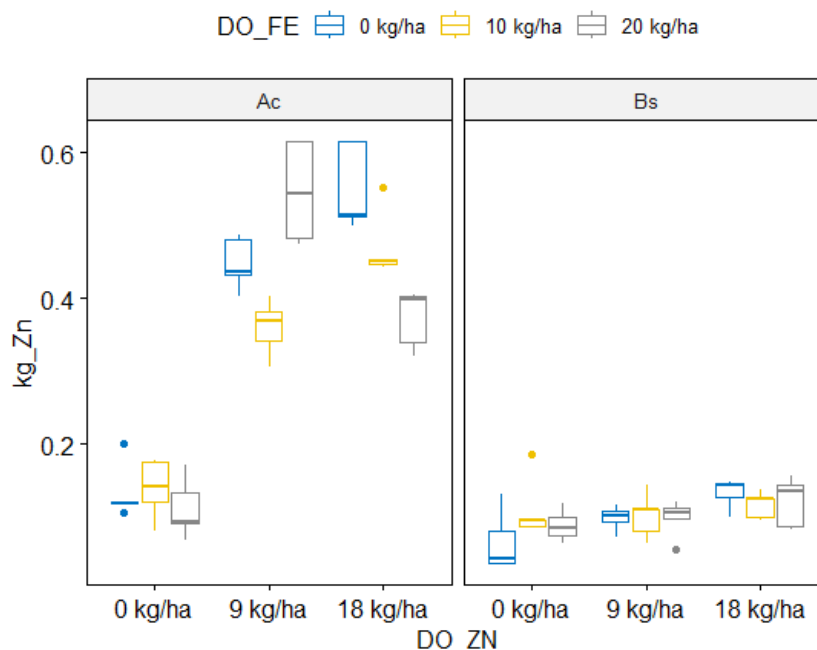
Critical Range

2	3	4	5	6	7	8	9
0.03926343	0.04131054	0.04266472	0.04365277	0.04441650	0.04502977	0.04553576	0.04596178
0.04632612	0.04664162	0.04691761	0.04716105	0.04737729	0.04757051	0.04774402	0.04790051
0.04804217							

Means with the same letter are not significantly different.

	kg_Zn groups
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.45370435 a
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.31673769 b
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.29421724 b
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.28746581 b
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.28328846 b
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.27844577 b
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.12333812 c
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.11982368 cd
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.08671568 cde
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.08368906 cde
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.07749307 de
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.07639005 de
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.07302004 e
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.07278703 e
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.07202965 e
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.07086026 e
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.06933152 e
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.06919071 e

NIVEL DE CONCENTRACIÓN 4TO CORTE



Cuadro de Análisis de Varianza

	DF	SS	MS	FC	Pr>FC
TIPO_SUELO	1	1.34005	1.34005	890.2541	< 2.2e-16 ***
DO_FE	2	0.00735	0.00368	2.4427	0.094097 .
DO_ZN	2	0.62969	0.31485	209.1673	< 2.2e-16 ***
TIPO_SUELO*DO_FE	2	0.01592	0.00796	5.2879	0.007199 **
TIPO_SUELO*DO_ZN	2	0.46695	0.23347	155.1064	< 2.2e-16 ***
DO_FE*DO_ZN	4	0.08296	0.02074	13.7781	2.155e-08 ***
TIPO_SUELO*DO_FE*DO_ZN	4	0.06636	0.01659	11.0219	4.991e-07 ***
Residuals	72	0.10838	0.00151		
Total	89	2.71766			

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

CV = 17.16 %

```
> shapiro.test(residuals(model))
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: residuals(model)
W = 0.97466, p-value = 0.07567
```

```
> bartlett.test(kg_Zn ~ interaction(TIPO_SUELO,DO_FE,DO_ZN))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: kg_Zn by interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN)
Bartlett's K-squared = 16.69, df = 17, p-value = 0.4756
```

CV: 17.16%, dentro de los parámetros permisibles.

Los datos son normales y homogéneos.

ANVA: La interacción es significativa, por lo que se procederá a analizarla

PRUEBA DE TUKEY: Hay diferencias estadísticas entre los distintos tratamientos, siendo los tratamientos T3 (Suelo Ácido, 0 kg ha⁻¹ de Fe, 18 kg ha⁻¹ de Zn) y T8 (Suelo Ácido, 20 kg ha⁻¹ de Fe, 9 kg ha⁻¹ de Zn) de mayor nivel de concentración, ambos sin diferencia estadística.

Tukey's new multiple range test
for kg_Zn

Mean Square Error: 0.001505241

TIPO_SUELO:DO_FE:DO_ZN, means

	kg_Zn	std r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.13335618	0.03820383	5 0.10602923	0.2008018
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.55082716	0.05891125	5 0.49930211	0.6151635
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.44764026	0.03565848	5 0.40191996	0.4866399
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.13994471	0.03967535	5 0.08226961	0.1773384
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.46918032	0.04662038	5 0.44229506	0.5522303
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.36041459	0.03808395	5 0.30564002	0.4035626
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.11198649	0.04093876	5 0.06795758	0.1718354
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.37343688	0.03950699	5 0.32159415	0.4043204
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.54574775	0.06820329	5 0.47336903	0.6148932
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.06544612	0.04111022	5 0.03585707	0.1312730
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.13307883	0.02026344	5 0.10019983	0.1492893
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.09891193	0.01702224	5 0.07233630	0.1166169
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.10987799	0.04284817	5 0.08451784	0.1860665
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.11741719	0.01841364	5 0.09614690	0.1388830
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.10258558	0.03128809	5 0.06391683	0.1451738
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.08874954	0.02191589	5 0.06409885	0.1198353
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.12117586	0.03368058	5 0.08363656	0.1569471
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.09889231	0.02544032	5 0.05642692	0.1220731

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

Critical Range

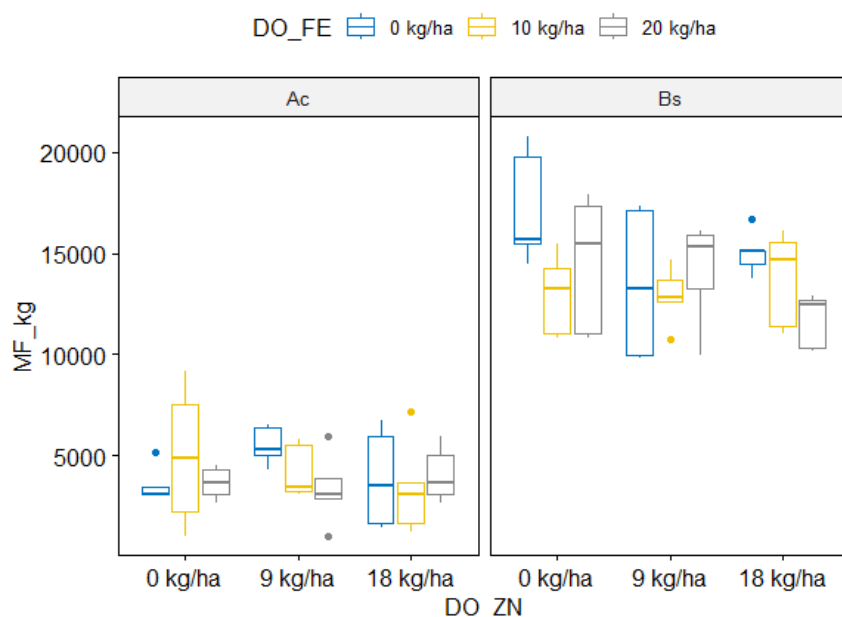
2	3	4	5	6	7	8	9
0.04891491	0.05146522	0.05315228	0.05438321	0.05533467	0.05609869	0.05672906	0.05725980
0.05771370	0.05810676	0.05845059	0.05875387	0.05902327	0.05926398	0.05948014	0.05967510
0.05985158							

Means with the same letter are not significantly different.

	kg_Zn groups
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.55082716 a
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.54574775 a
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.46918032 b
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.44764026 b
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.37343688 c
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.36041459 c
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.13994471 d
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.13335618 d
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.13307883 d
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.12117586 de
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	0.11741719 de
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.11198649 de
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.10987799 de
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.10258558 de
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.09891193 de
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	0.09889231 de
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.08874954 de
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	0.06544612 e

Anexo N°10. Análisis estadístico de producción de materia fresca

MATERIA FRESCA 1ER CORTE



Cuadro de Análisis de Varianza

	DF	SS	MS	Fc	Pr>Fc	
TIPO_SUELO	1	2213616831	2213616831.22649	456.7294	<2e-16	***
DO_FE	2	26929640	13464819.75704	2.7782	0.06883	.
DO_ZN	2	11438641	5719320.52615	1.1801	0.31313	
TIPO_SUELO*DO_FE	2	14213685	7106842.53156	1.4663	0.23758	
TIPO_SUELO*DO_ZN	2	11123232	5561616.13152	1.1475	0.32316	
DO_FE*DO_ZN	4	3128265	782066.24579	0.1614	0.95718	
TIPO_SUELO*DO_FE*DO_ZN	4	53997616	13499404.07	2.7853	0.03280	*
Residuals	72	348960275	4846670.48439			
Total	89	2683408185				

CV = 24.46 %

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

```
> shapiro.test(residuals(model))
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: residuals(model)
W = 0.98734, p-value = 0.5382
```

```
> bartlett.test(MF_kg ~ interaction(TIPO_SUELO,DO_FE,DO_ZN))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: MF_kg by interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN)
Bartlett's K-squared = 26.132, df = 17, p-value = 0.07209
```

CV: 24.46%, dentro de los parámetros permisibles.

Los datos son normales y homogéneos.

ANVA: Se encontró significancia en la interacción, se procedió a comparar los tratamientos.

PRUEBA DE TUKEY: El mejor tratamiento fue T10 (Suelo Básico, 0 kg ha⁻¹ de Fe, 0 kg ha⁻¹ de Zn) siendo el mejor tratamiento con diferencia estadística.

Tukey's new multiple range test

for MF_kg

Mean Square Error: 4846670

TIPO_SUELO:DO_FE:DO_ZN, means

	MF_kg	std r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3544.699	924.1669	5 3018.592	5167.325
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3829.905	2420.7361	5 1426.028	6722.705
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	5500.395	952.5860	5 4259.493	6537.578
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	4970.727	3437.9543	5 1018.592	9167.325
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3340.981	2343.2036	5 1222.310	7130.141
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	4196.598	1335.8816	5 3037.183	5778.480
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3626.186	781.0679	5 2648.338	4481.803
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	4033.623	1377.6679	5 2611.155	5907.831
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3340.981	1773.6369	5 1018.592	5907.831
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	17234.570	2832.3442	5 14464.001	20779.269
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	15034.413	1088.7965	5 13778.480	16723.494
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	13486.153	3670.8889	5 9778.480	17316.058
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	12956.486	2040.2368	5 10797.071	15482.593
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	13730.615	2381.3434	5 11000.790	16093.748
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	12915.742	1464.8176	5 10741.296	14704.903
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	14504.745	3413.1180	5 10797.071	17927.213
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	11693.432	1352.4078	5 10167.325	12908.621
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	14097.308	2594.1383	5 9926.423	16130.931

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

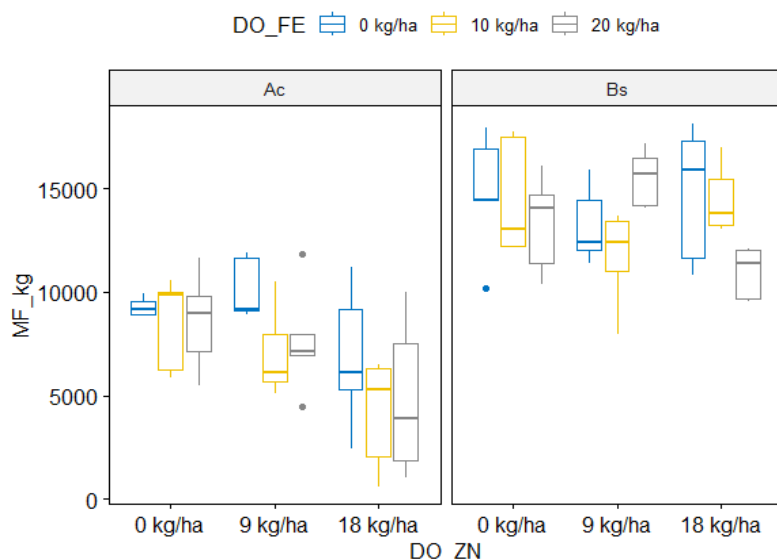
Critical Range

2	3	4	5	6	7	8	9	10
2775.620	2920.335	3016.065	3085.913	3139.902	3183.256	3219.025	3249.141	3274.897
3297.201	3316.711	3333.921	3349.207	3362.866	3375.132	3386.195	3396.209	

Means with the same letter are not significantly different.

	MF_kg	groups
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	17234.570	a
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	15034.413	ab
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	14504.745	abc
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	14097.308	bc
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	13730.615	bc
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	13486.153	bc
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	12956.486	bc
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	12915.742	bc
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	11693.432	c
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	5500.395	d
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	4970.727	d
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	4196.598	d
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	4033.623	d
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3829.905	d
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3626.186	d
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3544.699	d
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3340.981	d
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3340.981	d

MATERIA FRESCA 2DO CORTE



Cuadro de Análisis de Varianza

	DF	SS	MS	Fc	Pr>Fc	
TIPO_SUELO	1	878291753	878291753.29867	147.0338	< 2.2e-16	***
DO_FE	2	39050938	19525468.86947	3.2687	0.043772	*
DO_ZN	2	74550751	37275375.3176	6.2402	0.003168	**
TIPO_SUELO*DO_FE	2	8539841	4269920.29572	0.7148	0.492718	
TIPO_SUELO*DO_ZN	2	39677605	19838802.61383	3.3212	0.041719	*
DO_FE*DO_ZN	4	43076283	10769070.62691	1.8028	0.137659	
TIPO_SUELO*DO_FE*DO_ZN	4	45811485	11452871.3416	1.9173	0.116781	
Residuals	72	430084824	5973400.33646			
Total	89	1559083480				

CV = 23.1 %

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

```
> shapiro.test(residuals(model))
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: residuals(model)
W = 0.98688, p-value = 0.5069
```

```
> bartlett.test(MF_kg ~ interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: MF_kg by interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN)
Bartlett's K-squared = 20.29, df = 17, p-value = 0.2597
```

CV: 23.1%, dentro de los parámetros permisibles.

Los datos son normales y homogéneos.

ANVA: La interacción entre tipo de suelo y dosis de zinc es significativa, se procedió a comparar tratamientos.

PRUEBA DE TUKEY: Los mejores tratamientos son los que poseen la combinación de suelo básico y cualquier dosis de zinc. El mejor tratamiento es el T17 (Suelo Básico, 20 kg ha⁻¹ de Fe, 9 kg ha⁻¹ de Zn).

```
Tukey's new multiple range test
for MF_kg
```

Mean Square Error: 5973400

TIPO_SUELO:DO_ZN, means

	MF_kg	std	r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹	8799.274	1801.739	15	5500.395	11611.94
Ac:18 kg ha ⁻¹	5283.095	3306.865	15	611.155	11204.51
Ac:9 kg ha ⁻¹	8284.545	2439.350	15	4481.803	11908.62
Bs:0 kg ha ⁻¹	14219.539	2627.167	15	10185.916	17927.21
Bs:18 kg ha ⁻¹	13404.666	2768.225	15	9574.761	18130.93
Bs:9 kg ha ⁻¹	13486.153	2402.433	15	7945.015	17186.71

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

Critical Range

2	3	4	5	6
1779.051	1871.807	1933.166	1977.935	2012.540

Means with the same letter are not significantly different.

	MF_kg	groups
Bs:0 kg ha ⁻¹	14219.539	a
Bs:9 kg ha ⁻¹	13486.153	a
Bs:18 kg ha ⁻¹	13404.666	a
Ac:0 kg ha ⁻¹	8799.274	b
Ac:9 kg ha ⁻¹	8284.545	b
Ac:18 kg ha ⁻¹	5283.095	c

Tukey's new multiple range test
for MF_kg

Mean Square Error: 5973400

TIPO_SUELO:DO_FE:DO_ZN, means

	MF_kg	std	r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	9289.556	444.3081	5	8889.240	9927.213
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	6844.936	3416.7639	5	2444.620	11204.508
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	10145.173	1480.6841	5	8926.423	11908.621
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	8511.352	2262.5261	5	5889.240	10593.353
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	4155.854	2674.0698	5	611.155	6518.986
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	7048.654	2200.4232	5	5074.367	10482.593
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	8596.913	2364.3616	5	5500.395	11611.945
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	4848.496	3817.7488	5	1018.592	9982.198
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	7659.809	2658.5047	5	4481.803	11815.663
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	14789.951	2989.1803	5	10185.916	17927.213
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	14749.207	3346.1937	5	10797.071	18130.931
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	13241.691	1872.6579	5	11408.226	15890.030
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	14545.489	2846.8185	5	12185.916	17760.678
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	14504.745	1689.7949	5	13019.381	16982.988
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	11693.432	2343.2036	5	7945.015	13649.128
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	13323.179	2360.8484	5	10389.635	16093.748
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	10960.046	1235.1765	5	9574.761	12075.156
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	15523.337	1387.0075	5	14037.973	17186.706

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

Critical Range

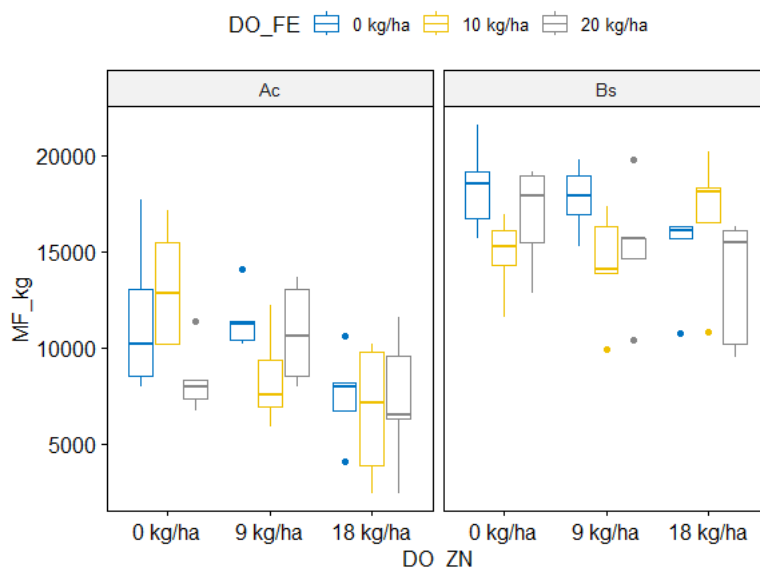
2	3	4	5	6	7	8	9	10
3081.407	3242.065	3348.341	3425.884	3485.821	3533.951	3573.662	3607.096	3635.689
3660.450	3682.110	3701.215	3718.186	3733.349	3746.967	3759.248	3770.365	

Means with the same letter are not significantly different.

	MF_kg	groups
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	15523.337	a
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	14789.951	ab
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	14749.207	ab
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	14545.489	ab
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	14504.745	ab

Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	13323.179	abc
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	13241.691	abc
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	11693.432	bcd
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	10960.046	cde
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	10145.173	cdef
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	9289.556	def
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	8596.913	def
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	8511.352	def
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	7659.809	efg
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	7048.654	fgh
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	6844.936	fgh
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	4848.496	gh
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	4155.854	h

MATERIA FRESCA 3ER CORTE



Cuadro de Análisis de Varianza

	DF	SS	MS	Fc	Pr>Fc	
TIPO_SUELO	1	921969411	921969410.52765	115.7463	< 2.2e-16	***
DO_FE	2	41770453	20885226.59638	2.622	0.079588	.
DO_ZN	2	114480480	57240239.9761	7.1861	0.001427	**
TIPO_SUELO*DO_FE	2	3788594	1894297.2444	0.2378	0.788965	
TIPO_SUELO*DO_ZN	2	27328051	13664025.31721	1.7154	0.187159	
DO_FE*DO_ZN	4	47232928	11808231.92683	1.4824	0.216491	
TIPO_SUELO*DO_FE*DO_ZN	4	83919950	20979987.57306	2.6339	0.040994	*
Residuals	72	573510989	7965430.40718			
Total	89	1814000856				

CV = 22.31 %

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

```
> shapiro.test(residuals(model))
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: residuals(model)
w = 0.98755, p-value = 0.5525
```

```
> bartlett.test(MF_kg ~ interaction(TIPO_SUELO,DO_FE,DO_ZN))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: MF_kg by interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN)
Bartlett's K-squared = 8.5923, df = 17, p-value = 0.9522
```

CV: 22.31%, dentro de los parámetros permisibles.

Los datos son normales y homogéneos.

ANVA: La interacción es significativa, se realiza la comparación de tratamientos.

PRUEBA DE TUKEY: Los mejores tratamientos son T10 (Suelo Ácido, 0 kg ha⁻¹ de Fe, 0 kg ha⁻¹ de Zn) y T11 (Suelo Ácido, 0 kg ha⁻¹ de Fe, 9 kg ha⁻¹ de Zn).

Tukey's new multiple range test
for MF_kg

Mean Square Error: 7965430

TIPO_SUELO:DO_FE:DO_ZN, means

	MF_kg	std r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	11489.714	4003.985	5 7945.015	17723.49
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	7496.834	2373.122	5 4074.367	10593.35
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	11448.970	1547.455	5 10185.916	14056.56
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	13160.204	3114.959	5 10185.916	17112.34
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	6681.961	3461.414	5 2444.620	10185.92
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	8393.195	2484.194	5 5907.831	12223.10
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	8352.451	1816.409	5 6722.705	11408.23
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	7293.116	3497.198	5 2444.620	11611.94
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	10756.328	2566.366	5 7945.015	13649.13
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	18334.649	2291.265	5 15686.311	21594.14
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	15034.413	2424.831	5 10722.705	16334.65
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	17764.238	1754.818	5 15278.875	19760.68
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	14830.694	2049.370	5 11611.945	16908.62
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	16786.390	3591.456	5 10797.071	20168.11
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	14301.027	2874.500	5 9907.831	17371.83
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	16867.877	2684.912	5 12834.255	19149.52
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	13526.897	3375.916	5 9518.986	16316.06
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	15238.131	3342.471	5 10389.635	19760.68

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

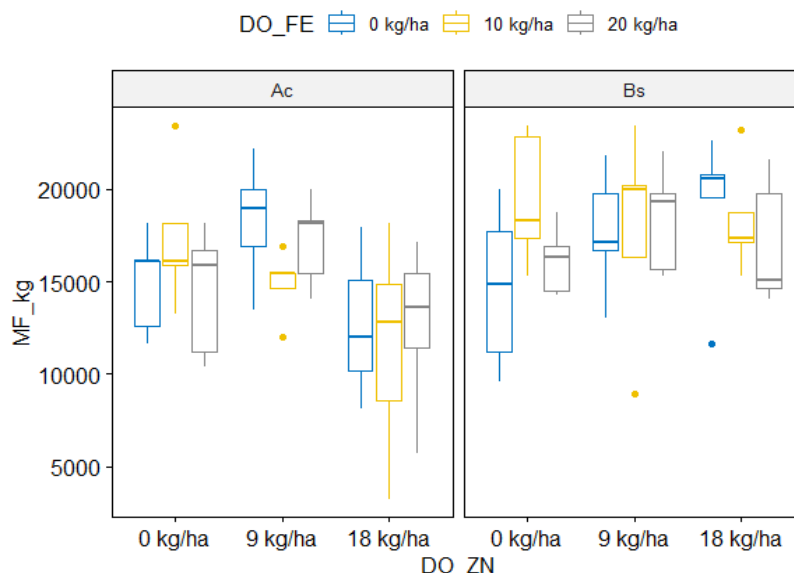
Critical Range

2	3	4	5	6	7	8	9	10
3558.303	3743.824	3866.549	3956.093	4025.306	4080.885	4126.741	4165.350	4198.369
11	12	13	14	15	16	17	18	
4226.962	4251.973	4274.036	4293.633	4311.143	4326.868	4341.050	4353.888	

Means with the same letter are not significantly different.

	MF_kg	groups
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	18334.649	a
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	17764.238	a
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	16867.877	ab
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	16786.390	ab
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	15238.131	abc
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	15034.413	abc
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	14830.694	abcd
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	14301.027	abcd
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	13526.897	bcd
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	13160.204	bcd
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	11489.714	cde
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	11448.970	cde
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	10756.328	def
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	8393.195	efg
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	8352.451	efg
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	7496.834	efg
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	7293.116	fg
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	6681.961	g

MATERIA FRESCA 4TO CORTE



Cuadro de Análisis de Varianza

	DF	SS	MS	FC	Pr>Fc	
TIPO_SUELO	1	166558437	166558437.09932	12.2077	0.0008181	***
DO_FE	2	4955238	2477619.06754	0.1816	0.8343207	
DO_ZN	2	70737338	35368669.17862	2.5923	0.0818212	.
TIPO_SUELO*DO_FE	2	17226669	8613334.5424	0.6313	0.5348164	
TIPO_SUELO*DO_ZN	2	109453307	54726653.29189	4.0111	0.0223041	*
DO_FE*DO_ZN	4	93715146	23428786.40363	1.7172	0.1555602	
TIPO_SUELO*DO_FE*DO_ZN	4	13940700	3485174.92281	0.2554	0.9054346	
Residuals	72	982348982	13643735.86378			
Total	89	1458935817				

CV = **22.73 %**

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

```
> shapiro.test(residuals(model))
```

Shapiro-wilk normality test

data: residuals(model)
W = 0.98374, p-value = 0.3242

```
> bartlett.test(MF_kg ~ interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: MF_kg by interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN)
Bartlett's K-squared = 11.718, df = 17, p-value = 0.8169

CV: 22.73%, dentro de los parámetros permisibles.

Los datos son normales y homogéneos.

ANVA: Hay significancia en la interacción de tipo de suelo con dosis de zinc, se realizó la comparación de tratamientos.

PRUEBA DE TUKEY: La peor combinación entre suelo y dosis de zinc es la que tiene suelo ácido y 18 kg ha⁻¹ de zinc, las demás combinaciones de suelo y zinc son estadísticamente iguales.

Tukey's new multiple range test

for MF_kg

Mean Square Error: 13643736

TIPO_SUELO:DO_ZN, means

	MF_kg	std	r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹	15577.66	3373.779	15	10389.635	23427.61
Ac:18 kg ha ⁻¹	12291.01	4449.720	15	3259.493	18130.93
Ac:9 kg ha ⁻¹	16799.97	2795.225	15	12019.381	22205.30
Bs:0 kg ha ⁻¹	16745.65	3770.716	15	9574.761	23427.61
Bs:18 kg ha ⁻¹	18130.93	3446.910	15	11611.945	23223.89
Bs:9 kg ha ⁻¹	17954.38	3787.711	15	8963.606	23427.61

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

Critical Range

2	3	4	5	6
2688.712	2828.895	2921.628	2989.289	3041.588

Means with the same letter are not significantly different.

	MF_kg	groups
Bs:18 kg ha ⁻¹	18130.93	a
Bs:9 kg ha ⁻¹	17954.38	a
Ac:9 kg ha ⁻¹	16799.97	a
Bs:0 kg ha ⁻¹	16745.65	a
Ac:0 kg ha ⁻¹	15577.66	a
Ac:18 kg ha ⁻¹	12291.01	b

Tukey's new multiple range test
for MF_kg

Mean Square Error: 13643736

TIPO_SUELO:DO_FE:DO_ZN, means

	MF_kg	std	r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	14912.18	2704.164	5	11611.945	18130.93
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	12671.28	3887.766	5	8148.733	17927.21
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	18293.91	3314.416	5	13445.410	22205.30
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	17356.80	3812.310	5	13241.691	23427.61
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	11530.46	5781.080	5	3259.493	18130.93
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	14912.18	1807.247	5	12019.381	16908.62
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	14464.00	3454.212	5	10389.635	18130.93
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	12671.28	4436.198	5	5704.113	17112.34
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	17193.83	2378.362	5	14056.565	19964.40
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	14667.72	4340.683	5	9574.761	19964.40
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	19027.29	4289.226	5	11611.945	22612.73
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	17682.75	3320.671	5	13037.973	21797.86
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	19434.73	3547.859	5	15278.875	23427.61
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	18334.65	2997.499	5	15278.875	23223.89
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	17764.24	5529.367	5	8963.606	23427.61
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	16134.49	1852.605	5	14260.283	18742.09
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	17030.85	3410.685	5	14056.565	21594.14
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	18416.14	2865.123	5	15278.875	22001.58

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

Critical Range

2	3	4	5	6	7	8	9	10
4656.986	4899.790	5060.408	5177.600	5268.184	5340.924	5400.939	5451.468	5494.682
11	12	13	14	15	16	17	18	
5532.104	5564.838	5593.713	5619.361	5642.278	5662.858	5681.419	5698.221	

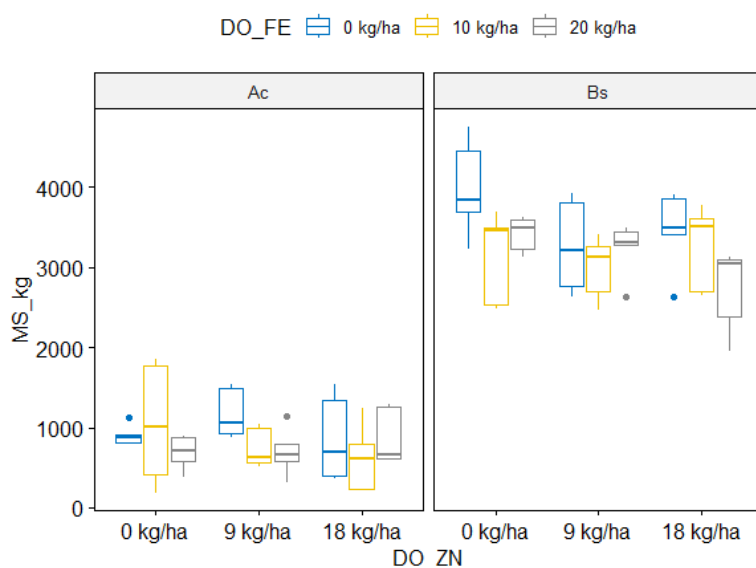
Means with the same letter are not significantly different.

	MF_kg	groups
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	19434.73	a
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	19027.29	a
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	18416.14	a

Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	18334.65	a
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	18293.91	a
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	17764.24	ab
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	17682.75	ab
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	17356.80	ab
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	17193.83	ab
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	17030.85	ab
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	16134.49	abc
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	14912.18	abc
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	14912.18	abc
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	14667.72	abc
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	14464.00	abc
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	12671.28	bc
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	12671.28	bc
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	11530.46	c

Anexo N°11. Análisis estadístico de producción de materia seca

RENDIMIENTO MATERIA SECA 1ER CORTE



Cuadro de Análisis de Varianza

	DF	SS	MS	Fc	Pr>Fc	
TIPO_SUELO	1	132344773.0	132344772.95283	643.0561	< 2.2e-16	***
DO_FE	2	2133163.4	1066581.67542	5.1825	0.007893	**
DO_ZN	2	861135.2	430567.59357	2.0921	0.130867	
TIPO_SUELO*DO_FE	2	313865.8	156932.89719	0.7625	0.470215	
TIPO_SUELO*DO_ZN	2	497169.6	248584.81994	1.2079	0.304818	
DO_FE*DO_ZN	4	159872.5	39968.13055	0.1942	0.940673	
TIPO_SUELO*DO_FE*DO_ZN	4	2217481.1	554370.27282	2.6937	0.037539	*
Residuals	72	14818028.0	205805.94404			
Total	89	153345488.5				

CV = 22.01 %

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

```
> shapiro.test(residuals(model))
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: residuals(model)
w = 0.98012, p-value = 0.1842
```

```
> bartlett.test(MS_kg ~ interaction(TIPO_SUELO,DO_FE,DO_ZN))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: MS_kg by interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN)
Bartlett's K-squared = 20.723, df = 17, p-value = 0.2389

CV: 22.01%, dentro de los parámetros permisibles.

Los datos son normales y homogéneos.

ANVA: Se encontró significancia en la interacción, se procedió a comparar los tratamientos.

PRUEBA DE TUKEY: El mejor tratamiento fue T10 (Suelo Básico, 0 kg ha⁻¹ de Fe, 0 kg ha⁻¹ de Zn) siendo el mejor tratamiento con diferencia estadística.

Tukey's new multiple range test
for MS_kg

Mean Square Error: 205805.9

TIPO_SUELO:DO_FE:DO_ZN, means

	MS_kg	std r		Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	906.9540	134.7983	5	801.1471	1132.2188
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	866.2103	544.5006	5	356.5071	1542.1477
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	1176.2696	312.7616	5	876.5229	1537.1833
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	1046.7048	758.6934	5	187.4209	1847.7252
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	622.5632	425.8654	5	224.0902	1248.7933
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	746.0165	250.8951	5	515.9414	1039.9325
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	686.1233	211.5995	5	387.0648	886.1747
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	886.9896	354.6796	5	603.7183	1286.0757
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	698.3464	304.2825	5	309.6519	1140.8226
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3993.6941	609.7760	5	3228.9355	4754.7858
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3459.5446	511.0794	5	2630.7157	3904.9243
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3267.2345	589.6900	5	2628.6785	3923.2589
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3133.5953	575.1849	5	2487.4008	3687.3017
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3248.4924	532.8890	5	2655.1619	3774.3665
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	2995.0668	398.5524	5	2462.3416	3415.2882
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3410.2448	223.5464	5	3126.4633	3625.2961
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	2723.3066	532.0207	5	1950.8305	3133.1879
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3232.5312	348.5914	5	2631.6058	3494.7384

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

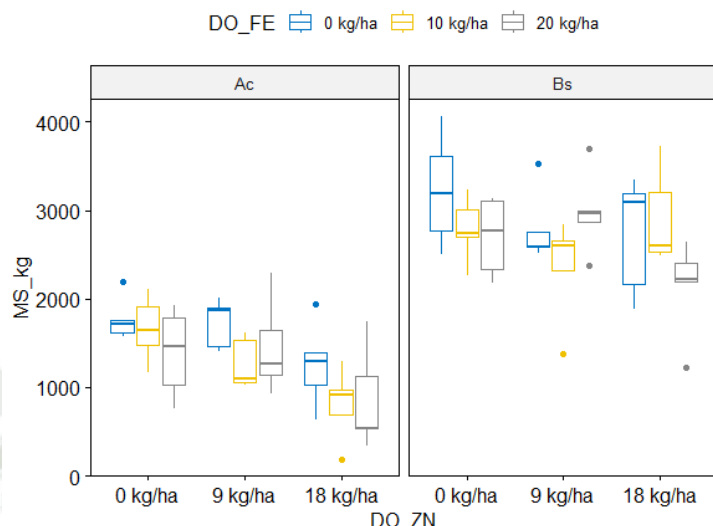
Critical Range

2	3	4	5	6	7	8	9	10
571.9621	601.7829	621.5096	635.9029	647.0283	655.9620	663.3330	669.5389	674.8464
11	12	13	14	15	16	17	18	
679.4424	683.4627	687.0091	690.1591	692.9738	695.5014	697.7810	699.8446	

Means with the same letter are not significantly different.

	MS_kg	groups
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3993.6941	a
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3459.5446	ab
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3410.2448	ab
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3267.2345	bc
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3248.4924	bc
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3232.5312	bc
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3133.5953	bc
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	2995.0668	bc
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	2723.3066	c
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	1176.2696	d
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	1046.7048	d
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	906.9540	d
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	886.9896	d
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	866.2103	d
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	746.0165	d
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	698.3464	d
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	686.1233	d
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	622.5632	d

RENDIMIENTO MATERIA SECA 2DO CORTE



Cuadro de Análisis de Varianza

	DF	SS	MS	Fc	Pr>Fc	
TIPO_SUELO	1	42971167.60	42971167.60133	189.1548	< 2.2e-16	***
DO_FE	2	1964160.35	982080.17613	4.323	0.016865	*
DO_ZN	2	3447442.58	1723721.29006	7.5877	0.001023	**
TIPO_SUELO*DO_FE	2	44213.98	22106.98785	0.0973	0.907391	
TIPO_SUELO*DO_ZN	2	637528.98	318764.49189	1.4032	0.252457	
DO_FE*DO_ZN	4	1629299.16	407324.7893	1.793	0.139610	
TIPO_SUELO*DO_FE*DO_ZN	4	1316111.58	329027.89471	1.4483	0.226984	
Residuals	72	16356569.21	227174.57242			
Total	89	68366493.44				

CV = 23.28 %

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

> shapiro.test(residuals(model))

Shapiro-wilk normality test

data: residuals(model)
w = 0.98914, p-value = 0.6678

> bartlett.test(MS_kg ~ interaction(TIPO_SUELO,DO_FE,DO_ZN))

Bartlett test of homogeneity of variances

data: MS_kg by interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN)
Bartlett's K-squared = 9.0999, df = 17, p-value = 0.9371

CV: 23.28%, dentro de los parámetros permisibles.

Los datos son normales y homogéneos.

ANVA: La interacción no es significativa, se procede a analizar efectos principales y comparar tratamientos.

PRUEBA DE TUKEY: El mejor factor es el suelo básico, la mejor dosis de hierro es 0 kg ha⁻¹ y las mejores dosis de zinc son 0 y 9 kg ha⁻¹.

Tukey's new multiple range test
for MS_kg

Mean Square Error: 227174.6

TIPO_SUELO, means

	MS_kg	std	r	Min	Max
Ac	1356.324	507.6592	45	191.2915	2289.875
Bs	2738.289	565.1978	45	1230.3772	4062.306

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

Critical Range

2
200.3074

Means with the same letter are not significantly different.

	MS_kg	groups
Bs	2738.289	a
Ac	1356.324	b

Tukey's new multiple range test
for MS_kg

Mean Square Error: 227174.6

DO_FE, means

	MS_kg	std	r	Min	Max
0 kg ha ⁻¹	2254.675	837.8048	30	635.6012	4062.306
10 kg ha ⁻¹	1965.639	885.7764	30	191.2915	3721.777
20 kg ha ⁻¹	1921.606	896.2248	30	346.3212	3690.724

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

Critical Range

2 3
245.3254 258.1161

Means with the same letter are not significantly different.

	MS_kg	groups
0 kg ha ⁻¹	2254.675	a
10 kg ha ⁻¹	1965.639	b
20 kg ha ⁻¹	1921.606	b

Tukey's new multiple range test
for MS_kg

Mean Square Error: 227174.6

DO_ZN, means

	MS_kg	std	r	Min	Max
0 kg ha ⁻¹	2258.233	797.3640	30	759.6045	4062.306
18 kg ha ⁻¹	1786.634	997.7201	30	191.2915	3721.777
9 kg ha ⁻¹	2097.052	779.3287	30	930.8705	3690.724

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

Critical Range

2 3
245.3254 258.1161

Means with the same letter are not significantly different.

	MS_kg	groups
0 kg ha ⁻¹	2258.233	a
9 kg ha ⁻¹	2097.052	a
18 kg ha ⁻¹	1786.634	b

Tukey's new multiple range test

for MS_kg

Mean Square Error: 227174.6

TIPO_SUELO:DO_FE:DO_ZN, means

	MS_kg	std r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	1773.0991	243.9170	5 1574.8693	2188.449
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	1262.1736	482.8164	5 635.6012	1947.343
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	1729.7805	273.2315	5 1411.8645	2009.256
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	1660.5403	367.0159	5 1164.1605	2106.846
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	813.6632	410.7385	5 191.2915	1299.804
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	1262.4995	285.5612	5 1021.1629	1615.010
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	1393.4008	496.2717	5 759.6045	1925.260
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	858.8928	574.9981	5 346.3212	1741.894
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	1452.8621	534.5792	5 930.8705	2289.875
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3226.9798	627.2277	5 2507.7726	4062.306
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	2737.1309	665.6163	5 1878.8126	3348.783
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	2798.8861	420.3349	5 2519.6290	3533.943
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	2787.8527	365.8895	5 2262.3416	3237.161
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	2907.9691	538.8087	5 2483.8091	3721.777
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	2361.3073	579.0643	5 1380.8436	2839.671
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	2707.5266	435.8938	5 2182.3937	3131.803
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	2139.9755	539.4689	5 1230.3772	2648.705
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	2976.9767	469.6461	5 2377.5966	3690.724

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

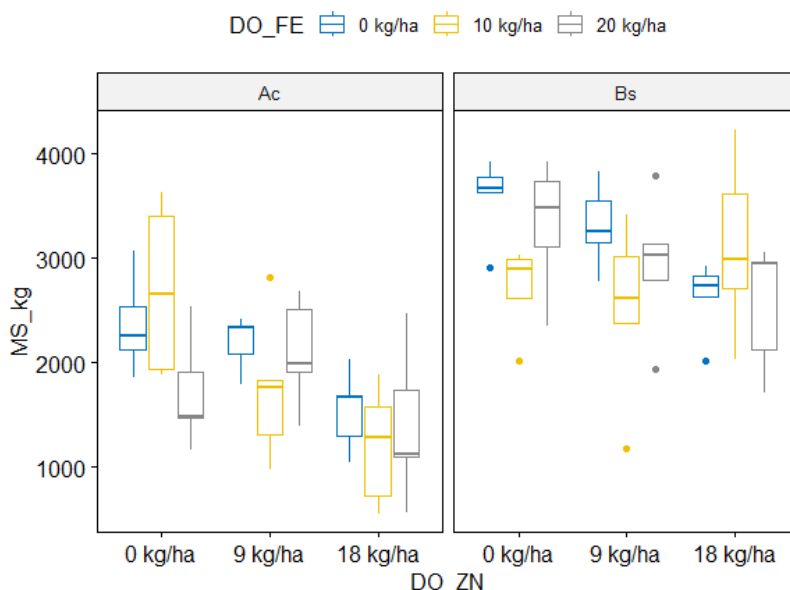
Critical Range

2	3	4	5	6	7	8	9	10
600.9221	632.2527	652.9783	668.1004	679.7891	689.1752	696.9193	703.4394	709.0156
713.8444	718.0683	721.7942	725.1037	728.0609	730.7165	733.1115	735.2796	

Means with the same letter are not significantly different.

	MS_kg	groups
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3226.9798	a
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	2976.9767	ab
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	2907.9691	ab
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	2798.8861	abc
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	2787.8527	abc
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	2737.1309	abc
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	2707.5266	abc
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	2361.3073	bcd
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	2139.9755	cde
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	1773.0991	def
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	1729.7805	def
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	1660.5403	ef
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	1452.8621	fg
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	1393.4008	fg
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	1262.4995	fg
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	1262.1736	fg
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	858.8928	g
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	813.6632	g

RENDIMIENTO MATERIA SECA 3ER CORTE



Cuadro de Análisis de Varianza

	DF	SS	MS	Fc	Pr>Fc	
TIPO_SUELO	1	26364113.5	26364113.46499	76.2714	6.556e-13	***
DO_FE	2	1478679.9	739339.92714	2.1389	0.1252078	
DO_ZN	2	6558823.2	3279411.59164	9.4873	0.0002202	***
TIPO_SUELO*DO_FE	2	389171.4	194585.69032	0.5629	0.5720204	
TIPO_SUELO*DO_ZN	2	1051305.7	525652.86827	1.5207	0.2254916	
DO_FE*DO_ZN	4	1741630.4	435407.58841	1.2596	0.2938384	
TIPO_SUELO*DO_FE*DO_ZN	4	4306687.6	1076671.88972	3.1148	0.0201717	*
Residuals	72	24887646.8	345661.76109			
Total	89	66778058.3				

CV = 24.26 %

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

```
> shapiro.test(residuals(model))
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: residuals(model)
w = 0.99091, p-value = 0.7956
```

```
> bartlett.test(MS_kg ~ interaction(TIPO_SUELO,DO_FE,DO_ZN))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: MS_kg by interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN)
Bartlett's K-squared = 12.622, df = 17, p-value = 0.7611
```

CV: 24.26%, dentro de los parámetros permisibles.

Los datos son normales y homogéneos.

ANVA: La interacción es significativa, se realiza la comparación de tratamientos.

PRUEBA DE TUKEY: El mejor tratamiento es el T10 (Suelo Ácido, 0 kg ha⁻¹ de Fe, 0 kg ha⁻¹ de Zn).

Tukey's new multiple range test
for MS_kg

Mean Square Error: 345661.8

TIPO_SUELO:DO_FE:DO_ZN, means

	MS_kg	std r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	2365.577	465.2103	5 1850.2965	3071.973
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	1547.037	384.4657	5 1043.0378	2035.146
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	2193.232	260.5270	5 1788.6469	2420.174
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	2698.860	807.8715	5 1880.3202	3628.223
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	1199.901	560.6271	5 552.0767	1878.283
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	1740.569	695.7564	5 979.8852	2819.462
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	1709.197	529.2601	5 1167.3060	2530.182
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	1393.026	728.2900	5 560.2254	2462.955
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	2094.224	518.0958	5 1383.2474	2685.008
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3582.183	389.3275	5 2915.2093	3921.578
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	2626.744	359.5456	5 2014.1612	2927.076
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3314.497	404.7489	5 2774.6436	3838.053
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	2709.454	420.3613	5 2014.7743	3025.217
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3114.853	847.0850	5 2022.9230	4233.267
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	2517.144	848.0699	5 1175.4547	3412.282
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3320.201	621.2848	5 2348.8723	3923.615
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	2561.147	608.6188	5 1712.3021	3059.315
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	2937.618	667.2778	5 1941.4357	3785.087

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

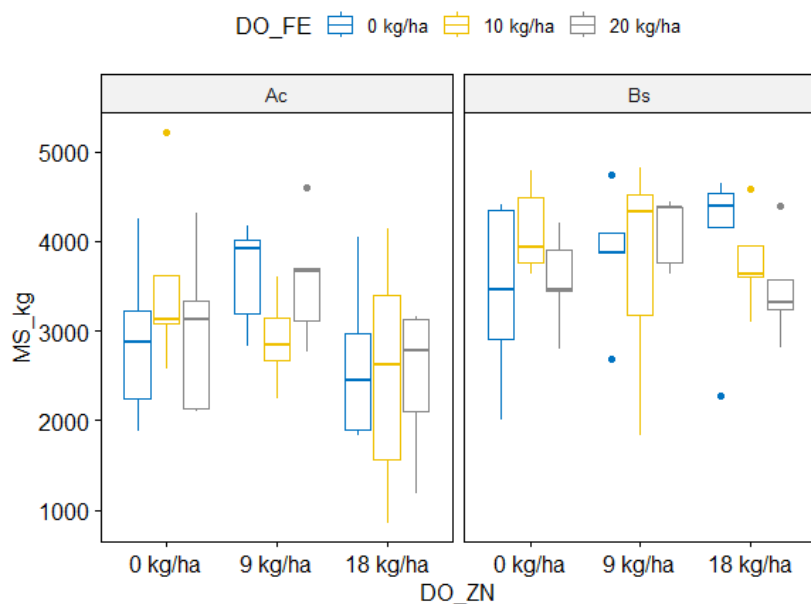
Critical Range

2	3	4	5	6	7	8	9	10
741.2487	779.8957	805.4611	824.1145	838.5327	850.1106	859.6631	867.7058	874.5842
11	12	13	14	15	16	17	18	
880.5405	885.7508	890.3468	894.4292	898.0769	901.3526	904.3069	906.9812	

Means with the same letter are not significantly different.

	MS_kg	groups
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3582.183	a
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3320.201	ab
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3314.497	ab
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3114.853	abc
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	2937.618	abcd
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	2709.454	bcd
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	2698.860	bcd
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	2626.744	bcd
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	2561.147	bcde
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	2517.144	bcdef
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	2365.577	cdefg
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	2193.232	defgh
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	2094.224	defgh
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	1740.569	efghi
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	1709.197	fghi
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	1547.037	ghi
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	1393.026	hi
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	1199.901	i

RENDIMIENTO MATERIA SECA 4TO CORTE



Cuadro de Análisis de Varianza

	DF	SS	MS	Fc	Pr>Fc	
TIPO_SUELO	1	13326482.58	13326482.57545	19.2202	3.898e-05	***
DO_FE	2	65063.12	32531.55795	0.0469	0.95419	
DO_ZN	2	3614431.29	1807215.64591	2.6065	0.08075	.
TIPO_SUELO*DO_FE	2	180020.21	90010.10666	0.1298	0.87846	
TIPO_SUELO*DO_ZN	2	2150598.06	1075299.03113	1.5509	0.21907	
DO_FE*DO_ZN	4	4568079.00	1142019.74917	1.6471	0.17182	
TIPO_SUELO*DO_FE*DO_ZN	4	452740.18	113185.04447	0.1632	0.95629	
Residuals	72	49921660.20	693356.39164			
Total	89	74279074.63				

CV = 24.48 %

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

```
> shapiro.test(residuals(model))
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: residuals(model)
W = 0.99311, p-value = 0.9249
```

```
> bartlett.test(MS_kg ~ interaction(TIPO_SUELO,DO_FE,DO_ZN))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: MS_kg by interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN)
Bartlett's K-squared = 14.295, df = 17, p-value = 0.6461
```

CV: 24.48%, dentro de los parámetros permisibles.

Los datos son normales y homogéneos.

ANVA: No hay significancia en las interacciones, se realizó la comparación de tratamientos y análisis de efectos principales de tipo de suelo y dosis de zinc.

PRUEBA DE TUKEY: Los mejores resultados corresponde a suelos básicos y con una dosis de 9 kg ha⁻¹ de zinc.

Tukey's new multiple range test
for MS_kg

Mean Square Error: 693356.4

TIPO_SUELO, means

	MS_kg	std	r	Min	Max
Ac	3016.661	913.2313	45	859.6913	5217.226
Bs	3786.264	742.4923	45	1831.4278	4813.864

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

Critical Range

$\sqrt{2}$
349.9414

Means with the same letter are not significantly different.

	MS_kg	groups
Bs	3786.264	a
Ac	3016.661	b

Tukey's new multiple range test
for MS_kg

Mean Square Error: 693356.4

DO_ZN, means

	MS_kg	std	r	Min	Max
0 kg ha ⁻¹	3424.913	872.1334	30	1888.4689	5217.226
18 kg ha ⁻¹	3145.139	1038.5172	30	859.6913	4650.889
9 kg ha ⁻¹	3634.335	773.0312	30	1831.4278	4813.864

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

Critical Range

$\sqrt{2}$ $\sqrt{3}$
428.5889 450.9345

Means with the same letter are not significantly different.

	MS_kg	groups
9 kg ha ⁻¹	3634.335	a
0 kg ha ⁻¹	3424.913	ab
18 kg ha ⁻¹	3145.139	b

Tukey's new multiple range test
for MS_kg

Mean Square Error: 693356.4

TIPO_SUELO:DO_FE:DO_ZN, means

	MS_kg	std	r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	2897.689	922.2126	5	1888.4689	4257.713
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	2638.560	911.8101	5	1835.5021	4045.846
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3624.149	579.1121	5	2829.6476	4168.077
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3525.549	1016.7928	5	2570.9253	5217.226
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	2517.551	1328.0446	5	859.6913	4135.482
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	2905.838	506.1706	5	2251.0875	3599.703
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3004.845	928.1119	5	2094.2244	4322.903
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	2469.474	836.6097	5	1183.6035	3155.597
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3566.293	693.8061	5	2766.4949	4591.811
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3429.394	1009.0831	5	2010.6999	4412.539
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	4001.028	978.7410	5	2281.6453	4650.889
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3853.536	742.0461	5	2689.0819	4740.525
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	4125.704	498.2140	5	3634.3350	4795.529
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3776.530	544.4930	5	3096.5186	4579.588
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3734.972	1232.9105	5	1831.4278	4813.864
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3566.293	531.6845	5	2805.2014	4204.746
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3467.693	584.8196	5	2811.3129	4390.130

Bs:20 kg ha⁻¹:9 kg ha⁻¹ 4121.222 387.8681 5 3640.4465 4439.022

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

Critical Range

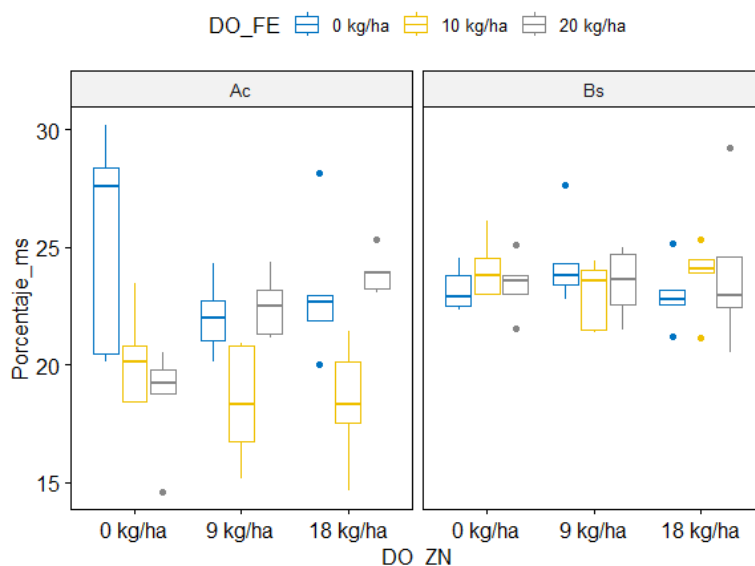
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1049.824	1104.560	1140.768	1167.186	1187.607	1204.004	1217.533	1228.924	1238.666	
1247.102	1254.481	1260.990	1266.772	1271.938	1276.578	1280.762	1284.550		

Means with the same letter are not significantly different.

	MS_kg groups
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	4125.704 a
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	4121.222 a
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	4001.028 a
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3853.536 ab
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3776.530 abc
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3734.972 abc
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3624.149 abcd
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	3566.293 abcd
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3566.293 abcd
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3525.549 abcd
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	3467.693 abcd
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3429.394 abcd
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	3004.845 abcd
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	2905.838 abcd
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	2897.689 abcd
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	2638.560 bcd
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	2517.551 cd
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	2469.474 d

Anexo N°12. Análisis estadístico de porcentaje de materia seca

PORCENTAJE MATERIA SECA 1ER CORTE



Cuadro de Análisis de Varianza

	DF	SS	MS	Fc	Pr>Fc	
TIPO_SUELO	1	108.26293	108.26293	22.4375	1.06e-05	***
DO_FE	2	73.45078	36.72539	7.6114	0.0010030	**
DO_ZN	2	2.34084	1.17042	0.2426	0.7852472	
TIPO_SUELO*DO_FE	2	79.84814	39.92407	8.2743	0.0005827	***
TIPO_SUELO*DO_ZN	2	2.85748	1.42874	0.2961	0.7446089	
DO_FE*DO_ZN	4	63.27808	15.81952	3.2786	0.0158450	*
TIPO_SUELO*DO_FE*DO_ZN	4	57.91981	14.47995	3.001	0.0238594	*
Residuals	72	347.40576	4.82508			
Total	89	735.36383				

CV = 9.76 %

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

```
> shapiro.test(residuals(model))
```

Shapiro-wilk normality test

data: residuals(model)
W = 0.9834, p-value = 0.3078

```
> bartlett.test(Porcentaje_ms ~ interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: Porcentaje_ms by interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN)
Bartlett's K-squared = 26.016, df = 17, p-value = 0.07417

CV: 9.76%, dentro de los parámetros permisibles.

Los datos son normales y homogéneos.

ANVA: Se encontró significancia en la interacción, se procedió a comparar los tratamientos.

PRUEBA DE TUKEY: El mejor tratamiento fue T1 (Suelo Ácido, 0 kg ha⁻¹ de Fe, 0 kg ha⁻¹ de Zn) aunque no diferente estadísticamente de los tratamientos T11, T13, T18, T9 y T15.

Tukey's new multiple range test
for Porcentaje_ms

Mean Square Error: 4.82508

TIPO_SUELO:DO_FE:DO_ZN, means

	Porcentaje_ms	std r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	25.370	4.7102760	5 20.13	30.20
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	23.124	3.0296997	5 20.00	28.14
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	22.042	1.6005686	5 20.13	24.30
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	20.252	2.0776357	5 18.40	23.46
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	18.408	2.6097931	5 14.63	21.44
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	18.390	2.5222510	5 15.14	20.90
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	18.586	2.3086316	5 14.62	20.52
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	23.910	0.8896348	5 23.07	25.33
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	22.516	1.3607645	5 21.13	24.40
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	23.214	0.9381791	5 22.32	24.55
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	22.988	1.4405971	5 21.19	25.19
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	24.392	1.8934941	5 22.79	27.63
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	24.114	1.2914256	5 23.04	26.14
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	23.794	1.5635952	5 21.17	25.32
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	22.984	1.4430281	5 21.40	24.41
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	23.424	1.3028354	5 21.55	25.13
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	23.950	3.2944954	5 20.51	29.24
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	23.480	1.4747034	5 21.47	25.00

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

Critical Range

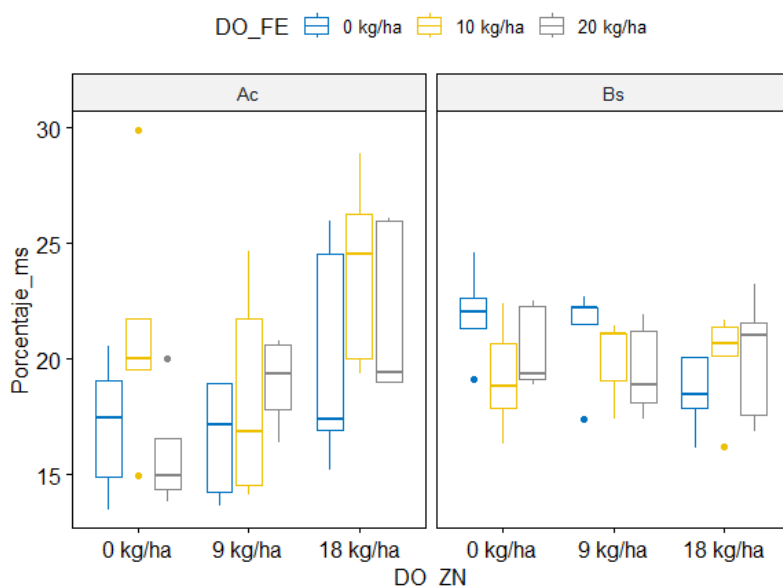
2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.769431	2.913823	3.009339	3.079031	3.132900	3.176157	3.211847	3.241896	3.267595
3.289849	3.309315	3.326487	3.341739	3.355368	3.367606	3.378644	3.388636	

Means with the same letter are not significantly different.

Porcentaje_ms	groups
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	25.370 a
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	24.392 a
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	24.114 a
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	23.950 a

Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	23.910	a
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	23.794	a
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	23.480	ab
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	23.424	ab
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	23.214	ab
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	23.124	ab
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	22.988	ab
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	22.984	ab
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	22.516	ab
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	22.042	ab
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	20.252	bc
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	18.586	c
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	18.408	c
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	18.390	c

PORCENTAJE MATERIA SECA 2DO CORTE



Cuadro de Análisis de Varianza

	DF	SS	MS	Fc	Pr>Fc
TIPO_SUELO	1	13.47921	13.47921	1.4239	0.236674
DO_FE	2	25.12305	12.56152	1.327	0.271682
DO_ZN	2	45.73360	22.8668	2.4156	0.096516
TIPO_SUELO*DO_FE	2	63.24019	31.62009	3.3403	0.040994
TIPO_SUELO*DO_ZN	2	111.95641	55.9782	5.9135	0.004189
DO_FE*DO_ZN	4	33.23457	8.30864	0.8777	0.481680
TIPO_SUELO*DO_FE*DO_ZN	4	41.84525	10.46131	1.1051	0.360829
Residuals	72	681.56276	9.46615		
Total	89	1016.17503			

CV = 15.6 %

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

```
> shapiro.test(residuals(model))
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: residuals(model)
W = 0.9839, p-value = 0.332
```

```
> bartlett.test(Porcentaje_ms ~ interaction(TIPO_SUELO,DO_FE,DO_ZN))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

data: Porcentaje_ms by interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN)
Bartlett's K-squared = 19.733, df = 17, p-value = 0.2881

CV: 15.6%, dentro de los parámetros permisibles.

Los datos son normales y homogéneos.

ANVA: Hay significancia entre las interacciones entre Suelo : hierro y Suelo : zinc, se analizó y comparó los tratamientos.

PRUEBA DE TUKEY: El mejor tratamiento según análisis es el que contiene un Suelo Ácido, 10 kg ha⁻¹ de Fe y 18 kg ha⁻¹ de Zn, la prueba de Tukey afirma que el mejor tratamiento es el T6 para porcentaje de materia seca.

Tukey's new multiple range test
for Porcentaje_ms

Mean Square Error: 9.466149

TIPO_SUELO:DO_FE:DO_ZN, means

	Porcentaje_ms	std r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	17.094	2.904114	5 13.50	20.56
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	20.010	4.897459	5 15.20	26.00
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	16.598	2.530794	5 13.66	18.98
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	21.244	5.459353	5 14.96	29.91
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	23.826	4.083268	5 19.39	28.90
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	18.412	4.636822	5 14.16	24.69
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	15.948	2.490797	5 13.81	20.00
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	21.912	3.786683	5 19.00	26.11
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	18.994	1.888857	5 16.38	20.77
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	21.960	1.993427	5 19.14	24.62
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	18.542	1.644330	5 16.18	20.10
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	21.226	2.170053	5 17.42	22.73
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	19.234	2.374569	5 16.32	22.40
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	20.020	2.206638	5 16.23	21.69
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	20.018	1.747504	5 17.38	21.43
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	20.432	1.800547	5 18.90	22.51
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	20.050	2.720414	5 16.86	23.21
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	19.522	1.971629	5 17.42	21.95

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

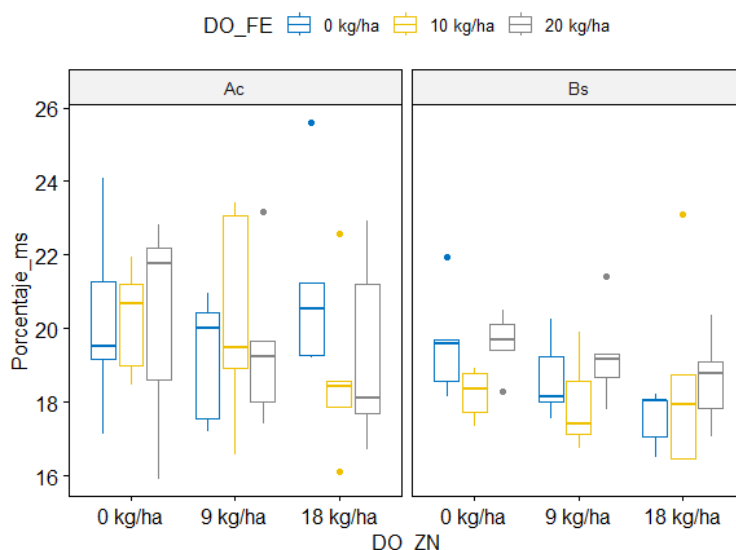
Critical Range

2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.879046	4.081291	4.215078	4.312693	4.388145	4.448734	4.498724	4.540812	4.576807
11	12	13	14	15	16	17	18	
4.607977	4.635244	4.659295	4.680659	4.699747	4.716890	4.732350	4.746345	

Means with the same letter are not significantly different.

	Porcentaje_ms	groups
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	23.826	a
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	21.960	ab
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	21.912	ab
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	21.244	abc
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	21.226	abc
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	20.432	abcd
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	20.050	abcd
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	20.020	abcd
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	20.018	abcd
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	20.010	abcd
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	19.522	abcd
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	19.234	abcd
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	18.994	bcd
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	18.542	bcd
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	18.412	bcd
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	17.094	cd
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	16.598	cd
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	15.948	d

PORCENTAJE MATERIA SECA 3ER CORTE



Cuadro de Análisis de Varianza

	DF	SS	MS	FC	Pr>Fc
TIPO_SUELO	1	33.40104	33.40104	8.4796	0.004779 **
DO_FE	2	3.60235	1.80118	0.4573	0.634834
DO_ZN	2	8.18927	4.09463	1.0395	0.358871
TIPO_SUELO*DO_FE	2	5.32049	2.66024	0.6754	0.512165
TIPO_SUELO*DO_ZN	2	0.86224	0.43112	0.1095	0.896476
DO_FE*DO_ZN	4	3.34220	0.83555	0.2121	0.930904
TIPO_SUELO*DO_FE*DO_ZN	4	21.08741	5.27185	1.3384	0.264057
Residuals	72	283.60583	3.93897		
Total	89	359.41083			

CV = 10.29 %

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

```
> shapiro.test(residuals(model))
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: residuals(model)
W = 0.97441, p-value = 0.07264
```

```
> bartlett.test(Porcentaje_ms ~ interaction(TIPO_SUELO,DO_FE,DO_ZN))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: Porcentaje_ms by interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN)
Bartlett's K-squared = 24.259, df = 17, p-value = 0.1126
```

CV: 10.29%, dentro de los parámetros permisibles.

Los datos son normales y homogéneos.

ANVA: No hay interacción significativa, solo significancia en los efectos principales de tipo de suelo, se comparó tratamientos.

PRUEBA DE TUKEY: El mejor nivel de factor de suelo fue Suelo Ácido, el tratamiento con mejor porcentaje fue el T3 (Suelo Ácido, 0 kg ha⁻¹ de Fe, 18 kg ha⁻¹ de Zn).

Tukey's new multiple range test
for Porcentaje_ms

Mean Square Error: 3.93897

TIPO_SUELO:DO_FE:DO_ZN, means

	Porcentaje_ms	std r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	20.23663	2.6137177	5 17.12500	24.10345
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	21.17301	2.6195497	5 19.21154	25.60000
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	19.23385	1.7215402	5 17.21739	20.94545
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	20.25446	1.4825721	5 18.46000	21.94737
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	18.71843	2.3749866	5 16.10417	22.58333
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	20.29941	2.9080076	5 16.58621	23.43243
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	20.25949	2.9195073	5 15.91667	22.82927
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	19.33240	2.6144712	5 16.71875	22.91667
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	19.50832	2.2511628	5 17.41026	23.19048
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	19.60051	1.4699155	5 18.16038	21.95122
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	17.58141	0.7567991	5 16.51111	18.22785
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	18.64544	1.0917803	5 17.56818	20.25806
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	18.23234	0.6824317	5 17.35088	18.93333
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	18.53655	2.7258214	5 16.45679	23.08889
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	17.95172	1.2841953	5 16.75000	19.89655
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	19.60611	0.8374756	5 18.30159	20.48936
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	18.62407	1.2543937	5 17.06250	20.35802
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	19.27230	1.3331047	5 17.80519	21.41667

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

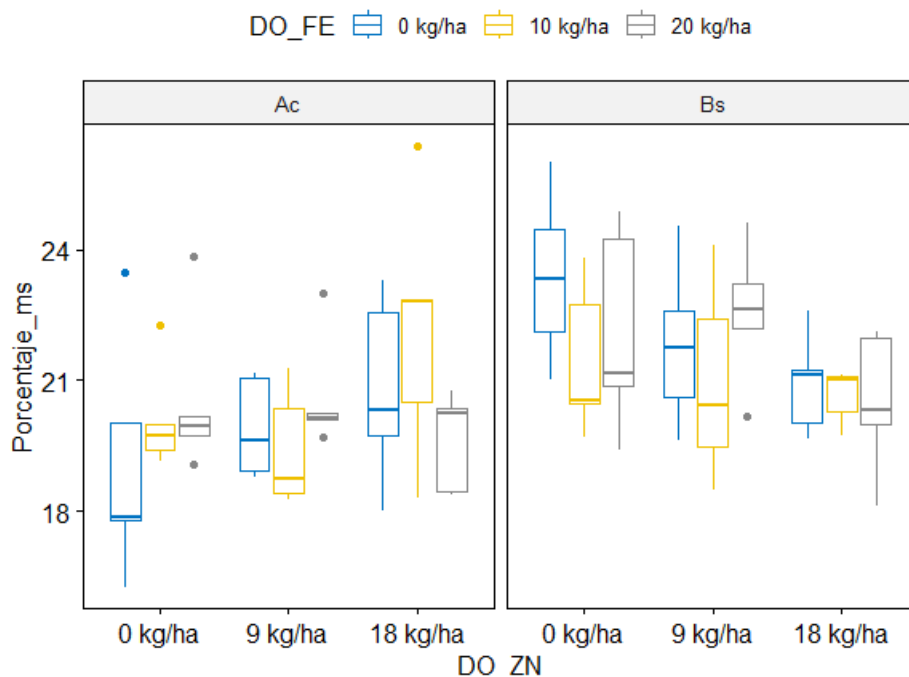
Critical Range

2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.502244	2.632705	2.719006	2.781975	2.830647	2.869730	2.901977	2.929127	2.952346
11	12	13	14	15	16	17	18	
2.972453	2.990042	3.005556	3.019337	3.031651	3.042709	3.052682	3.061709	

Means with the same letter are not significantly different.

	Porcentaje_ms	groups
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	21.17301	a
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	20.29941	ab
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	20.25949	ab
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	20.25446	ab
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	20.23663	ab
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	19.60611	ab
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	19.60051	ab
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	19.50832	ab
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	19.33240	ab
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	19.27230	ab
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	19.23385	ab
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	18.71843	ab
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	18.64544	ab
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	18.62407	ab
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	18.53655	ab
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	18.23234	ab
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	17.95172	b
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	17.58141	b

PORCENTAJE MATERIA SECA 4TO CORTE



Cuadro de Análisis de Varianza

	DF	SS	MS	FC	Pr>Fc	
TIPO_SUELO	1	40.94445	40.94445	12.0967	0.0008608	***
DO_FE	2	0.79546	0.39773	0.1175	0.8893053	
DO_ZN	2	1.79427	0.89713	0.2651	0.7679120	
TIPO_SUELO*DO_FE	2	10.43879	5.2194	1.542	0.2209286	
TIPO_SUELO*DO_ZN	2	27.10556	13.55278	4.0041	0.0224463	*
DO_FE*DO_ZN	4	19.75570	4.93893	1.4592	0.2236049	
TIPO_SUELO*DO_FE*DO_ZN	4	10.97133	2.74283	0.8103	0.5226535	
Residuals	72	243.70278	3.38476			
Total	89	355.50835				

CV = 8.79 %

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

```
> shapiro.test(residuals(model))
```

Shapiro-wilk normality test

```
data: residuals(model)
w = 0.97796, p-value = 0.1299
```

```
> bartlett.test(Porcentaje_ms ~ interaction(TIPO_SUELO,DO_FE,DO_ZN))
```

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: Porcentaje_ms by interaction(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN)
Bartlett's K-squared = 16.116, df = 17, p-value = 0.5156
```

CV: 8.79%, dentro de los parámetros permisibles.

Los datos son normales y homogéneos.

ANVA: Hay significancia en la interacción de tipo de suelo y dosis de zinc, se procedió a la comparación.

PRUEBA DE TUKEY: Los mejores resultados corresponde a suelos básicos y con una dosis de 0 kg ha⁻¹ de zinc.

Tukey's new multiple range test
for Porcentaje_ms

Mean Square Error: 3.384761

TIPO_SUELO:DO_FE:DO_ZN, means

	Porcentaje_ms	std r	Min	Max
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	19.08131	2.804581	5 16.26316	23.48315
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	20.78029	2.143688	5 18.02000	23.27500
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	19.90106	1.143469	5 18.77064	21.16129
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	20.10843	1.250438	5 19.13924	22.26957
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	22.16424	3.010480	5 18.30952	26.37500
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	19.40623	1.340486	5 18.25000	21.28916
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	20.55329	1.883740	5 19.07273	23.84270
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	19.63211	1.133900	5 18.37500	20.75000
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	20.63076	1.341617	5 19.68116	23.00000
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	23.38635	1.966983	5 21.00000	26.01818
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	20.92943	1.161139	5 19.64912	22.60396
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	21.81979	1.882552	5 19.61856	24.52439
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	21.44722	1.730059	5 19.70536	23.78667
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	20.64269	0.624709	5 19.71930	21.10870
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	20.98779	2.271233	5 18.49565	24.11224
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	22.11271	2.345282	5 19.39437	24.86747
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	20.50824	1.641620	5 18.11340	22.11111
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	22.56434	1.612783	5 20.17593	24.60000

Alpha: 0.05 ; DF Error: 72

Critical Range

2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.319542	2.440478	2.520478	2.578849	2.623967	2.660197	2.690089	2.715256	2.736780
2.755419	2.771723	2.786105	2.798880	2.810294	2.820545	2.829790	2.838158	

Means with the same letter are not significantly different.

	Porcentaje_ms	groups
Bs:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	23.38635	a
Bs:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	22.56434	ab
Ac:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	22.16424	abc
Bs:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	22.11271	abc
Bs:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	21.81979	abcd
Bs:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	21.44722	abcd
Bs:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	20.98779	abcd
Bs:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	20.92943	abcd
Ac:0 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	20.78029	abcd
Bs:10 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	20.64269	bcd
Ac:20 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	20.63076	bcd
Ac:20 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	20.55329	bcd
Bs:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	20.50824	bcd
Ac:10 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	20.10843	bcd
Ac:0 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	19.90106	bcd
Ac:20 kg ha ⁻¹ :18 kg ha ⁻¹	19.63211	cd
Ac:10 kg ha ⁻¹ :9 kg ha ⁻¹	19.40623	cd
Ac:0 kg ha ⁻¹ :0 kg ha ⁻¹	19.08131	d

Anexo N°13. Código utilizado para la evaluación estadística en r

```
library(ExpDes)
library(agricolae)
library("tidyverse")
library("ggpubr")
library("rstatix")

fdca <- read.csv("D:/Documentos (ARCR)/R/kDATOALF4.csv")
attach(fdca)
names(fdca)
str(fdca)
#Cambiar la variable respuesta para cada análisis y generar un nuevo ANVA#
outAOV <- aov(Porcentaje_ms ~ TIPO_SUELO* DO_FE* DO_ZN, data = fdca)
anova(outAOV)
model<-aov(Porcentaje_ms ~ TIPO_SUELO* DO_FE* DO_ZN, data = fdca)
cv.model(model)
#Prueba de Tukey al 0.05 para los tratamientos#
outFactorial <- Tukey.test(outAOV, c("TIPO_SUELO", "DO_FE", "DO_ZN"),
  main= "Porcentaje_ms ~ TIPO_SUELO + DO_FE + DO_ZN +
  TIPO_SUELO:DO_FE + TIPO_SUELO:DO_ZN + DO_FE:DO_ZN +
  TIPO_SUELO:DO_FE:DO_ZN", console=TRUE)

#Generación de reporte estadístico#
fat3.crd(TIPO_SUELO, DO_FE, DO_ZN, Porcentaje_ms,
  quali = c(TRUE,TRUE,TRUE), mcomp = "Tukey",
  fac.names = c("TIPO_SUELO", "DO_FE", "DO_ZN"),
  sigT = 0.05, sigF = 0.05)
#Generación de boxplot referencial#
oldpar<-par(mar=c(3,3,2,0))

par(oldpar)

bxp <- ggboxplot(data=fdca, x="DO_ZN", y="Porcentaje_ms",
  color="DO_FE", palette="jco", facet.by="TIPO_SUELO")
bxp
#Comprobación de Supuestos#
shapiro.test(residuals(model))
plot(outAOV,2)
bartlett.test(Porcentaje_ms ~ interaction(TIPO_SUELO,DO_FE,DO_ZN))
plot(outAOV, 1)

#Pruebas de Tukey, utilizar de acuerdo a significancias#
Tukey.test(model,c("TIPO_SUELO","DO_FE","DO_ZN"), console=T)
Tukey.test(model,c("TIPO_SUELO","DO_FE"), console=T)
Tukey.test(model,c("TIPO_SUELO","DO_ZN"), console=T)
Tukey.test(model,c("DO_FE","DO_ZN"), console=T)
Tukey.test(model,c("TIPO_SUELO"), console=T)
Tukey.test(model,c("DO_FE"), console=T)
Tukey.test(model,c("DO_ZN"), console=T)
```

Anexo N°14. Código utilizado para la correlación estadística en r

```
#función ipak para instalar y llamar a varios paquetes a la vez
library(dplyr)
library(ggplot2)
library(corrplot)
ipak <- function(pkg){
  new.pkg <- pkg[!(pkg %in% installed.packages()[, "Package"])]
  if (length(new.pkg))
    install.packages(new.pkg, dependencies = TRUE)
  sapply(pkg, require, character.only = TRUE)
}

# crear la lista de los paquetes a utilizar
packages <- c("foreign", "apaTables", "PerformanceAnalytics", "psych", "corr")

#instalar y llamar los paquetes del listado anterior
ipak(packages)

fdca <- read.csv("D:/Documentos (ARCR)/R/matriz4.csv")

cor(fdca)
correlac<-cor(fdca)

pairs.panels(fdca, pch=20,stars=TRUE,main="Matriz de Correlación")

fdca %>%
  correlate() %>%
  network_plot()

fdca.cor <- cor(fdca,method = "pearson")

round(fdca.cor,digits=2)
corrplot(fdca.cor)

corrplot(fdca.cor, method = "shade", shade.col = "black", tl.srt = 45)

col <- colorRampPalette(c("#BB4444", "#EE9988", "#FFFFFF", "#77AADD", "#4477AA"))
corrplot(fdca.cor, method = "shade",
  tl.col = "black",
  tl.srt = 45, col = col(200), addCoef.col = "black",
  order= "AOE", type = "lower", diag = F,
  addshade = "all")
```

Anexo N°15. Base de datos de las observaciones y variables del primer corte

Trt	SUELO	DO_FE	DO_ZN	mg_Zn	mg_Fe	Alt_Planta	Hoja	Tallo	MF_kg	MS_kg	PMS
t1	Ac	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	33.6	75.9	16.3	7	2	5167.3	1132.2	27.6
t1	Ac	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	50.2	80.8	4.8	6	1	3018.6	807.6	30.2
t1	Ac	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	46.5	60.4	4.6	5	1	3055.8	915.2	20.1
t1	Ac	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	43.8	68.3	2.9	5	1	3444.6	801.1	20.5
t1	Ac	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	46.4	71.8	5.7	6	1	3037.2	878.6	28.4
t2	Ac	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	92.8	69.9	16.4	10	2	6371.0	1537.2	22.7
t2	Ac	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	96.8	74.7	7.2	10	1	6537.6	1482.9	22.0
t2	Ac	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	93.3	67.8	7.4	8	2	4259.5	923.4	20.1
t2	Ac	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	91.3	84.3	11.6	8	2	5296.7	1061.4	21.0
t2	Ac	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	100.6	64.8	6.4	8	1	5037.2	876.5	24.3
t3	Ac	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	164.5	78.5	16.8	9	2	5907.8	1338.4	22.7
t3	Ac	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	166.8	72.2	8.0	9	1	3463.2	692.6	20.0
t3	Ac	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	177.5	86.0	6.8	8	1	6722.7	1542.1	22.9
t3	Ac	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	175.5	60.1	11.6	8	2	1629.7	356.5	21.9
t3	Ac	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	175.5	79.4	7.2	8	2	1426.0	401.3	28.1
t4	Ac	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	43.1	55.6	13.6	7	2	9167.3	1847.7	20.2
t4	Ac	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	41.2	56.1	7.0	7	1	7537.6	1768.3	23.5
t4	Ac	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	44.4	63.9	10.1	7	2	4889.2	1016.6	20.8
t4	Ac	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	50.3	88.6	5.9	6	2	1018.6	187.4	18.4
t4	Ac	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	55.3	92.6	7.2	7	1	2240.9	413.5	18.5
t5	Ac	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	127.8	80.8	10.5	10	2	5778.5	1039.9	16.8
t5	Ac	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	129.0	71.0	6.9	10	2	5519.0	993.8	18.3
t5	Ac	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	132.0	77.8	7.0	8	2	3037.2	625.8	20.9
t5	Ac	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	135.0	83.4	6.5	9	2	3222.3	554.6	20.8
t5	Ac	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	128.4	78.9	6.9	9	1	3426.0	515.9	15.1
t6	Ac	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	220.5	123.5	5.0	6	2	1629.7	238.4	14.6
t6	Ac	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	214.8	104.2	17.2	6	2	7130.1	1248.8	17.5
t6	Ac	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	215.3	77.2	7.5	7	1	3055.8	615.2	20.1
t6	Ac	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	219.1	120.9	7.5	6	2	1222.3	224.1	18.3
t6	Ac	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	218.5	74.6	5.6	7	1	3666.9	786.4	21.4
t7	Ac	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	41.2	79.6	15.6	7	2	4481.8	886.2	19.8
t7	Ac	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	54.3	100.5	5.2	6	1	2648.3	387.1	14.6
t7	Ac	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	52.7	79.9	2.7	6	1	3055.8	574.5	18.8
t7	Ac	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	34.3	81.5	4.7	6	2	3666.9	704.9	19.2
t7	Ac	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	44.0	84.9	8.1	6	1	4278.1	878.0	20.5
t8	Ac	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	137.3	74.2	8.1	7	1	5907.8	1140.8	21.3
t8	Ac	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	135.7	69.2	6.7	7	1	2852.1	662.1	23.2
t8	Ac	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	142.8	80.0	4.4	5	1	3870.6	794.5	22.5
t8	Ac	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	147.5	96.5	6.1	5	2	1018.6	309.7	24.4
t8	Ac	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	148.0	115.3	6.5	7	2	3055.8	584.7	21.1
t9	Ac	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	206.8	69.8	8.0	8	2	5907.8	1262.9	23.1
t9	Ac	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	203.9	63.1	11.5	8	2	4982.2	1286.1	23.9
t9	Ac	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	215.4	103.5	5.9	8	2	2611.2	603.7	25.3
t9	Ac	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	207.7	104.8	8.0	8	2	3629.7	613.7	23.3
t9	Ac	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	211.0	99.8	8.1	7	2	3037.2	668.6	24.0
t10	Bs	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	23.6	121.3	27.3	24	3	15686.3	3850.3	24.6

t10	Bs	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	19.2	105.1	26.8	24	3	19760.7	4449.2	22.5
t10	Bs	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	19.4	125.5	35.4	24	3	15482.6	3685.3	23.8
t10	Bs	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	17.8	88.9	40.8	24	3	20779.3	4754.8	22.9
t10	Bs	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	19.9	132.9	36.1	24	3	14464.0	3228.9	22.3
t11	Bs	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	24.1	126.2	29.5	18	2	9982.2	2758.3	27.6
t11	Bs	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	20.0	107.5	27.2	17	2	13241.7	3218.7	24.3
t11	Bs	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	22.3	92.2	33.8	17	2	17316.1	3923.3	23.8
t11	Bs	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	22.1	95.3	30.0	18	3	17112.3	3807.1	23.4
t11	Bs	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	27.5	133.9	24.3	17	3	9778.5	2628.7	22.8
t12	Bs	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	23.4	110.7	26.6	16	3	15093.7	3410.2	21.2
t12	Bs	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	27.8	100.1	33.0	16	2	15093.7	3854.0	25.2
t12	Bs	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	22.7	101.6	37.3	17	3	14482.6	3497.8	22.6
t12	Bs	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	18.0	87.2	26.6	16	3	16723.5	3904.9	23.2
t12	Bs	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	24.6	132.4	21.0	16	3	13778.5	2630.7	22.8
t13	Bs	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	19.4	80.9	34.0	16	3	15482.6	3687.3	23.8
t13	Bs	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	32.5	86.9	29.6	16	2	13241.7	3461.2	26.1
t13	Bs	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	23.7	88.1	37.3	18	3	14260.3	3497.8	24.5
t13	Bs	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	28.8	98.9	20.5	17	3	11000.8	2534.3	23.0
t13	Bs	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	20.7	99.4	22.8	17	2	10797.1	2487.4	23.0
t14	Bs	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	23.9	85.4	32.7	20	2	12834.3	3133.2	24.4
t14	Bs	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	22.1	98.6	25.5	20	3	13667.7	3261.2	23.6
t14	Bs	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	31.3	95.4	35.9	21	3	14704.9	3415.3	24.0
t14	Bs	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	22.6	101.6	30.0	20	3	12630.5	2703.3	21.4
t14	Bs	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	22.0	108.2	22.2	20	2	10741.3	2462.3	21.5
t15	Bs	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	27.5	118.7	26.1	21	2	11000.8	2693.2	24.5
t15	Bs	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	23.5	95.2	29.1	20	3	16093.7	3774.4	25.3
t15	Bs	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	31.0	100.7	31.9	21	3	14667.7	3510.1	23.9
t15	Bs	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	21.2	92.0	35.7	22	3	15519.8	3609.7	21.2
t15	Bs	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	24.3	118.3	18.9	20	2	11371.0	2655.2	24.1
t16	Bs	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	35.1	92.0	26.9	20	3	10797.1	3126.5	21.6
t16	Bs	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	23.8	88.5	28.8	19	3	15482.6	3491.0	25.1
t16	Bs	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	32.8	75.7	36.1	21	3	17927.2	3625.3	23.0
t16	Bs	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	23.1	74.9	34.0	20	3	17316.1	3586.6	23.6
t16	Bs	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	24.7	76.8	26.4	20	3	11000.8	3221.9	23.8
t17	Bs	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	19.4	75.5	26.8	15	2	13241.7	3271.7	24.7
t17	Bs	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	18.2	88.4	30.1	15	3	15297.5	3452.3	23.6
t17	Bs	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	17.9	97.2	23.3	14	2	9926.4	2631.6	25.0
t17	Bs	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	19.7	88.8	32.9	15	3	16130.9	3494.7	22.6
t17	Bs	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	20.7	93.3	25.2	14	2	15890.0	3312.3	21.5
t18	Bs	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	26.2	75.4	29.9	18	3	12464.0	3054.9	24.6
t18	Bs	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	25.2	74.8	28.4	18	3	12649.1	3133.2	23.0
t18	Bs	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	25.9	76.2	30.2	19	3	12908.6	3097.3	22.5
t18	Bs	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	24.3	85.7	32.7	18	3	10167.3	2380.3	20.5
t18	Bs	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	29.4	102.8	23.2	18	3	10278.1	1950.8	29.2

Anexo N°16. Base de datos de las observaciones y variables del segundo corte

Trt	SUELO	DO_FE	DO_ZN	mg_Zn	mg_Fe	Alt_Planta	Hoja	Tallo	MF_kg	MS_kg	PMS
t1	Ac	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	32.3	73.3	34.9	20	3	9927.2	2188.4	20.6
t1	Ac	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	30.4	64.4	22.8	14	3	8889.2	1760.0	13.5
t1	Ac	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	40.3	72.3	31.5	20	4	8926.4	1620.2	19.1
t1	Ac	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	30.7	74.7	23.8	16	3	9556.2	1574.9	14.9
t1	Ac	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	40.7	75.3	27.3	15	3	9148.7	1722.0	17.5
t2	Ac	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	260.0	82.9	34.2	21	4	11908.6	2009.3	19.0
t2	Ac	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	280.0	76.2	39.8	21	4	11611.9	1892.6	17.2
t2	Ac	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	241.5	56.9	30.6	20	4	9130.1	1874.0	13.7
t2	Ac	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	256.3	71.4	31.5	26	4	8926.4	1411.9	18.9
t2	Ac	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	272.8	69.5	35.5	19	4	9148.7	1461.2	14.3
t3	Ac	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	314.3	77.9	37.4	21	3	9167.3	1393.4	15.2
t3	Ac	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	340.8	73.7	35.7	21	4	5296.7	1299.8	24.5
t3	Ac	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	332.5	67.3	32.0	23	3	11204.5	1947.3	17.4
t3	Ac	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	317.0	78.5	29.4	21	3	2444.6	635.6	26.0
t3	Ac	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	342.0	74.3	35.2	23	3	6111.5	1034.7	16.9
t4	Ac	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	125.0	90.0	37.0	20	3	9852.8	2106.8	19.5
t4	Ac	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	130.8	95.8	37.2	20	3	10593.4	1906.2	21.8
t4	Ac	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	140.8	87.9	30.1	22	4	10000.8	1645.7	15.0
t4	Ac	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	100.3	104.4	25.1	19	3	6220.5	1164.2	29.9
t4	Ac	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	98.6	68.4	31.2	21	3	5889.2	1479.8	20.0
t5	Ac	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	167.5	125.5	47.8	31	4	10482.6	1615.0	16.9
t5	Ac	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	189.3	120.0	35.0	31	4	7945.0	1529.6	21.8
t5	Ac	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	174.8	88.2	29.1	22	4	5648.3	1053.9	24.7
t5	Ac	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	153.5	82.6	28.5	22	4	5074.4	1092.8	14.6
t5	Ac	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	163.3	93.2	28.4	21	4	6093.0	1021.2	14.2
t6	Ac	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	271.3	89.6	27.3	18	3	6315.3	908.8	19.4
t6	Ac	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	262.5	80.7	41.6	18	4	5296.7	1299.8	24.5
t6	Ac	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	295.0	96.8	31.6	21	3	6519.0	977.8	20.0
t6	Ac	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	257.8	50.6	23.8	19	3	611.2	191.3	26.3
t6	Ac	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	274.5	90.2	17.8	16	3	2037.2	690.6	28.9
t7	Ac	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	40.3	105.5	38.0	23	3	9778.5	1464.8	15.0
t7	Ac	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	35.9	101.8	27.1	18	3	5500.4	759.6	13.8
t7	Ac	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	33.3	99.0	33.8	21	3	7130.1	1024.6	14.4
t7	Ac	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	31.8	104.5	35.4	21	3	11611.9	1925.3	16.6
t7	Ac	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	39.3	99.2	34.9	22	3	8963.6	1792.7	20.0
t8	Ac	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	186.8	84.9	47.0	30	4	11815.7	2289.9	19.4
t8	Ac	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	192.0	82.7	36.4	30	4	7130.1	1269.2	17.8
t8	Ac	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	196.3	98.1	30.3	25	4	7945.0	1639.9	20.6
t8	Ac	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	192.8	100.1	32.9	25	4	4481.8	930.9	20.8
t8	Ac	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	210.0	84.1	29.4	20	3	6926.4	1134.5	16.4
t9	Ac	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	300.5	102.8	39.2	25	4	7537.6	1130.6	19.0
t9	Ac	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	276.0	102.1	37.7	25	4	9982.2	1741.9	19.5
t9	Ac	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	277.8	68.1	25.4	23	3	1833.5	533.7	26.1
t9	Ac	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	280.3	92.5	26.7	18	3	3870.6	541.9	19.0
t9	Ac	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	305.3	74.4	22.7	19	3	1018.6	346.3	26.0

t10	Bs	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	24.0	99.8	37.5	19	3	14464.0	3186.4	22.0
t10	Bs	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	14.1	83.9	33.7	20	3	17927.2	4062.3	22.7
t10	Bs	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	15.1	99.3	36.3	16	3	16908.6	3610.0	21.4
t10	Bs	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	19.7	112.7	30.3	20	3	14464.0	2768.4	19.1
t10	Bs	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	18.5	122.3	30.1	17	4	10185.9	2507.8	24.6
t11	Bs	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	31.0	86.1	45.0	30	4	15890.0	3533.9	22.2
t11	Bs	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	27.6	95.8	30.2	30	3	11408.2	2593.1	22.7
t11	Bs	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	35.7	106.7	32.9	22	4	12019.4	2587.8	21.5
t11	Bs	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	30.0	121.8	36.2	29	4	14464.0	2519.6	17.4
t11	Bs	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	25.6	85.9	34.3	28	4	12426.8	2760.0	22.2
t12	Bs	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	48.8	104.7	51.3	36	4	18130.9	3348.8	18.5
t12	Bs	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	34.6	98.7	46.2	36	4	15890.0	3193.9	20.1
t12	Bs	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	53.6	103.1	42.3	36	4	17316.1	3096.1	17.9
t12	Bs	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	55.4	135.2	32.5	32	4	10797.1	2168.1	20.1
t12	Bs	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	51.9	119.7	30.9	27	4	11611.9	1878.8	16.2
t13	Bs	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	23.1	112.2	53.6	31	3	17760.7	3237.2	17.9
t13	Bs	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	32.1	115.1	40.2	26	3	12223.1	2738.0	22.4
t13	Bs	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	23.9	112.5	45.1	28	3	17519.8	3004.2	18.9
t13	Bs	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	35.2	128.9	25.8	26	3	12185.9	2262.3	16.3
t13	Bs	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	28.0	109.6	39.4	23	3	13038.0	2697.6	20.7
t14	Bs	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	53.4	111.4	40.0	31	4	13445.4	2839.7	21.1
t14	Bs	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	32.0	103.3	32.5	31	3	13649.1	2602.9	19.1
t14	Bs	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	35.1	108.1	39.7	27	3	12426.8	2663.1	21.4
t14	Bs	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	28.2	115.7	36.7	27	3	11000.8	2320.1	21.1
t14	Bs	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	43.1	126.0	26.2	20	4	7945.0	1380.8	17.4
t15	Bs	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	58.3	126.7	37.1	30	3	13019.4	2607.0	21.7
t15	Bs	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	61.3	89.1	45.7	30	3	16983.0	3721.8	20.1
t15	Bs	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	85.0	102.3	43.7	28	4	15482.6	3198.7	20.7
t15	Bs	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	62.1	124.1	36.7	30	4	13815.7	2528.6	21.4
t15	Bs	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	61.3	88.0	24.8	22	4	13223.1	2483.8	16.2
t16	Bs	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	36.4	98.8	39.8	30	3	14056.6	3131.8	22.3
t16	Bs	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	30.8	95.4	36.7	21	3	16093.7	3112.5	19.3
t16	Bs	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	36.4	133.0	38.5	24	4	14667.7	2772.2	18.9
t16	Bs	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	20.7	126.1	32.6	25	3	10389.6	2338.7	22.5
t16	Bs	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	30.9	102.9	36.5	21	4	11408.2	2182.4	19.1
t17	Bs	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	40.1	107.4	40.0	25	3	14038.0	2861.8	22.0
t17	Bs	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	50.7	105.0	53.3	25	4	17186.7	3690.7	17.4
t17	Bs	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	24.6	97.3	38.7	21	3	14204.5	2377.6	21.2
t17	Bs	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	28.9	113.3	34.1	23	3	16501.2	2990.0	18.1
t17	Bs	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	28.6	86.4	30.9	21	3	15686.3	2964.7	18.9
t18	Bs	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	69.7	112.8	39.4	25	4	11408.2	2400.3	21.0
t18	Bs	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	60.8	125.6	36.0	25	4	9574.8	2222.3	23.2
t18	Bs	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	36.6	101.7	41.4	33	4	12075.2	2648.7	17.6
t18	Bs	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	48.5	113.5	37.7	31	4	12038.0	2198.2	16.9
t18	Bs	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	40.9	139.1	17.7	21	3	9704.1	1230.4	21.6

Anexo N°17. Base de datos de las observaciones y variables del tercer corte

Trt	SUELO	DO_FE	DO_ZN	mg_Zn	mg_Fe	Alt_Planta	Hoja	Tallo	MF_kg	MS_kg	PMS
t1	Ac	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	55.5	113.5	48.3	75	3	17723.5	3072.0	24.1
t1	Ac	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	45.3	129.7	36.5	57	3	7945.0	1850.3	19.5
t1	Ac	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	40.5	99.2	43.4	58	3	13038.0	2532.8	17.1
t1	Ac	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	41.9	106.3	39.6	66	4	8556.2	2119.2	21.3
t1	Ac	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	44.3	103.8	41.8	70	3	10185.9	2253.7	19.2
t2	Ac	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	134.5	109.1	39.0	70	4	11204.5	2346.8	20.9
t2	Ac	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	157.8	105.8	45.2	70	3	11408.2	2332.6	20.4
t2	Ac	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	135.8	94.9	47.1	74	4	10389.6	2077.9	20.0
t2	Ac	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	147.8	116.3	45.9	67	4	10185.9	1788.6	17.6
t2	Ac	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	143.0	100.0	52.7	80	4	14056.6	2420.2	17.2
t3	Ac	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	292.0	117.4	38.8	63	3	8148.7	1674.6	20.6
t3	Ac	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	293.8	115.1	42.7	63	3	7945.0	1686.8	21.2
t3	Ac	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	297.0	111.5	38.6	56	3	10593.4	2035.1	19.2
t3	Ac	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	288.5	94.4	50.6	59	3	4074.4	1043.0	25.6
t3	Ac	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	300.5	95.2	42.7	68	3	6722.7	1295.6	19.3
t4	Ac	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	51.0	92.3	45.4	62	4	17112.3	3628.2	21.2
t4	Ac	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	37.1	99.4	49.0	71	3	15482.6	3398.0	21.9
t4	Ac	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	55.7	104.4	39.5	74	3	12834.3	2654.4	20.7
t4	Ac	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	38.2	108.4	38.1	73	3	10185.9	1933.3	19.0
t4	Ac	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	38.6	111.9	44.8	66	3	10185.9	1880.3	18.5
t5	Ac	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	165.3	93.1	45.0	82	4	12223.1	2819.5	23.1
t5	Ac	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	151.5	112.8	42.0	82	4	7537.6	1766.2	23.4
t5	Ac	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	150.0	98.9	46.3	76	3	6926.4	1309.9	18.9
t5	Ac	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	148.5	102.3	34.8	78	4	5907.8	979.9	16.6
t5	Ac	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	170.5	102.1	56.0	79	3	9371.0	1827.4	19.5
t6	Ac	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	225.3	117.9	37.0	72	3	7130.1	1275.3	17.9
t6	Ac	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	227.5	123.5	45.9	72	3	9778.5	1574.7	16.1
t6	Ac	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	250.0	129.5	40.5	71	3	10185.9	1878.3	18.4
t6	Ac	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	240.8	144.2	35.5	66	3	3870.6	719.1	18.6
t6	Ac	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	256.0	135.4	24.5	59	3	2444.6	552.1	22.6
t7	Ac	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	55.0	152.7	48.3	62	3	8352.5	1906.8	22.8
t7	Ac	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	32.1	127.2	35.7	53	3	6722.7	1462.7	21.8
t7	Ac	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	33.3	145.7	39.7	62	3	7333.9	1167.3	15.9
t7	Ac	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	38.0	121.2	47.6	69	3	11408.2	2530.2	22.2
t7	Ac	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	53.2	125.0	41.9	64	3	7945.0	1479.0	18.6
t8	Ac	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	126.3	113.4	49.8	94	4	8556.2	1984.2	23.2
t8	Ac	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	144.8	102.6	50.9	94	3	13649.1	2685.0	19.7
t8	Ac	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	151.8	115.8	42.5	81	4	10593.4	1908.8	18.0
t8	Ac	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	125.0	112.2	50.1	81	4	7945.0	1383.2	17.4
t8	Ac	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	140.8	82.8	58.0	76	3	13038.0	2509.8	19.3
t9	Ac	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	241.8	110.4	35.3	60	4	6315.3	1118.4	17.7
t9	Ac	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	229.3	90.6	53.6	60	4	11611.9	2463.0	21.2
t9	Ac	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	237.0	93.2	47.5	70	3	9574.8	1733.6	18.1
t9	Ac	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	231.8	118.9	42.8	67	3	6519.0	1089.9	16.7
t9	Ac	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	250.0	129.2	30.4	53	3	2444.6	560.2	22.9

t10	Bs	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	37.7	103.2	39.7	65	3	18538.4	3634.3	19.6
t10	Bs	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	13.7	72.3	45.0	56	3	19149.5	3772.9	19.7
t10	Bs	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	17.4	72.8	42.3	49	3	15686.3	2915.2	18.6
t10	Bs	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	16.3	77.3	44.5	57	3	21594.1	3921.6	18.2
t10	Bs	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	14.0	64.3	52.0	60	3	16704.9	3666.9	22.0
t11	Bs	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	21.9	70.4	45.0	80	3	17927.2	3149.5	17.6
t11	Bs	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	26.5	85.5	43.4	80	3	16908.6	3253.4	19.2
t11	Bs	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	24.0	66.7	54.2	74	3	19760.7	3556.9	18.0
t11	Bs	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	24.9	78.8	45.0	72	3	15278.9	2774.6	18.2
t11	Bs	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	20.4	71.3	54.0	74	3	18945.8	3838.1	20.3
t12	Bs	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	28.2	84.2	42.3	97	4	16334.6	2927.1	17.1
t12	Bs	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	29.1	79.3	50.0	97	3	16334.6	2827.3	16.5
t12	Bs	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	27.0	78.3	51.5	86	4	15686.3	2631.7	18.1
t12	Bs	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	22.3	80.8	55.7	79	4	16093.7	2733.5	18.2
t12	Bs	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	38.2	63.8	36.7	75	4	10722.7	2014.2	18.1
t13	Bs	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	32.4	59.3	47.9	82	4	11611.9	2014.8	17.4
t13	Bs	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	37.8	85.6	47.6	72	3	14260.3	2617.8	18.4
t13	Bs	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	21.3	71.5	63.0	80	3	15278.9	2892.8	18.9
t13	Bs	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	17.8	82.9	52.9	68	3	16908.6	2996.7	17.7
t13	Bs	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	22.4	73.3	54.1	75	3	16093.7	3025.2	18.8
t14	Bs	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	28.6	67.5	45.9	86	3	17371.8	3412.3	16.8
t14	Bs	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	26.4	83.4	42.3	86	3	16316.1	3013.0	17.4
t14	Bs	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	26.1	70.3	38.7	73	3	14056.6	2611.7	18.6
t14	Bs	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	25.2	68.8	45.7	65	3	13852.8	2373.3	17.1
t14	Bs	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	34.8	112.4	32.6	64	3	9907.8	1175.5	19.9
t15	Bs	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	35.0	84.9	53.5	90	4	20168.1	3616.0	17.9
t15	Bs	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	20.7	79.8	55.6	90	4	18334.6	4233.3	23.1
t15	Bs	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	26.3	87.3	49.9	81	3	18130.9	2986.5	16.5
t15	Bs	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	25.2	87.7	50.2	80	4	16501.2	2715.6	16.5
t15	Bs	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	28.7	89.3	43.4	82	4	10797.1	2022.9	18.7
t16	Bs	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	32.1	80.6	49.7	93	4	17927.2	3479.5	19.4
t16	Bs	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	22.3	77.6	55.1	89	4	15482.6	3116.9	20.1
t16	Bs	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	32.2	75.4	52.3	77	4	19149.5	3923.6	20.5
t16	Bs	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	15.0	75.7	54.1	82	4	18945.8	3732.1	19.7
t16	Bs	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	29.9	91.2	48.4	72	3	12834.3	2348.9	18.3
t17	Bs	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	27.7	89.0	57.7	83	4	19760.7	3785.1	19.2
t17	Bs	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	22.4	89.8	51.1	83	4	14667.7	3141.3	21.4
t17	Bs	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	21.1	79.3	49.0	82	3	10389.6	1941.4	18.7
t17	Bs	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	24.1	90.4	51.5	75	4	15686.3	3027.3	19.3
t17	Bs	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	25.6	72.7	44.6	76	4	15686.3	2793.0	17.8
t18	Bs	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	26.1	90.6	55.5	99	4	16112.3	2965.6	19.1
t18	Bs	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	39.4	92.4	51.9	99	4	16316.1	2951.3	18.8
t18	Bs	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	25.4	76.0	58.0	83	4	15501.2	3059.3	20.4
t18	Bs	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	26.0	65.7	35.1	76	3	9519.0	1712.3	17.1
t18	Bs	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	30.0	70.7	48.2	84	3	10185.9	2117.2	17.8

Anexo N°18. Base de datos de las observaciones y variables del cuarto corte

Trt	SUELO	DO_FE	DO_ZN	mg_Zn	mg_Fe	Alt_Planta	Hoja	Tallo	MF_kg	MS_kg	PMS
t1	Ac	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	51.3	77.0	45.8	91	3	18130.9	4257.7	23.5
t1	Ac	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	40.0	74.3	43.8	62	3	16093.7	2872.4	17.8
t1	Ac	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	39.8	73.7	36.8	56	3	16093.7	3224.9	20.0
t1	Ac	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	40.8	82.4	32.4	57	3	11611.9	1888.5	16.3
t1	Ac	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	44.9	73.7	33.1	60	3	12630.5	2245.0	17.8
t2	Ac	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	123.3	66.2	44.2	80	3	18945.8	4009.2	21.2
t2	Ac	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	134.0	70.3	46.7	80	3	13445.4	2829.6	21.0
t2	Ac	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	122.3	63.2	48.7	71	3	19964.4	3915.5	19.6
t2	Ac	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	121.8	78.0	39.2	66	3	16908.6	3198.4	18.9
t2	Ac	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	128.8	75.8	47.8	82	3	22205.3	4168.1	18.8
t3	Ac	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	211.3	82.5	47.2	85	3	15075.2	2972.3	19.7
t3	Ac	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	210.3	73.2	44.4	85	3	12019.4	2442.6	20.3
t3	Ac	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	217.5	68.3	47.7	55	3	17927.2	4045.8	22.6
t3	Ac	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	210.8	70.4	39.9	64	3	10185.9	1835.5	18.0
t3	Ac	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	215.0	59.6	42.4	85	3	8148.7	1896.6	23.3
t4	Ac	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	36.6	61.9	57.5	95	3	23427.6	5217.2	22.3
t4	Ac	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	36.7	77.1	45.0	70	3	18130.9	3626.2	20.0
t4	Ac	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	48.6	68.2	42.9	74	3	15890.0	3133.2	19.7
t4	Ac	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	35.0	72.5	43.4	69	3	13241.7	2570.9	19.4
t4	Ac	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	45.3	76.0	44.6	95	3	16093.7	3080.2	19.1
t5	Ac	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	126.0	86.2	49.0	92	3	16908.6	3599.7	21.3
t5	Ac	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	115.5	69.8	45.4	92	3	14667.7	2676.9	18.3
t5	Ac	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	119.5	66.8	53.2	91	3	15482.6	2852.1	18.4
t5	Ac	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	115.6	81.2	51.7	76	3	12019.4	2251.1	18.7
t5	Ac	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	124.8	80.0	47.9	83	3	15482.6	3149.5	20.3
t6	Ac	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	205.8	67.3	46.5	62	3	14871.4	3396.0	22.8
t6	Ac	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	205.5	93.1	48.5	62	3	12834.3	2630.0	20.5
t6	Ac	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	205.8	78.1	45.2	69	3	18130.9	4135.5	22.8
t6	Ac	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	209.5	89.0	45.0	83	3	8556.2	1566.6	18.3
t6	Ac	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	212.0	81.4	28.0	73	3	3259.5	859.7	26.4
t7	Ac	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	39.8	75.8	57.9	87	3	18130.9	4322.9	23.8
t7	Ac	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	32.5	94.8	46.4	73	3	10389.6	2094.2	20.2
t7	Ac	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	30.3	79.8	55.9	101	3	15890.0	3135.2	19.7
t7	Ac	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	42.9	95.9	37.5	67	3	11204.5	2137.0	19.1
t7	Ac	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	40.1	79.9	48.0	77	3	16704.9	3334.9	20.0
t8	Ac	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	149.5	83.6	45.8	83	3	18130.9	3671.0	20.2
t8	Ac	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	146.5	84.6	43.6	83	3	15482.6	3110.8	20.1
t8	Ac	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	152.0	76.8	49.7	78	3	19964.4	4591.8	23.0
t8	Ac	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	150.0	82.3	59.0	113	3	14056.6	2766.5	19.7
t8	Ac	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	150.5	101.7	40.0	63	3	18334.6	3691.4	20.1
t9	Ac	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	170.5	92.2	48.6	77	3	13649.1	2778.7	20.4
t9	Ac	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	168.8	88.7	49.6	77	3	17112.3	3155.6	18.4
t9	Ac	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	175.0	78.2	45.5	74	3	15482.6	3133.2	20.2
t9	Ac	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	172.3	92.0	47.7	100	4	11408.2	2096.3	18.4
t9	Ac	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	175.0	99.6	39.4	82	3	5704.1	1183.6	20.8

t10	Bs	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	25.8	76.6	40.3	60	3	19964.4	4412.5	22.1
t10	Bs	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	12.3	75.9	41.9	67	3	11204.5	2915.2	26.0
t10	Bs	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	18.1	79.9	35.9	63	3	9574.8	2010.7	21.0
t10	Bs	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	14.0	86.4	38.5	53	3	17723.5	4339.2	24.5
t10	Bs	0 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	23.2	75.4	42.8	61	3	14871.4	3469.3	23.3
t11	Bs	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	24.8	89.7	52.4	95	3	16704.9	4096.8	24.5
t11	Bs	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	26.9	106.0	36.9	95	3	13038.0	2689.1	20.6
t11	Bs	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	24.6	78.8	55.0	70	3	21797.9	4740.5	21.7
t11	Bs	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	28.3	90.4	55.5	79	3	19760.7	3876.8	19.6
t11	Bs	0 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	24.5	82.0	48.7	87	3	17112.3	3864.5	22.6
t12	Bs	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	33.2	85.7	51.1	79	3	19557.0	4153.8	21.2
t12	Bs	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	32.5	94.7	52.1	79	3	20779.3	4390.1	21.1
t12	Bs	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	37.4	115.6	50.8	75	3	22612.7	4528.7	20.0
t12	Bs	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	30.0	89.7	49.2	71	3	20575.6	4650.9	22.6
t12	Bs	0 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	34.2	101.8	37.3	75	3	11611.9	2281.6	19.6
t13	Bs	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	24.2	80.5	55.7	95	3	17316.1	3937.9	22.7
t13	Bs	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	30.8	97.3	52.2	86	3	23427.6	4795.5	20.5
t13	Bs	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	24.5	85.9	51.5	81	3	18334.6	3764.7	20.5
t13	Bs	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	25.6	107.9	52.7	70	3	22816.5	4496.1	19.7
t13	Bs	10 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	26.3	89.4	39.5	78	3	15278.9	3634.3	23.8
t14	Bs	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	32.1	88.7	48.9	94	3	20168.1	4522.5	22.4
t14	Bs	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	25.7	104.4	46.4	94	3	23427.6	4333.1	18.5
t14	Bs	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	23.2	82.8	51.7	61	3	19964.4	4813.9	24.1
t14	Bs	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	25.6	97.8	48.1	65	3	16297.5	3173.9	19.5
t14	Bs	10 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	34.9	103.8	41.8	77	3	8963.6	1831.4	20.4
t15	Bs	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	38.2	112.5	48.0	123	3	17316.1	3640.4	21.0
t15	Bs	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	27.8	110.6	45.3	123	3	17112.3	3609.9	21.1
t15	Bs	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	32.0	104.9	53.0	102	3	18742.1	3956.2	21.1
t15	Bs	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	27.4	107.9	58.0	97	3	23223.9	4579.6	19.7
t15	Bs	10 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	31.1	128.6	49.8	76	3	15278.9	3096.5	20.3
t16	Bs	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	24.8	102.7	51.5	88	3	14260.3	3459.1	24.3
t16	Bs	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	19.0	97.4	51.2	82	3	18742.1	3911.4	20.9
t16	Bs	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	28.5	100.4	57.0	69	3	16908.6	4204.7	24.9
t16	Bs	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	22.9	104.5	45.0	87	3	14464.0	2805.2	19.4
t16	Bs	20 kg ha ⁻¹	0 kg ha ⁻¹	29.0	103.9	50.1	83	3	16297.5	3451.0	21.2
t17	Bs	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	24.2	99.8	48.2	85	3	19760.7	4386.1	22.2
t17	Bs	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	27.5	88.4	58.7	85	3	22001.6	4439.0	20.2
t17	Bs	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	15.5	80.0	56.9	89	3	15686.3	3640.4	23.2
t17	Bs	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	22.2	101.0	56.6	94	3	19353.2	4382.0	22.6
t17	Bs	20 kg ha ⁻¹	9 kg ha ⁻¹	30.0	98.4	52.7	107	3	15278.9	3758.6	24.6
t18	Bs	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	35.8	128.1	54.2	79	3	21594.1	4390.1	20.3
t18	Bs	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	39.2	137.3	47.8	79	3	14667.7	3243.2	22.1
t18	Bs	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	37.7	127.8	54.8	98	3	19760.7	3579.3	18.1
t18	Bs	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	29.3	127.4	61.8	122	3	15075.2	3314.5	22.0
t18	Bs	20 kg ha ⁻¹	18 kg ha ⁻¹	31.8	132.4	48.6	102	3	14056.6	2811.3	20.0

Anexo N°19. Reporte de laboratorio para el primer corte



SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
 TEBISTA : JORGE ARTURO ZEGARRA FLORES
 MATRIZ : FOLLAJE DE ALFALFA
 ANÁLISIS N° : 1289-41F-20F-2022
 LUGAR : AREQUIPA
 FECHA DE RECEP. : 28/12/2022



SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
 TEBISTA : JORGE ARTURO ZEGARRA FLORES
 MATRIZ : FOLLAJE DE ALFALFA
 ANÁLISIS N° : 1289-21F-40F-2022
 LUGAR : AREQUIPA
 FECHA DE RECEP. : 30/12/2022

INFORME DE ANÁLISIS : ESPECIAL

CÓDIGO LAB.	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	Zn	Fe	UNIDAD	MASA SECA (g)
1289-04F-2022	T1 R1	23.55	65.55	mg / Kg	12.43
1289-05F-2022	T1 R2	66.20	82.10	mg / Kg	1.51
1289-06F-2022	T1 R3	46.50	73.65	mg / Kg	3.02
1289-04F-2022	T1 R4	43.76	89.25	mg / Kg	2.46
1289-05F-2022	T1 R5	46.40	74.40	mg / Kg	2.84
1289-06F-2022	T2 R1	52.80	67.50	mg / Kg	10.00
1289-07F-2022	T2 R2	108.75	70.00	mg / Kg	7.77
1289-08F-2022	T2 R3	88.25	68.30	mg / Kg	3.06
1289-09F-2022	T2 R4	70.25	84.25	mg / Kg	5.21
1289-10F-2022	T2 R5	154.60	81.13	mg / Kg	2.83
1289-11F-2022	T3 R1	159.00	68.40	mg / Kg	6.57
1289-12F-2022	T3 R2	118.25	72.20	mg / Kg	3.40
1289-13F-2022	T3 R3	177.50	71.10	mg / Kg	7.57
1289-14F-2022	T3 R4	256.45	88.21	mg / Kg	1.75
1289-15F-2022	T3 R5	158.50	113.80	mg / Kg	1.97
1289-16F-2022	T4 R1	25.10	64.60	mg / Kg	9.07
1289-17F-2022	T4 R2	21.20	66.00	mg / Kg	8.68
1289-18F-2022	T4 R3	34.35	63.85	mg / Kg	4.99
1289-19F-2022	T4 R4	86.77	105.52	mg / Kg	0.52
1289-20F-2022	T4 R5	65.30	85.53	mg / Kg	2.03

Los resultados están expresados en muestra seca.

Método y Técnica usada.

FAMS : Espectrofotómetro Absorbancia por Láser

NOTA:

1. Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra recibida.

INFORME DE ANÁLISIS : ESPECIAL

CÓDIGO LAB.	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	Zn	Fe	UNIDAD	MASA SECA (g)
1289-21F-2022	T5 R1	127.75	69.50	mg / Kg	8.05
1289-22F-2022	T5 R2	89.60	84.20	mg / Kg	5.86
1289-23F-2022	T5 R3	97.60	67.40	mg / Kg	2.09
1289-24F-2022	T5 R4	190.00	103.10	mg / Kg	1.25
1289-25F-2022	T5 R5	148.43	95.90	mg / Kg	1.06
1289-26F-2022	T6 R1	228.52	101.34	mg / Kg	1.17
1289-27F-2022	T6 R2	183.75	118.90	mg / Kg	6.13
1289-28F-2022	T6 R3	158.25	77.20	mg / Kg	3.02
1289-29F-2022	T6 R4	319.50	94.98	mg / Kg	1.10
1289-30F-2022	T6 R5	218.50	74.55	mg / Kg	3.86
1289-31F-2022	T7 R1	41.20	93.20	mg / Kg	4.35
1289-32F-2022	T7 R2	58.33	100.70	mg / Kg	1.90
1289-33F-2022	T7 R3	53.65	79.85	mg / Kg	2.82
1289-34F-2022	T7 R4	33.25	81.45	mg / Kg	3.46
1289-35F-2022	T7 R5	41.95	75.20	mg / Kg	4.31
1289-36F-2022	T8 R1	321.25	80.95	mg / Kg	5.00
1289-37F-2022	T8 R2	61.65	69.20	mg / Kg	3.25
1289-38F-2022	T8 R3	130.75	79.95	mg / Kg	3.30
1289-39F-2022	T8 R4	221.50	93.10	mg / Kg	1.52
1289-40F-2022	T8 R5	176.00	115.25	mg / Kg	2.87

Los resultados están expresados en muestra seca.

Método y Técnica usada.

FAMS : Espectrofotómetro Absorbancia por Láser

NOTA:

1. Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra recibida.



SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
 TEBISTA : JORGE ARTURO ZEGARRA FLORES
 MATRIZ : FOLLAJE DE ALFALFA
 ANÁLISIS N° : 1289-41F-60F-2022
 LUGAR : AREQUIPA
 FECHA DE RECEP. : 28/12/2022

INFORME DE ANÁLISIS : ESPECIAL

CÓDIGO LAB.	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	Zn	Fe	UNIDAD	MASA SECA (g)
1289-41F-2022	T9 R1	132.75	72.05	mg / Kg	6.69
1289-42F-2022	T9 R2	74.85	86.85	mg / Kg	10.24
1289-43F-2022	T9 R3	235.36	81.29	mg / Kg	1.00
1289-44F-2022	T9 R4	262.75	141.21	mg / Kg	1.54
1289-45F-2022	T9 R5	321.00	57.00	mg / Kg	2.30
1289-46F-2022	T10 R1	73.55	149.85	mg / Kg	18.90
1289-47F-2022	T10 R2	89.20	118.60	mg / Kg	23.84
1289-48F-2022	T10 R3	89.35	139.10	mg / Kg	18.09
1289-49F-2022	T10 R4				
1289-50F-2022	T10 R5	89.30	95.70	mg / Kg	15.85
1289-51F-2022	T11 R1	21.35	102.85	mg / Kg	13.54
1289-52F-2022	T11 R2	20.80	91.91	mg / Kg	15.60
1289-53F-2022	T11 R3	22.30	114.40	mg / Kg	20.24
1289-54F-2022	T11 R4	23.36	110.55	mg / Kg	15.67
1289-55F-2022	T11 R5	27.50	135.45	mg / Kg	10.94
1289-56F-2022	T12 R1	73.35	110.70	mg / Kg	16.74
1289-57F-2022	T12 R2	27.75	144.50	mg / Kg	15.90
1289-58F-2022	T12 R3	22.70	87.35	mg / Kg	17.17
1289-59F-2022	T12 R4	38.30	86.50	mg / Kg	20.15
1289-60F-2022	T12 R5	24.40	93.35	mg / Kg	10.95

Los resultados están expresados en muestra seca.

Método y Técnica usada.

FAMS : Espectrofotómetro Absorbancia por Láser

NOTA:

1. Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra recibida.



SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
 TEBISTA : JORGE ARTURO ZEGARRA FLORES
 MATRIZ : FOLLAJE DE ALFALFA
 ANÁLISIS N° : 1289-41F-80F-2022
 LUGAR : AREQUIPA
 FECHA DE RECEP. : 28/12/2022

INFORME DE ANÁLISIS : ESPECIAL

CÓDIGO LAB.	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	Zn	Fe	UNIDAD	MASA SECA (g)
1289-61F-2022	T13 R1	85.00	86.00	mg / Kg	18.10
1289-62F-2022	T13 R2	82.50	101.05	mg / Kg	16.50
1289-63F-2022	T13 R3	33.65	89.50	mg / Kg	12.17
1289-64F-2022	T13 R4	38.20	75.21	mg / Kg	12.54
1289-65F-2022	T13 R5	80.70	75.23	mg / Kg	12.21
1289-66F-2022	T14 R1	23.90	82.23	mg / Kg	15.38
1289-67F-2022	T14 R2	22.10	101.60	mg / Kg	16.89
1289-68F-2022	T14 R3	31.30	111.60	mg / Kg	15.71
1289-69F-2022	T14 R4				
1289-70F-2022	T14 R5	21.95	118.15	mg / Kg	8.15
1289-71F-2022	T15 R1	27.65	88.95	mg / Kg	13.22
1289-72F-2022	T15 R2	25.50	117.65	mg / Kg	20.60
1289-73F-2022	T15 R3	30.75	129.15	mg / Kg	12.22
1289-74F-2022	T15 R4	31.20	89.50	mg / Kg	18.21
1289-75F-2022	T15 R5	24.25	77.15	mg / Kg	11.07
1289-76F-2022	T16 R1	46.10	123.65	mg / Kg	11.42
1289-77F-2022	T16 R2	21.80	92.21	mg / Kg	10.10
1289-78F-2022	T16 R3	31.80	66.51	mg / Kg	20.28
1289-79F-2022	T16 R4	17.45	85.70	mg / Kg	20.06
1289-80F-2022	T16 R5	21.65	75.30	mg / Kg	12.87

Los resultados están expresados en muestra seca.

Método y Técnica usada.

FAMS : Espectrofotómetro Absorbancia por Láser

NOTA:

1. Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra recibida.



SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
 TEBISTA : JORGE ARTURO ZEGARRA FLORES
 MATRIZ : FOLLAJE DE ALFALFA
 ANÁLISIS N° : 1289-81F-80F-2022
 LUGAR : AREQUIPA
 FECHA DE RECEP. : 28/12/2022

INFORME DE ANÁLISIS : ESPECIAL

CÓDIGO LAB.	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	Zn	Fe	UNIDAD	MASA SECA (g)
1289-81F-2022	T17 R1	95.35	72.10	mg / Kg	18.06
1289-82F-2022	T17 R2	18.20	79.20	mg / Kg	18.91
1289-83F-2022	T17 R3	17.85	107.25	mg / Kg	8.50
1289-84F-2022	T17 R4	18.65	75.80	mg / Kg	20.10
1289-85F-2022	T17 R5	20.75	110.05	mg / Kg	28.75
1289-86F-2022	T18 R1	26.20	76.05	mg / Kg	21.45
1289-87F-2022	T18 R2	26.30	87.55	mg / Kg	15.38
1289-88F-2022	T18 R3	25.90	77.95	mg / Kg	28.64
1289-89F-2022	T18 R4	24.25	81.00	mg / Kg	9.23
1289-90F-2022	T18 R5	29.80	88.40	mg / Kg	6.14

Los resultados están expresados en muestra seca.

MUESTRAS REPETIDAS

CÓDIGO LAB.	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	Zn	Fe	UNIDAD	MASA SECA (g)
1289-91F-2022	T18 R4 (Masa Fresca) (82 g)	32.85	76.70	mg / Kg	11.27
1289-92F-2022	T18 R4 (Masa Fresca) (82 g)	17.75	67.90	mg / Kg	23.34

Los resultados están expresados en muestra seca.

Método y Técnica usada.

FAMS : Espectrofotómetro Absorbancia por Láser

NOTA:

1. Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra recibida.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
 JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
 DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
 Panamericana Sur Km. 1.95, San Vicente de Caballo, Lima - Perú
 Teléfono: (051) 983 2261 | Celular: 995 092 550
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

Anexo N°20. Reporte de laboratorio para el segundo corte



SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
 TESTISTA : JORGE ARTURO ZEGARRA FLORES
 MATRIZ : FOLLAJE DE ALFALFA

ANÁLISIS N° : 229-01F-01F-2023
 LUGAR : AREQUIPA
 FECHA DE RECEP. : 13/02/2023

CÓDIGO LAB.	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	Zn	Fe	M.S.	UNIDAD
229-01F-2023	T1 R1	62.20	20.56		mg / g
229-02F-2023	T1 R2	88.75	80.75	13.50	mg / g
229-03F-2023	T1 R3	65.30	73.55	19.06	mg / g
229-04F-2023	T1 R4	39.65	64.45	14.50	mg / g
229-05F-2023	T1 R5	48.70	64.20	17.45	mg / g
229-06F-2023	T2 R1	226.80	64.80	18.98	mg / g
229-07F-2023	T2 R2	499.80	72.40	17.16	mg / g
229-08F-2023	T2 R3	241.50	60.25	13.46	mg / g
229-09F-2023	T2 R4	251.25	76.60	18.54	mg / g
229-10F-2023	T2 R5	223.75	67.40	14.75	mg / g
229-11F-2023	T3 R1	305.25	77.75	15.20	mg / g
229-12F-2023	T3 R2	358.75	73.70	24.54	mg / g
229-13F-2023	T3 R3	353.00	67.25	17.38	mg / g
229-14F-2023	T3 R4	267.00	78.50	26.60	mg / g
229-15F-2023	T3 R5	362.00	74.30	16.83	mg / g
229-16F-2023	T4 R1	160.80	97.00	10.94	mg / g
229-17F-2023	T4 R2	180.75	75.00	21.77	mg / g
229-18F-2023	T4 R3	182.75	87.50	14.96	mg / g
229-19F-2023	T4 R4	95.30	95.35	30.35	mg / g
229-20F-2023	T4 R5	88.60	103.25	20.64	mg / g

Los resultados están expresados en miligramos por gramo.
Método y Técnica usada.
 MAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama
 NOTA:
 1. Los resultados presentados corresponden a la 2ª muestra de foliaje.
 2. Se publicó el reportaje sobre el corte a nivel del sector. Véase en la publicación de Laboratorio de Química Agrícola.



SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
 TESTISTA : JORGE ARTURO ZEGARRA FLORES
 MATRIZ : FOLLAJE DE ALFALFA

ANÁLISIS N° : 229-01F-01F-2023
 LUGAR : AREQUIPA
 FECHA DE RECEP. : 13/02/2023

CÓDIGO LAB.	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	Zn	Fe	M.S.	UNIDAD
229-21F-2023	T5 R1	187.50	115.75	16.89	mg / g
229-22F-2023	T5 R2	189.25	106.10	21.77	mg / g
229-23F-2023	T5 R3	174.75	111.60	24.69	mg / g
229-24F-2023	T5 R4	113.50	84.80	14.56	mg / g
229-25F-2023	T5 R5	143.75	76.55	14.16	mg / g
229-26F-2023	T6 R1	221.25	89.60	14.39	mg / g
229-27F-2023	T6 R2	262.50	80.80	24.54	mg / g
229-28F-2023	T6 R3	316.00	96.80	15.00	mg / g
229-29F-2023	T6 R4	186.75	50.30	48.50	mg / g
229-30F-2023	T6 R5	374.60	90.70	83.90	mg / g
229-31F-2023	T7 R1	60.25	109.55	14.98	mg / g
229-32F-2023	T7 R2	82.65	101.80	13.81	mg / g
229-33F-2023	T7 R3	81.25	93.65	14.37	mg / g
229-34F-2023	T7 R4	71.80	104.50	16.58	mg / g
229-35F-2023	T7 R5	39.25	99.15	20.00	mg / g
229-36F-2023	T8 R1	173.75	84.90	19.38	mg / g
229-37F-2023	T8 R2	173.00	82.70	17.80	mg / g
229-38F-2023	T8 R3	190.25	98.15	20.64	mg / g
229-39F-2023	T8 R4	192.75	100.05	20.77	mg / g
229-40F-2023	T8 R5	242.00	84.15	16.38	mg / g

Los resultados están expresados en miligramos por gramo.
Método y Técnica usada.
 MAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama
 NOTA:
 1. Los resultados presentados corresponden a la 2ª muestra de foliaje.
 2. Se publicó el reportaje sobre el corte a nivel del sector. Véase en la publicación de Laboratorio de Química Agrícola.



SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
 TESTISTA : JORGE ARTURO ZEGARRA FLORES
 MATRIZ : FOLLAJE DE ALFALFA

ANÁLISIS N° : 229-01F-01F-2023
 LUGAR : AREQUIPA
 FECHA DE RECEP. : 13/02/2023

CÓDIGO LAB.	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	Zn	Fe	M.S.	UNIDAD
229-01F-2023	T9 R1	366.50	221.00	15.00	mg / g
229-02F-2023	T9 R2	290.80	50.40	17.45	mg / g
229-03F-2023	T9 R3	277.75	68.65	29.11	mg / g
229-04F-2023	T9 R4	210.25	67.80	14.60	mg / g
229-05F-2023	T9 R5	288.25	74.30	45.00	mg / g
229-06F-2023	T10 R1	224.95	59.80	22.63	mg / g
229-07F-2023	T10 R2	146.05	104.35	22.66	mg / g
229-08F-2023	T10 R3	151.10	99.30	21.95	mg / g
229-09F-2023	T10 R4	197.70	112.70	19.14	mg / g
229-10F-2023	T10 R5	183.80	92.15	24.62	mg / g
229-11F-2023	T11 R1	33.00	86.65	22.24	mg / g
229-12F-2023	T11 R2	27.60	55.85	22.73	mg / g
229-13F-2023	T11 R3	35.70	106.70	21.53	mg / g
229-14F-2023	T11 R4	30.00	221.85	17.42	mg / g
229-15F-2023	T11 R5	25.60	85.85	22.21	mg / g
229-16F-2023	T12 R1	48.75	104.70	18.47	mg / g
229-17F-2023	T12 R2	34.60	98.65	20.10	mg / g
229-18F-2023	T12 R3	53.60	103.05	17.88	mg / g
229-19F-2023	T12 R4	55.35	135.20	20.08	mg / g
229-20F-2023	T12 R5	53.90	118.65	16.18	mg / g

Los resultados están expresados en miligramos por gramo.
Método y Técnica usada.
 MAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama
 NOTA:
 1. Los resultados presentados corresponden a la 2ª muestra de foliaje.
 2. Se publicó el reportaje sobre el corte a nivel del sector. Véase en la publicación de Laboratorio de Química Agrícola.



SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
 TESTISTA : JORGE ARTURO ZEGARRA FLORES
 MATRIZ : FOLLAJE DE ALFALFA

ANÁLISIS N° : 229-01F-01F-2023
 LUGAR : AREQUIPA
 FECHA DE RECEP. : 13/02/2023

CÓDIGO LAB.	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	Zn	Fe	M.S.	UNIDAD	
229-21F-2023	T13 R1	221.00	21.10	96.30	17.90	mg / g
229-22F-2023	T13 R2	82.10	110.85	22.40	mg / g	
229-23F-2023	T13 R3	23.90	102.30	18.86	mg / g	
229-24F-2023	T13 R4	29.20	706.40	16.32	mg / g	
229-25F-2023	T13 R5	27.85	169.50	20.69	mg / g	
229-26F-2023	T14 R1	53.80	111.40	21.12	mg / g	
229-27F-2023	T14 R2	40.00	109.30	19.07	mg / g	
229-28F-2023	T14 R3	56.05	108.10	22.43	mg / g	
229-29F-2023	T14 R4	32.20	115.70	21.09	mg / g	
229-30F-2023	T14 R5	43.65	176.95	17.38	mg / g	
229-31F-2023	T15 R1	53.30	141.25	21.69	mg / g	
229-32F-2023	T15 R2	46.30	74.35	20.12	mg / g	
229-33F-2023	T15 R3	124.00	90.50	20.66	mg / g	
229-34F-2023	T15 R4	57.05	124.10	21.60	mg / g	
229-35F-2023	T15 R5	46.25	110.30	16.23	mg / g	
229-36F-2023	T16 R1	36.40	98.80	22.28	mg / g	
229-37F-2023	T16 R2	30.80	95.40	19.34	mg / g	
229-38F-2023	T16 R3	36.35	133.00	18.90	mg / g	
229-39F-2023	T16 R4	70.70	128.10	22.51	mg / g	
229-40F-2023	T16 R5	80.90	102.85	19.13	mg / g	

Los resultados están expresados en miligramos por gramo.
Método y Técnica usada.
 MAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama
 NOTA:
 1. Los resultados presentados corresponden a la 2ª muestra de foliaje.
 2. Se publicó el reportaje sobre el corte a nivel del sector. Véase en la publicación de Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
 JEFE DEL LABORATORIO

MSc. Agr. Julio Castro Lazo
 DIRECTOR DEL LABORATORIO

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
 JEFE DEL LABORATORIO

MSc. Agr. Julio Castro Lazo
 DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
 Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
 Teléfono: (51) 311 2261 | Celular: 991 892 563
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
 Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
 Teléfono: (51) 311 2261 | Celular: 991 892 563
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe



SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
 TESTISTA : JORGE ARTURO ZEGARRA FLORES
 MATRIZ : FOLLAJE DE ALFALFA

ANÁLISIS N° : 229-01F-01F-2023
 LUGAR : AREQUIPA
 FECHA DE RECEP. : 13/02/2023

CÓDIGO LAB.	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	Zn	Fe	M.S.	UNIDAD
229-01F-2023	T17 R1	80.05	107.40	21.95	mg / g
229-02F-2023	T17 R2	50.70	105.00	17.42	mg / g
229-03F-2023	T17 R3	24.60	97.30	21.22	mg / g
229-04F-2023	T17 R4	28.85	113.35	18.12	mg / g
229-05F-2023	T17 R5	20.40	86.35	18.90	mg / g
229-06F-2023	T18 R1	69.65	125.25	21.64	mg / g
229-07F-2023	T18 R2	60.75	130.05	23.21	mg / g
229-08F-2023	T18 R3	36.55	101.75	17.57	mg / g
229-09F-2023	T18 R4	68.50	113.50	16.86	mg / g
229-10F-2023	T18 R5	60.80	106.60	21.57	mg / g

Los resultados están expresados en miligramos por gramo.
Método y Técnica usada.
 MAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama
 NOTA:
 1. Los resultados presentados corresponden a la 2ª muestra de foliaje.
 2. Se publicó el reportaje sobre el corte a nivel del sector. Véase en la publicación de Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
 JEFE DEL LABORATORIO

MSc. Agr. Julio Castro Lazo
 DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
 Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
 Teléfono: (51) 311 2261 | Celular: 991 892 563
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

Anexo N°21. Reporte de laboratorio para el tercer corte



SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
 TESISTA : JORGE ARTURO ZEGARRA FLORES
 MATRIZ : FOLLAJE DE ALFALFA

ANÁLISIS N° : 373-41F-20F-2023
 LUGAR : AREQUIPA
 FECHA DE RECEP. : 31/03/2023

CÓDIGO LAB.	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	Zn (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Peso Seco (g)
373-41F-2023	T1 R1	70.45	102.85	20.37
373-41F-2023	T1 R2	34.30	127.60	7.41
373-41F-2023	T1 R3	58.45	112.55	10.96
373-41F-2023	T1 R4	89.90	117.85	8.93
373-41F-2023	T1 R5	64.30	109.45	9.59
373-41F-2023	T2 R1	134.50	109.10	11.52
373-41F-2023	T2 R2	187.75	105.80	11.45
373-41F-2023	T2 R3	105.75	94.85	10.20
373-41F-2023	T2 R4	147.75	116.35	8.78
373-41F-2023	T2 R5	143.00	100.05	11.88
373-41F-2023	T3 R1	705.00	117.35	8.22
373-41F-2023	T3 R2	264.75	115.05	8.28
373-41F-2023	T3 R3	377.50	111.45	9.99
373-41F-2023	T3 R4	238.50	94.95	6.17
373-41F-2023	T3 R5	439.50	92.25	6.36
373-41F-2023	T4 R1	52.55	109.70	17.82
373-41F-2023	T4 R2	47.30	95.40	16.68
373-41F-2023	T4 R3	64.70	104.40	13.03
373-41F-2023	T4 R4	26.20	87.75	9.49
373-41F-2023	T4 R5	38.55	111.85	9.23

Los resultados están expresados en muestra seca.
Método y Técnica usada.
 FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Horno
 NOTA:
 1. Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
 2. Si se requiere la recuperación por el análisis de otros elementos se debe enviar muestra a laboratorio de Laboratorio de Química Agrícola



SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
 TESISTA : JORGE ARTURO ZEGARRA FLORES
 MATRIZ : FOLLAJE DE ALFALFA

ANÁLISIS N° : 373-21F-40F-2023
 LUGAR : AREQUIPA
 FECHA DE RECEP. : 31/03/2023

CÓDIGO LAB.	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	Zn (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Peso Seco (g)
373-21F-2023	T5 R1	189.25	93.10	13.84
373-21F-2023	T5 R2	150.50	117.75	8.67
373-21F-2023	T5 R3	133.00	98.25	6.43
373-21F-2023	T5 R4	122.50	107.30	4.81
373-21F-2023	T5 R5	207.50	102.10	8.97
373-21F-2023	T6 R1	131.25	99.45	6.76
373-21F-2023	T6 R2	207.50	115.65	7.73
373-21F-2023	T6 R3	274.00	182.75	9.12
373-21F-2023	T6 R4	240.75	94.75	3.53
373-21F-2023	T6 R5	336.00	93.90	2.71
373-21F-2023	T7 R1	54.95	106.60	9.36
373-21F-2023	T7 R2	32.65	113.50	7.18
373-21F-2023	T7 R3	53.25	128.55	5.79
373-21F-2023	T7 R4	87.85	138.05	12.42
373-21F-2023	T7 R5	53.85	111.45	7.26
373-21F-2023	T8 R1	126.75	113.35	9.74
373-21F-2023	T8 R2	146.75	103.65	13.18
373-21F-2023	T8 R3	181.75	115.75	9.37
373-21F-2023	T8 R4	106.00	113.70	6.79
373-21F-2023	T8 R5	143.75	82.80	12.32

Los resultados están expresados en muestra seca.
Método y Técnica usada.
 FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Horno
 NOTA:
 1. Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
 2. Si se requiere la recuperación por el análisis de otros elementos se debe enviar muestra a laboratorio de Laboratorio de Química Agrícola



SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
 TESISTA : JORGE ARTURO ZEGARRA FLORES
 MATRIZ : FOLLAJE DE ALFALFA

ANÁLISIS N° : 373-41F-40F-2023
 LUGAR : AREQUIPA
 FECHA DE RECEP. : 31/03/2023

CÓDIGO LAB.	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	Zn (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Peso Seco (g)
373-41F-2023	T9 R1	136.75	110.40	5.49
373-41F-2023	T9 R2	164.85	96.55	12.09
373-41F-2023	T9 R3	212.00	110.55	8.11
373-41F-2023	T9 R4	186.75	118.85	5.15
373-41F-2023	T9 R5	428.00	83.90	2.75
373-41F-2023	T10 R1	87.70	105.15	17.84
373-41F-2023	T10 R2	33.65	72.35	18.52
373-41F-2023	T10 R3	87.40	72.75	14.33
373-41F-2023	T10 R4	30.25	77.25	16.26
373-41F-2023	T10 R5	34.50	64.30	18.00
373-41F-2023	T11 R1	71.85	70.35	15.46
373-41F-2023	T11 R2	26.50	85.50	15.97
373-41F-2023	T11 R3	25.55	66.65	17.46
373-41F-2023	T11 R4	24.85	78.75	13.67
373-41F-2023	T11 R5	20.40	71.30	18.84
373-41F-2023	T12 R1	26.45	85.25	15.35
373-41F-2023	T12 R2	29.60	74.05	14.86
373-41F-2023	T12 R3	26.95	72.80	13.90
373-41F-2023	T12 R4	22.25	75.90	14.40
373-41F-2023	T12 R5	38.20	89.35	5.96

Los resultados están expresados en muestra seca.
Método y Técnica usada.
 FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Horno
 NOTA:
 1. Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
 2. Si se requiere la recuperación por el análisis de otros elementos se debe enviar muestra a laboratorio de Laboratorio de Química Agrícola



SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
 TESISTA : JORGE ARTURO ZEGARRA FLORES
 MATRIZ : FOLLAJE DE ALFALFA

ANÁLISIS N° : 373-61F-80F-2023
 LUGAR : AREQUIPA
 FECHA DE RECEP. : 31/03/2023

CÓDIGO LAB.	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	Zn (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Peso Seco (g)
373-61F-2023	T13 R1	32.46	59.30	9.39
373-61F-2023	T13 R2	37.86	85.65	12.85
373-61F-2023	T13 R3	21.25	71.50	14.20
373-61F-2023	T13 R4	37.80	82.95	14.71
373-61F-2023	T13 R5	22.35	73.30	14.85
373-61F-2023	T14 R1	26.86	67.90	16.75
373-61F-2023	T14 R2	26.46	88.35	14.79
373-61F-2023	T14 R3	26.30	76.30	12.82
373-61F-2023	T14 R4	25.26	68.75	11.65
373-61F-2023	T14 R5	24.75	112.40	5.77
373-61F-2023	T15 R1	34.95	84.95	17.75
373-61F-2023	T15 R2	30.65	79.90	26.78
373-61F-2023	T15 R3	36.25	87.30	14.68
373-61F-2023	T15 R4	25.43	87.65	13.33
373-61F-2023	T15 R5	28.65	88.25	9.93
373-61F-2023	T16 R1	32.65	80.60	17.08
373-61F-2023	T16 R2	22.36	77.60	15.30
373-61F-2023	T16 R3	32.70	75.40	19.26
373-61F-2023	T16 R4	33.00	75.70	18.32
373-61F-2023	T16 R5	29.90	91.25	11.53

Los resultados están expresados en muestra seca.
Método y Técnica usada.
 FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Horno
 NOTA:
 1. Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
 2. Si se requiere la recuperación por el análisis de otros elementos se debe enviar muestra a laboratorio de Laboratorio de Química Agrícola

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
 JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
 DIRECTOR DEL LABORATORIO



MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
 JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
 DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
 Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Calleto, Lima - Perú
 Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
 Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Calleto, Lima - Perú
 Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe



SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
 TESISTA : JORGE ARTURO ZEGARRA FLORES
 MATRIZ : FOLLAJE DE ALFALFA

ANÁLISIS N° : 373-41F-61F-2023
 LUGAR : AREQUIPA
 FECHA DE RECEP. : 31/03/2023

CÓDIGO LAB.	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	Zn (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Peso Seco (g)
373-41F-2023	T17 R1	77.65	68.90	18.56
373-41F-2023	T17 R2	42.25	61.80	15.47
373-41F-2023	T17 R3	28.20	78.20	8.22
373-41F-2023	T17 R4	24.20	90.40	14.89
373-41F-2023	T17 R5	26.50	72.70	13.71
373-41F-2023	T18 R1	26.10	87.20	16.01
373-41F-2023	T18 R2	39.60	89.30	16.56
373-41F-2023	T18 R3	76.40	88.20	16.49
373-41F-2023	T18 R4	26.90	74.10	5.46
373-41F-2023	T18 R5	40.30	87.35	8.09

Los resultados están expresados en muestra seca.
Método y Técnica usada.
 FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Horno
 NOTA:
 1. Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
 2. Si se requiere la recuperación por el análisis de otros elementos se debe enviar muestra a laboratorio de Laboratorio de Química Agrícola

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
 JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
 DIRECTOR DEL LABORATORIO



Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
 Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Calleto, Lima - Perú
 Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe



Anexo N°22. Reporte de laboratorio para el cuarto corte



SOLICITANTE: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
 TESIS: JORGE ARTURO ZEGARRA FLORES
 MATRIZ: FOLLAJE DE ALFALFA

ANÁLISIS N°: 539-51F-50F-2023
 LUGAR: AREQUIPA
 FECHA DE RECEP.: 18/09/2023



SOLICITANTE: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
 TESIS: JORGE ARTURO ZEGARRA FLORES
 MATRIZ: FOLLAJE DE ALFALFA

ANÁLISIS N°: 539-51F-40F-2023
 LUGAR: AREQUIPA
 FECHA DE RECEP.: 18/09/2023

INFORME DE ANÁLISIS: ESPECIAL

CÓDIGO LAB.	IDENTIFICACION DE LAS MUESTRAS	Zn (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Peso seco (g)
539-51F-2023	T1 R1	68.50	77.00	20.92
539-52F-2023	T1 R2	23.05	74.30	18.11
539-53F-2023	T1 R3	37.80	73.05	15.83
539-54F-2023	T1 R4	86.30	82.40	11.17
539-55F-2023	T1 R5	43.00	73.70	11.02
539-56F-2023	T2 R1	500.25	66.15	15.68
539-57F-2023	T2 R2	170.02	70.25	14.81
539-58F-2023	T2 R3	111.25	63.20	15.22
539-59F-2023	T2 R4	112.75	76.00	15.72
539-60F-2023	T2 R5	179.75	75.75	20.48
539-61F-2023	T3 R1	224.25	82.45	14.52
539-62F-2023	T3 R2	567.25	73.20	11.91
539-63F-2023	T3 R3	244.12	68.80	10.28
539-64F-2023	T3 R4	252.75	70.40	3.04
539-65F-2023	T3 R5	177.00	59.55	9.14
539-66F-2023	T4 R1	184.60	61.85	25.40
539-67F-2023	T4 R2	33.70	77.05	27.82
539-68F-2023	T4 R3	56.60	68.20	15.28
539-69F-2023	T4 R4	32.00	72.50	19.62
539-70F-2023	T4 R5	48.30	76.00	15.12

Los resultados están expresados en su elemento seco.

Método 47/020 usual.

FASE: Espectrometría de absorción atómica por dispersión.

NOTA:

1. Los análisis se realizaron considerando solo la muestra recibida.
2. Se prohíbe la reproducción parcial o total de este informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

INFORME DE ANÁLISIS: ESPECIAL

CÓDIGO LAB.	IDENTIFICACION DE LAS MUESTRAS	Zn (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Peso seco (g)
539-21F-2023	T5 R1	125.00	86.20	17.67
539-22F-2023	T5 R2	95.50	69.75	13.14
539-23F-2023	T5 R3	112.32	66.80	14.00
539-24F-2023	T5 R4	75.60	81.15	11.05
539-25F-2023	T5 R5	184.75	79.95	15.44
539-26F-2023	T6 R1	121.75	67.25	16.67
539-27F-2023	T6 R2	171.32	64.05	12.91
539-28F-2023	T6 R3	215.75	78.10	20.30
539-29F-2023	T6 R4	182.32	88.95	7.69
539-30F-2023	T6 R5	142.02	81.95	4.12
539-31F-2023	T7 R1	39.75	75.75	21.22
539-32F-2023	T7 R2	32.45	94.75	15.20
539-33F-2023	T7 R3	63.15	79.80	15.30
539-34F-2023	T7 R4	42.85	95.90	12.42
539-35F-2023	T7 R5	43.30	79.85	16.17
539-36F-2023	T8 R1	174.32	81.95	18.00
539-37F-2023	T8 R2	142.32	84.55	15.27
539-38F-2023	T8 R3	144.00	76.75	22.14
539-39F-2023	T8 R4	174.02	82.75	18.39
539-40F-2023	T8 R5	174.32	113.70	18.12

Los resultados están expresados en su elemento seco.

Método 47/020 usual.

FASE: Espectrometría de absorción atómica por dispersión.

NOTA:

1. Los análisis se realizaron considerando solo la muestra recibida.
2. Se prohíbe la reproducción parcial o total de este informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.



SOLICITANTE: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
 TESIS: JORGE ARTURO ZEGARRA FLORES
 MATRIZ: FOLLAJE DE ALFALFA

ANÁLISIS N°: 539-41F-60F-2023
 LUGAR: AREQUIPA
 FECHA DE RECEP.: 18/09/2023



SOLICITANTE: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
 TESIS: JORGE ARTURO ZEGARRA FLORES
 MATRIZ: FOLLAJE DE ALFALFA

ANÁLISIS N°: 539-51F-60F-2023
 LUGAR: AREQUIPA
 FECHA DE RECEP.: 18/09/2023

INFORME DE ANÁLISIS: ESPECIAL

CÓDIGO LAB.	IDENTIFICACION DE LAS MUESTRAS	Zn (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Peso seco (g)
539-41F-2023	T9 R1	364.32	92.15	14.64
539-42F-2023	T9 R2	207.75	88.85	15.62
539-43F-2023	T9 R3	138.00	78.15	15.38
539-44F-2023	T9 R4	115.25	92.00	11.21
539-45F-2023	T9 R5	337.00	99.55	5.81
539-46F-2023	T10 R1	28.75	64.00	21.66
539-47F-2023	T10 R2	12.40	74.95	14.61
539-48F-2023	T10 R3	18.10	78.90	3.87
539-49F-2023	T10 R4	10.00	125.35	21.30
539-50F-2023	T10 R5	24.15	71.40	17.94
539-51F-2023	T11 R1	24.80	89.85	20.11
539-52F-2023	T11 R2	26.90	126.30	13.25
539-53F-2023	T11 R3	24.60	78.80	24.77
539-54F-2023	T11 R4	28.25	90.40	15.03
539-55F-2023	T11 R5	24.45	82.95	18.97
539-56F-2023	T12 R1	50.20	85.70	21.81
539-57F-2023	T12 R2	20.45	94.70	21.95
539-58F-2023	T12 R3	40.35	115.00	22.23
539-59F-2023	T12 R4	24.00	89.65	22.88
539-60F-2023	T12 R5	35.15	121.75	11.22

Los resultados están expresados en su elemento seco.

Método 47/020 usual.

FASE: Espectrometría de absorción atómica por dispersión.

NOTA:

1. Los análisis se realizaron considerando solo la muestra recibida.
2. Se prohíbe la reproducción parcial o total de este informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chénchi
 JEFE DEL LABORATORIO

MSc. Agr. Julio Castro Lazo
 DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
 Parmentarilloa Sur No. 144, San Vicente de Caballo, Lima - Perú
 Teléfono: (511) 583 2383 | Celular: 991 692 563
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

INFORME DE ANÁLISIS: ESPECIAL

CÓDIGO LAB.	IDENTIFICACION DE LAS MUESTRAS	Zn (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Peso seco (g)
539-41F-2023	T13 R1	24.33	80.45	11.44
539-42F-2023	T13 R2	38.80	77.30	23.94
539-43F-2023	T13 R3	22.45	85.85	11.44
539-44F-2023	T13 R4	114.60	117.85	22.07
539-45F-2023	T13 R5	28.30	89.35	19.84
539-46F-2023	T14 R1	32.30	86.05	22.27
539-47F-2023	T14 R2	25.65	114.80	21.27
539-48F-2023	T14 R3	23.15	82.75	23.63
539-49F-2023	T14 R4	25.60	97.80	15.28
539-50F-2023	T14 R5	34.90	115.80	6.91
539-51F-2023	T15 R1	38.15	112.45	17.87
539-52F-2023	T15 R2	27.75	110.55	17.72
539-53F-2023	T15 R3	33.95	112.85	11.42
539-54F-2023	T15 R4	27.40	99.85	22.44
539-55F-2023	T15 R5	33.05	118.00	11.27
539-56F-2023	T16 R1	24.80	112.15	11.99
539-57F-2023	T16 R2	18.95	97.35	11.22
539-58F-2023	T16 R3	24.70	130.40	21.64
539-59F-2023	T16 R4	22.85	114.50	14.77
539-60F-2023	T16 R5	28.95	123.85	11.94

Los resultados están expresados en su elemento seco.

Método 47/020 usual.

FASE: Espectrometría de absorción atómica por dispersión.

NOTA:

1. Los análisis se realizaron considerando solo la muestra recibida.
2. Se prohíbe la reproducción parcial o total de este informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chénchi
 JEFE DEL LABORATORIO

MSc. Agr. Julio Castro Lazo
 DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
 Parmentarilloa Sur No. 144, San Vicente de Caballo, Lima - Perú
 Teléfono: (511) 583 2383 | Celular: 991 692 563
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe



SOLICITANTE: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
 TESIS: JORGE ARTURO ZEGARRA FLORES
 MATRIZ: FOLLAJE DE ALFALFA

ANÁLISIS N°: 539-51F-80F-2023
 LUGAR: AREQUIPA
 FECHA DE RECEP.: 18/09/2023

INFORME DE ANÁLISIS: ESPECIAL

CÓDIGO LAB.	IDENTIFICACION DE LAS MUESTRAS	Zn (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Peso seco (g)
539-51F-2023	T17 R1	24.25	59.75	24.81
539-52F-2023	T17 R2	27.90	89.40	21.91
539-53F-2023	T17 R3	15.50	24.55	13.62
539-54F-2023	T17 R4	26.80	103.90	25.90
539-55F-2023	T17 R5	20.80	84.80	14.61
539-56F-2023	T18 R1	35.70	125.90	23.50
539-57F-2023	T18 R2	44.95	110.75	15.40
539-58F-2023	T18 R3	80.30	121.75	14.80
539-59F-2023	T18 R4	25.10	107.30	16.27
539-60F-2023	T18 R5	29.95	110.40	13.90

Los resultados están expresados en su elemento seco.

Método 47/020 usual.

NOTA:

1. Los análisis se realizaron considerando solo la muestra recibida.
2. Se prohíbe la reproducción parcial o total de este informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chénchi
 JEFE DEL LABORATORIO

MSc. Agr. Julio Castro Lazo
 DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
 Parmentarilloa Sur No. 144, San Vicente de Caballo, Lima - Perú
 Teléfono: (511) 583 2383 | Celular: 991 692 563
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe