



# 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>CONCENTRACION DE NUTRIENTES FOLIARES</b>	
Laura Raquel Orozco Meléndez; Raquel Cano Medrano; Ofelia Adriana Hernández-Rodríguez; O. Cruz-Alvarez; Angélica Anahí Acevedo Barrera; Rafael Ángel Parra Quezada; Damaris Leopoldina Ojeda Barrios	... 414
<b>CONTENIDO DE PIGMENTOS FOTOSINTÉTICOS EN EL CULTIVO DE PIMIENTO BAJO DIFERENTES NIVELES DE HUMEDAD EN EL SUELO</b>	
Luz María Rulz Machuca; Enrique Alonso Zuñiga; Joel Pineda Pineda; Alessandro Reinaldo Zabotto; Rafael dos Santos Lima; Edilson Ramos Gomes; Fernando Droetto	... 419
<b>IMPLEMENTACIÓN DE ABONO ORGÁNICO EN CULTIVO SUSTENTABLE DE PALMA CAMEDOR (<i>Chamaedorea elegans</i>)</b>	
Cristina Carmona Méndez; Neira Sánchez Zarate; Yovani López González	... 424
<b>EFFECT OF WATER DEFICIT ON SOLUBLE PROTEIN AND AMINO ACID CONTENT IN <i>Sorghum bicolor</i> PLANTS COLONIZED WITH DIFFERENT MYCORRHIZAL INOCULUM</b>	
María Karina Manzo Valencia; Víctor Olalde Portugal; Armando Guerrero Rangel; Argel Gastélum-Arellánez; Silvia Edith Valdés Rodríguez	... 429
<b>BIOFILMS: CONCEPTO, DESARROLLO E IMPORTANCIA EN EL MANTENIMIENTO DE LAS FUNCIONES DEL SUELO</b>	
Tania González-Vargas	... 436
<b>ATRIBUTOS FUNCIONALES DE LOS HMA Y LOS HESO EN <i>Eugenia winzerlingii</i>, EN LA SELVA BAJA INUNDABLE DE CALAKMUL.</b>	
Yuriko Pilar Cruz Koizumi; Francisco Javier Álvarez Sánchez; Alejandro Morón Ríos; Noé Manuel Montaña Arias; Alejandro Alarcón	... 442
<b>EFFECTO DEL TIPO DE ACOLCHADO EN LA EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA EN COLIFLOR</b>	
Omar García-Tavares; Isabel Escobosa-García; Blancka Yesenia Samaniego-Gámez; Raúl Enrique Valle-Gough; Juan Carlos Vázquez-Angulo; Fidel Núñez-Ramírez	... 448
<b>EFFECTO DE AGRICULTURA EN CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA DE SUELOS EN EL NORTE DE CHIHUAHUA</b>	
Gabriela Mendoza Carreón; Juan Pedro Flores Margez	... 453
<b>COMPOSTAJE DE LODOS RESIDUALES PARA MEJORAR LOS SUELOS CON BASE EN INDICADORES MICROBIOLÓGICOS</b>	
Juan Pedro Flores Margez; Evelyn Michelle Almedo Olivas; Miguel Angel Hidrogo Cardona; María Paula Torres de la O	... 458
<b>USO SUSTENTABLE DE COMPOSTA DE PLUMAS DE AVE Y BACTERIAS PGPR PARA EL CULTIVO DE MAÍZ AZUL</b>	
María Guadalupe Onofre-Gallegos; Moisés G. Carcaño-Montiel; Leticia Gómez-Velázquez; Enrique Hipólito-Romero; Edith Chávez Bravo; José Santos Hernández; Lucía López-Reyes	... 464
<b>EFFECTOS DE HERBÍVOROS SOBRE LA COMPETENCIA DE PLANTAS A TRAVÉS DE FEEDBACKS PLANTA-SUELO</b>	
Eduardo Medina-Roldán	... 469





## COMPOSTAJE DE LODOS RESIDUALES PARA MEJORAR LOS SUELOS CON BASE EN INDICADORES MICROBIOLÓGICOS

458

Juan Pedro Flores Margez<sup>1</sup>; Evelyn Michelle Almedo Olivas<sup>1</sup>; Miguel Angel Hidrogo Cardona<sup>1</sup>; Maria Paula Torres de la O<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, av. Plutarco Elias Calles 1210, Ciudad Juárez, Chihuahua, C.P. 32310. Correspondencia: juflores@uacj.mx.

### RESUMEN

Los lodos residuales provenientes del tratamiento de agua negra y los residuos orgánicos de podas obtenidos en parques y jardines representan un enorme potencial para la elaboración de compostas que sean útiles en el mejoramiento de los suelos y ahorro del agua a nivel global. El objetivo fue evaluar el proceso de compostaje en la disminución de *Salmonella*, huevos de helminto y coliformes fecales como indicadores microbiológicos de la calidad de las compostas y lodos residuales. Se colectaron 30 muestras en un lecho de secado donde se producen compostas con lodos residuales, las temperaturas registradas en las pilas fueron mayores a 55 °C que son suficientes para la eliminación de estos patógenos. Fueron analizadas cinco muestras de lodo medio o lodo fresco consideradas como controles. Los resultados mostraron que las compostas tuvieron una clasificación de Clase A para 13 pilas de compostaje por la ausencia de coliformes fecales, después de 14 semanas de composteo, mientras que para las otras pilas después de 27 semanas de compostaje. Con relación a *Salmonella spp.*, el resultado muestra que 26 pilas tuvieron clasificación de calidad como Clase A por no detección de este patógeno y el resto de las pilas fueron clasificadas como Clase C, que correspondieron a lodos residuales sin composteo (control). Las 14 pilas no tuvieron presencia de huevos de helminto, clasificadas por su calidad como Clase A, así el resto de las pilas de composta y lodos mostraron Clase B en este parámetro. Se concluyo que el proceso de composteo permite la reducción de patógenos y parásitos, así es posible utilizar estos materiales en mejorar los suelos de parques y jardines.

**PALABRAS CLAVE:** Huevos de helminto, *salmonella*, coliformes fecales, pastos, biosólido.

### INTRODUCCIÓN

Los lodos residuales se caracterizan por ser ricos en materia orgánica, micro y macro nutrientes, metales pesados y agua que son importantes para el crecimiento de microorganismos patógenos que pueden afectar al humano, animales y vegetales (Chaoua *et al.*, 2018; Herrera-López *et al.*, 2017). Entre los microorganismos más importantes encontrados en los lodos residuales esta la *Salmonella spp.*, coliformes fecales y huevos de helminto. La *Salmonella spp.* es una bacteria con bacilos móviles debido a sus flagelos, son patógenos que afecta principalmente al hombre y a los animales al momento de ingerirse provocando salmonelosis, fiebre tifoidea y gastroenteritis (SEMARNAT, 2003). Entre las fuentes principales de esta bacteria, se encuentran las heces para contaminante de alimentos y aguas, por lo que cuando se encuentra en alimentos frescos se multiplica rápidamente



Innovación y Suelos Sanos para el Desarrollo Sustentable



provocando una infección gastrointestinal (Alfaro-Mora, 2018). Los coliformes fecales son bacterias con bacilos cortos Gram negativos no esporulados, con géneros termotolerantes (temperaturas de 44-45°C) como *Escherichia coli* y algunas especies de *Klebsiella*, siendo patógenas si están presentes en el intestino de animales de sangre caliente y humanos (SEMARNAT, 2003). Los helmintos son gusanos parásitos tanto de humanos, animales y vegetales de vida libre, que poseen órganos diferenciados y ciclos biológicos vitales que permiten comprender la forma y el tamaño, para conocer las etapas del parásito desde huevos o larvas, infecciosas o no. Estos parásitos tienen como estadio a los huevos de helminto que como fase infectante son los más peligrosos para el humano (Vera-Reza et al., 2017).

La composta se trata de la descomposición biológica de sustratos orgánicos en los cuales se generan gases de efecto invernadero y una materia estable que está libre de patógenos que se puede aplicar directamente al suelo en condiciones aerobias (Oviedo-Ocaña & Marmolejo-Rebellon, 2017). Se trata de una alternativa para el tratamiento que se les realiza a los lodos residuales evitando su acumulación excesiva; el proceso biooxidativo de los microorganismos depende de los factores del proceso, por lo tanto, el crecimiento de colonias bacterianas, parásitos y hongos se ve afectado por la humedad, la temperatura y el pH. La composta no solo tendrá nutrientes para los microorganismos, sino que se considera un abono orgánico utilizado para la agricultura en cultivos o suelos fértiles dando una mejora para las propiedades físicas, químicas y biológicas (Apaza-Condori et al., 2015). El compostaje se trata de una alternativa de bajo costo para garantizar que los componentes de los ciclos biológicos que se producen en los lodos residuales sean aprovechados disminuyendo su actividad como agentes contaminantes del medio ambiente y con efectos negativos en la salud pública.

Dado que en Ciudad Juárez, Chihuahua, se generan en promedio 69,350 metros cúbicos de lodos residuales por año, que se han estado apilando durante veinte años, existe la necesidad de utilizar estos lodos provenientes del tratamiento de agua y los residuos orgánicos de podas en parques para la elaboración de compostas que sean útiles en el mejoramiento de los suelos y ahorro del agua, fue lo que motivó el presente estudio con el objetivo de evaluar el efecto del compostaje en la reducción de microorganismos patógenos (*Salmonella*, huevos de helminto y coliformes fecales) y así definir la calidad de las compostas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un sitio de disposición de lodos y compostas, ubicado en un lecho de secado en el Km 30 junto al relleno sanitario en Ciudad Juárez, Chihuahua durante 2021; se procedió a la toma de muestras con una pala plana, asegurando que esta tenga una profundidad de alrededor de 20 cm, cuatro paladas en cuatro puntos diferentes de la pila original. El método de cuarteo se utilizó para obtener una muestra representativa de 300 g. El material recabado se almacenó en bolsas de polietileno, se selló y se identificó adecuadamente para su transporte al laboratorio (SEMARNAT, 2003).





Previo al análisis microbiológico se llevó a cabo la determinación de sólidos totales. Se preparó las capsulas de porcelana mismas que se colocaron en un horno de mufla (Isotemp oven 825F, Fisher Scientific) a una temperatura de 105 °C durante 1 h. Una vez pasado el tiempo se colocaron en un desecador (Nalgene) durante 1 h y posteriormente se pesaron en una balanza analítica (Mettler Toledo), se calcularon los gramos de sólidos totales en base seca (American Public Health Association *et al.*, 2017).

Para la cuantificación de *Salmonella spp.*, fue preparada una muestra la cual constó de una solución de 4g equivalente en masa seca, de materia fresca, en 36 mL de caldo de tetracionato obteniendo una dilución de  $10^{-1}$ , dicha solución fue mezclada durante un lapso de 2 a 3 minutos a una baja velocidad (800 rpm), seguido de una incubación durante  $22 \pm 2$  horas a  $37^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ . Una vez transcurrido el tiempo de incubación se prepararon diluciones decimales seriadas transfiriendo 1 mL de caldo de tetracionato previamente incubado en 9 mL de agua de dilución, continuando así hasta obtener la concentración adecuada (SEMARNAT, 2003). Se sembraron por estría para obtener colonias aisladas sobre la superficie de placas por utilizar, en este caso se empleó agar sulfito bismuto, donde las colonias presuntivas fueron negras con o sin brillo metálico, rodeadas por un halo café que posteriormente se transformó en negro. Se incubaron a 35 °C durante 24 h. Se tocó con un asa cada colonia e inoculó por estría en placa, para su consecuente incubación a  $35^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$  por 24 h. El NMP de *Salmonella spp.* se obtuvo a partir del código compuesto por los tubos con resultado positivo en el caldo de selenito cistina; se inocularon tres series de tres tubos y se utilizaron volúmenes decimales diferentes. Se obtuvo el código formado por el número de tubos con resultados positivos en las tres series consecutivas, obteniendo el valor de NMP a través de la siguiente expresión matemática (SEMARNAT, 2003).

Para el análisis de huevos de helminto en las muestras de lodos residuales y composta, primero se tomó el peso en fresco que correspondía a 2g de sólidos totales. Luego por 1 min y con la ayuda de una licuadora se homogeneizó la muestra con 200 mL de una solución de Tween 80 al 0.1%, integrando los enjuagues del recipiente en el que se pesó la muestra. Posteriormente, se recuperó el homogeneizado y los enjuagues del vaso de la licuadora en un recipiente de plástico de 2 L, se le agregaron 800 mL más de la solución de Tween 80 al 0.1% y se dejó sedimentando la muestra por al menos 3 h. Se cuantificaron los huevos de helminto observándose al Microscopio digital SeBa™ 2, vertiendo el sedimento final en una cámara de Sedgwich Rafter. Durante la lectura, se midieron con la regla del microscopio los huevos de helminto encontrados y se compararon con los datos bibliográficos para determinar su género y la cantidad (SEMARNAT, 2003). A partir de la preparación de las diluciones decimales seriadas se determinaron los coliformes fecales por la prueba directa del medio líquido A-1 (BD-Difco) formulado por triptona, lactosa, cloruro de sodio, salicina y triton X-100. Se adicionó por triplicado 1 mL de cada una de las diluciones seriadas en tubos que contenían 10 mL de medio A-1 correctamente etiquetados conforme a las cinco diluciones realizadas, después se metieron a la incubadora (Thermo Scientific) durante 3 horas a  $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ , una vez transcurrido el tiempo, los tubos triplicados se transfirieron a otra incubadora (Thermo Scientific) que tenía una temperatura de  $44.5 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$  y se incubaban durante otras  $21 \pm 2$  horas.



Con respecto a *análisis estadístico* se aclara que por el tipo de estudio los resultados se comparan con las Normas Oficiales en materia microbiológica.

## RESULTADOS Y DISCUSION

El Cuadro 1 muestra el resultado microbiológico a partir de 30 muestras analizadas, cinco correspondientes a muestras de lodo medio o lodo fresco se consideran como controles, ya que son materiales con los que se inicia el composteo. Los resultados indican una clasificación de Clase A para 13 pilas de composta (52%) por la ausencia de coliformes fecales (NOM-004-SEMARNAT-2002), después de 14 semanas de composteo, sin embargo, para las otras pilas después de 27 semanas de composteo y al considerar las temperaturas de las pilas mayor a 55 °C que son suficientes para la eliminación de estos patógenos.

Con relación a *Salmonella spp.*, el resultado muestra que 26 pilas (100%) tuvieron clasificación de calidad como Clase A por no detección de este patógeno y el resto de las pilas fueron clasificadas como Clase C, que correspondieron a lodos residuales sin composteo (control).

También en este caso, después del análisis y varias semanas de composteo (ago-sep 2021) de estas pilas, es posible que al tener temperaturas mayores de 55 °C permite la eliminación de este patógeno. Las 14 pilas no tuvieron presencia de huevos de helminto, clasificadas por su calidad como Clase A, así el resto de las pilas de composta y lodos mostraron Clase B en este parámetro (NOM-004-SEMARNAT-2002).

La reducción y eliminación de estos patógenos fue evidente en las pilas en proceso de composteo. Es necesario aclarar que las pilas variaron en tamaño, desde 0.8 m<sup>3</sup> hasta 26 m<sup>3</sup> aproximadamente. Con este resultado se comprueba que el proceso de composteo permite la reducción de patógenos y parásitos, ya que el lodo fresco o nuevo presento 24,000 a 24,000,000 NMP/g B.S. de coliformes fecales, sin salmonella y de 2 a 7 huevos de helminto, mientras que las pilas en proceso de compostaje por 14 semanas hasta la fecha del análisis el 15 de junio, mostraron cantidades muy pequeñas o no detectables de los parámetros microbiológicos. Por lo que otras 14 semanas de compostaje que llevan en campo mediante aireación y riegos, así como temperaturas en las pilas de 50 a 60 °C, ayuda en la eliminación casi total de riesgos microbiológicos. También conviene aclarar que los análisis son costosos, requieren analistas especializados y demandan mucho tiempo, por ello no es factible estarse analizando con frecuencia.

De acuerdo con el aprovechamiento de biosólidos indicados en la NOM-004-SEMARNAT-2002, la clase A es tipo excelente y se puede aprovechar en usos urbanos con contacto público directo durante su aplicación, mientras que la clase B clasificado como de tipo bueno, es aprovechable en usos urbanos sin contacto público directo durante su aplicación, y la clase C para usos forestales, mejoramiento de suelos y usos agrícolas.



**Cuadro 1. Patógenos y parásitos analizados en lodos residuales y compostas elaboradas mediante material vegetal y lodos residual en pilas de variada composición.**

Muestra	Fecha	Coliformes Fecales			Salmonella			Huevos de Helmintos		
		Resultado	Unidad	Clase	Resultado	Unidad	Clase	Resultado	Unidad	Clase
Lodo nuevo	202-06-15	24000	NMP <sub>10</sub> B.S	C	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	7	1000 B.S	B
Lodo medio	202-06-15	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	1	1000 B.S	B
Lodo viejo	202-06-15	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	1	1000 B.S	B
Pila 3	202-06-15	4000	NMP <sub>10</sub> B.S	C	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	1	1000 B.S	B
Pila 6	202-06-15	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	<1	1000 B.S	A
Pila 7	202-06-15	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	<1	1000 B.S	A
exp. Lodo nuevo pila 1	202-06-21	9000	NMP <sub>10</sub> B.S	C	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	<1	1000 B.S	A
exp. Lodo medio pila 1	202-06-21	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	1	1000 B.S	B
exp. Lodo viejo pila 1	202-06-21	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	2	1000 B.S	B
Pila 4	202-06-21	150000	NMP <sub>10</sub> B.S	C	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	1	1000 B.S	B
Pila 5	202-06-21	2100	NMP <sub>10</sub> B.S	C	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	<1	1000 B.S	A
Pila 8	202-06-21	2000	NMP <sub>10</sub> B.S	C	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	<1	1000 B.S	A
Pila 2	202-07-05	240000	NMP <sub>10</sub> B.S	C	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	2	1000 B.S	B
Pila 10	202-07-05	480000	NMP <sub>10</sub> B.S	C	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	<1	1000 B.S	A
Pila 11	202-07-05	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	<1	1000 B.S	A
Pila 12	202-07-05	4000	NMP <sub>10</sub> B.S	C	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	1	1000 B.S	B
Nuevo Pila Nueva 1-1	202-07-05	20000	NMP <sub>10</sub> B.S	C	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	1	1000 B.S	B
Nuevo Pila Vieja 1-1	202-07-05	46000	NMP <sub>10</sub> B.S	C	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	1	1000 B.S	B
EXP Nuevo. V-1-2	202-07-12	2000	NMP <sub>10</sub> B.S	C	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	1	1000 B.S	B
EXP Nuevo. N-1-2	202-07-12	1,100,000	NMP <sub>10</sub> B.S	C	9,300	NMP <sub>10</sub> B.S	C	1	1000 B.S	B
EXP Viejo. V-1-1	202-07-12	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	<1	1000 B.S	A
EXP Viejo. N-1-1	202-07-12	400	NMP <sub>10</sub> B.S	A	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	ND	1000 B.S	A
Pila 6	202-07-12	48000	NMP <sub>10</sub> B.S	C	610	NMP <sub>10</sub> B.S	C	<1	1000 B.S	A
EXP Viejo. M-1-1	202-07-12	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	1	1000 B.S	B
Lodo Fresco	202-07-19	2400000	NMP <sub>10</sub> B.S	C	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	2	1000 B.S	B
Lodo Viejo	202-07-19	24,000	NMP <sub>10</sub> B.S	C	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	ND	1000 B.S	A
EXP N. N-1-25	202-07-19	31000	NMP <sub>10</sub> B.S	C	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	ND	1000 B.S	A
EXP N. V-1-25	202-07-19	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	1	1000 B.S	B
Pila 11	202-07-19	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	300	NMP <sub>10</sub> B.S	C	ND	1000 B.S	A
Pila 8	202-07-19	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	300	NMP <sub>10</sub> B.S	C	<1	1000 B.S	A
Pila 8	202-10-26	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	ND	1000 B.S	A
Pila 9	202-10-26	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	400	NMP <sub>10</sub> B.S	C	ND	1000 B.S	A
Pila 13	202-10-26	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	n.s.	1000 B.S	n.s.
Pila 11	202-10-26	400	NMP <sub>10</sub> B.S	A	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	ND	1000 B.S	A
Pila 12	202-10-26	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	n.s.	1000 B.S	n.s.
Pila 13	202-10-26	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	ND	1000 B.S	A
Pila 9	202-11-09	400	NMP <sub>10</sub> B.S	A	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	ND	1000 B.S	A
Pila 13	202-11-09	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	ND	1000 B.S	A
Pila 14	202-11-09	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	ND	1000 B.S	A
Pila 15	202-11-09	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	n.s.	NMP <sub>10</sub> B.S	n.s.	<1	1000 B.S	A
Pila 15 DUP	202-11-09	4,300	NMP <sub>10</sub> B.S	C	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
EXP. N-1-1	202-11-09	21,000	NMP <sub>10</sub> B.S	C	n.s.	n.s.	n.s.	ND	1000 B.S	A
EXP. V-1-1	202-11-09	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	ND	NMP <sub>10</sub> B.S	A	ND	1000 B.S	A

ND: No detectable.

**CONCLUSIONES**

El compostaje resultó benéfico al reducir la cantidad de patógenos microbianos como Salmonella, huevos de helmintos y coliformes fecales con relación a los límites indicados por las Normas Oficiales de Lodos Residuales en México. Por ello, los materiales de compostas pueden ser utilizados como abonos orgánicos en parques y jardines para la mejora de los suelos y mejor retención de agua. Los análisis microbiológicos son costosos por ello debe tenerse cuidado con el número de muestras y su procesamiento, así como la capacitación de personal, ya que estos parámetros son indicadores estratégicos para el uso de materiales orgánicos como las compostas en suelos urbanos y agrícolas.



Innovación y Suelos Sanos para el Desarrollo Sustentable







## AGRADECIMIENTOS

A la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Ciudad Juárez, laboratorio de análisis de agua: Biol. Francisco Núñez Sánchez, MC Zulema Poncio Acosta, Dr. Sergio Calderón, Carlos García y Nancy Romero. Al Banco de Desarrollo de América del Norte (BDAN) por el financiamiento del proyecto de compostaje de lodos residuales.

## BIBLIOGRAFIA

- Alfaro-Mora, R. (2018). Aspectos relevantes sobre *Salmonella* sp en humanos. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 34(3), 110-122.
- Apaza-Condori, E. E., Mamani-Pati, F., & Sainz-Mendoza, H. (2015). Sistema de compostaje para el tratamiento de residuos de hoja de coca con la incorporación de tres activadores biológicos, en el centro experimental de Kallutaca. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 3(2), 75-85. <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2015.030200075>
- Chaoua, S., Boussaa, S., Khadra, A., & Boumezzough, A. (2018). Efficiency of two sewage treatment systems (activated sludge and natural lagoons) for helminth egg removal in Morocco. *Journal of Infection and Public Health*, 11(2), 197-202. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2017.07.026>
- Herrera-López, M., Lora-suarez, F., & Loango-chamorro, N. (2017). Identificación de microorganismos aislados a partir de lodos residuales de una planta de tratamiento de un sector curtidor del Quindío. *Revista de La Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 29, 103-118.
- Oviedo-Ocaña, E., & Marmolejo-Rebellon, L. (2017). Avances en investigación sobre el compostaje de biorresiduos en municipios menores de países en desarrollo. Lecciones desde Colombia. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 18(1), 1-13.
- SEMARNAT. (2003). *Nom-004-Semarnat-2002: norma oficial mexicana, protección ambiental. - lodos y Biosólidos.-especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.* SEMARNAT. Norma oficial Mexicana.
- Vera-Reza, A. M., Sánchez-Salinas, E., Ortiz-Hernández, M. L., Peña-Camacho, J. L., & Ortega-Silva, M. M. (2017). Estabilización de lodos residuales municipales por medio de la técnica de lombricompostaje. *Universidad Autónoma del Estado de Morelos*, 1, 1-11.

