



# Innovación y Suelos Sanos para el Desarrollo Sustentable

EDITORES |

Fernando Ayala-Niño |  
Fernando López-Valdez |  
Gabriela Medina-Pérez |  
Nayelli Azucena Sigala-Aguilar |  
Fabián Fernández-Luqueño |

ISBN: 978-607-9023-67-6



**Nombres:** Fernando Ayala-Niño, editor. | Fernando López-Valdez, editor. | Gabriela Medina Pérez, editor. | Nayelli Azucena Sigala Aguilar, editor. | Fabián Fernández-Luqueño, editor.

**Título:** Innovación y Suelos Sanos para el Desarrollo Sustentable / Fernando Ayala-Niño, Fernando López-Valdez, Gabriela Medina Pérez, Nayelli Azucena Sigala Aguilar, Fabián Fernández-Luqueño, editores-compiladores.

**Descripción:** Primera Edición Digital. | Saltillo, Coahuila de Zaragoza. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV-Unidad Saltillo), 2022.

**Identificadores:** ISBN Digital 978-607-9023-67-6

**Temas:** Diagnóstico, metodología y evaluación del recurso suelo – Relación Suelo-clima-biota – Aprovechamiento del recurso suelo – Educación y asistencia técnica – Ciencias de frontera y multidisciplinarias en suelo.

Los manuscritos incluidos en este libro fueron arbitrados por pares académicos a solicitud del Comité Científico y Editorial del Comité Organizador del 46 Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. El contenido o información vertida son responsabilidad exclusiva de cada autor.

Primera Edición: 978-607-9023-67-6

D. R. ©1st Edition

Centro de Investigación y Estudios Avanzados del I.P.N. Cinvestav, 2022

Publisher

Cinvestav

A.V. I.P.N. 2508

07360, Ciudad de México, México.

Esta edición y sus características son propiedad del CINVESTAV. Prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

La versión electrónica de este libro es gratuita. Disponible en la página de la SMCS y del CINVESTAV: <https://46cnsc.cinvestav.mx>

Diseño y formación: Editores

Hecho en México

<b>CONTROL MICROBIOLÓGICO Y QUÍMICO DE <i>Fusarium</i> spp. Y <i>Meloidogyne</i> spp. EN LA PRODUCCIÓN DE JITOMATE EN SUELO BAJO INVERNADERO</b>	...	<b>358</b>
Héctor Alfredo Ortiz-Ramírez; Alfredo Lara-Herrera; Alejandro Alarcón; Martha Patricia España-Luna; Rodolfo de la Rosa-Rodríguez; Julio Lozano-Gutiérrez		
<b>EFFECTO DE PLANTINES DE ÑAK'A T'ÚLA SOBRE CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS Y BIOQUÍMICAS DE SUELO BAJO CONDICIONES CONTROLADAS</b>	...	<b>364</b>
Víctor Siles Ramos; Isabel Morale Belpaire		
<b>MORPHOLOGICAL AND AGRONOMIC TRAITS OF FOUR MEXICAN SOYBEAN GENOTYPES UNDER DROUGHT STRESS</b>	...	<b>371</b>
Julio César García Rodríguez; Silvia Edith Valdés Rodríguez; Víctor Olalde Portuga; Nicolás Maldonado Moreno		
<b>PARÁMETROS HÍDRICOS EN SUELOS FORESTALES INCENDIADOS EN EL MUNICIPIO DE ITURBIDE, NUEVO LEÓN</b>	...	<b>377</b>
Jorge de Jesús Ramírez Luna; María Inés Yáñez Díaz; Israel Cantú Silva; Regina Pérez Domínguez; Perla Cecilia Rodríguez; Dylan Garza Hernández		
<b>SUPERNATANTS OF AUTOCHTHONOUS SOIL CYANOBACTERIA CULTURES STIMULATE THE GROWTH OF <i>Polypogon australis</i> BRONG. (POACEAE)</b>	...	<b>382</b>
Darlyng Pontigo; Daniel Barros; Claudia Ortiz		
<b>MANEJO DEL SUELO E INTERACCIONES RIZOSFÉRICAS EN EL CULTIVO ORGÁNICO DE MANZANILLA (<i>Matricaria recutita</i> L.)</b>	...	<b>388</b>
Silvia Margarita Carrillo-Saucedo; Aurora Rivero Zizumbo; Eduardo Chimal Sánchez; John Larsen; Yunuen Tapia Torres		
<b>LAS LOMBRICES DE TIERRA (CLITELLATA: ACANTHODRILIDAE Y LUMBRICIDAE) DEL BOSQUE DE PINO Y AGROECOSISTEMAS DEL PARQUE NACIONAL LA MALINCHE, TLAXCALA</b>	...	<b>394</b>
Karina Navarro-Bello; Gabriela Cervantes; Agustín Aragón-García; Dionicio Juárez-Ramón; Barois Isabelle		
<b>BIOENSAYO DE <i>Bouteloua eriopoda</i> CON HONGOS ENDOFÍTICOS OBLIGADOS CONTENIDOS EN CALLOS DE <i>Atriplex canescens</i> A DIFERENTES CONDICIONES DE SALINIDAD</b>	...	<b>399</b>
Osuna-Ávila Pedro; Juan Pedro Flores-Marges; Baltazar Corral Díaz		
<b>BIOCOSTRAS: UN ELEMENTO CLAVE ENTRE LA RELACIÓN SUELO-VEGETACIÓN EN UN GRADIENTE ALTITUDINAL EN ZAPOTITLÁN SALINAS, PUEBLA</b>	...	<b>404</b>
Wendy Daniela Saldaña Sánchez; César Toimil Cervantes; Lorena Giselle Gómez Rodríguez; Natalia Rebeca Burgos Lluc; Valeria Ostos Gutiérrez; Gilberto Vela Correa; Angélica Jiménez Aguilar		



## BIOENSAYO DE *Bouteloua eriopoda* CON HONGOS ENDOFÍTICOS OBLIGADOS CONTENIDOS EN CALLOS DE *Atriplex canescens* A DIFERENTES CONDICIONES DE SALINIDAD

399

Osuna-Ávila Pedro<sup>1</sup>; Juan Pedro Flores-Marges<sup>1</sup>; Baltazar Corral Díaz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Anillo Envolvente del PRONAF y Estocolmo s/n, Ciudad Juárez, Chihuahua. C.P. 32310, México; Tel: +52(656)-265 9497.

\*Autor para correspondencia: posuna@uacj.mx

### RESUMEN

El pasto, *Bouteloua eriopoda* y el arbusto de *Atriplex canescens* son especies importantes del Desierto Chihuahuense, por lo cual estas dos especies se desarrollan de forma natural y son colonizadas por los hongos endófitos. Estudios preliminares demostraron el raquítico desarrollo de plantas *in vitro* de *B. eriopoda*, así que se compararon la tasa de crecimiento de plántulas del pasto en dos medios de cultivo y co-cultivo de callos de *A. canescens* con plántulas de *B. eriopoda* a diferentes concentraciones de salinidad. El medio de cultivo MS (70%) y el CCM (25%) y las concentraciones de salinidad de 0, 35 y 70% no afectaron el crecimiento de las plántulas de *B. eriopoda*, como fuente de materia vegetal para la realización del co-cultivo con los callos de *A. canescens*. Se observó que el 35 % de salinidad en ambos medios de cultivo fue superior en el número de hojas, número de raíces y altura de las plántulas. Al realizar el co-cultivo del pasto con los callos de *A. canescens* colonizados con los hongos endófitos obligados, se demostró que tuvieron un desarrollo favorable al compararlas con las plántulas no inoculadas.

**PALABRAS CLAVE:** *Desierto chihuahuense; hongo endófito obligado; pastos; simbiosis; sistema in vitro.*

### INTRODUCCIÓN

Las plantas en ambientes áridos han desarrollado asociaciones simbióticas con hongos que les permiten sobrevivir en condiciones ambientales adversas (Osuna-Avila *et al.*, 2021). Dos grupos de hongos que hacen simbiosis en gramíneas se han clasificado como aquellos que proporcionan protección contra los herbívoros dentro del hospedero (Belesky y Milinowki, 2000), y los organismos que transfieren minerales en los arbustos como *Atriplex* spp. y ciertos pastos (Osuna-Avila y Barrow 2009). En estos estudios de *A. canescens* y *B. eriopoda* fueron más colonizados por hongos septados de color oscuros (HSO) que por los hongos micorrícicos tradicionales (Barrow *et al.*, 1997). Los HSO podrían ser las asociaciones mejor adaptadas y ser el método alternativo de intercambio de nutrientes con el huésped. Ellos pueden estar sustituyendo a los hongos micorrícicos bajo condiciones de sequía (Williams *et al.*, 1974).

*B. eriopoda* es una especie con un gran potencial forrajero en las zonas áridas y semiáridas de México y es considerada como la primera especie en importancia forrajera (Morales *et al.*, 2009) pero desgraciadamente se está extinguiendo en el desierto chihuahuense por los



Innovación y Suelos Sanos para el Desarrollo Sustentable



cambios en el calentamiento global. *A. canescens*, es otra especie nativa halófila (resistente a la salinidad) (Raven, 1992) y es una fuente primaria en la cadena trófica de la fauna silvestre y doméstica del Desierto Chihuahuense. Según, Barrow *et al.*, (2004), Lucero *et al.*, (2008) esta especie está extensivamente colonizada por HSO tanto en raíces de campo como en callos cultivados *in vitro* que participan en la transferencia de fósforo (Osuna y Barrow, 2009). También se ha encontrado que tanto *A. canescens*, como *B. gracilis*, *B. eriopoda*, *S. cryptandrus* contienen HSO obligados y no pueden ser cultivados *in vitro* (Lucero, *et al.*, 2006). Estudios han demostrado que co-cultivando callos bajo condiciones *in vitro* de arbustos y pastos nativos del Desierto Chihuahuense han tenido una fuerte influencia positiva y negativa en la producción de biomasa tanto de raíz como de la parte aérea (Lucero, *et al.*, 2006). La inoculación de HSO de pastos y arbustos, podrían resultar en ventajas agronómicas muy significativas incluyendo la tolerancia a la sequía, salinidad y como efecto el aumento de la absorción de agua y nutrientes. Al usar una técnica biotecnológica de transferir HSO obligados a partir de *A. canescens* a pastos como *B. eriopoda* podría tener un efecto positivo en tolerar las condiciones de salinidad en los suelos del Desierto Chihuahuense y de esta manera enfrentar de mejor manera los retos constantes del cambio climático global. Este estudio pretende establecer un bioensayo, para determinar la influencia de los HOS obligados contenidos en callos de *Atriplex canescens* en el crecimiento de plántulas de *Bouteloua eriopoda* a diferentes condiciones de salinidad.

## MATERIALES Y METODOS

Las semillas de *A. canescens* fueron colectadas en El Paso, TX y *B. eriopoda* fueron donadas por la dependencia gubernamental USDA-ARS, localizado en las Cruces, Nuevo México, USA como parte del Desierto Chihuahuense. Una vez determinado en trabajos preliminares (datos no mostrados) que el MS al 70% y CMM al 25% fueron los mejores tratamientos de la germinación y crecimiento de las plántulas, se procedió a evaluar estos medios de cultivo en la tasa de crecimiento de *B. eriopoda* bajo condiciones de salinidad de 0%, 35% y 70% de NaCl. Tallos disectados de plantas asépticas de *A. canescens* de 11 meses de edad fueron cultivados en un medio de cultivo de Murashige y Skoog (MS, 1962) suplementado con el regulador de crecimiento 2,4- diclorofenoxiacético para la inducción de la fase de callo. Nueve porciones de callo de *A. canescens* de un peso de 1 g/callos fueron colocados en un arreglo de tres líneas sobre los medios gelificados de MS al 70% y CCM al 25% suplementado con diferentes porcentajes de NaCl a 0%, 35% y 70%. En cada callo, fue colocada una plántula de *B. eriopoda* con una altura de 0.5 cm. Los co-cultivos en los magentas fueron colocados en la cámara de crecimiento a 18 horas luz, a una temperatura de 25°C. Las variables para medir fueron la altura, número de raíces y el total de hojas a los 30 días de cultivo. Se realizó una ANOVA para detectar diferencias entre los tratamientos y la comparación de medias de Tukey al  $p \geq 0.05\%$ , para determinar el mejor tratamiento, en los estudios de *B. eriopoda* y *A. canescens*. Los datos fueron analizados con el software SPSS 15.0





como efecto el aumento de la absorción de agua y nutrientes. Al usar una técnica biotecnológica de transferir HSO obligados a partir de *A. canescens* a pastos como *B. eriopoda* podría tener un efecto positivo en tolerar las condiciones de salinidad en los suelos del Desierto Chihuahuense y de esta manera enfrentar de mejor manera los retos constantes del cambio climático global. Este estudio pretende establecer un bioensayo, para determinar la influencia de los HOS obligados contenidos en callos de *Atriplex canescens* en el crecimiento de plántulas de *Bouteloua eriopoda* a diferentes condiciones de salinidad.

### MATERIALES Y METODOS

Las semillas de *A. canescens* fueron colectadas en El Paso, TX y *B. eriopoda* fueron donadas por la dependencia gubernamental USDA-ARS, localizado en las Cruces, Nuevo México, USA como parte del Desierto Chihuahuense. Una vez determinado en trabajos preliminares (datos no mostrados) que el MS al 70% y CMM al 25% fueron los mejores tratamientos de la germinación y crecimiento de las plántulas, se procedió a evaluar estos medios de cultivo en la tasa de crecimiento de *B. eriopoda* bajo condiciones de salinidad de 0%,35% y 70% de NaCl. Tallos disectados de plantas asépticas de *A. canescens* de 11 meses de edad fueron cultivados en un medio de cultivo de Murashige y Skoog (MS, 1962) suplementado con el regulador de crecimiento 2,4- diclorofenoxiacético para la inducción de la fase de callo. Nueve porciones de callo de *A. canescens* de un peso de 1 g/callos fueron colocados en un arreglo de tres líneas sobre los medios gelificados de MS al 70% y CCM al 25% suplementado con diferentes porcentajes de NaCl a 0%,35% y 70%. En cada callo, fue colocada una plántula de *B. eriopoda* con una altura de 0.5 cm. Los co-cultivos en los magentas fueron colocados en la cámara de crecimiento a 18 horas luz, a una temperatura de 25°C. Las variables para medir fueron la altura, número de raíces y el total de hojas a los 30 días de cultivo. Se realizó una ANOVA para detectar diferencias entre los tratamientos y la comparación de medias de Tukey al  $p \geq 0.05\%$ , para determinar el mejor tratamiento, en los estudios de *B. eriopoda* y *A. canescens*. Los datos fueron analizados con el software SPSS 15.0



co-cultivos de *B. eriopoda* en presencia de callos de *A. canescens*, el 90% de las plántulas inoculadas presentaron el mayor porcentaje de biomasa total comparadas con las plantas control no inoculadas.

**Cuadro 3.** Co-cultivo de *B. eriopoda* y *A. canescens* en los medios MS (70%) y CCM (25%) a diferentes porcentajes de salinidad (0%, 35% y 70%).

Medio	Observaciones	Salinidad	Altura (cm) <sup>†</sup>	Núm. Raíces <sup>†</sup>	Núm. Hojas <sup>†</sup>
MS	54	0%	3.66 a	5.58 a	19.20 a
MS	54	35%	2.12 b	4.29 a	16.16 ab
MS	54	70%	1.99 b	2.72 a	13.14 b
CCM	54	35%	2.85 a	8.33 a	15.08 a
CCM	54	0%	2.13 ab	5.22 ab	13.02 a
CCM	54	70%	1.56 b	2.20 b	12.04 a

<sup>†</sup>Medias con la misma letra fueron no diferentes ensayados por la comparación de medias de Tukey al valor de P=0.05%

Lo sobresaliente de estos resultados es que se detectó diferencias en altura y número de raíces cuando fueron co-cultivados en el medio de cultivo de CCM. Esto indica que las plantas de *B. eriopoda* toleran dosis altas de salinidad con la mínima reducción de altura y número de hojas, sin afectar el número de raíces que es el eje principal de absorción de agua y minerales. Los síntomas de estrés a la salinidad son bien documentados al reducir su estructura, tamaño, número de hojas y altura de las plantas (Sun *et al.*, 2022). Aunque no se hizo un análisis mineral del contenido del ion cloro o el ion de sodio del tejido de *B. eriopoda*, se puede especular que las concentraciones del agua salina fueron muy altas y las plantas mostraron leves daños de necrosis como síntoma de la toxicidad de las sales, especialmente al 70% del tratamiento salino. La especie *B. eriopoda* no tolera sustratos con altas cantidades de salinidad de forma natural, entonces, estos resultados estarían mostrando que el co-cultivo podría auxiliar en su tolerancia a la salinidad. Los análisis de tejido o células de plantas y/o callos de *A. canescens* o *B. eriopoda* ya sea observados por tinciones, microscopía o por la vía molecular, han demostrado la presencia de un gran número de hongos endófitos obligados (Barrow *et al.*, 2007; Lucero *et al.*, 2011). A los 30 días de observación quizás fue poco tiempo para detectar efectos fisiológicos remarcables de estas poblaciones de endófitos contenidos en los callos de *A. canescens* en las variables estudiadas en el medio de cultivo de MS. En contraste se observó una positiva respuesta en las variables de altura y número de raíces cuando se cultivaron en el medio CCM. Por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada originalmente que consistía en que las plantas co-cultivadas *in-vitro* de *B. eriopoda* con los callos de *A. canescens*, colonizados por hongos endófitos obligados, tendrían un desarrollo favorable a comparación con las plantas no inoculadas.

### CONCLUSIONES

No se detectó diferencias significativas en la tasa de crecimiento de plántulas del pasto en los tratamientos de salinidad y los medios de cultivo al compararse con el control. Esto





indica que las plántulas pueden crecer en ambos medios de cultivo y concentraciones de salinidad ya que no mostraron daños de la parte aérea. las plantas co-cultivadas *in-vitro* de *B. eriopoda* con los callos de *A. canescens*, colonizados por hongos endófitos obligados, tuvieron un desarrollo favorable a compararlos con las plantas no inoculadas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Barrow, J. R., Aaltonen, R. 2004. A staining method for systemic endophytic fungi in plants. R.T. Lartey, A.J. Caesar (Eds.), Emerging Concepts in Plant Health Management, Research Signpost, Kerala, India. Pp. 61-67.
- Barrow, J. R., Havstad, K. M., McCaslin, B. D. 1997. Fungal root endophytes in fourwing saltbush, *Atriplex canescens*, on arid rangelands of southwestern USA. *Arid Soil Res Rehabil* Pp. 177-185.
- Barrow, J. R., Lucero, M., Reyes-Vera, I., Havstad, K. 2007. Endo-symbiotic fungi structurally integrated with leaves reveals a lichenous condition of C4 grasses. *In Vitro Cell. Dev. Biol.Plant* 43: 65-70.
- Belesky, D. P., Malinoski, D. P. 2000. Abiotic stresses and morphological plasticity and chemical adaptations of *Neotyphodium*-infected tall fescue plants.
- Gasoni, L., Stegman, B. 1997. The endophyte *Cladorrhinum focundissimum* in cotton roots. *Mycol.* Pp. 867-870.
- Lucero, M., Barrow, J., Osuna-Avila, P., Reyes-Vera, I., Duke, S. 2008. Enhancing native grass productivity by co-cultivating with endophyte-laden calli. *Rangeland Ecol. Manage.* 61: 124-130.
- Lucero, M., Barrow, R., Osuna, P., Reyes, I. 2006. Plant-fungal interactions in arid and semiarid ecosystems: large scale impacts from microscale processes. *J. Arid Environ.* 65: 276-284.
- Lucero, M.E., Unc, A., Cooke, P., Dowd, S. y Sun, S. 2011. Endophyte microbiome diversity in micropropagated *Atriplex canescens* and *Atriplex torreyi* var. *griffithsii*. *PLoS ONE* 6(3): e 17693. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0017693>
- Morales, C., Madrid, L., Melgoza, A., Martínez, M., Arévalo, S., Rascón, Q., Jurado, P. 2009. Análisis morfológico de la diversidad del pasto navajita en Chihuahua Mexico. *Técnica Pecuaria en México.* 47(3):245-256
- Osuna-Avila, P. Flores, J.P., Corral, B. 2021. Dinámica estacional de micorrizas arbusculares y hongos septados endofíticos oscuros en asociación con raíces de *Solanum elaeagnifolium* Cav. *Botanical Sciences* 90 (2): 291-304
- Osuna-Avila, P., Barrow, J. R. 2009. *In vitro* system to determine the role of *Aspergillus ustus* on *Daucus carota* roots. *Terra Latinoamericana.* 27: 363-372.
- Raven, H., Evert, F., Eichhorn, E. 1992. *Biology of Plants*, fifth ed. Worth Publishers, New York.
- Sun, Y., Niu, G. Dou, H., Perez, C., Alexander, L. 2022. Growth, gas exchange, and mineral nutrients *Hydrangea hybrids* irrigated with saline water. *HortScience.* 57 (2): 319-325
- Williams, S., Wolun, A., Aldon, E. 1974. Growth of *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. Improved by formation of vesicular-arbuscular mycorrhizae. *Soil Society of America Proceedings.*

