

M. Savio^{1,2,3}, V. Olmos^{1,4}

¹Red de Seguridad Alimentaria, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

²Instituto de Ciencias de la Tierra y Ambientales de La Pampa (INCITAP- CONICET-UNLPam).

³Departamento de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa (UNLPam).

⁴Universidad de Buenos Aires, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Cátedra de Toxicología y Química Legal

* e-mail: marianelavio@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El arsénico (As) es un contaminante natural presente en un amplio rango de concentraciones en los recursos de agua subterránea de la Argentina. Conocer la concentración de As en el agua destinada a consumo es muy importante, tanto por motivos tecnológicos (agua cruda): para decidir qué tecnología de remoción aplicar, como por motivos de salud: brindar un agua segura al consumidor

Objetivo: Determinar la capacidad analítica instalada en el país para la cuantificación de arsénico en agua.

Métodos Analíticos

Métodos espectrofotométricos	Basados en la formación de complejos coloreados del As con ciertos ligandos						
	<ul style="list-style-type: none"> Método de gutzzeit Método vasak y sedivéc Método de azul de molibdeno 						
	<table border="1"> <tr> <th>Sensibilidad</th> <th>Complejidad</th> <th>Costo</th> </tr> <tr> <td>> 50 µg/L</td> <td>baja</td> <td>bajo</td> </tr> </table>	Sensibilidad	Complejidad	Costo	> 50 µg/L	baja	bajo
Sensibilidad	Complejidad	Costo					
> 50 µg/L	baja	bajo					
Espectrometrías atómicas	Basadas en la interacción entre la radiación electromagnética y los átomos gaseosos en estado fundamental, y puede clasificarse en absorción, emisión o fluorescencia atómica						
	<ul style="list-style-type: none"> Absorción atómica con generación de hidruros (HG-AAS) Absorción atómica con horno de grafito (GF-AAS) Emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES) Emisión atómica con plasma inducido por microondas (MP-AES) 						
	<table border="1"> <tr> <th>Sensibilidad</th> <th>Complejidad</th> <th>Costo</th> </tr> <tr> <td>< 1 a 10 µg/L</td> <td>alta</td> <td>alto</td> </tr> </table>	Sensibilidad	Complejidad	Costo	< 1 a 10 µg/L	alta	alto
Sensibilidad	Complejidad	Costo					
< 1 a 10 µg/L	alta	alto					
Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS)	Mediante un plasma de radiofrecuencia, se transfiere energía a la muestra causando desolvatación, atomización e ionización de los distintos elementos.						
	<ul style="list-style-type: none"> Permite el análisis multi-elemento. Los iones se extraen del plasma mediante vacío y se separan con base en su relación masa/carga. 						
	<table border="1"> <tr> <th>Sensibilidad</th> <th>Complejidad</th> <th>Costo</th> </tr> <tr> <td>< 1 a 10 µg/L</td> <td>alta</td> <td>alto</td> </tr> </table>	Sensibilidad	Complejidad	Costo	< 1 a 10 µg/L	alta	alto
Sensibilidad	Complejidad	Costo					
< 1 a 10 µg/L	alta	alto					

Fluorescencia de rayos X	La línea espectral que emite el elemento se utiliza para determinar su concentración						
	<ul style="list-style-type: none"> Efectiva para la detección/determinación de As en muestras sólidas (suelos y sedimentos). fluorescencia de rayos X de energía dispersiva (EDXRF) fluorescencia de rayos X por reflexión total (TXRF) 						
	<table border="1"> <tr> <th>Sensibilidad</th> <th>Complejidad</th> <th>Costo</th> </tr> <tr> <td>< 1 µg/L*</td> <td>alta</td> <td>alto</td> </tr> </table>	Sensibilidad	Complejidad	Costo	< 1 µg/L*	alta	alto
Sensibilidad	Complejidad	Costo					
< 1 µg/L*	alta	alto					
	* TXRF con pre-concentración						
Técnicas electroquímicas	Mide la intensidad de corriente que atraviesa un electrodo por aplicación de una diferencia de potencial, se utilizan electrodos de mercurio, plata, platino y oro						
	<ul style="list-style-type: none"> Se aplican a la determinación de arsénico (AsIII) en muestras líquidas. Voltametría anódica Voltametría catódica 						
	<table border="1"> <tr> <th>Sensibilidad</th> <th>Complejidad</th> <th>Costo</th> </tr> <tr> <td>< 1 µg/L*</td> <td>baja</td> <td>bajo</td> </tr> </table>	Sensibilidad	Complejidad	Costo	< 1 µg/L*	baja	bajo
Sensibilidad	Complejidad	Costo					
< 1 µg/L*	baja	bajo					
	* voltametría anódica, con electrodo de oro						

Comparación	Sensibilidad	Selectividad	Dificultad preparación de muestra	Posibilidad de especificación	Costo	Complejidad
Espectrometría UV-Vis	baja	sd	media	no	bajo	baja
Bromato mercuríco	baja	sd	media	no	bajo	baja
Dietilditiocarbamatato de plata	media-baja	media	media	no	bajo	baja
Azul de molibdeno	media-baja	media	media	no	bajo	baja
Espectrometrías atómicas						
Absorción atómica						
HG-AAS	muy buena	muy buena	media	sí	alto	alta
GF-AAS	muy buena	buena	baja	no	alto	alta
Emisión atómica						
ICP-OES	buena	muy buena	baja	sí	muy alto	alta
MP-AES	buena	muy buena	baja	sí	alto	alta
Masas Inorgánicas						
ICP-MS	muy buena	muy buena	baja	sí	muy alto	alta
Cromatografías (asociadas a espectrometría atómica)						
HPLC-Intercambio Iónico	buena	muy buena	baja	sí	alto	alta
HPLC-Fase reversa	buena	muy buena	media	sí	alto	alta
Electroquímicas						
Voltametría	muy buena	buena	baja	no	bajo	baja
Stripping anódico	muy buena	buena	baja	no	bajo	baja
Stripping catódico	muy buena	buena	baja	no	bajo	baja

El grupo ad hoc "As en agua" de la Red de Seguridad Alimentaria (RSA) del CONICET realizó un relevamiento entre los años 2018-2021.

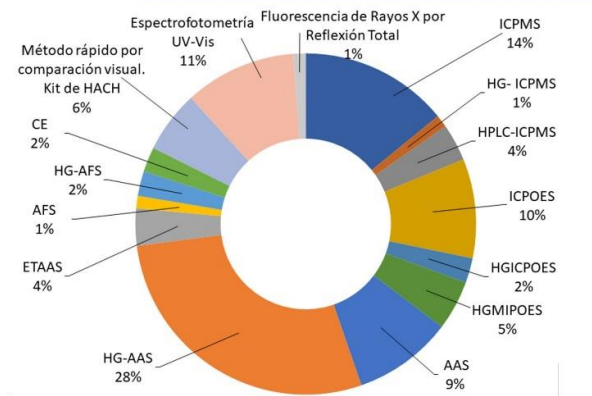
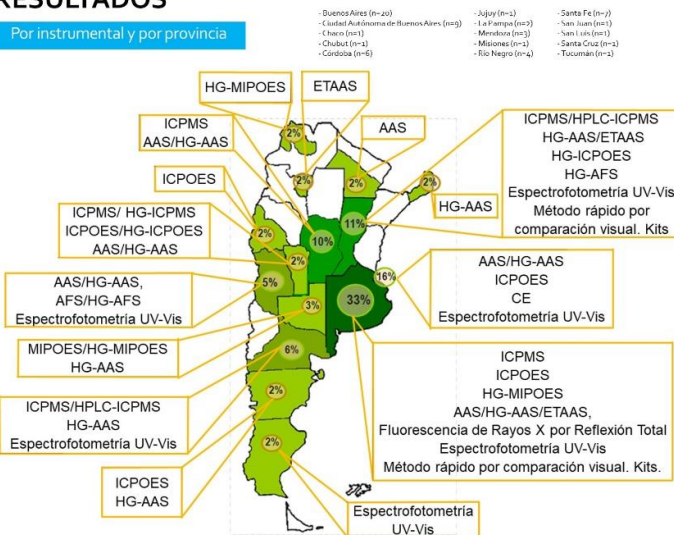
La encuesta, estuvo disponible en la página de la RSA, y se envió a través del mailing de la RSA y "Agenda CONICET" a Universidades, Institutos de CONICET, AAOA, INTA y otros organismos

Se indagó sobre:
 - Metodología analítica empleada para la determinación de arsénico
 - Tecnologías disponibles para la remoción de arsénico del agua

Se recibieron 69 respuestas (entre 2018-2021): de ellos, 59 realizan determinación de As

RESULTADOS

Por instrumental y por provincia



De las 59 respuestas, 5 mencionan que la metodología analítica empleada permite diferenciar las especies químicas del As: **arsenito (AsIII), arseniato (AsV), ácido monometilarsónico (MMA), ácido dimetilarsónico (DMA)**

Desde el punto de vista de las acreditaciones de normas de calidad, 27 de los laboratorios relevados indican la participación en ensayos interlaboratorio nacionales e internacionales.

CONCLUSIÓN

- La determinación de As en muestras de aguas busca determinar la concentración total y la de las distintas especies potencialmente presentes.
- Los sistemas que se basan en la transformación del As en AsH₃, mediante la generación de hidruros, son los que mejores niveles de detección alcanzan.
- La espectrometría de masas inorgánicas (ICPMS) es la que posee mayor sensibilidad y, si se utiliza la generación de hidruros para la introducción de muestras, la sensibilidad mejora aún más.
- Si estas técnicas se acoplan con cromatografía, permiten la determinación de las diferentes especies del As.
- Existen varias alternativas para aplicación en campo

- El relevamiento de la capacidad analítica no fue exhaustivo, debe ampliarse.
- En relación con la capacidad analítica disponible en el país y sus características, se puede concluir que se dispone metodologías analíticas lo suficientemente sensibles como para detectar niveles de As por debajo de los 10 µg/L (nivel provisional guía propuesto por la OMS).
- La distribución de laboratorios a nivel provincias es amplia, aunque se destaca que el 70% de la capacidad analítica se concentra en CABA y en las provincias de Santa Fe, Córdoba y Buenos Aires.

El relevamiento sigue vigente en la página web de la Red de Seguridad Alimentaria <https://rsa.conicet.gov.ar/>



AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento: al grupo ad hoc "As en agua" Marta Litter, Eliana Berardozi, Lia Botto, Gonzalo Difeo, Elsa M. Farfán Torres, Sofia Frangie, Fernando S. García Einschlag, Jorge Herkovits, Ana María Ingallinella, Isidoro Schalamuk, Sergio Taylor