

EFECTOS DEL MANEJO DEL RIEGO Y VARIEDADES EN LOS NIVELES DE ARSÉNICO ACUMULADO EN ARROZ^a

G. Carracelas¹, J. Hornbuckle², M. Verger³, R. Huertas³, S. Ricetto⁴, F. Campos⁴, A. Roel⁴

PALABRAS CLAVE: As, AWD, *índicas*, inorgánico, japónicas, rendimiento

INTRODUCCIÓN

El arroz es el componente básico más importante de la dieta humana en todo el mundo. El sector arrocerero enfrenta al desafío de lograr altos rendimientos para satisfacer la creciente demanda mundial de alimentos manteniendo la calidad y seguridad alimentaria. El objetivo fue determinar la acumulación de arsénico inorgánico (iAs) en el grano de arroz en dos sitios de suelos contrastantes. A su vez se busca identificar técnicas de manejo de riego que podrían usarse como prácticas de mitigación para limitar o reducir la acumulación de iAs en el grano, así como también determinar diferencias en los niveles de iAs dentro de las variedades de arroz más sembradas en Uruguay

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron 5 experimentos en 2 unidades experimentales ubicadas en Artigas-Paso Farías (PF) y Treinta y Tres: Paso de la Laguna (PdL), durante 3 zafas del cultivo de arroz, 2014-2017 (Figura 1.I). El diseño experimental fue de parcelas divididas con 4 bloques, incluyendo dos tratamientos de riego: inundado continuo (C) y un riego con periodos de mojado secado alternos (AWD) y 4 variedades (Figura 1.II). En el tratamiento C, la inundación comenzó 15-20 días después de la emergencia y se mantuvo durante todo el ciclo del cultivo con una lámina de agua de 10 cm. El tratamiento AWD permitió que el suelo se secase periódicamente (agotamiento del 50% del agua disponible del suelo) hasta primordio. Después de este período, se manejó como el riego C. Las parcelas divididas incluyeron diferentes variedades: *índicas* (INIA Merín, INIA Olimar, El Paso 144) y japónicas (Parao, INIA Tacuarí). El análisis estadístico se realizó con el software R (paquetes *emmeans* y *nlme*) donde se realizaron análisis de varianza mediante la prueba de Tukey (R Core Team, 2020).

^a El presente artículo es una síntesis de un trabajo publicado por los mismos autores: Irrigation management and variety effects on rice grain arsenic levels in Uruguay. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2019.

¹ Ing. Agr. M.Sc. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz gcarracelas@inia.org.uy

² B.Sc. M.Sc. Ph.D. Deakin University. Faculty of Sc. Eng. & Env. CeRRF. Australia

³ Quím. Farm. M.Sc. LATU

⁴ Ing. Agr. M.Sc. Estudiante de Doctorado Fagro-UDELAR

⁵ Ing. Agr. Estudiante de Maestría Fagro-UDELAR

⁶ Ing. Agr. M.Sc. Ph.D. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz

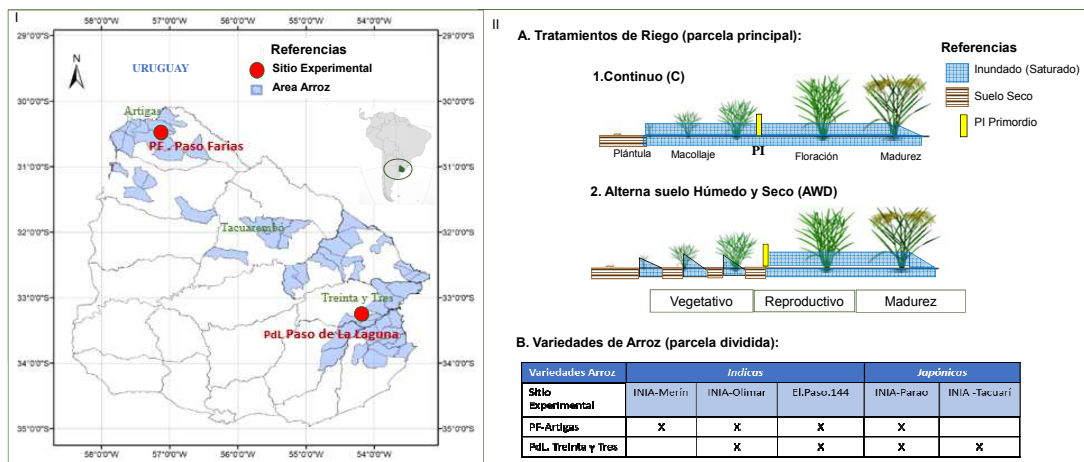


Figura 1. I.Ubicación de los dos sitios experimentales en Uruguay. II. Tratamientos de riego (C - AWD) y Variedades (*indicas* y japónicas) evaluados en Paso Farías (PF), Norte y Paso de la Laguna (PdL), Este.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Los niveles de arsénico registrados en el agua de riego y en los suelos fueron muy bajos, lo que resultó en niveles bajos de iAs acumulados en el grano de arroz en ambos sitios. El As total en los suelos estuvo muy por debajo

del límite canadiense para suelos agrícolas de 12 mg/kg (CCME) y el As en el agua estuvo por debajo de los límites para el agua de superficie de riego de 0,05 mg/L (Clase 2^a) y 0,005 mg/L (Clase 3) (Decreto N° 253/79, 1979). Los niveles de iAs registrados en grano en PdL fueron significativamente más altos en relación con el sitio de PF (Cuadro 1).

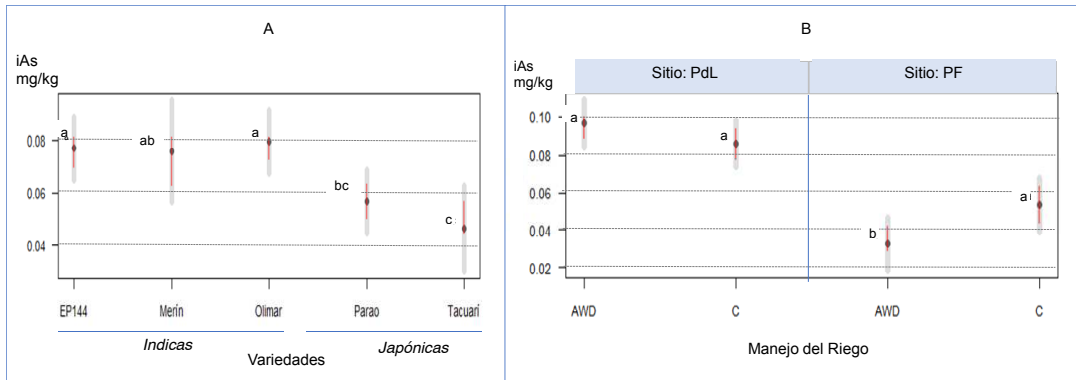
Cuadro 1. Contenido de Arsénico en el suelo, agua y niveles de iAs acumulados en el grano de arroz pulido por sitio.

Criterio de clasificación Sitio	Arsénico (As) en <u>Suelos</u> a la siembra		Arsénico en <u>Agua</u>	Arsénico Inorgánico en <u>Grano</u>
	Total (tAs mg/kg)	Bio-disponible (bioAs µg/L)	(As mg/L)	(iAs mg/kg)
PdL – Paso de la Laguna	3,62 a	30,30 a	0,00272 a	0,091 a
PF – Paso Farías	2,14 b	15,21 b	0,00176 b	0,043 b
Promedio	2,88	22,76	0,00224	0,067
P<0.05	***	***	***	***

Letras distintas indican diferencias significativas con una probabilidad menor al 5% (P < 0,05). Ref.: *** 0,01 ** 0,05.

Es importante destacar que en todos los casos los niveles de iAs promedio acumulados en el grano de arroz (0,07 mg/kg), estuvieron muy por debajo de los límites internacionales, CODEX ALIMENTARIUS (iAs < 0,20 mg/kg) (FAO and WHO, 2020), incluso bajo riego continuo (Figura 2). En relación con las prácticas de mitigación evaluadas, las

variedades japónicas tuvieron una menor acumulación de iAs en el grano de arroz, en comparación con las indicas en ambos sitios (Figura 2.A). La acumulación de iAs en el grano de arroz se puede reducir aún más mediante la implementación de AWD en ciertos tipos de suelo (PF) como se observa en la figura 2.B.

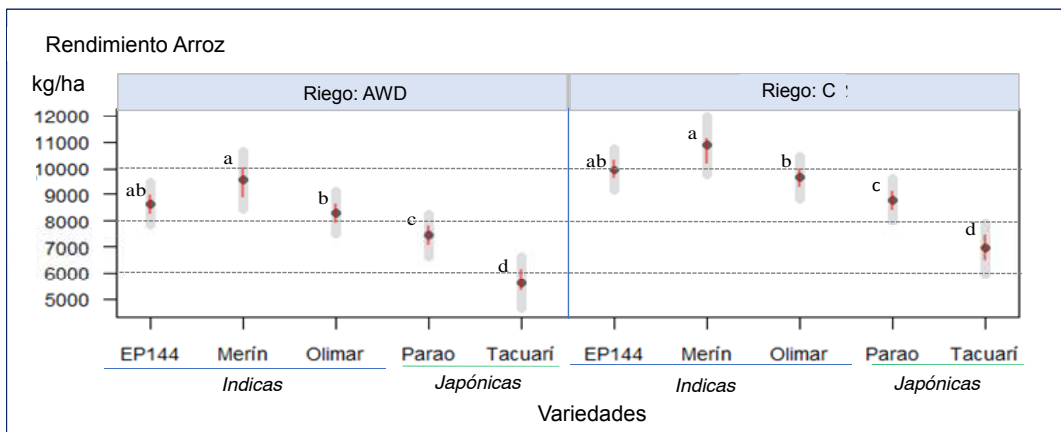


Referencias: Los círculos negros representan las medias, las líneas rojas indican el intervalo de confianza (Tukey) Letras diferentes indican diferencias significativas dentro de los tratamientos con una probabilidad menor al 5%.

Figura 2. Arsénico inorgánico (iAs) acumulado en grano de arroz pulido: A. en distintas variedades (*índicas*: EP144, INIA Merin e INIA Olimar vs *japónicas*: Parao, INIA Tacuari) y B. en los distintos manejos de riego evaluados en cada sitio.

El tratamiento de riego AWD resultó en una reducción significativa del rendimiento del 14% en relación con el riego tradicional C. A

su vez las variedades *japónicas* registraron rendimientos más bajos de grano de arroz en relación con las *índicas* (Figura 3).



Referencias: Los círculos negros representan la media, las líneas rojas indican el intervalo de confianza (Tukey). Letras distintas son significativamente diferentes con una probabilidad inferior al 5% (P<0.05)

Figura 3. Rendimiento en grano de arroz (kg/ha, 14% de humedad) para diferentes variedades en cada técnica de riego evaluado (AWD – C).

CONCLUSIONES

Los niveles de arsénico inorgánico (iA) acumulados en el grano de arroz pulido cultivado en Uruguay fueron en promedio de 0,07 mg/kg quedando muy por debajo del límite propuesto por las normas internacionales de seguridad alimentaria, incluso bajo la técnica tradicional de riego continuo.

La implementación del manejo de riego alternativo AWD en ciertos tipos de suelo

puede reducir aún más la acumulación de iAs en el grano de arroz. Esta técnica determinó una reducción en el rendimiento en grano del 14% en relación con el riego continuo.

Las variedades *japónicas* tuvieron una menor acumulación de iAs en el grano de arroz, en comparación con las *índicas* en ambos sitios, pero las variedades *índicas* registraron mayores rendimientos en grano en relación con las *japónicas*.

BIBLIOGRAFÍA

CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment) Canadian environmental quality guidelines. Available at:
<http://st-ts.ccmec.ca/en/index.html?chems=9&chapters=4>

IMPO. 1979. Decreto N° 253/79. Registro nacional de leyes y decretos, Montevideo, Uruguay, 31 de mayo de 1979. Disponible:
<https://www.impo.com.uy/bases/decretos/253-1979>

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations); WHO (World Health Organization) 2020. Codex alimentarius: International food standards. FAO, WHO. General standard for contaminants and toxins in food and feed. CXS 193-1995. Consultado:
http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%25A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B193-1995%252FCXS_193e.pdf

R Core Team, 2020. R: A Language and Environment for Statistical Computing, R foundation for statistical computing, Vienna, Austria <http://www.R-project.org/>