



Efecto de tres métodos de suministros de zinc sobre el rendimiento y calidad nutricional de harina de tres variedades de Trigo (*Triticum aestivum* L.)

Puma Ninacuri, Bryan David

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Ing. Landázuri Abarca, Pablo Aníbal, Mgtr

07 de agosto del 2023



Introducción



Pandemia: producción, importaciones

Cereales: disponibilidad de zinc mínimo de 8 mg. kg⁻¹

Biofortificación: aumento de micronutrientes (forma de aplicación)



Objetivos

Objetivo General

Evaluar el efecto de tres métodos de suministro de zinc sobre el rendimiento y calidad nutricional de la harina de tres variedades de trigo (*Triticum aestivum L.*).

Objetivo Específico

Determinar los efectos de los suministros de zinc sobre las variables de rendimiento de tres variedades de *Triticum aestivum L.*

Analizar el efecto del suministro de zinc sobre las variables de calidad nutricional en la harina de tres variedades de *Triticum aestivum L.*

Revisión de literatura

Trigo



Alimento básico

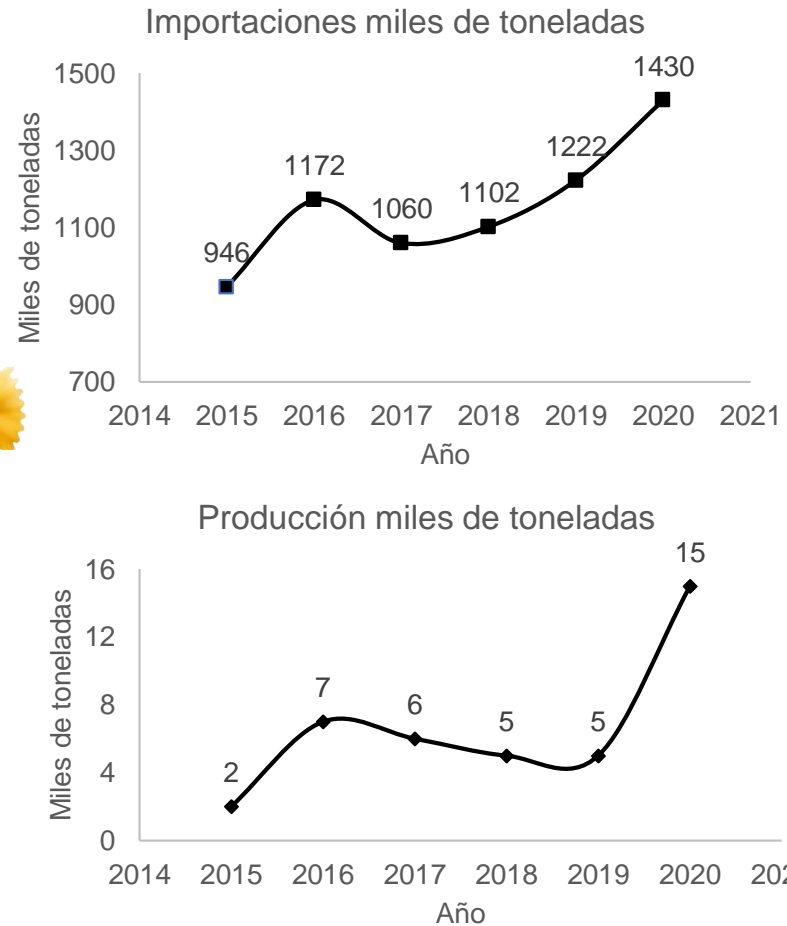


Consumo
30 kg/año



Figura 1

Datos históricos de producción e importaciones de trigo en Ecuador



Generalidades

Adaptadas 2000-3000 m.s.n.m.

Sierra central

Mejoramiento genético (Roya)

Zonas templadas (8-18°C)

Suelos profundos y con buen drenaje (franco-arcilloso)

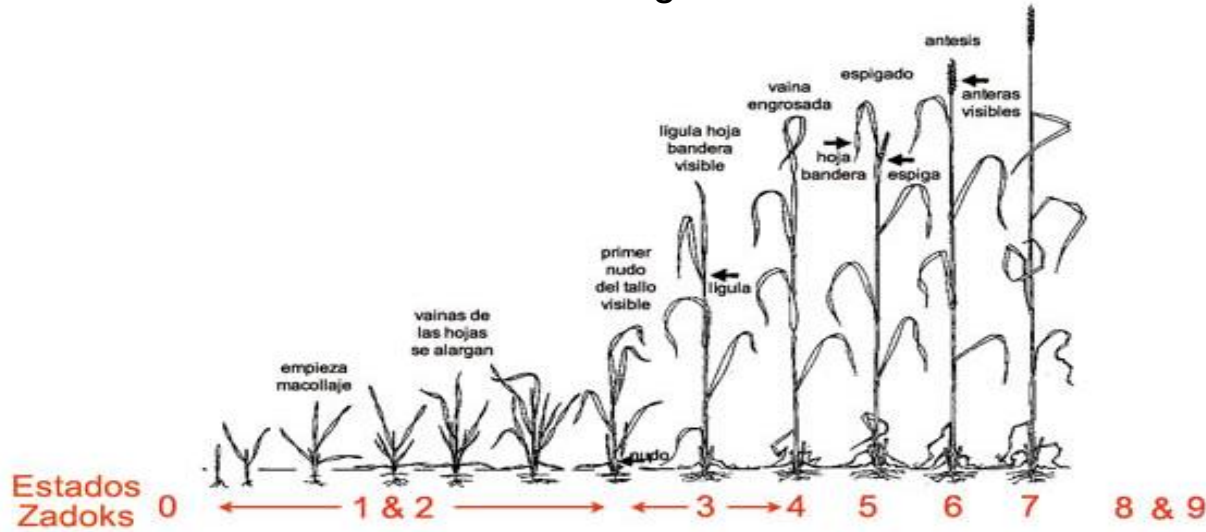


Revisión de literatura

Variedades

Figura 2

Fases de desarrollo cultivo de trigo



Escala Zadoks

Cambios de estados morfológicos externos

- Emergencia
- Macollo
- Espigado
- Estado lechoso
- Maduración

Tabla 1

Variedades de trigo INIAP

| Variedad | Altitud m.s.n.m. | Ciclo de cultivo (días) | Característica | |
|---------------|------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|
| | | | Resistencia parcial | Rendimiento t. ha-1 |
| I-San Jacinto | 2200-3000 | 170 | Roya | 4 |
| I-Mirador | 2200-3000 | 180 | Roya | 4 |
| I-Imbabura | 2000-3000 | 180 | Roya | 4 |

Nota. Descripción de variedades de trigo utilizadas. Autoría propia.



I-San Jacinto



I-Mirador

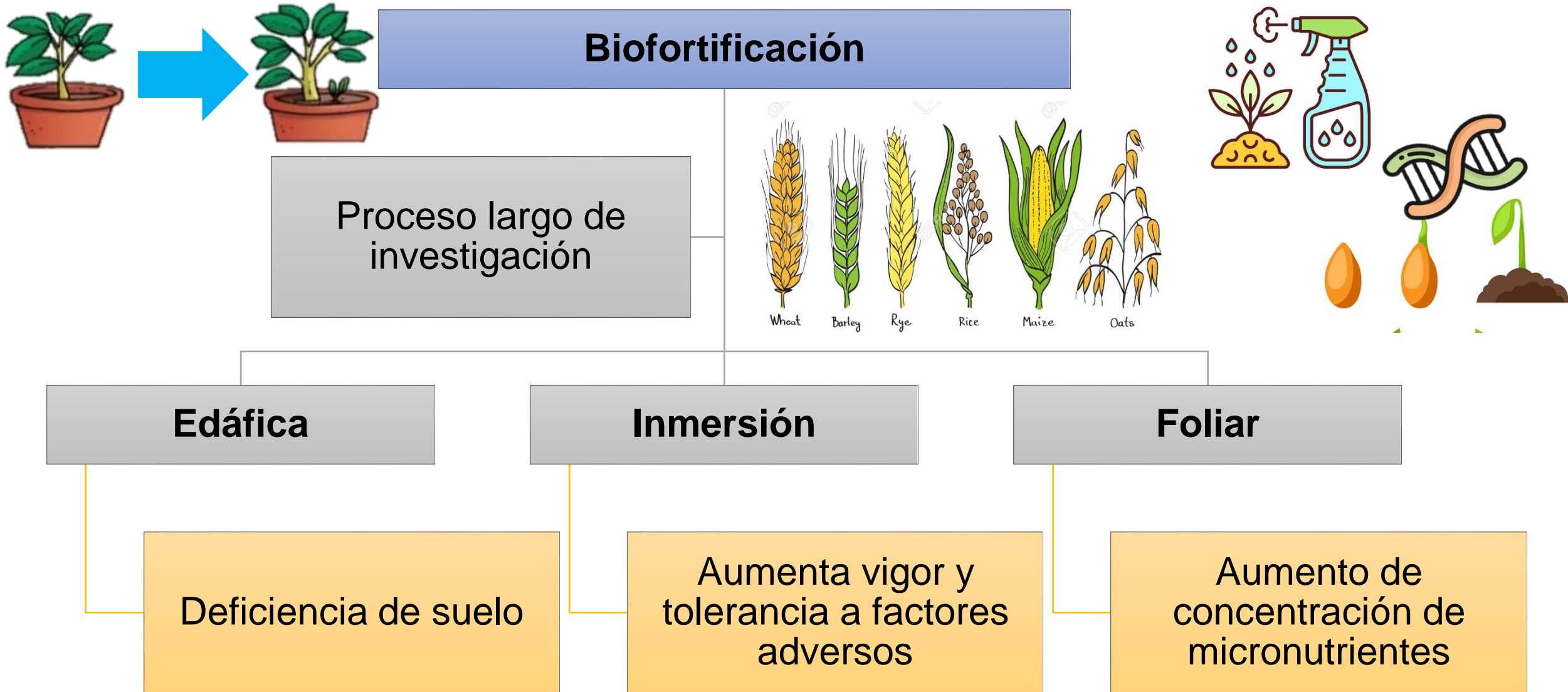


I-Imbabura



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Revisión de literatura



Importancia de zinc



Participa en procesos de crecimiento y biomasa (suelo, AIA)



Deficiencia alimenticias (desnutrición, alteraciones metabólicas)

Alimentos biofortificados
Vitaminas



EDITABLE STROKE

Sulfato de zinc
Quelatos

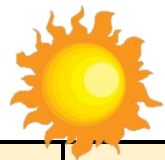
Metodología

Tabla 2

Datos climáticos IASA 1 históricos 2021-2020

| Parámetro | Dato anual |
|-----------|------------|
| P (mm) | 1638,4 |
| Tmax (°C) | 20,2 |
| Tmin (°C) | 8,7 |
| HR (%) | 82,6 |

Nota. Tmax (temperatura máxima mensual), Tmin (temperaturas mínimas mensuales), HR (humedad relativa), P (precipitación).



Ene Feb Mar Abr May Jun Jul Ago Sep Oct Nov Dic

Preparación del suelo



Arada y rastra

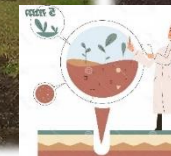


10,5 m x 28,5 m

Limpieza



Avena y vicia

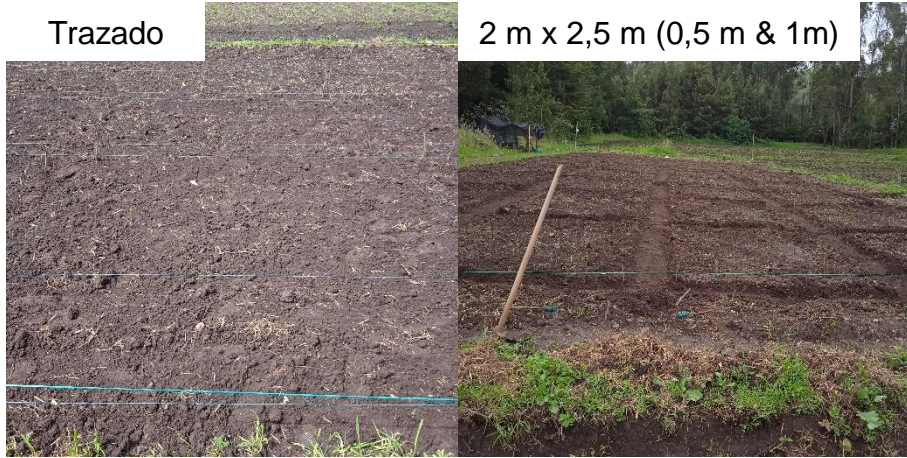


Metodología

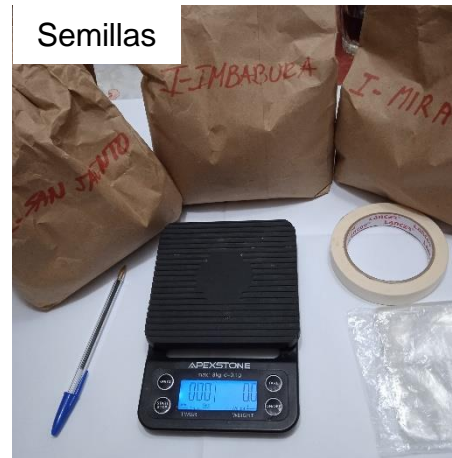
Delimitación

Trazado

2 m x 2,5 m (0,5 m & 1m)

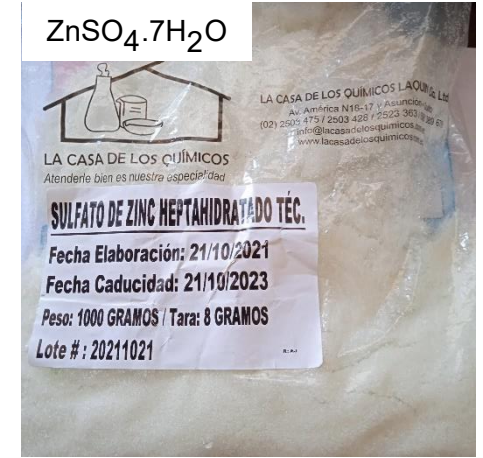


Semillas



Materiales

$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$



Manejo

Plagas



Solar Ultrasonic Animal Repeller X 1

Siembra

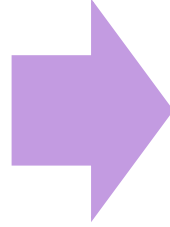
Fertilización

180 kg. ha⁻¹ (90 g. parcela⁻¹)



Metodología

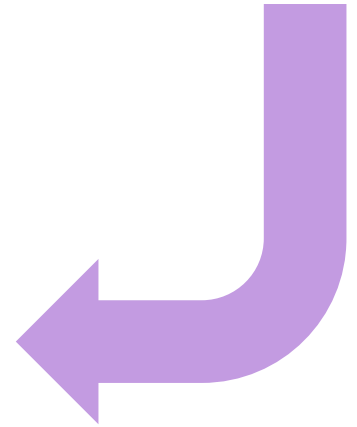
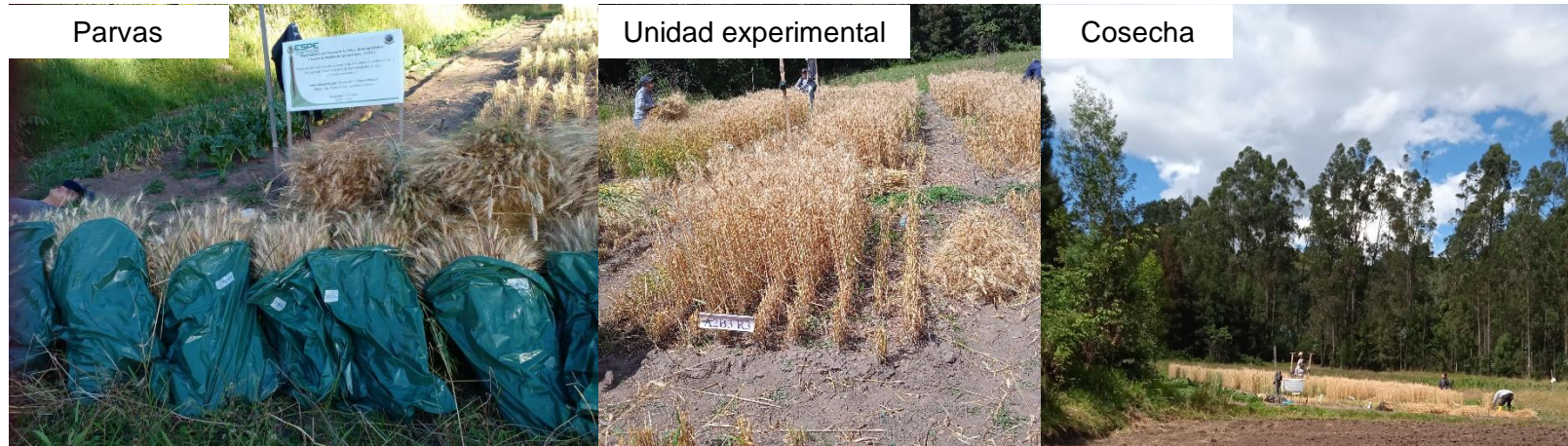
Manejo



Cosecha



Cosecha - Trilla



Metodología

Harina de trigo



Tratamientos

50
kg/ha



Parcelas

Suministro edáfico
(25 g/parcela)

0,1M



12 h antes

Suministro semillas
(6 g/l)

4
kg/800L



Aspersión

Suministro foliar
(2 g/400ml)

Metodología

Figura 3

Cultivo de tres variedades de trigo por efecto de tres suministros de sulfato de zinc



Nota. Donde: a) I-Mirador con suministro semilla-edáfico, b) I-Imbabura sin suministro, c) I-San Jacinto sin suministro. Autoría propia.

Tabla 3

Descripción de los tratamientos para la investigación

| Descripción | Tratamiento | Codificación |
|---|-------------|--------------|
| I-San Jacinto 2010 sin suministro | 1 | A1B0 |
| I-San Jacinto 2010 con suministro semilla-edáfico | 2 | A1B1 |
| I-San Jacinto 2010 con suministro semilla-foliar | 3 | A1B2 |
| I-San Jacinto 2010 con suministro edáfico-foliar | 4 | A1B3 |
| I-Mirador 2010 sin suministro | 5 | A2B0 |
| I-Mirador 2010 con suministro semilla-edáfico | 6 | A2B1 |
| I-Mirador 2010 con suministro semilla-foliar | 7 | A2B2 |
| I-Mirador 2010 con suministro edáfico-foliar | 8 | A2B3 |
| I-Imbabura sin suministro | 9 | A3B0 |
| I-Imbabura con suministro semilla-edáfico | 10 | A3B1 |
| I-Imbabura con suministro semilla-foliar | 11 | A3B2 |
| I-Imbabura con suministro edáfico-foliar | 12 | A3B3 |

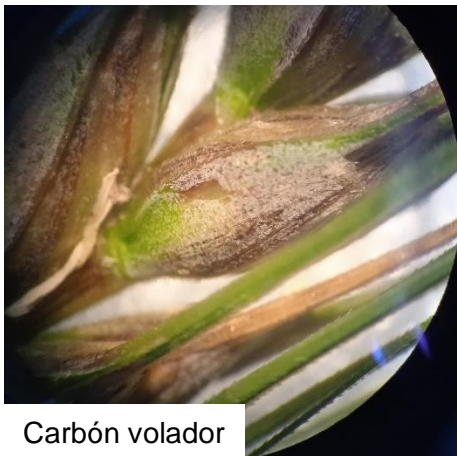
VARIABLES A EVALUAR

Rendimiento del cultivo

Altura de plantas

Número de espigas, espiguillas y granos

Enfermedades



Variables a evaluar

Rendimiento del cultivo

Concentración de AIA en raíces

Humedad de grano

Rendimiento

Semana 16



$$\text{Concentración de AIA } \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{ml}}\right) = \frac{Y - 0,002}{0,009}$$



Cosecha (+1 día)

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{P_i - P_f}{P_f} \times 100$$



Cosecha (+3 día)

$$Rc = Pc * \frac{10000}{Anc} * \frac{100-HC}{100-HE}$$



Termo balanza

Variables a evaluar

Calidad de harina

Concentración de zinc

Contenido de fitato



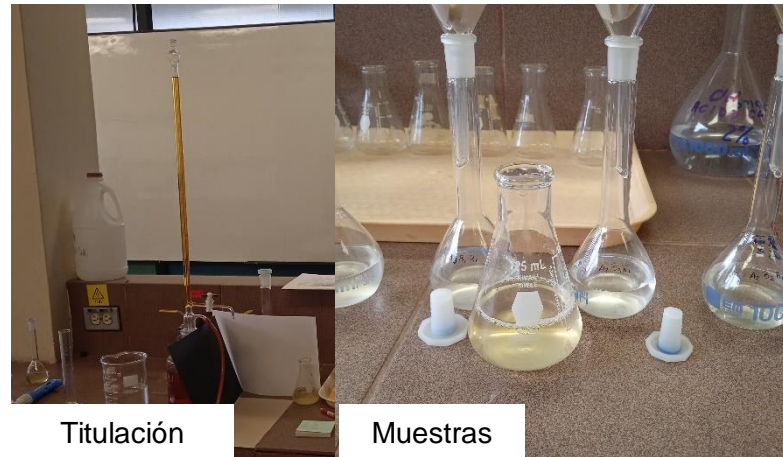
Digestión

Muestras



$$\text{Fitato de fosforo} \left(\frac{\text{mg}}{100\text{g}} \right) = \text{Valor de titulación} * 1,95$$

$$\text{Fitato} \left(\frac{\text{mg}}{100\text{g}} \right) = \text{Fitato de fosforo} * 3,65$$



Titulación

Muestras

Variables a evaluar

Calidad de harina

Biodisponibilidad

$$\text{Relación molar fitato:zinc} = \frac{\frac{\text{mg fitato}}{660}}{\frac{\text{mg zinc}}{65,4}}$$

Figura 4
Harina de trigo



Nota. Autoría propia



Tabla 4

Relación molar entre AF:Zn y su biodisponibilidad de Zinc en porcentaje

| Relación molar (AF:Zn) | Biodisponibilidad Zinc (%) |
|------------------------|----------------------------|
| <5 | >50 |
| 5 – 15 | 30 |
| 15 – 30 | 15 |
| >30 | 10 |

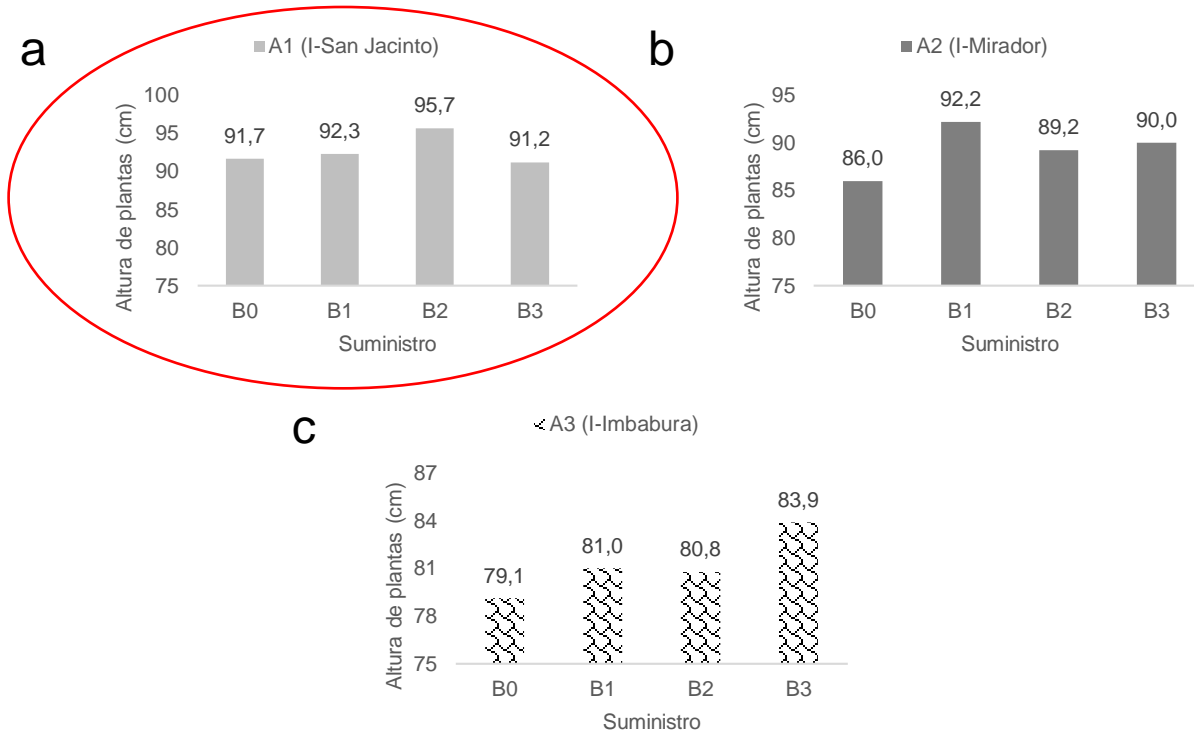
Nota. Zinc biodisponible en el organismo humano considerando la relación fitato/zinc. Recuperado de Borelli et al. (2007)

Resultados

Altura de plantas

Figura 5

Altura de plantas de trigo (cm) de tres variedades de trigo por efecto de tres suministros de sulfato de zinc

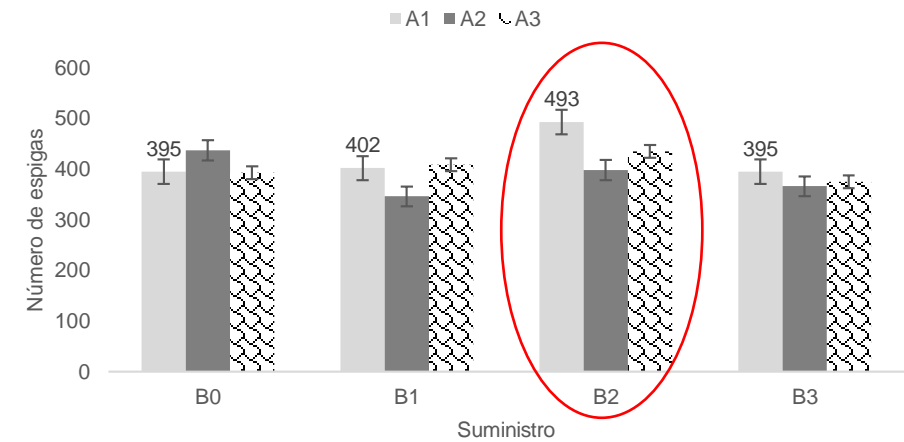


Altura de plantas de trigo: 70 – 100 cm según la variedad.

Número de espigas

Figura 6

Número de espigas por metro cuadrado de tres variedades de trigo por efecto de tres suministros de sulfato de zinc



- *Influenciado por densidad de siembra, nutrición, clima y genotipo.*
- *Suministro combinado hay mejor disponibilidad de micronutriente.*

Resultados

Número de espiguillas

Tabla 5

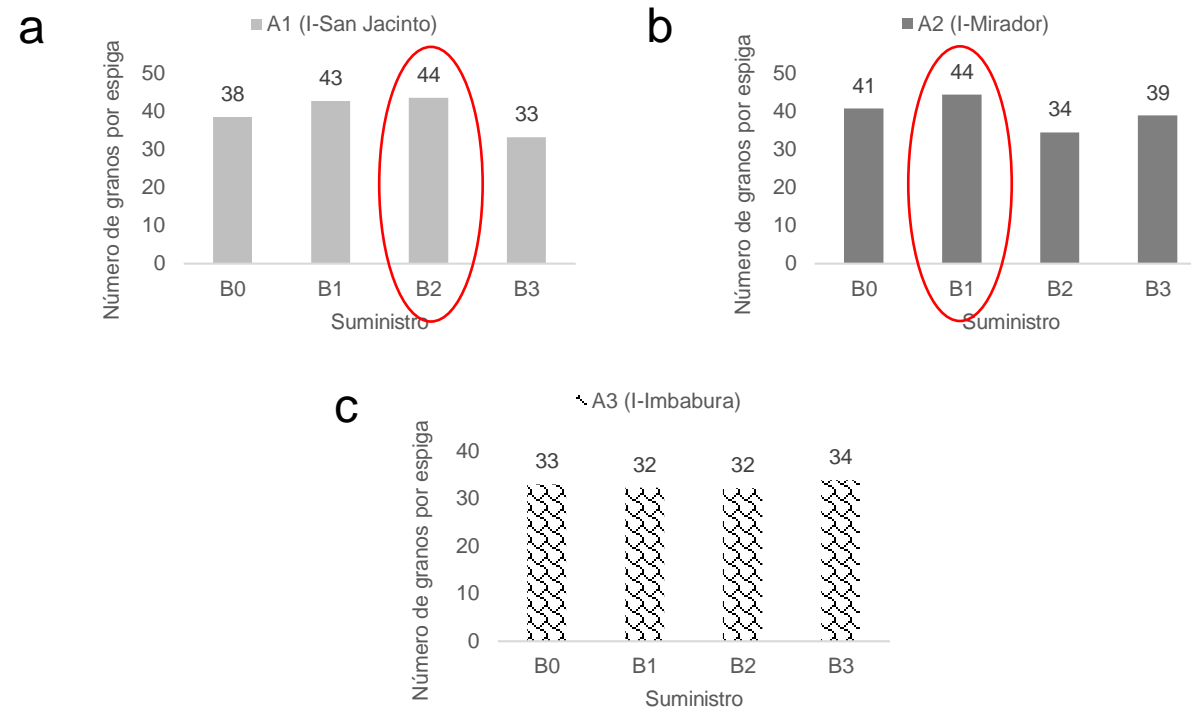
Número de espiguillas por espiga de tres variedades de trigo por efecto de tres suministros de sulfato de zinc

| Tratamiento | Numero de espiguillas por espiga | Rangos |
|---|-------------------------------------|--------|
| T3: A1 (I-San Jacinto)-B2 (semilla-foliar) | 25,33 ± 1,53 | a |
| T6: A2 (I-Mirador)-B1 (semilla-edáfico) | 24,67 ± 2,52 | ab |
| T2: A1 (I-San Jacinto)-B1 (semilla-edáfico) | 24,33 ± 2,52 | ab |
| T5: A2 (I-Mirador)-B0 (sin suministro) | 23,33 ± 0,58 | abc |
| T1: A1 (I-San Jacinto)-B0 (sin suministro) | 23,00 ± 3,00 | abcd |
| T8: A2 (I-Mirador)-B3 (edáfico-foliar) | 21,33 ± 2,08 | abcde |
| T7: A2 (I-Mirador)-B2 (semilla-foliar) | 20,67 ± 1,53 | bcde |
| T4: A1 (I-San Jacinto)-B3 (edáfico-foliar) | 20,67 ± 1,15 | bcde |
| T12: A3 (I-Imbabura)-B3 (edáfico-foliar) | 19,00 ± 0,00 | cde |
| T10: A3 (I-Imbabura)-B1 (semilla-edáfico) | 18,67 ± 1,15 | de |
| T9: A3 (I-Imbabura)-B0 (sin suministro) | 18,67 ± 1,53 | de |
| T11: A3 (I-Imbabura)-B2 (semilla-foliar) | 18,00 ± 1,00 | e |

Número de granos

Figura 7

Número de granos por espiga de tres variedades de trigo por efecto de tres suministros de sulfato de zinc



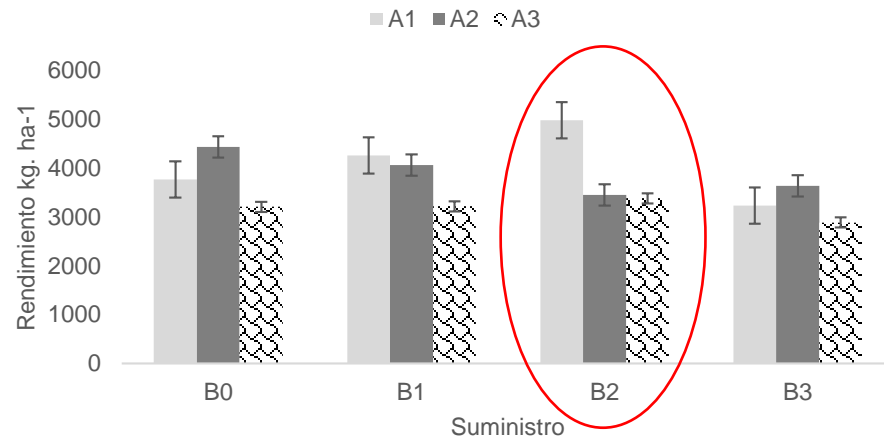
- No relacionados (espiguillas 10 - 30, granos 1-3)
- Influenciado por genotipo y nutrición

Resultados

Rendimiento de cultivo

Figura 8

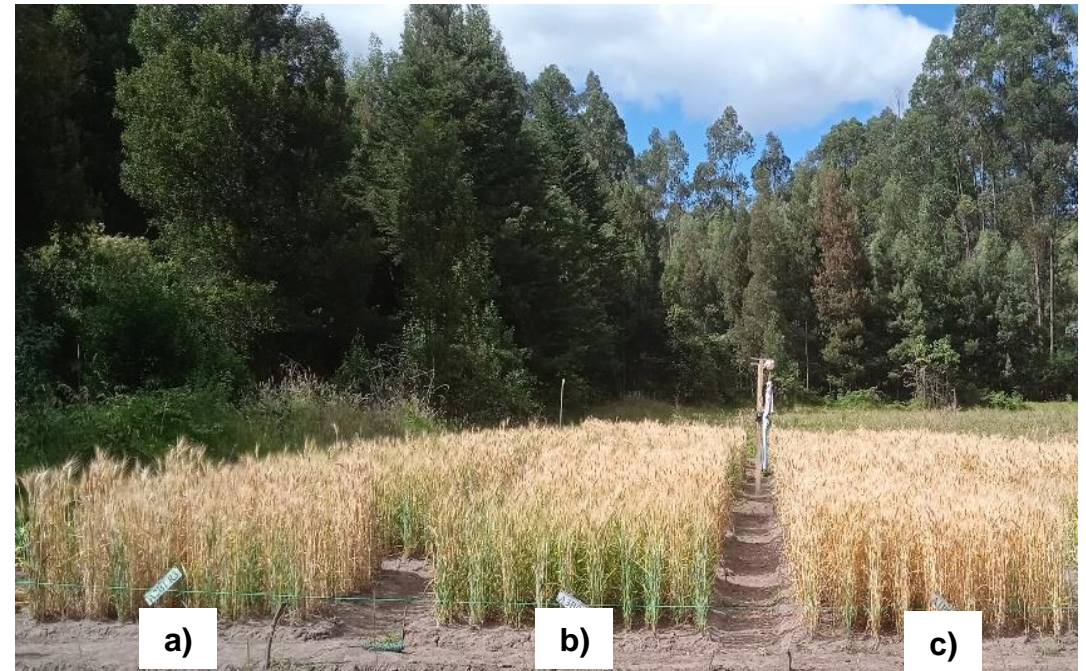
Rendimiento del cultivo (kg. ha^{-1}) de tres variedades de trigo por efecto de tres suministros de sulfato de zinc



- Influenciado por condiciones climáticas en llenado de grano y tipo de suelo
- Suministro combinado aumenta rendimiento en 7 – 10%

Figura 9

Cultivo de trigo de tres variedades por efecto de tres suministros de zinc



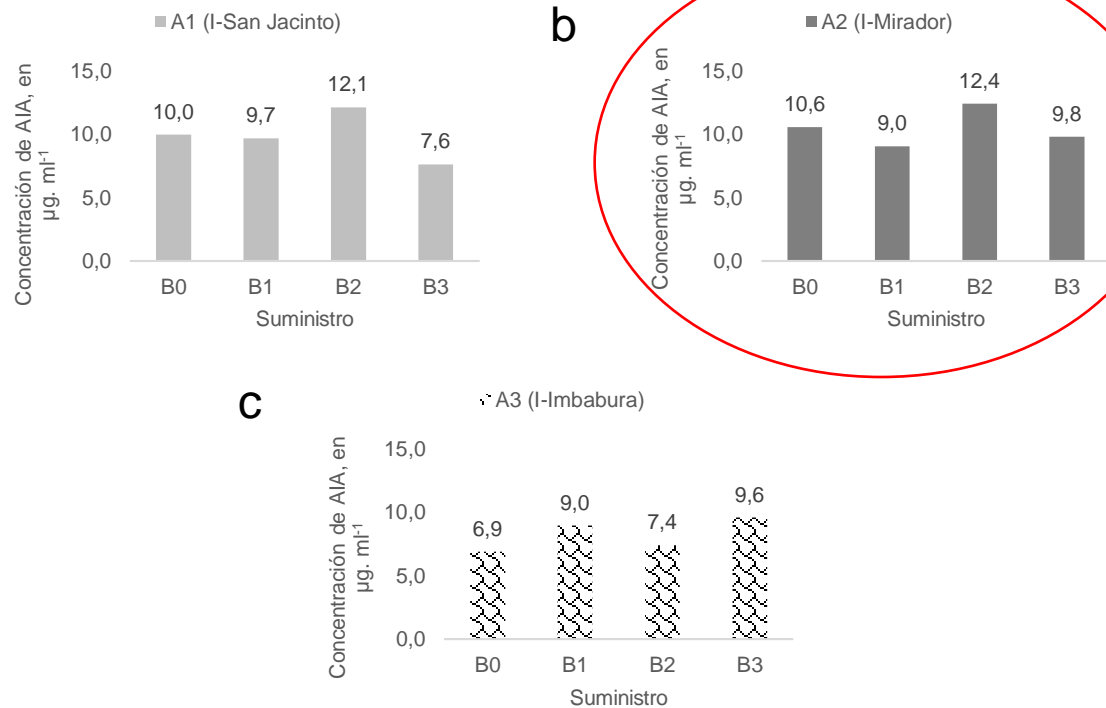
Nota. Donde: a) I-Mirador- con suministro semilla-edáfico, b) I-Imbabura sin suministro, c) I-San Jacinto sin suministro. Autoría propia.

Resultados

Concentración de AIA

Figura 10

Concentración de ácido indol acético ($\mu\text{g. ml}^{-1}$) en raíces de tres variedades de trigo por efecto de tres suministros de sulfato de zinc



No todas las plantas tienen un buen manejo de micronutrientes, depende de genotipo, adaptación y manejo

Humedad de grano

Tabla 6

Humedad en grano (%) de tres variedades de trigo por efecto de tres suministros de sulfato de zinc

| Variedad | Humedad (%) |
|--------------------|----------------|
| A3 (I-Imbabura) | 14,9 \pm 4,1 |
| A1 (I-San Jacinto) | 14,1 \pm 4,9 |
| A2 (I-Mirador) | 11,9 \pm 3,0 |

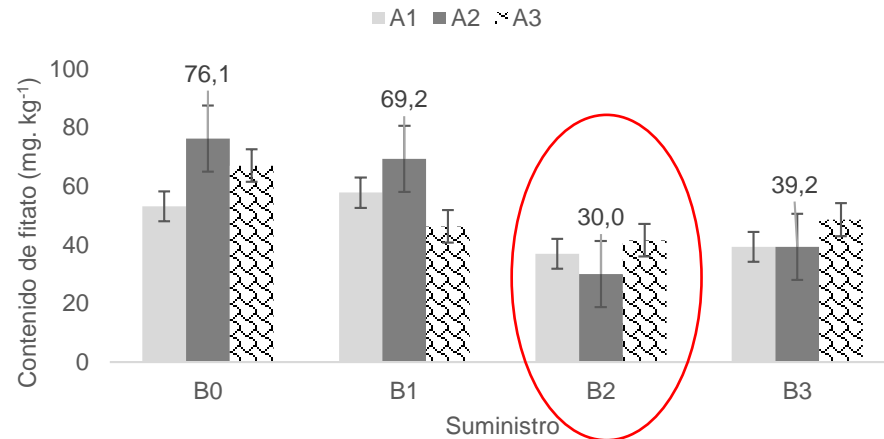
- *Recomendable para cosecha, inferior a 14%*
- *Tratamientos con inmersión asegura un mejor crecimiento y aplicación foliar mejor disponibilidad en etapas críticas*

Resultados

Contenido de fitatos

Figura 11

Contenido de fitatos (mg. kg^{-1}) en harina de tres variedades de trigo por efecto de tres suministros de sulfato de zinc



Concentración de zinc

Tabla 7

Concentración de zinc en harina (mg. kg^{-1}) de tres variedades de trigo por efecto de tres suministros de sulfato de zinc

| Tratamiento | Concentración de zinc (mg. kg^{-1}) |
|--|--|
| T1: A1 (I-San Jacinto)- B0 (sin suministro) | 25,71 |
| T2: A1 (I-San Jacinto)- B1 (semilla-edáfico) | 29,94 |
| T3: A1 (I-San Jacinto)- B2 (semilla-foliar) | 28,36 |
| T4: A1 (I-San Jacinto)- B3 (edáfico-foliar) | 27,72 |
| T5: A2 (I-Mirador)- B0 (sin suministro) | 18,17 |
| T6: A2 (I-Mirador)- B1 (semilla-edáfico) | 33,52 |
| T7: A2 (I-Mirador)- B2 (semilla-foliar) | 33,29 |
| T8: A2 (I-Mirador)- B3 (edáfico-foliar) | 44,21 |
| T9: A3 (I-Imbabura)- B0 (sin suministro) | 23,64 |
| T10: A3 (I-Imbabura)- B1 (semilla-edáfico) | 25,80 |
| T11: A3 (I-Imbabura)- B2 (semilla-foliar) | 26,58 |
| T12: A3 (I-Imbabura)- B3 (edáfico-foliar) | 34,13 |

- Presente en cereales y leguminosas
- Contenido aumenta después de ser combinado con otros productos (tortillas)
- Contenido de zinc mínimo 38 mg. kg^{-1}
- Consumo de zinc en adultos $25 - 35 \text{ mg. día}^{-1}$ y para niños $10 - 15 \text{ mg. día}^{-1}$

Biodisponibilidad

Tabla 8

Relación mMolar de fitato:zinc para la biodisponibilidad en harina de tres variedades de trigo por efecto de tres suministros de sulfato de zinc

- Relación molar superior a 15 se tiene baja biodisponibilidad (<30%).

| Tratamiento | Relación mMolar Fitato:Zn |
|--|---------------------------|
| T1: A1 (I-San Jacinto)- B0 (sin suministro) | 0,20 |
| T2: A1 (I-San Jacinto)- B1 (semilla-edáfico) | 0,19 |
| T3: A1 (I-San Jacinto)- B2 (semilla-foliar) | 0,13 |
| T4: A1 (I-San Jacinto)- B3 (edáfico-foliar) | 0,14 |
| T5: A2 (I-Mirador)- B0 (sin suministro) | 0,41 |
| T6: A2 (I-Mirador)- B1 (semilla-edáfico) | 0,20 |
| T7: A2 (I-Mirador)- B2 (semilla-foliar) | 0,09 |
| T8: A2 (I-Mirador)- B3 (edáfico-foliar) | 0,09 |
| T9: A3 (I-Imbabura)- B0 (sin suministro) | 0,28 |
| T10: A3 (I-Imbabura)- B1 (semilla-edáfico) | 0,18 |
| T11: A3 (I-Imbabura)- B2 (semilla-foliar) | 0,15 |
| T12: A3 (I-Imbabura)- B3 (edáfico-foliar) | 0,14 |

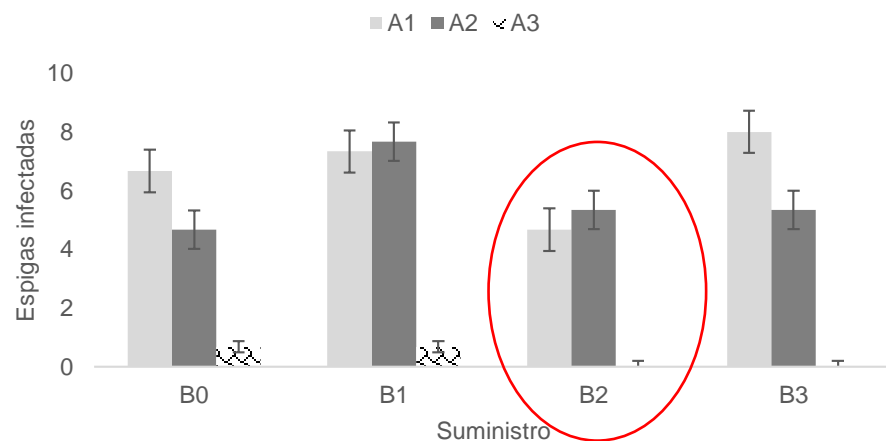


Resultados

Enfermedades

Figura 12

Espigas infectadas por carbón volador (Ustilago tritici) de tres variedades de trigo por efecto de tres suministros de sulfato de zinc



- Influenciado por condiciones climáticas temperatura 10 – 6°C, con fuertes vientos y HR.
- Resistencia genotípica y por suministro inmersión y foliar.

Figura 13

Espigas infectadas por carbón volador



Nota. Espiga infectada con carbón volador.
Autoría propia.

Conclusiones

- El presente estudio muestra una influencia directa por suministro de zinc aplicado, en las variables número de espigas y rendimiento, siendo el suministro semilla (inmersión 0.1M por 12h)-foliar (dos dosis 4kg. ha⁻¹ en 800 L. ha⁻¹) el que tuvo un efecto positivo en las variedades I-San Jacinto e I-Mirador bajo las condiciones climáticas del IASA 1, obteniendo los mayores valores en siete de las ocho variables evaluadas.
- El suministro de sulfato de zinc edáfico (50 kg ZnSO₄.7H₂O. ha⁻¹ previo a la siembra)-foliar (dos dosis 4kg. ha⁻¹ en 800 L. ha⁻¹), obtuvo los mejores resultados en la calidad de harina, obteniendo la mayor concentración de zinc, un bajo contenido de fitatos y la mayor biodisponibilidad en la variedad I-Mirador.

Recomendaciones

- Se recomienda la producción de trigo con la variedad I-San Jacinto utilizando el suministro semilla-foliar para mejorar las características agronómicas.
- La producción de trigo con la variedad I-Mirador utilizando suministro edáfico-foliar se recomienda para obtener harina biofortificada.
- Realizar pruebas de concentración de zinc en productos terminados para el consumo humano utilizando la harina biofortificada.
- Se recomienda evaluar la germinación y desarrollo de rodales de trigo utilizando suministro por inmersión de semillas de sulfato de zinc, en dosis de 0.1 a 1 M para las variedades de INIAP.
- Se recomienda realizar programas de biofortificación del cultivo de trigo en diferentes condiciones climáticas.



Gracias...



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA