



Publicación del Departamento de  
Agronomía de la Universidad Nacional del Sur

# agro UNS

- ▶ Efecto alelopático del centeno (*Secale cereale* L.) como cultivo antecesor de la cebada (*Hordeum vulgare* L.)
- ▶ Desarrollo de un sistema económico para la fitorremediación de arsénico en aguas destinadas al consumo humano
- ▶ Ecoespacios en el Campus Palihue de la UNS
- ▶ Explorando el interior del fruto del olivo



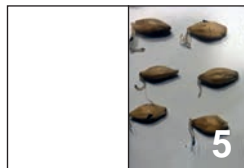
# índice



EDITORIAL

## Nuevas carreras, grandes desafíos

*Roberto Rodríguez*



## Efecto alelopático del centeno (*Secale cereale* L.) como cultivo antecesor de la cebada (*Hordeum vulgare* L.)

*Julián Francisco Diez Ochoa, Guillermo Rubén Chantre, Ricardo Mario Sabbatini y María de las Mercedes Longás*



## Desarrollo de un sistema económico para la fitorremediación de arsénico en aguas destinadas al consumo humano

*Martín Espósito y Vanesa Pérez Cuadra*



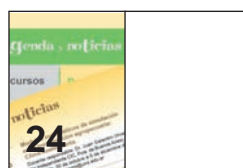
## Ecoespacios en el Campus Palihue de la UNS.

*Equipo interdisciplinario ECOESPACIOS UNS*



## Explorando el interior del fruto del olivo

*María Verónica Rosetti, Andrea Cecilia Flemmer, Luis Francisco Hernández*



## Agenda y noticias

*Las opiniones vertidas en los artículos publicados en "AgroUNS" son de exclusiva responsabilidad de los autores.*

*Se permite la reproducción total o parcial del material, siempre y cuando no se altere el contenido y se citen la fuente y el autor.*

Publicación del Departamento de Agronomía  
de la Universidad Nacional del Sur.  
Contacto: [agrouns@uns.edu.ar](mailto:agrouns@uns.edu.ar)  
Link al sitio web:  
<http://www.uns.edu.ar/deptos/agronomia/1/284>

#### Autoridades del Departamento de Agronomía

##### Director Decano

Ing. Agr. Mag. Miguel A. Adúriz

##### Vice-directora

Ing. Agr. Dra. Marcela F. Martínez

##### Secretaría Académica

Lic. Dra. Cecilia N. Pellegrini

##### Secretario de Extensión

Ing. Agr. Dr. Martín E. Espósito

##### Secretario de Establecimientos Rurales

Ing. Agr. Mag. Rodrigo Bravo

#### Revista AgroUNS

##### Editor

Ing. Agr. Dr. Juan C. Lobartini

##### Secretaría

Lic. Mag. María C. Franchini

##### Gestión de archivos

Ing. Agr. Dr. Matías Duval

##### Corrección de Estilo

Lic. Mag. Andrea C. Flemmer

##### Comité Editor

Ing. Agr. Dr. Roberto A. Rodríguez  
Ing. Agr. María de las Mercedes Ron  
Lic. Mag. Ana M. Miglierina  
Ing. Agr. Dr. Matías Duval  
Ing. Agr. Dr. Juan Manuel Martínez.

##### Comité Editor externo

Ing. Agr. Dr. Norberto Gariglio (Facultad de  
Agronomía  
Universidad Nacional del Litoral)  
Ing. Agr. Dra. Susana Hang (Universidad Nacional  
de Córdoba).

##### Gestión de vinculación

Ing. Agr. Mag. Luis A. Caro

##### Actuaron como revisores en este número

Ing. Agr. Dr. Claudio Pandolfo  
Ing. Agr. Dr. Roberto Rodríguez  
Lic. Msc. María del Carmen Blanco  
Ing. Agr. Dr. Carlos Lobartini  
Lic. Mag. María Clara Franchini  
Dr. Norberto Gariglio

##### Imagen de portada

Foto de Martín Espósito

##### Edición

Editorial de la Universidad del Sur



## Nuevas carreras, grandes desafíos

**Dr. Ing. Agr. Roberto A. Rodríguez**

Profesor Titular Cultivos Intensivos y Horticultura

En el editorial del número 24 de AgroUNS de diciembre de 2015 comentaba que perseverancia, trabajo y esfuerzo constituyen los pilares para avanzar en cualquier actividad. Luego de seis años y con la experiencia que brinda la gestión, reafirmo esos mismos conceptos.

En instituciones como la universidad y en carreras tan dinámicas como las involucradas en las ciencias agrarias, resulta primordial no solo mantenerse actualizado en conocimientos y tecnología, sino en la manera de transmitir los mismos a los alumnos. En tanto, la universidad debe estar atenta a las necesidades de la sociedad en materia de nuevas carreras y ampliar la oferta educativa. En este sentido, en el año 2018 y gracias al compromiso de docentes, se creó en el ámbito del Departamento de Agronomía (DA) de la UNS la Tecnicatura Universitaria en Parques y Jardines. Una matrícula inicial cercana a 250 inscriptos fue la evidencia del interés por la misma. La pandemia hizo que tanto docentes como alumnos debieran hacer un gran esfuerzo para adaptarse a las nuevas condiciones de virtualidad, lo que provocó el retraso lógico en la ejecución de los trabajos de fin de carrera. En octubre de 2021 la graduación de la primera técnica, produjo una gran satisfacción en la comunidad del DA.

En diciembre de 2021, luego de varios años de trabajo de la comisión *ad hoc* en la elaboración del plan de estudios y asignaturas, se aprobó la creación de la carrera Licenciatura en Biotecnología. Gracias a la gestión realizada por las autoridades de esos años de la UNS, la Secretaría de Políticas Universitarias aportó fondos para la adquisición de equipos e instrumental y se proyectó la construcción de un laboratorio para la licenciatura. Esta nueva carrera marcará otro hito en la historia de nuestro Departamento. La formación de profesionales biotecnólogos con orientación en agricultura y medio ambiente, constituye una respuesta a las necesidades de desarrollo de nuestro país, máxime cuando no existe una oferta académica de este tipo en el ámbito geográfico de la UNS.

La colaboración demostrada por los docentes en las nuevas carreras, pone de manifiesto la responsabilidad y compromiso asumido, que demanda un esfuerzo adicional a las actividades regulares. El recambio generacional a causa de las jubilaciones docentes alcanzó a más del 40 por ciento del plantel. Este círculo virtuoso, con varios cargos de profesores y auxiliares concursados para reemplazar las vacantes generadas, hace que la labor de las nuevas generaciones de docentes resulte muy valorada, por el esfuerzo y desafío que esto conlleva. Desde esta columna expreso mi enhorabuena a los profesores y auxiliares que han tomado la posta. Ello implica la enorme responsabilidad de participar en la formación de los futuros profesionales que deberán desempeñarse en una sociedad cada vez más competitiva y plena de desafíos. No tengo ninguna duda que estarán a la altura de las circunstancias.

Para finalizar, deseo agradecer al equipo editorial y colaboradores de AgroUNS, que en estos años han trabajado con compromiso y dedicación para lograr los objetivos de la publicación. Merecen destacarse especialmente aquellos docentes y no docentes integrantes del staff de la revista, que se jubilaron en estos últimos tiempos y que trabajaron con esmero para posibilitar la calidad y continuidad de AgroUNS. Asimismo, para reemplazar a los retirados, se incorporaron al grupo varios jóvenes docentes, quienes con entusiasmo y vocación de servicio, continúan en la senda marcada por los antecesores.

# Méndez

## SEMILLAS

**SEMILLAS - FERTILIZANTES - AGROQUIMICOS**

Chile 1740 - Tel. (0219) 4501250  
8000 Bahía Blanca - Pcia. de Bs. As. - e-mail: monomen@live.com.ar



**Pasturas**

**Hortalizas**

**Híbridos**  
Cultivos Extensivos

**Césped**

*Sembrar Calidad es Asegurar Futuro*

**Alem 5000**  
**Bahía Blanca**

**Tel. 0291 - 4881111**  
[www.guasch.com.ar](http://www.guasch.com.ar)



Bromatológico  
Veterinario  
Agronómico  
Bioanalítica  
Industrial y M. Ambiente



Sede Darwin Bahía Blanca: Darwin 530  
Tel: +54 0291 459-9999 | Bahía Blanca  
[laboratorios@iaca.com.ar](mailto:laboratorios@iaca.com.ar) | [www.iaca.com.ar](http://www.iaca.com.ar)

# Desarrollo de un sistema económico para la fitorremediación de arsénico en aguas destinadas al consumo humano

Martín Espósito<sup>1</sup>  
Vanessa Pérez Cuadra<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Geología Aplicada, Agua y Medio Ambiente (CGAMA), Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur (UNS) - CIC, Bahía Blanca, Argentina.

<sup>2</sup> Instituto de Ciencias Biológicas y Biomédicas del Sur (INBIOSUR), Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia, Universidad Nacional del Sur (UNS) - CONICET, Bahía Blanca, Argentina.

Contacto: [mesposito@uns.edu.ar](mailto:mesposito@uns.edu.ar)

El arsénico es uno de los contaminantes naturales más importantes de las aguas subterráneas. Se desplaza en el ambiente de manera silenciosa, desde el agua hacia las plantas, y a veces termina en nuestros organismos.

Las aguas subterráneas se convierten en un recurso cada vez más escaso para la población del sur de la provincia de Buenos Aires debido a las frecuentes sequías que la afectan. Además, esta problemática se ve agravada por la presencia de arsénico (As) en dicha región. El contacto del agua con los sedimentos del suelo produce la meteorización del loess que contiene As, liberando este elemento al recurso hídrico subterráneo, que en muchos casos termina siendo una amenaza para la salud humana.

Es importante informar y a su vez alertar sin alarmar que el consumo prolongado de agua con elevadas concentraciones de As, superiores al valor de referencia propuesto por la Organización Mundial de la Salud ( $As > 0,01 \text{ mg l}^{-1}$ ), puede conducir al desarrollo del Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico, enfermedad conocida como "HACRE", con la ocurrencia de patologías carcinogénicas en varios órganos blandos, así como afecciones en el sistema nervioso central y periférico.

La población rural del sur de la provincia de Buenos Aires consume agua subterránea sin tratamientos previos y el 79% del recurso se encuentra afectado con elevadas concentraciones de As que superan el límite mencionado. En algunos sectores, las elevadas magnitudes de As son comparables a las ocurrientes en Bangladesh, uno de los lugares con mayor desarrollo de enfermedades ocasionadas por la presencia de este elemento en el agua destinada para consumo humano. Uno de los sectores más afectados es el partido de Bahía Blanca (Figura 1), principalmente la cuenca media-inferior del río Sauce Chico, donde se desarrolla el cinturón hortícola. En dicha zona, los niveles de As en las aguas subterráneas alcanzan valores de hasta  $0,24 \text{ mg l}^{-1}$ . En esta fracción de la cuenca, el recurso hídrico subterráneo es utilizado para el consumo humano y en la época estival, cuando resulta insuficiente el agua del curso superficial, se emplea para la irrigación de cultivos.



## Arsénico en la cadena alimentaria

Existen evidencias científicas que indican la presencia de As en distintos cultivos regados con aguas arsenicales, entre ellos, arroz, soja, maíz, perejil, rúcula, tomate y lechuga. No todas las especies se comportan de igual manera frente a la toxicidad del As y algunas acumulan este oligoelemento en los tejidos (bioacumulación), superando los límites máximos permitidos para el consumo humano. También, se han detectado vestigios del ion en la carne y, en menor medida, sin llegar a ser tóxico, en la leche de vaca.

Los vegetales son una parte fundamental de la dieta humana y en el cinturón hortícola de nuestra ciudad se producen distintas variedades de cultivos, entre ellos, tomate (*Solanum lycopersicum*) y perejil (*Petroselinum sativum*) bajo cubierta, en algunas situaciones regados con aguas subterráneas. Por tal motivo,

se realizó un estudio evaluando los efectos del riego con aguas arsenicales en la bioacumulación de As en los tejidos de las plantas, principalmente en los órganos destinados al consumo humano.

El ensayo se realizó en un invernáculo del Dpto. de Agronomía (UNS) utilizando plantas de tomate y perejil, que se cultivaron en macetas y se regaron con aguas arsenicales. En el cultivo de perejil se aplicaron 3 tratamientos con diferentes concentraciones de As (0,08, 0,24 y 0,48 mg l<sup>-1</sup>) en el agua de riego y 2 tratamientos en el tomate (0,16 mg l<sup>-1</sup> y 0,24 mg l<sup>-1</sup>). Para cada concentración de As en el agua se realizaron 4 repeticiones y se compararon con los testigos que no contenían As. La cosecha de los cultivos (hojapeciolo en perejil y frutos en tomate) se realizó al inicio y al final de cada ciclo productivo, a fin de determinar las concentraciones de As en el tejido vegetal mediante un espectrofotómetro de emisión atómica.

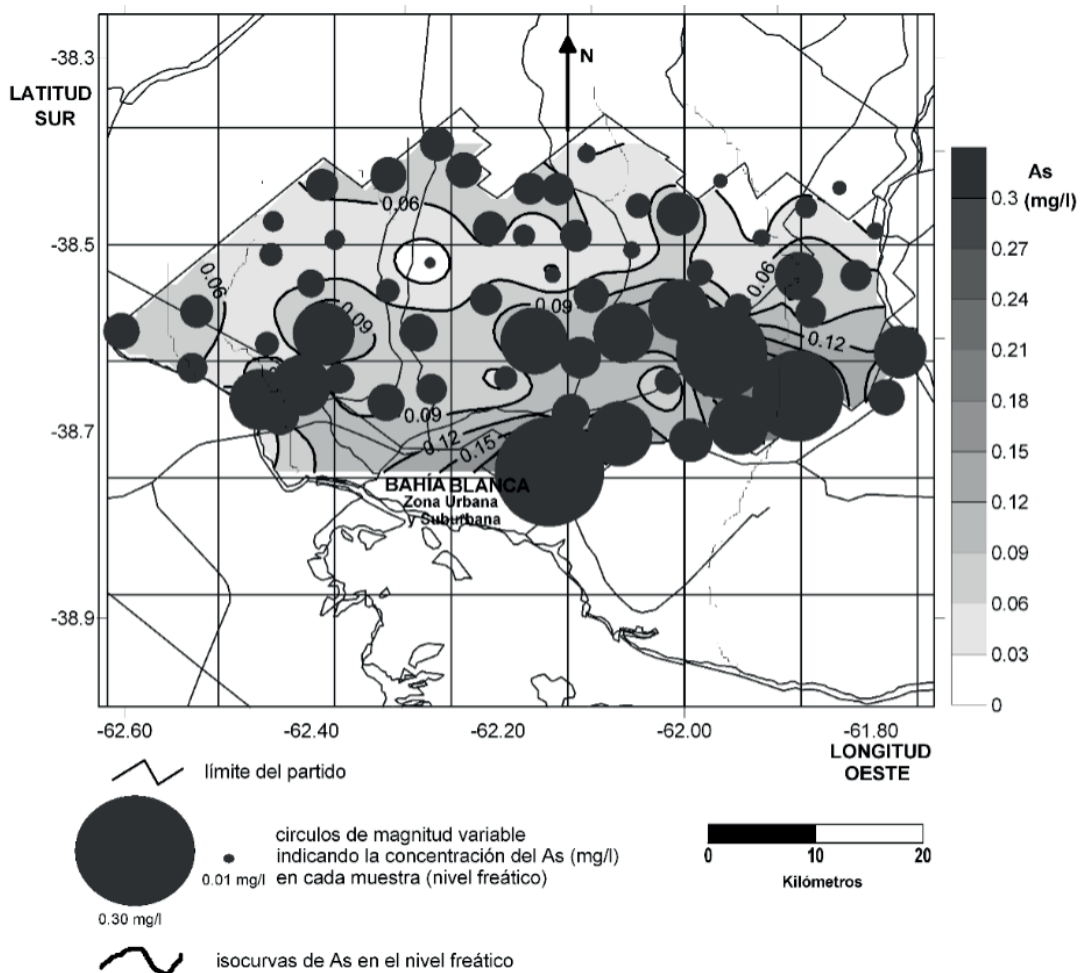


Figura 1. Distribución del arsénico (As, mg l<sup>-1</sup>) en el agua subterránea del Partido de Bahía Blanca (tomado de Paoloni et al. 2010)

por plasma de acoplamiento inductivo (ICP-AES, Shimadzu 9000 simultáneo de alta resolución), bajo la norma EPA 200.7.

Las plantas de tomate regadas con aguas que contenían  $0,24 \text{ mg l}^{-1}$  de As presentaron una bioacumulación del mismo en los tejidos del fruto de  $0,15 \text{ mg kg}^{-1}$ , que superó el límite permisible del Código Alimentario Argentino ( $0,10 \text{ mg kg}^{-1}$ ). El perejil regado con mayor concentración de As ( $0,48 \text{ mg l}^{-1}$ ) presentó una acumulación del ion en las hojas que también superó el límite propuesto para el consumo humano ( $0,30 \text{ mg kg}^{-1}$ ).

También se observó un incremento significativo de As bioacumulado en los tejidos vegetales de las partes comestibles de ambos cultivos, desde la primera a la última fecha de cosecha, donde se incrementaron las magnitudes en un 60 % para los frutos de tomate y un 91 % en las hojas de perejil. El nivel de As está relacionado con la actividad radical de la planta, de modo que, si aumenta la concentración en la raíz aumenta también su translocación hacia la parte aérea, incrementando las magnitudes de As en hojas y frutos.

Por otra parte, sería necesario realizar estos estudios en condiciones reales de producción para corroborar la acumulación de As en los tejidos comestibles de estos vegetales frescos.

## Posibles tratamientos para capturar el As

En la actualidad los métodos tradicionales utilizados en la remoción de As a valores aceptables para el consumo humano no son aplicables a zonas rurales por sus elevados costos de adquisición, como es el caso particular de los filtros de osmosis inversa. Una posible alternativa para revertir el problema es la fitorremediación, mediante la utilización de una planta nativa denominada margarita de los pantanos (*Senecio bonariensis* Hook & Arn).

Se seleccionaron 90 ejemplares de tamaño mediano (longitud de lámina foliar: 15-30 cm) que no presentaban inducción a la floración. Se dividieron en 3 grupos y se colocaron 30 plantas en cada contenedor de 500 l de capacidad (Figura 2). El agua utilizada para el ensayo proviene de una perforación de 20 m de profundidad que contiene una concentración de As de  $0,12 \text{ mg l}^{-1}$  y una conductividad eléctrica de  $2,6 \text{ dS m}^{-1}$ . Las plantas permanecieron 14 días en aclimatación y luego se efectuaron 2 muestreos secuenciales cada siete días en el agua de todos los contenedores. De las muestras de agua obtenidas se determinaron los niveles de As con un espectrómetro de emisión atómica por plasma de acoplamiento inductivo (ICP-AES, Shimadzu 9000 simultáneo de alta resolución).



**Figura 2.** Contenedores con plantas de *S. bonariensis* utilizados para la fitorremediación de arsénico en agua, ubicados en el predio de la Escuela de Agricultura y Ganadería (UNS).

**Tabla 1.** Concentración de arsénico (As) en las aguas tratadas de cada contenedor determinada cada 7 días, luego de un periodo de adaptación de 14 días.

	Concentración de As (mg l <sup>-1</sup> )	
	15 días	22 días
Contenedor 1	0,10	0,07
Contenedor 2	0,08	0,07
Contenedor 3	0,08	0,08

Las plantas fitorremediadoras utilizadas presentaron tolerancia a elevadas magnitudes de As y una excelente capacidad de concentrar el ion en hojas y raíces. Después del período de aclimatación se detectó un marcado descenso de As en las aguas tratadas a los 22 días de iniciado el ensayo (Tabla 1). La reducción fue de 0,05 mg l<sup>-1</sup>, representando una caída superior al 40% de los valores iniciales (0,12 mg l<sup>-1</sup>). Los máximos descensos de As en las aguas tratadas (22 días de iniciado el ensayo) se registraron cuando las plantas experimentaron el pasaje al estado reproductivo, incrementando su tasa de absorción.

### Consideraciones finales

Además del impacto directo del consumo de agua con exceso de As en la salud humana, la arsenotoxicidad ha generado interés a raíz de su transferencia desde el agua hacia los cultivos, de los cultivos al ganado

y su posterior incorporación a la cadena de alimentación humana por medio de cereales, hortalizas, leches y carnes, incrementando en última instancia la ingesta diaria de As en las personas que habitan en zonas rurales, periurbanas e incluso urbanas de la región.

Por todo lo expuesto, es imprescindible realizar nuevos ensayos para optimizar este sistema de fitorremediación de bajo costo y fácil manejo, que constituye una solución para los habitantes rurales y periurbanos de la región que utilizan el recurso hídrico subterráneo como única fuente de agua para consumo, a fin de comenzar a capturar el As y disminuir el impacto negativo en la vida cotidiana de las personas.

Sería necesario ofrecer información y efectuar una mayor difusión pública respecto de la presencia del As en las aguas subterráneas, sus consecuencias directas en la cadena trófica y en la salud de las personas, a los efectos de generar concientización en la comunidad.

### Bibliografía

- Díaz, S. L., Espósito, M. E., Blanco, M. del C., Amiotti, N. M., Schmidt, E. S., Sequeira, M. E., Paoloni, J. D. y Nicolli, H. B. (2016). Control factors of the spatial distribution of arsenic and other associated elements in loess soils and waters of the southern Pampa (Argentina). *Catena*, 140, 205-216.
- Espósito, M. E., Ribet, D., Rodríguez, R., Amiotti, N. y Blanco, M. del C. (2015). Evaluación del nivel de As en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo cubierta en el cinturón hortícola de Bahía Blanca. *Horticultura Argentina*, 34 (85), 56.
- Paoloni, J. D., Sequeira, E. y Espósito, M. E. (2010). Los recursos hídricos - evaluación de la calidad. En: J. D. Paoloni (Ed.) *Ambiente y Recursos Naturales del Partido de Bahía Blanca: Clima, Geomorfología, Suelos y Aguas* (pp. 177-219). EdiUNS.
- Pérez Carrera, A., Gonçalvez, C. V. A., Cirelli, A. F., Braeuer, S. y Goessler, W. (2014). Arsenic levels in bovine kidney and liver from an arsenic affected area in Argentina. En: M. I. Litter, H. B. Nicolli, J. M. Meichtry, N. Quici, J. Bundschuh, P. Bhattacharya y R. Naidu (Eds.), *One century of the discovery of arsenicosis in Latin America (1914-2014). Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Congress on Arsenic in the Environment*, (pp. 436-438). CRC Press.
- Yoshida, T., Yamauchi, H. y Sun, G. F. (2004). Chronic health effects in people exposed to arsenic via the drinking water: dose response relationships in review. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 198(3), 243-252.