

# Prueba piloto de un sistema biorremediador de aguas y suelos contaminados con metales pesados: Módulo Depurador Vegetal – Laboratorio de Biorremediación

**Área temática: A - Gestión de la Calidad, Calidad Ambiental y Responsabilidad Social de las Organizaciones.**

Scotti Adalgisa<sup>ae</sup>, Reviglio Hugo<sup>b</sup>, Cerioni Juan<sup>b</sup>, Godeas Alicia<sup>c</sup>, Silvani Vanesa<sup>c</sup>, Cuello Mario<sup>d</sup>, Visciglia Mauricio<sup>d</sup>

<sup>a</sup>*International Center for Earth Sciences, Regional Mendoza, CNEA, ARGENTINA*

<sup>b</sup>*Universidad Tecnológica Nacional, Regional San Rafael, Secretaría de Ciencia y Técnica, ingcerioni@yahoo.com.ar .ARGENTINA*

<sup>c</sup>*Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires*

<sup>d</sup>*GT Ingeniería S.A., Mendoza, ARGENTINA*

<sup>e</sup>*Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Cuyo, ARGENTINA*

## RESUMEN.

El sistema biorremediador planteado está constituido por una especie vegetal, una micorriza arbuscular y un catalizador enzimático. Este sistema se puso a punto mediante ensayos de laboratorio en maceta desde el año 2009 al 2013, con Patente de invención P-2013-01-00620. Actualmente se está desarrollando el escalamiento industrial para la construcción de un Módulo Depurador Vegetal para decontaminar aguas y suelos, ubicado en el Centro de Desarrollo Regional Los Reyunos de la Universidad Tecnológica Nacional. Este proyecto fue aprobado con financiamiento de FONTAR I+D 2012 de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica del Ministerio de Ciencia y Técnica de la Nación, presentado a través de la empresa GT INGENIERIA SA que cofinancia el desarrollo. El Módulo Depurador Vegetal es un Laboratorio de Biorremediación ya que permite testear sistemas biorremediadores de suelos y aguas y calibrar las concentraciones factibles a decontaminarse. La característica modular está dada por la constitución de un sistema cerrado con posibilidad de realizar mediciones químico-biológicas, el cual permite el reciclado de agua de modo tal de calibrar la concentración de contaminantes que se pueden captar por el sistema y transferirlo a nivel industrial con las dimensiones que se necesiten para lograr una descontaminación eficiente en territorio.

**Palabras Clave:** Biorremediación; Módulo Depurador Vegetal; Escalamiento ingenieril; Metales Pesados

## ABSTRACT:

The raised biorremediador system consists of a plant species a arbuscular mycorrhizal and an enzyme catalyst. This system is tuned by laboratory tests potted since 2009 to 2013 with Invention Patent P-2013-01-00620. Currently it is developing the industrial upgrading for the construction of a Debugger Module Plant to decontaminate water and soil, located at the Center for Regional Development Reyunos of the National Technological University. This project was approved with funding of R & D FONTAR 2012 of the National Agency for Scientific and Technological Promotion of the Ministry of Science and Technology of the Nation, submitted by GT ENGINEERING SA company which co-finances development. The Debugger Module Plant is a laboratory test that allows Bioremediation and bioremediation of soil and water systems and feasible to calibrate DECONTAMINATION concentrations. The modularity is given by the formation of a closed possibility of chemical and biological measurements which allows the recycling of water so as to gauge the concentration of pollutants that can be captured by the system and transfer it to an industrial level with system the dimensions needed for efficient decontamination in the territory.

## Key words

Bioremediation; Debbuger Module; Engineering scaling; heavy metal

## 1. INTRODUCCIÓN

La fitorremediación usa plantas para la limpieza de la contaminación ambiental. Las plantas pueden ser de gran ayuda para la descontaminación de metales pesados, pesticidas, explosivos y aceites, pueden también prevenir que el viento, la lluvia y las aguas subterráneas lleven la contaminación a otras áreas. Las raíces pueden absorber/adsorber las sustancias químicas dañinas del suelo y/o agua. Una vez dentro de la planta los productos químicos pueden ser almacenados en las raíces, tallos y hojas, cambiar a sustancias químicas menos dañinas o transformarse en gases que se liberan al aire cuando la planta transpira (respira), U.S. Environmental Protection Agency, 2001.

El uso de plantas nativas en fitorremediación provee ventajas sobre otras especies y ayuda a recuperar el patrimonio de la flora perdida a través de la actividad humana. Además la restauración de la diversidad biológica en áreas que han sido perturbadas prevé la mejora del hábitat de vida silvestre y la conservación como también ahorra dinero en métodos de limpieza alternativos. El uso de plantas nativas en fitorremediación provee ventajas sobre otras especies y ayuda a recuperar el patrimonio de la flora perdida a través de la actividad humana. Además, la restauración de la diversidad biológica en áreas que han sido perturbadas prevé la mejora del hábitat de vida silvestre y la conservación de las especies, como también ahorra dinero en métodos de limpieza alternativos. A diferencia de muchas especies introducidas, las especies nativas no necesitan fertilizaciones, pesticidas o riego, pueden restaura humedales y otros hábitats, (National Research Council, 1997. Karanja, 2010; Emangor, 2007; Kar, 2007)

Varios estudios científicos han demostrado que las plantas de la familia Asteraceae, Brassicaceae y Gramínceae son capaces de hiperacumular metales pesados, hidrocarburos y radionucleidos. Estas plantas han sido propuestas para la biorremediación de suelos y aguas especialmente cuando es posible realizar una simbiosis con una micorriza arbuscular. (Fernandez et al., 2009; Fernandez et al., 2011, Fracchia et al., 2009; Scervino et al., 2009; Scotti et al., 2009; Scotti et al., 2010; Scotti et al., 2011; Silvani et al., 2008).

La perspectiva de la simbiosis micorrizica arbuscular para la captación de metales pesados y radioisótopos en suelos y aguas contaminadas tiene una importante implicancia en biorremediación. La asociación con la micorriza incrementa la superficie absorptiva de la planta debido al desarrollo de la hifa extra radical que explora y absorbe elementos nutritivos, contaminantes y agua. La eficiencia de la fitorremediación está relacionada con la superficie recorrida por las raíces y el desarrollo de la biomasa. El agregado de una simbiosis micorrizica arbuscular mejora el crecimiento y desarrollo de la planta permitiendo una mejor adaptabilidad y eficiencia del proceso de captación de metales pesados y radioisótopos, (Ratti and Upadhyay, 2013).

Los analistas estiman que el costo de la limpieza de 1 hectárea de contaminación severa de suelo involucra una cifra que oscila en los USD 600.000 a 3.000.000 dependiendo de la polución y el tipo de toxicidad del contaminante, (Moffat, 1995).

El costo de la fitorremediación es mucho menor considerándose en un rango de 20 veces, de este modo esta técnica se constituye en una muy buena solución para la descontaminación de suelos y aguas, (Lasat, 2000).

Los emprendimientos de construcciones de 'plantas depuradoras vegetales' abarcan diversos modelos en base a la implementación de plantas que se desarrollan en medios acuosos pantanosos para la biorremediación de residuos domiciliarios y fundamentalmente aguas cloacales.

Hemos comprobado que la simbiosis *Helianthus annuus* - *Rhizophagus irregularis* es eficiente para la captación de metales pesados y radioisótopos, también que el agregado de Zn y cenizas volcánicas al sustrato mejora muy significativamente el sistema.

El objetivo de este trabajo es la construcción de un Módulo Depurador Vegetal en adelante MDV que permita el escalamiento industrial de los sistemas remediadores estudiados a nivel de laboratorio.

Nuestra propuesta es introducir el sistema biorremediador MDV como una prueba piloto de este sistema.

Esta MDV está constituido como un sistema aislado del medio, impermeabilizando el piso con un aislante, sobre el cual se proyecta una cañería de recolección del agua hacia una cámara recolectora.

Sobre este sistema impermeabilizado se coloca un filtro de grava de diferente volumetría y sobre éste se coloca el sustrato construido por tierra, ceniza volcánica y Zn como catalizador enzimático. Este sustrato recepciona al *Helianthus annuus* y a la micorriza arbuscular y a otros sistemas que se necesite escalar a nivel industrial,

De esta manera se podrá tener un sistema modular que puede interrelacionarse con otras especies vegetales que van reteniendo distintos tipos de contaminantes como por ejemplo hidrocarburos.

### 1.1 Sistema biorremediador a escala de laboratorio

Los trabajos realizados en laboratorio, (Scotti, A. 2010, 2011) muestran los coeficientes de bioacumulación de los elementos Zn, Mn, Sr y U para el sistema *Helianthus annuus* – *Rhizophagus irregularis* para tres concentraciones de Zn. Se puede ver como el agregado de la micorriza aumenta los coeficientes de acumulación tanto en parte aérea como radicular.

Tabla 1 Coeficiente de de bioconcentración aérea (CBA) y radicular (CBR) para los tres tratamientos (Zn 50, 200 y 1000 ppm) con (MA+) y sin micorrización (MA-)

	Tratamiento 50 Zn		Tratamiento 200 Zn				Tratamiento 1000 Zn					
	CBA	CBR	CBA	CBR	CBA	CBR	CBA	CBR	CBA	CBR		
	MA+	MA-	MA+	MA-	MA+	MA-	MA+	MA-	MA+	MA-		
Zn	0,38	0,38	0,53	0,19	0,82	0,64	3,82	2,71	3,04	2,65	5,77	2,46
Mn	1,32	0,86	0,75	0,28	1,87	1,41	1,15	0,73	1,81	1,46	0,98	0,55
Sr	3,62	3,25	1,75	1	3,75	3,62	0,63	1,75	3,12	0,12	2	1,25
U	0,25	0,19	0,31	0,25	0,39	0,43	0,22	0,09	0,15	0,06	0,5	0,25

### 1.2 Diseño del MDV

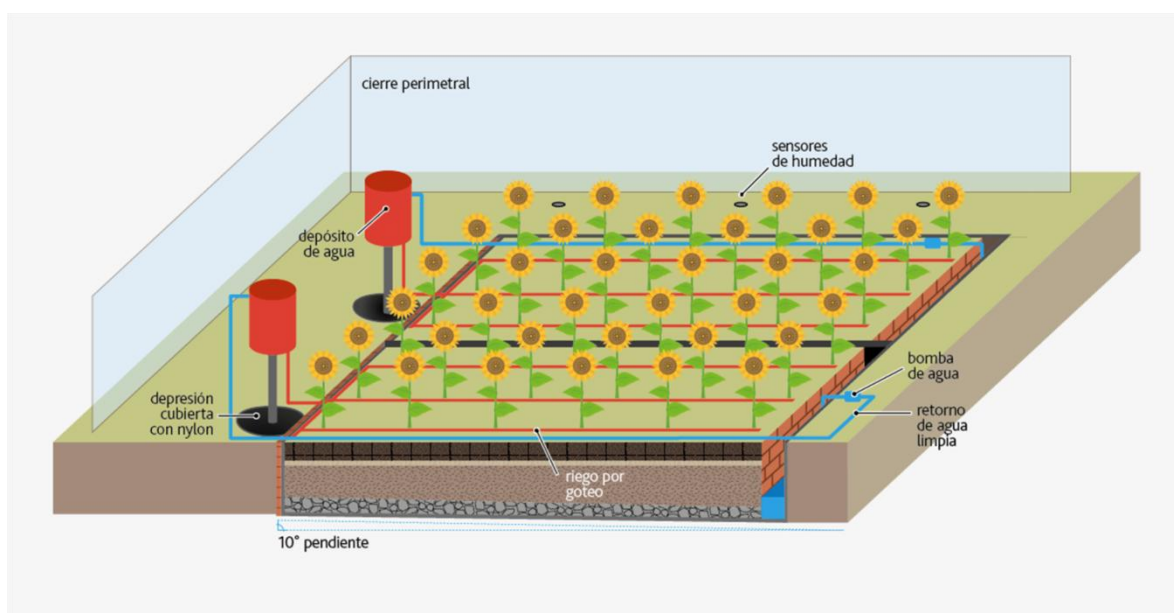


Figura 1 Esquema de MDV.

### 1.3 Planimetría

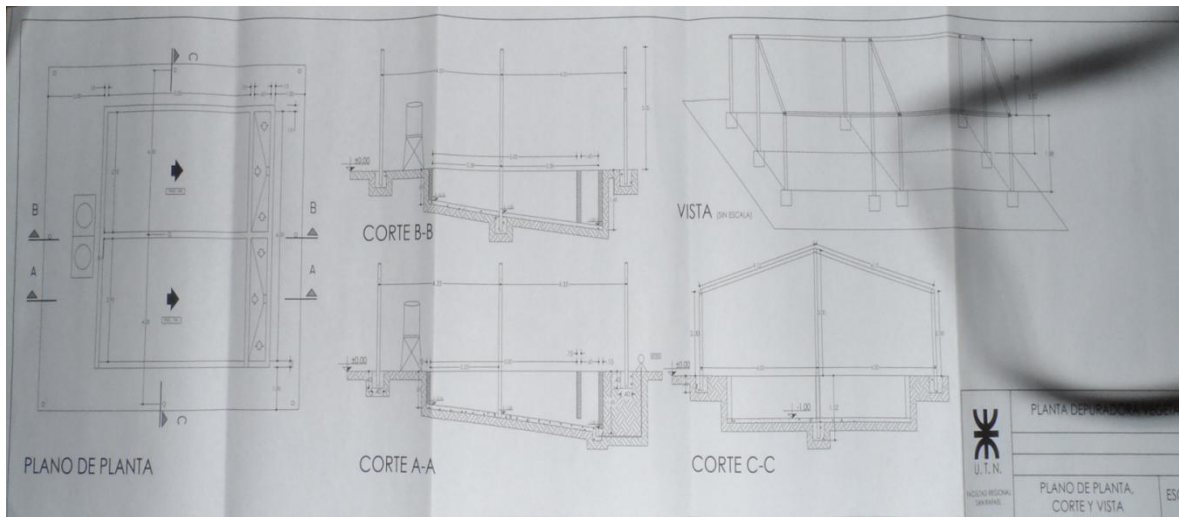


Figura 2 Plano constructivo de MDV.

#### 1.4 Resultados

Se construyó el MDV siguiendo las pautas del diseño y la planimetría.



Figura 3 Construcción de MDV.



Figura 4 MDV terminado.



Figura 5 Vista MDV

## 2. CONCLUSIONES.

El uso de plantas en asociación con microorganismos y otros sistemas biológicos es una técnica de gran potencial aplicativo para la remediación de suelos y aguas contaminadas con metales pesados, radioisótopos e hidrocarburos.

El MDV es un Laboratorio de Biorremediación ya que permite testear sistemas biorremediadores de suelos y aguas y calibrar las concentraciones factibles a descontaminarse. La característica modular está dada por la constitución de un sistema cerrado con posibilidad de realizar mediciones químico-biológicas, el cual permite el reciclado de agua de modo tal de calibrar la concentración de contaminantes que se pueden captar por el sistema y transferirlo a nivel industrial con las dimensiones que se necesiten para lograr una descontaminación eficiente en territorio.

El MDV representa una respuesta de gran interés para los problemas de contaminación de suelo y agua por la simplicidad constructiva, su economía, largo ciclo de vida útil y adaptabilidad como también por la capacidad de realizar un mejoramiento del aspecto ecológico local.

## 3. REFERENCIAS.

[1] Kabata Pendias, A. S., y Pendias, H. 2000. Trace elements in soils and plants. *CRC Press, An. Arbor, Michigan 432*.

[2] Prieto Méndez, J., González Ramírez, C., Román Gutiérrez, A. and Prieto García, F. 2009. Plant contamination and phytotoxicity due to heavy metals from soil and water. *Tropical and Subtropical Agroecosystems, 10: 29 - 44*

[3] Pineda, H.R. 2004. Presencia de Hongos Micorrízicos Arbusculares y Contribución de *Glomus Intraradices* en la Absorción y Translocación de Cinc y Cobre en Girasol (*Helianthus Annuus* L.) Crecido en un Suelo Contaminado con Residuos de Mina. Tesis para Obtener el Grado de Doctor en Ciencias Universidad de Colima. Tecoman, Colima

[8] Fernández Bidondo L, Silvani VA, Colombo R, Pérgola M, Bompadre MJ, Godeas AM. (2011). Pre-symbiotic and symbiotic interactions between *Glomus intraradices* and two *Paenibacillus* species isolated from AM propagules. In vitro and in vivo assays with soybean (AG043RG) as plant host." *Soil Biology and Biochemistry 43 (9):1866-1872*.

[9] Fernández L, Silvani VA, Pérgola M, Bompadre MJ, Godeas AM. (2009) Transformed soybean (*Glycine max*) roots as a tool for the study of the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *World Journal of Microbiology and Biotechnology 25(10): 1857-1863*.

[10] Fracchia S, Aranda A, Gopar A, Silvani VA, Fernández L, Godeas A. (2009). Mycorrhizal status of plant species in the Chaco Serrano Woodland from central Argentina. *Mycorrhiza* 19(3): 205-214.

Lasat, M.M. (2000). Phytoextraction of metals from contaminated soil: a review of plant/soil/metal interaction and assessment of pertinent agronomic issues. *Journal of Hazardous Substance Research* 2, 1-25.

Moffat, Anne Simon. (1995). Plants proving their worth in toxic metal cleanup. *Science* 269 (5222), 302-303.

Ratti, N and Upadhyay, A. (2013). Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi In Phytoremediation. *International Society of Environmental Botanist*, 19 (1) Scervino JM, Gottlieb A, Silvani VA, PÉrgola M, Fernández L, Godeas AM. (2009). Exudates of dark septate endophyte (DSE) modulate the development of the arbuscular mycorrhizal fungus (AMF) *Gigaspora rosea*. Indexada en el Scientific Citation Index. *Soil Biology and Biochemistry* 41(8): 1753-1756.

[11] Scotti, A., Barbero, N., CastañoGañan, A. (2009). Investigación y Transferencia del ICES sobre Biorremediación de Uranio en Malargüe, Mendoza". *Actas E-ICES-5- Ed CNEA ISBN 978-987-1323-17-3*

[12] Scotti, A., Godeas, A., Silvani, V. (2011). "Biorremediación: simbiosis *Helianthus annuus*-*Glomus intraradices* en la captación de Zn, Mn, Sr y U, en sustratos preparados con cenizas volcánicas del complejo Planchón-Peteroa. *Actas E-ICES-7*

[13] Scotti, A., Godeas, A., Silvani, V., Yunes, N., Lopez, S., Foscolo, M.(2010)- "BIORREMEDIACIÓN: puesta a punto del sistema *Helianthus annuus*- *Glomus intraradices* en la captación de metales contaminantes mediante microscopía electrónica de barrido (SEMEDS) y espectrofotometría de absorción atómica". *Libro Actas E-ICES 6, 238-247-Ed. CNEA ISBN 978-987-1323-21-0*

[14] Silvani VA, Fracchia S, Fernández L, PÉrgola M, Godeas AM. 2008. A simple method to obtain endophytic microorganisms from field-collected roots. *Soil Biology and Biochemistry* 40(5):1259-1263.

[4] United States Environmental Protection Agency. A citizen's guide to phytoremediation. Published 04/2001. Accessed 12/11/2002. <http://www.cluin.org/products/citguide/phyto2.htm>

[7] Kar, D., Sur, P., Mandal., S.K., Saha, T. and Kole, R.K. 2007. Assessment of heavy metal pollution in surface water. *International Journal of Environmental Science and Technology* 5: 119-124

[6] Emongor, V. 2007. Biosorption of lead from aqueous solutions of varied pH by kale plants (*Brassica oleraceae* var. *acephala*). *Journal of Agricultural, Food and Environmental Sciences* 1(2): 90 - 91. <http://www.scientificjournals.org/journals2007/articles/1144>.

[5] Karanja N, M. Njenga, G. Prain, E. Kang'ethe, G. Kironchi, C. Githuku, P.Kinyari and G.K. Mutua (2010) Assessment of environmental and public health hazards in wastewater used for urban agriculture in Nairobi, Kenya *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 12 (2010): 85 - 97 85

## **Agradecimientos**

Este trabajo fue posible mediante el subsidio otorgado por el Ministerio de Ciencia y Técnica de la Nación Argentina, convocatoria Fontar I+D 2012 ANR 009. Nuestro agradecimiento a la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Rafael, a la Comisión Nacional de Energía Atómica Regional Cuyo, a la Universidad Nacional de Cuyo y a la Empresa GT Ingeniería SA que facilitaron la concreción de este trabajo.