

Hierro y Zinc en el Suelo y su Expresión en el Grano de Arroz

Ing. Agrón. Juliana Arleida Nova Peña MSc1, Ángel Pimentel, MSc., Ángel Adames, MSc.,
 Freddy Sinencio Contreras E., PhD., Alejandro Pujols M., MSc.,
 Francisco Jiménez R., MSc., José Alarcón Mella, MSc.

Introducción

A nivel mundial, la desnutrición causa la muerte de 10.8 millones niños/año por debajo de los 5 años de edad, estudios realizados indican que el mayor riesgo de deficiencia existe para Fe y Zn, seguido por vitamina A. La deficiencia de Fe es la más acentuada a nivel mundial, afectando más de 3.5 billones de personas (Hass et al, 2005). América Latina y el Caribe, tiene 94 millones de personas con deficiencia de Fe (Sanint y Woods, 1998; Sanint, 2004). Según el informe del Banco Mundial, (2005), la línea de pobreza en el país se incrementó en el periodo 2000/2005 de 20.3 a 34.3%, de los cuales cerca de 25 % es pobreza extrema. El hierro es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre, representa el 5.1% de su peso total, y su contenido en suelo se estima en 3.8 % (Lindsay, 1979). Es uno de los nutrientes vegetales que más problemas presenta en la nutrición de los cultivos, esto se debe a que, en sistemas aireados al rango de los pH fisiológicos, la concentración de los iones Fe 3+ y Fe 2+ es inferior, insuficiente para cubrir las necesidades del vegetal (Murad y Fischer, 1988; Lindsay, 1979). El Zn es un elemento traza en suelos, plantas y animales, su concentración suele ser muy baja (inferior a 0.1%). El Zn actúa de forma funcional, estructural o como co-factor regulador de un gran número de enzimas, un exceso de concentración produce perturbaciones en el desarrollo y crecimiento vegetal, que se considera como toxicidad. En el suelo, el contenido de Zn soluble en agua, disminuye con la elevación de pH. Un elevado pH del suelo, está correlacionado con la disminución del contenido de metal en el tejido vegetal, (Harter, 1991). El rango más común de Zn total en los suelos se sitúa entre 10 y 300 mg/kg con una media de 50 mg/kg (Goldschmidt, 1954; Krauskopf, 1972; Wedepohl, 1972; Kiekens, 1995). El consumo de arroz biofortificado con hierro y zinc aumentó en 20% el hierro almacenado (ferritina) en mujeres en edad fértil en Filipinas (Haas et al., 2005). Esta investigación se realizó con el objetivo de determinar si el hierro y zinc en el suelo, influyen en el contenido de los mismos en el grano de arroz, tanto pulido como integral, a través de diferentes ambientes.

Materiales y métodos

Los experimentos se instalaron en la primera etapa del 2008 en las localidades:

Juma, Provincia Monseñor Nouel Ubicada a: 18°54" N y 70°23" O. Altitud: 178 msnm. Temperatura media anual: 23.6 °C. Pluviometría media anual: 2,100mm. Suelo: Franco arcilloso. Materia Orgánica: 2.5%. pH: 5.7.	Esperanza, Provincia Valverde Ubicada a: 19°33" N y 71° 14"O. Altitud: 78 msnm. Temperatura media anual: 27.30°C. Pluviometría media anual: 750mm. Suelo: Textura franco limosa. Materia Orgánica: 3.2%. pH: >7.5.	Pozo, Provincia María Trinidad Sánchez Ubicada a: 9°22" N y 69°50"O Altitud: 3 msnm. Pluviometría media anual: 2,211mm Temperatura promedio anual: 25.6°C. Suelo: textura franco arcillosa. pH: 6.0. Materia Orgánica: 4.7%.
---	---	---

La investigación se desarrolló bajo riego por inundación, el semillero se estableció en bandejas. El trasplante se hizo manualmente con plántulas de 25 días de edad. La fertilización fue: 130 kg.ha-1 de NPK en Juma, 100 en Nagua y 140 en Esperanza. Se utilizaron ocho genotipos de arroz introducidos, y dos variedades como testigos. El diseño experimental fue bloques completos al azar, diez tratamientos y tres repeticiones. Se realizaron análisis de varianza, genotipos-ambiente, análisis multivariados y prueba de rangos múltiples, prueba de Duncan al 5%. Para la determinación de hierro y zinc en el suelo se realizó muestreos en cada área experimental, las submuestras fueron mezcladas y homogenizadas. Posteriormente se procedió al triturado y tamizados a 0.05 y 0.002 mm y luego llevadas al laboratorio. Para el análisis foliar se seleccionaron 20 hojas bandera por cada unidad experimental, colocándose al horno a una temperatura de 65°C, por un periodo de 72 horas. Posteriormente fueron llevadas al laboratorio para la determinación de los microelementos hierro y zinc. El análisis de Fe y Zn el grano se determinó mediante el método de Isaac y Kerber (1971). Se tomaron tres muestras de cada tratamiento, se secaron, ventearon y se colocaron 20g en sobre y se enviaron al laboratorio del Centro Internacional de Agricultura Tropical, (CIAT), en Colombia. Las variables evaluadas fueron: hierro y zinc en el suelo, en la hoja bandera y el grano de arroz integral y pulido, interacción genotipo/ambiente y el rendimiento en kg.ha-1



Resultados y discusión

Contenido de Fe y Zn en el suelo

Estos resultados son basados en un análisis previo a la instalación de los experimentos en las tres localidades estudiadas. Los datos indican, que Juma, Bonao presentó el mayor contenido de Fe con 362 mg.kg-1, superior a Nagua (104) y Esperanza (50.3). Los valores de zinc fueron superiores en Juma con 1.9 mg.kg-1, las localidades de Esperanza y Nagua mostraron valores de 0.5 y 0.6 mg.kg-1 respectivamente. Según el método Mehlich 3 con rango de hierro de 10 a 100 mg.kg-1 y 3 a 15 mg.kg-1 zinc, indicando que el contenido hierro encontrado en las localidades, se encuentran dentro de los niveles deseados en el suelo, (Figura 3).

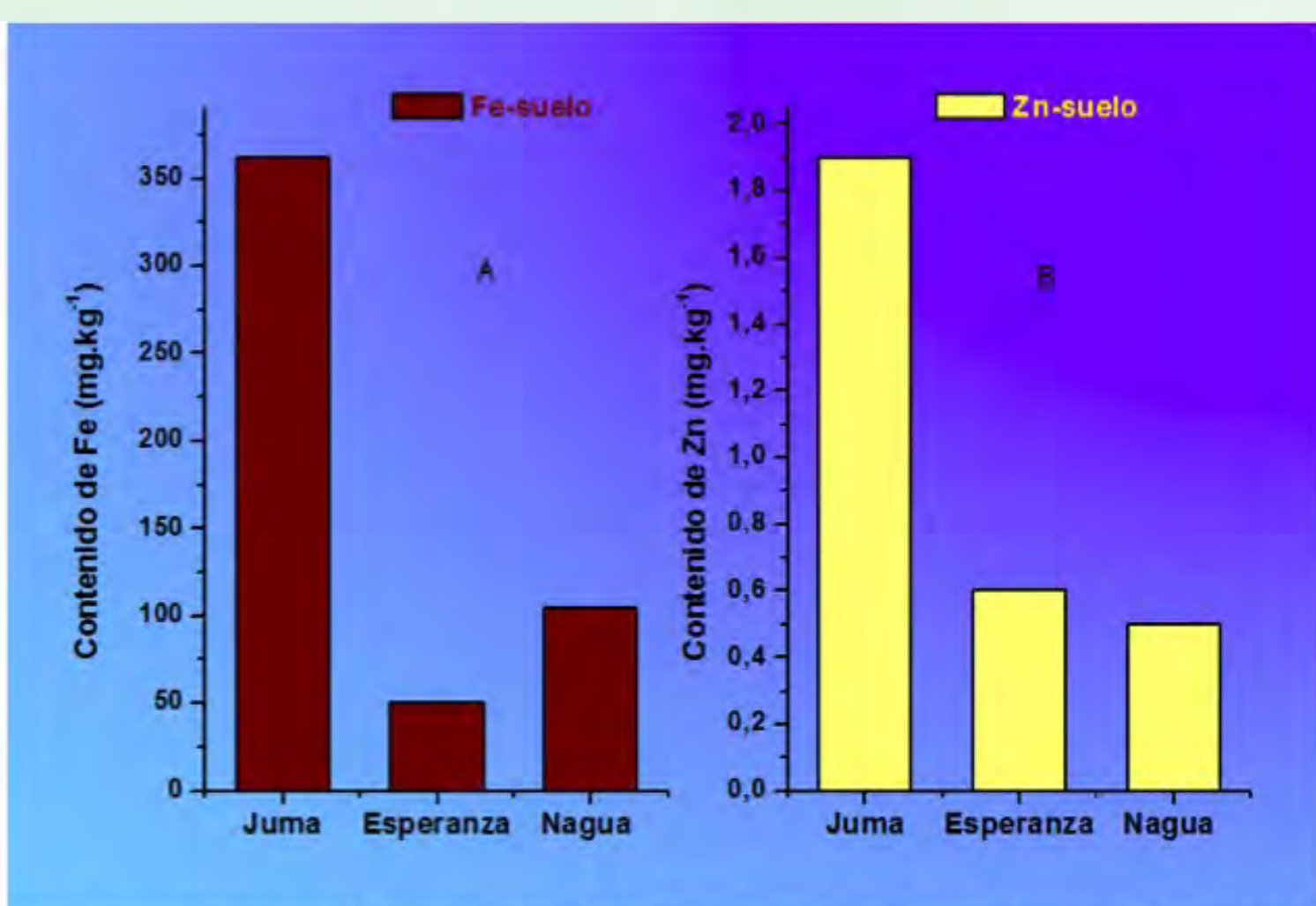


Figura 3. Hierro (A) y zinc (B) en el suelo en tres localidades de la República Dominicana, durante la primera etapa del cultivo de arroz. * Letras distintas indican diferencias significativas de acuerdo a Duncan al 5%.

Contenido de Fe en el grano de arroz

El contenido de hierro en el grano integral, presentó diferencias estadísticas significativas entre las localidades a la prueba de Duncan a una probabilidad de 95%. La localidad de Esperanza con valor de 12.28 mg.kg-1, superó a Juma (10.2) y Nagua (10.0), siendo estas dos últimas estadísticamente iguales (Figura 4). En relación al Fe en el grano pulido, Esperanza con 3.0 mg.kg-1 y Juma con 2.83, superaron estadísticamente a la localidad de Nagua que tuvo un valor de 2.34 mg.kg-1. Estos resultados corroboran lo encontrado por Martínez et al (2007), quienes determinaron que la línea base de hierro para arroz integral fue de 8 a 10 mg.kg-1 y de 2 a 3 para arroz pulido en cinco países de América latina y el Caribe

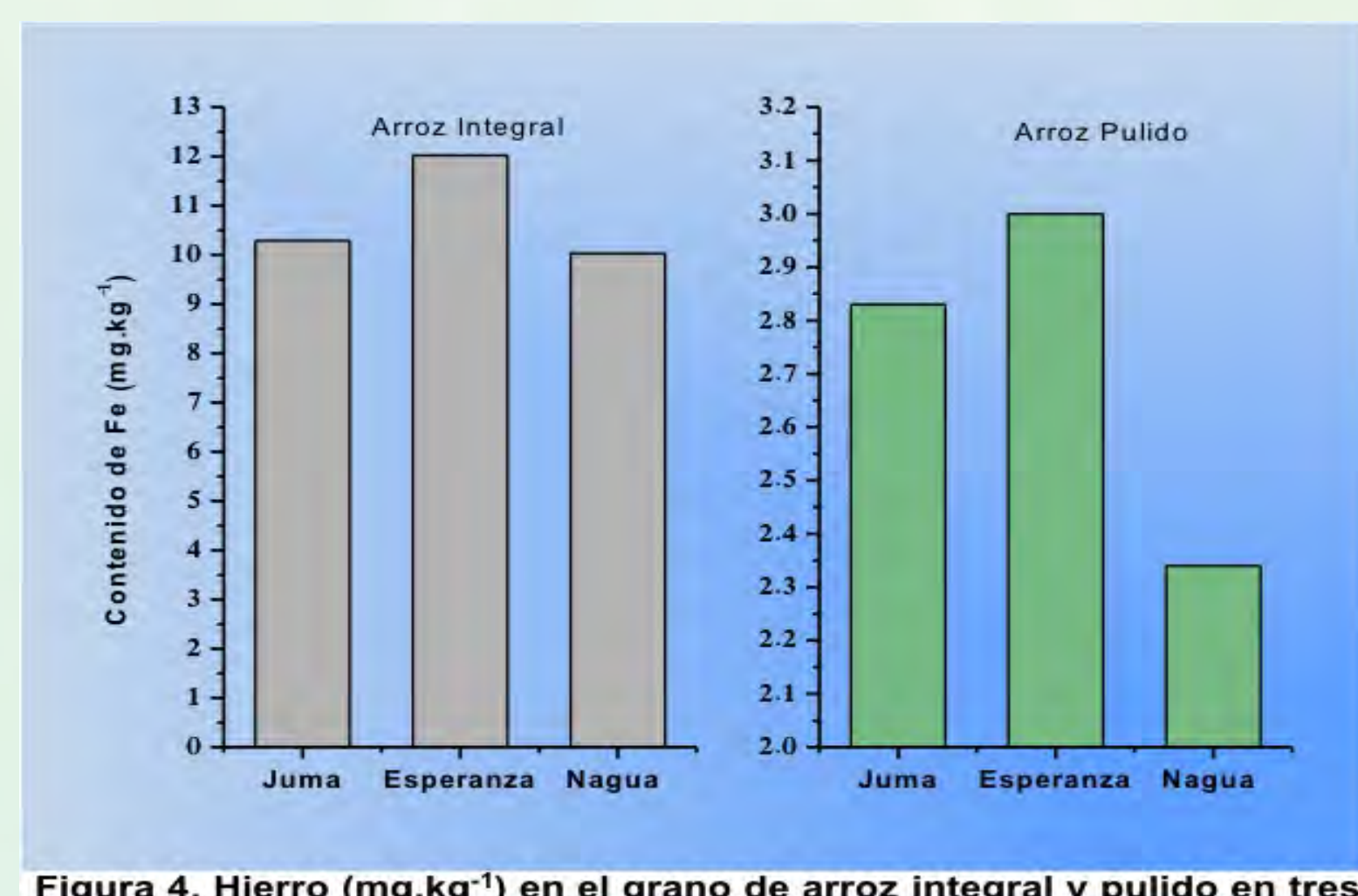


Figura 4. Hierro (mg.kg⁻¹) en el grano de arroz integral y pulido en tres localidades de la República Dominicana, en la primera etapa del cultivo de arroz. * Letras distintas indican diferencias significativas de acuerdo a Duncan al 5%.

Contenido de zinc en el grano de arroz

Los resultados del zinc en el grano de arroz presentaron diferencias estadísticas significativas entre las localidades estudiadas según la prueba Duncan a la probabilidad de 95%. El valor encontrado en Juma (24.65 mg.kg-1) fue superior a Esperanza (22.67), y Nagua (21.51). Estos resultados superan a la línea base encontrado por Martínez et al (2007), en América Latina y el Caribe para este elemento que fue de 12-18 mg.kg-1 en arroz integral. Con relación grano pulido, no mostró diferencia estadística significativa entre las localidades estudiadas.

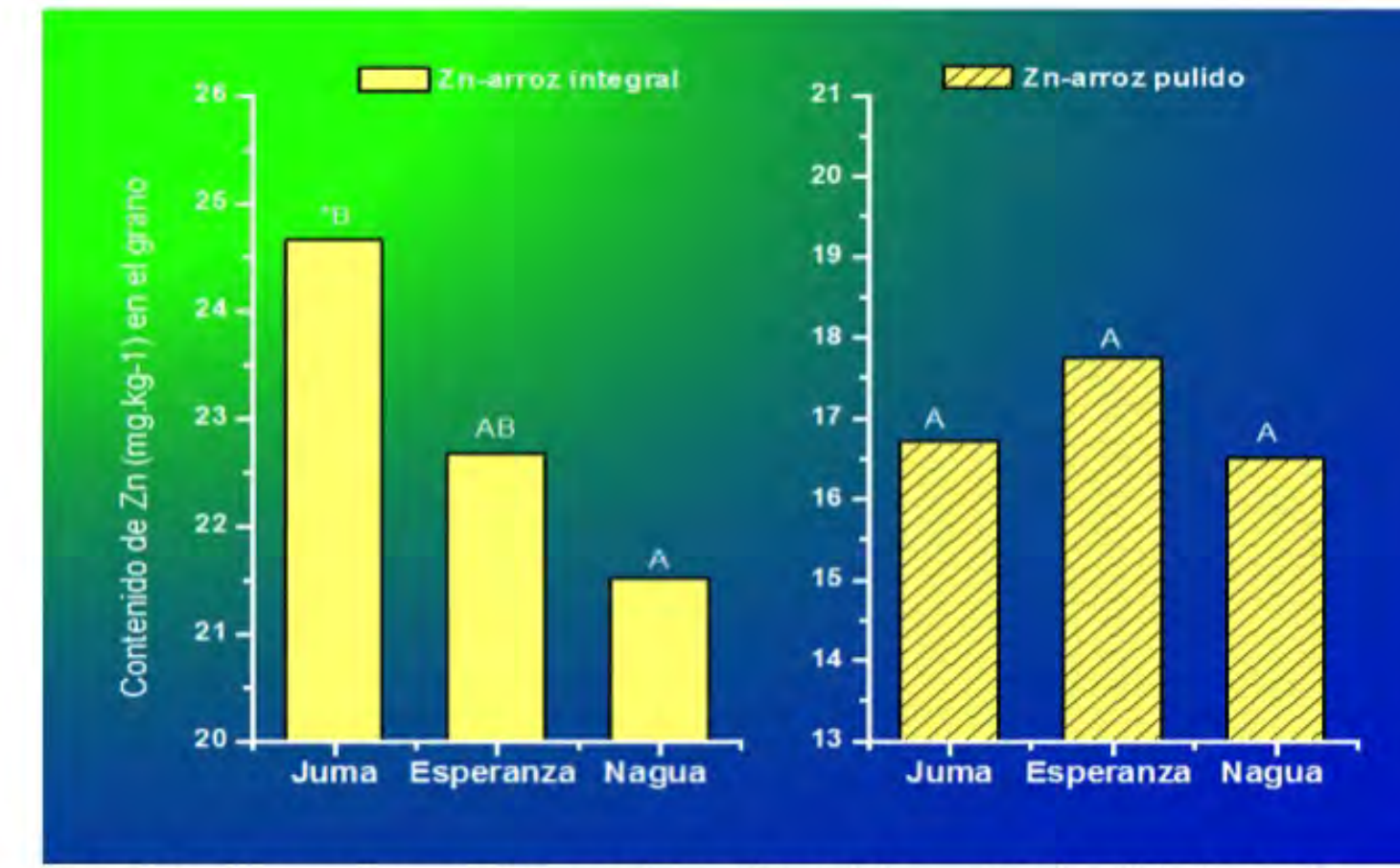


Figura 5. zinc en el grano de arroz integral y pulido, en tres localidades en la primera etapa del cultivo de arroz. * Letras distintas indican diferencias significativas de acuerdo a Duncan al 5%.

Contenido de zinc en el grano de arroz

Los resultados del zinc en el grano integral presentaron diferencias estadísticas significativas entre las localidades estudiadas según la prueba Duncan a la probabilidad de 95%. El valor encontrado en Juma (24.65 mg.kg-1) fue superior a Esperanza (22.67), y Nagua (21.51). Estos resultados superan a la línea base encontrado por Martínez et al (2007), en América Latina y el Caribe para este elemento que fue de 12-18 mg.kg-1 en arroz integral. Con relación grano pulido, no mostró diferencia estadística significativa entre las localidades estudiadas.

Tabla 1. Promedio de hierro y zinc en evaluaciones realizadas en tres localidades del país, durante la primera etapa del cultivo de arroz

Contenido en:	Esperanza	Nagua	Juma
Arroz integral	12.28	10.00	10.20
Arroz pulido	17.03	16.50	16.50
Hoja bandera	11.70	11.50	11.50
Suelo	50.30	104.00	362.00

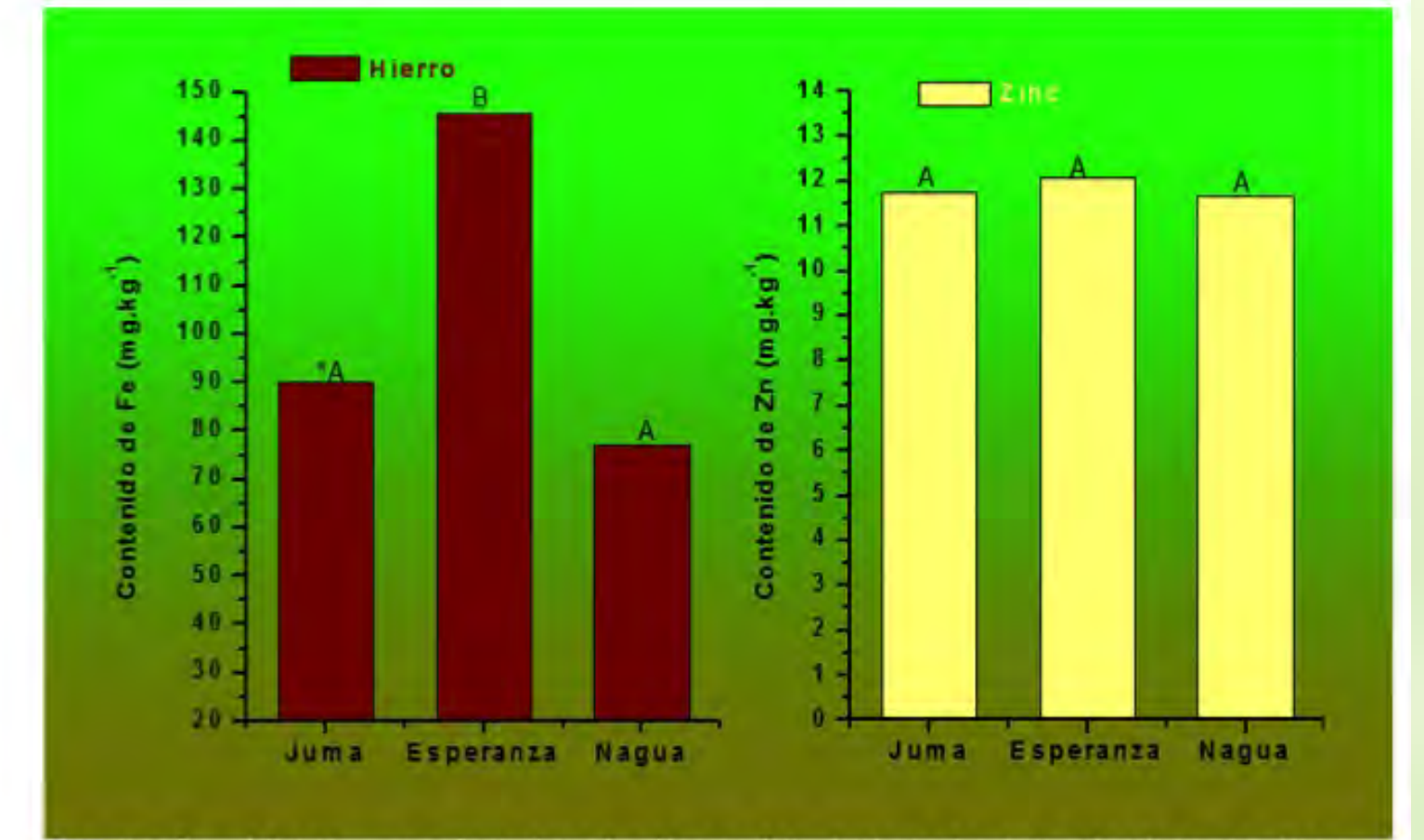
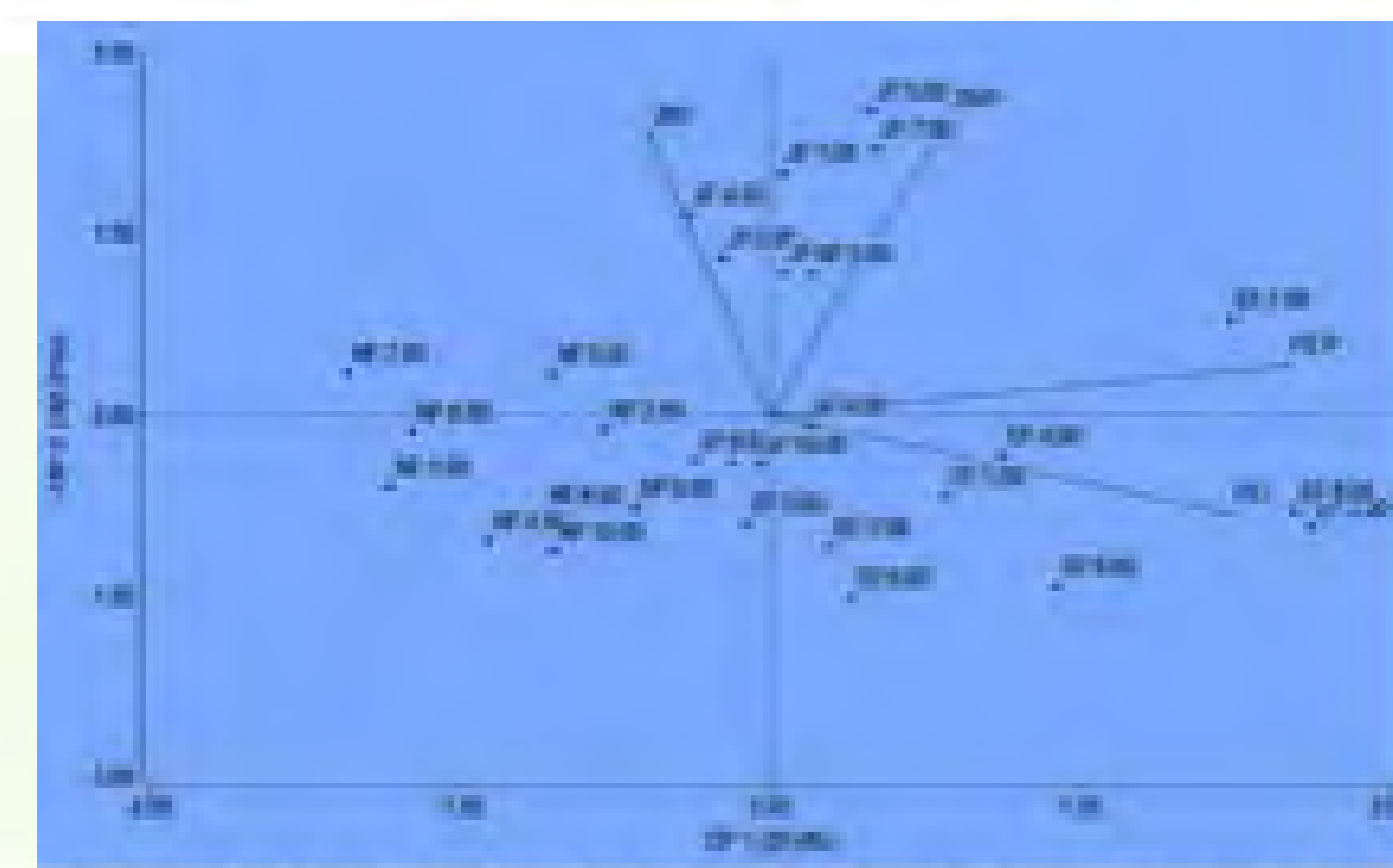


Figura 6. Hierro y zinc (mg.kg⁻¹) en las hojas de las plantas en tres localidades del país, en la primera etapa del cultivo de arroz. * Letras distintas indican diferencias significativas de acuerdo a Duncan al 5%.

Análisis multivariado de componente principal, interactuando con las variables en hierro y zinc en el grano, las hojas y su relación en tres localidades de la República Dominicana.

Esta figura resume los resultados del análisis multivariado en hierro y zinc pulido e integral. Donde se observa que zinc integral tuvo mayor ascendencia en las localidades Juma y Nagua con los genotipos 2-Ciwini, 4-Tox1859, 3-FLO3724, 5-C3849 y 6- C3851, en variable zinc pulido. Mientras que los genotipos 1-FLO3001, Azucena, y C3859 con el hierro pulido.

Rendimiento

Los resultados obtenidos presentaron diferencias estadísticas significativas entre los genotipos y las localidades resultados obtenidos presentaron diferencias, con relación al rendimiento de arroz paddy. En la localidad de Juma, los genotipos C3849 y Cristal 100 con 4,486y 4,062 kg.ha-1, fueron superiores a Juma 67.

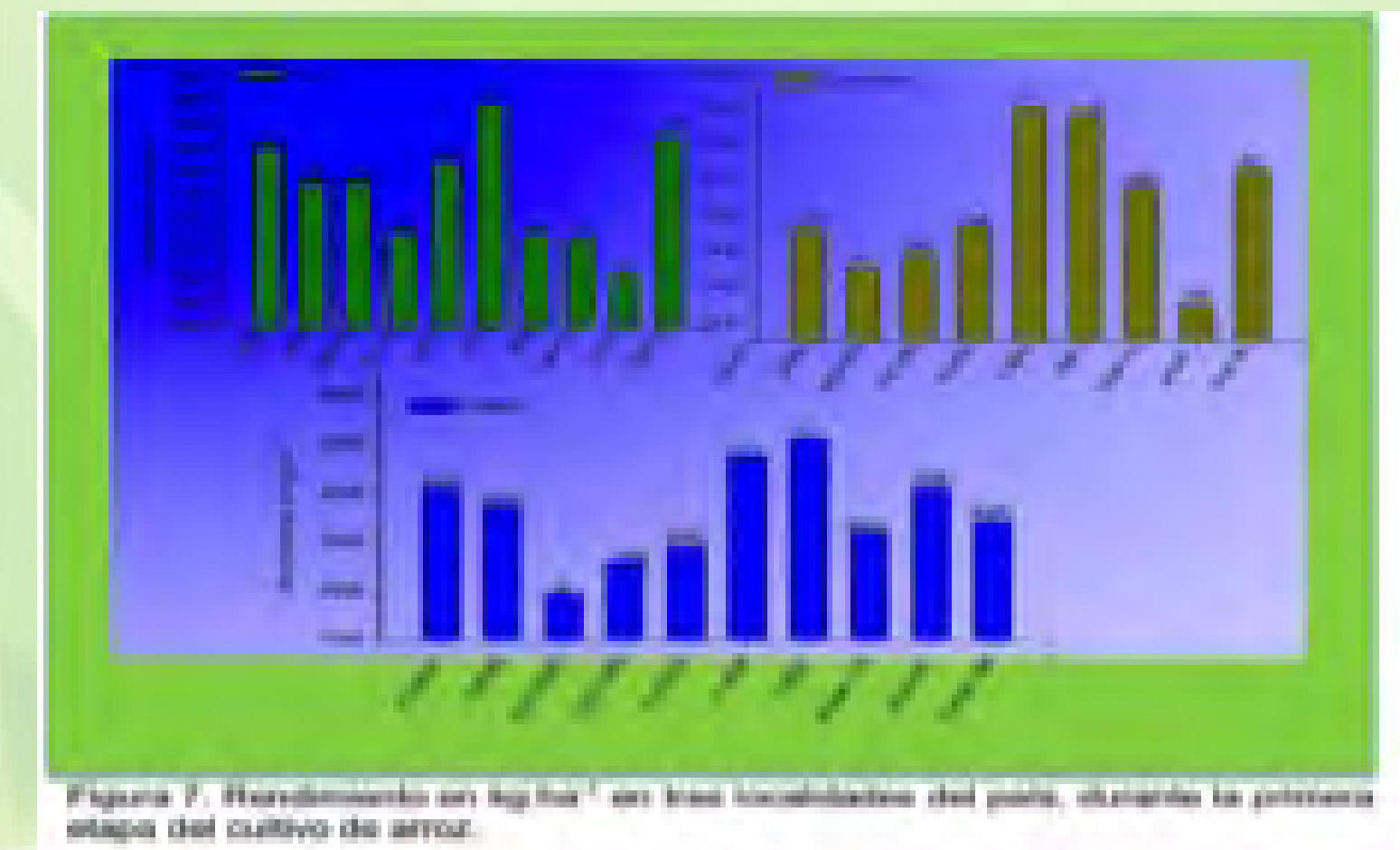


Figura 7. Rendimiento en kg ha⁻¹ en tres localidades del país, durante la primera etapa del cultivo de arroz.

En Esperanza, los genotipos C3851 y C3849 mostraron rendimientos de 7,991 y 7,885 kg.ha-1, no presentaron diferencias significativas entre ellos, pero fueron superiores a los demás. Sin embargo Impale 112, Cristal 100 alcanzaron rendimiento de 5,824 y 6,284 kg.ha-1 diferentes entre ellos estadísticamente. En Nagua los genotipos C3851, C3849 presentaron rendimientos de 6,122 y 4,774 kg.ha-1 mayores y diferentes estadísticamente, mientras que los demás no mostraron diferencias estadísticas, a excepción del genotipo Azucena, que mostró menor rendimiento con 2,233 kg.ha-1.

Evaluación del rendimiento por localidad

Las localidades también presentaron diferencias estadísticas, con relación al rendimiento. Esperanza-Mao alcanzó los mejores rendimientos de arroz paddy con 5,562 kg.ha-1, el cual fue superior estadísticamente al de las localidades de Juma, Bonao y El Pozo, Nagua. Estos resultados corroboran a los encontrados por Flores, D. et al, 2008 y Trinidad y Rosario, 2008.

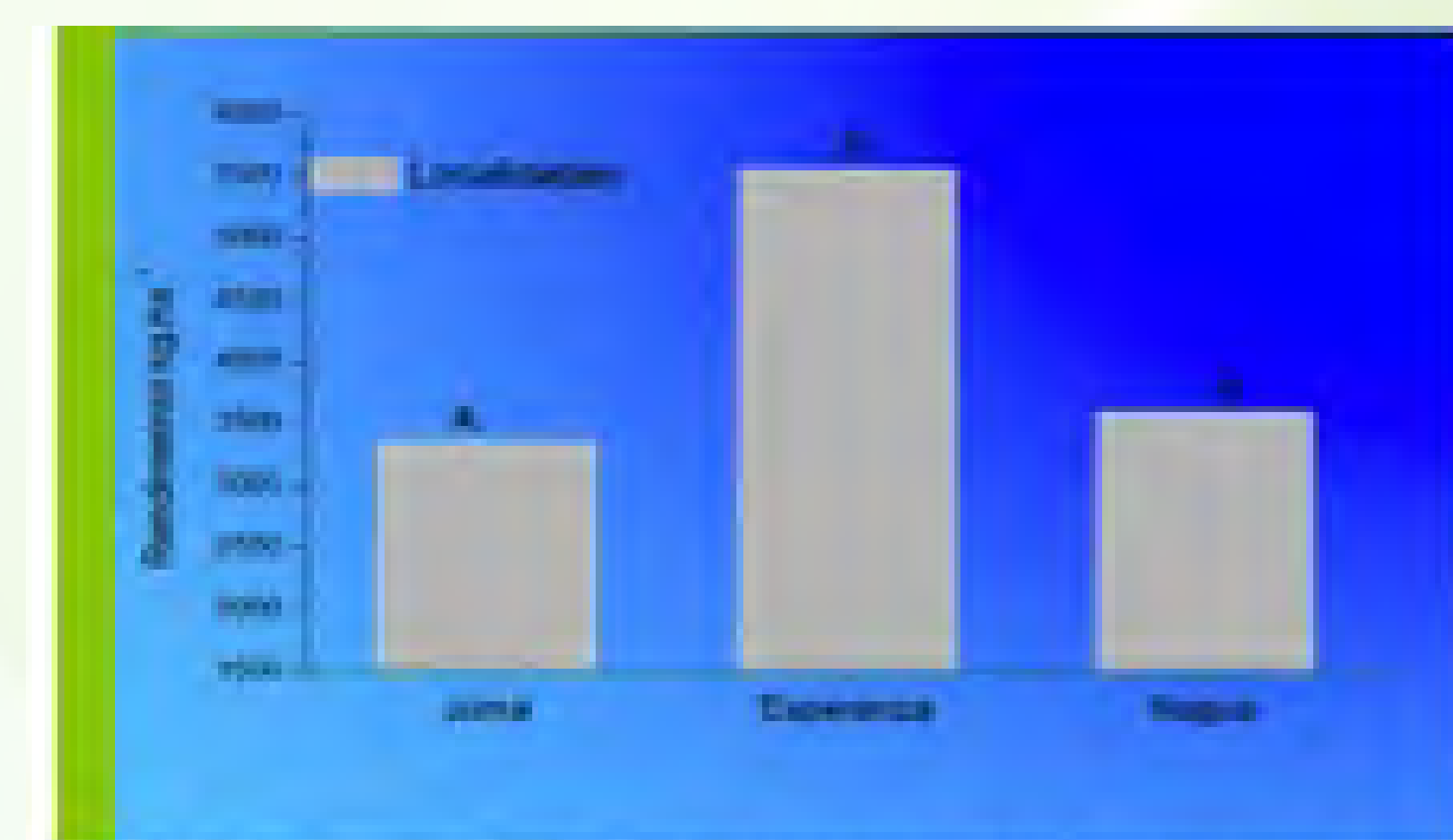


Figura 8. Rendimiento en kg ha⁻¹ en tres localidades del país, en la primera etapa del cultivo de arroz.

Los genotipos Flo3001, Tox1859, Flo3724, Azucena, Impale112 y Cristal 100 presentaron los valores más altos de hierro y zinc en las localidades estudiadas

Conclusiones

- No se encontró relación entre el hierro y zinc en el suelo y su expresión en el grano de arroz.
- Las localidades estudiadas presentaron diferencias con el hierro y zinc en el suelo.
- Se encontró interacción entre el contenido de hierro en las hojas y los ambientes estudiados.
- Hubo interacción entre los genotipos y el ambiente en el hierro y zinc en las hojas.

Recomendaciones

- La investigación sugiere realizar otros estudios relacionados, con aplicaciones adicionales de hierro y zinc a los suelos y a las plantas para el cultivo de arroz.
- Realizar investigaciones sobre mejoramiento genético, para obtener genotipos con alta capacidad de absorción de hierro y zinc.

Referencias

Goldschmidt, V.M. 1954. Geochemistry. Oxford Univ. press, London, UK.
 Lindsay, W.L. 1979. Chemical equilibria in soils. Ed. John Wiley and Sons. N. Y. ISBN: 0- 471-02704-9
 Murad, E.; R Fischer., 1988. The geobiochemical cycle of iron. In Iron in soils and clay minerals. (J. W. Stucki, et al. Eds). D. Reidel Publishing Company: 1-18 pp.
 Sanint. (2004). Nutrientes Prioritarios en los Cultivos. El impacto de la investigación en arroz en América Latina y el Caribe durante las tres últimas décadas, San José, Costa Rica. 2008.

AGRADECIMIENTOS

A los ing. Silvestre Inoa, Victoriano Rojas.

A la UAGD, CEDAF y PROYECTO AGROSALUD. Por su colaboración en la finalización de esta actividad.