

FITORREMEDIACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PORCÍCOLAS MEDIANTE EL USO DE SEMILLAS MORINGA OLEIFERA LAM

PHYTREMEDIATION OF WASTEWATER WASTE THROUGH THE USE OF SEEDS *MORINGA OLEIFERA LAM*

Sally Elizabeth Gonzaga González¹

E-mail: sallygonzaga@yahoo.es

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8546-4124>

Yulien Fernández Romay¹

E-mail: brianaamalia2003@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0501-4845>

María de los Ángeles Bernal Pita Da Veiga²

E-mail: angeles.bernal@udc.es

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3217-5986>

Alexander Moreno Herrera³

E-mail: amoreno@utmachala.edu.ec,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8898-4195>

¹ Universidad Técnica de Manabí. Ecuador.

² Universidad de La Coruña. España.

³ Universidad Técnica de Machala. Ecuador.

Cita sugerida (APA, sexta edición)

Gonzaga González, S. E., Fernández Romay, Y., Bernal Pita Da Veiga, M. Á., & Moreno Herrera, A. (2019). Fitorremediación de aguas residuales porcícolas mediante el uso de semillas Moringa oleifera LAM. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(2), 132-139. Recuperado de <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

Las plantas representan un recurso potencial para el tratamiento de aguas generadas en los sistemas productivos animales, presentando las semillas de Moringa oleifera Lam un gran poder coagulante, floculante y fitodesinfectante que permiten su aplicación en aguas porcícolas. Las muestras de aguas residuales fueron extraídas de granjas porcícolas, realizándose una caracterización inicial de las muestras en relación a variables físico-químicos y microbiológicas para exponerlas a concentraciones de extracto de semilla de EMOL a 0; 150; 250 mg/L en diferentes tiempos de lectura a 1, 24 y 48 horas. Las variables evaluadas fueron pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, densidad óptica, temperatura, turbidez, Coliformes totales y fecales, Salmonella y Pseudomonas. Los parámetros físico-químicos confirmaron que cuando se utilizó M. oleifera en aguas residuales porcícolas, este demostró su eficacia en la reducción de turbidez con la concentración de 250 mg/L en los tres momentos (1, 24, 48 horas) evaluados. El poder fitodesinfectante de M. oleifera confirmó el evidente decrecimiento de las colonias de Coliformes totales y fecales, demostrando el mejor efecto cuando se utilizó 250mg/L a 48 horas de haber aplicado el extracto natural al agua residual.

Palabras clave: Moringa, residual, turbidez, excreta.

ABSTRACT

The plants represent a potential resource for the treatment of water generated in animal production systems, presenting the seeds of Moringa oleifera Lam a great coagulating, flocculating and phytodesinfectant power that allows its application in swine waters. The samples of wastewater were extracted from pig farms, an initial characterization of the samples being carried out in relation to physical-chemical and microbiological variables to expose them to concentrations of EMOL seed extract at 0; 150; 250 mg/L in different reading times at 1, 24 and 48 hours. The variables evaluated were pH, electrical conductivity, dissolved total solids, optical density, temperature, turbidity, total and faecal Coliforms, Salmonella and Pseudomonas. The physico-chemical parameters confirmed that when M. oleifera was used in swine wastewater, this showed its efficacy in the reduction of turbidity with the concentration of 250 mg/L in the three moments (1, 24, 48 hours) evaluated. The phytodesinfecting power of M. oleifera confirmed the evident decrease of the colonies of total and fecal Coliforms, demonstrating the best effect when 250mg/L was used 48 hours after having applied the natural extract to the residual water.

Keywords: Moringa, residual, turbidity, excreta.

INTRODUCCIÓN

El sistema de producción porcina es considerado una de las principales actividades económicas del Ecuador, donde la carne de cerdo es la tercera fuente de proteína de origen animal después del pollo y la bovina, estimándose que 2,1 millones de personas se relacionan con esta actividad productiva. Como declara el tercer censo nacional agropecuario, 1 de cada 2 unidades de producción agropecuarias (UPAS) poseían algún tipo de producción porcícolas, con una población de 1527,115 cabezas, 90% de las cuales son criados en condiciones tradicionales de manejo. Es importante destacar que la mayoría se desarrollan en el sector rural, donde por lo general su mano de obra es familiar, y carecen de sistemas de recolección y manejo de excretas, las cuales, a su vez son utilizadas como abono orgánico para los sistemas agrícolas.

En este contexto, las razas de porcinos en sus excretas producen un alto contenido de material orgánico (carbono, nitrógeno, potasio) e inorgánico, que emana gases como el metano y olores fétidos que contaminan el aire. En las explotaciones porcinas, casi siempre los volúmenes de excretas superan su capacidad de recolección, elevando las posibilidades de contaminación ambiental **“se considera que cada cerdo excreta entre 0,5 y 0,8 kg de heces y 2,1 kg de orina por cada 100 kg de peso entre los residuos animales”** (Aguilar-Pérez, Valencia-Heredia & Santos-Flores, 2002). Es conveniente destacar que en las excretas están presente entero bacterias, las mismas que se encuentran en el intestino de los mamíferos. Entre ellas tenemos: *Salmonella*, *E. coli*, *Yersinia*, *Proteus*; algunas bacterias de esta familia suelen encontrarse dentro de un grupo llamado coliformes fecales, cuya clasificación es un indicador de contaminación fecal en aguas y alimentos. En los sistemas de producción animal **“el principal recurso afectado por la actividad humana es el agua, con respecto al agua utilizada para la producción pecuaria, en especial avícolas y porcícolas, que en su mayor parte no es tratada por los predios una vez que haya cumplido su función”**. (Ramos Cueva & Moreira Loaiza, 2015)

Las estrategias de tratamiento de las excretas en la actualidad se realizan mediante procesos físicos, químicos y biológicos, que tienen como finalidad reducir la contaminación transformándolos en subproductos que puedan ser aprovechados como fertilizantes para el suelo, generando un ahorro y en otros casos, ingresos adicionales por su comercialización.

Las semillas de *M. oleifera* son una de los materiales naturales que pueden actuar como coagulante primario. Estas semillas contienen componentes

activos (proteínas) involucrados en los procesos de coagulación y fitodesinfectante que son requeridos por los países en desarrollo (Villaseñor-Basulto, Astudillo-Sánchez, Real-Olivera & Bandalac, 2018). El uso de semillas de *M. oleifera* permitirá la incorporación al tratamiento de excretas, de procesos más verdes, amigables al medio ambiente, con reducción de costos y con mayor biodegradabilidad proponen a *M. oleifera* como coagulante natural.

Una suspensión de semillas de *M. oleifera* triturados reduce la turbidez y mejora la calidad del agua, por lo que es más adecuado para el consumo humano. Un extracto de proteína a partir de estas semillas puede eliminar los ácidos húmicos del agua, la materia orgánica total y así como el contenido aromático y color; los autores sugirieron que el mecanismo coagulante implica la adsorción y neutralización de cargas.

La eliminación de la turbidez en el agua es beneficiosa ya que aliviaría la mayoría de problemas asociados a la misma, donde la coagulación ha sido identificada como una de las técnicas más eficaces para reducir turbidez del agua, aplicándose mundialmente en el tratamiento de agua y aguas residuales. Este proceso es de importancia primordial para la eliminación de impurezas disueltas y donde las semillas de *M. oleifera* son una de los materiales naturales que pueden actuar como coagulante primario. De las semillas, se puede aislar más de un péptido coagulante de la semilla, y la secuencia de uno de ellos (identificado como MO2.1) en su forma recombinante, posee buena actividad de floculación y antimicrobiana, propiedades capaces de desinfectar las aguas altamente contaminadas (Kansal & Kumari, 2014).

Considerando lo antes expuesto, en este trabajo se propone, tratar aguas residuales porcícolas mediante la utilización de extractos de semillas de *M. oleifera* para su reutilización en el riego de cultivos en sistemas de producción agropecuarios.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en los meses de enero y febrero del 2019, en los laboratorios de micropropagación vegetal y de microbiología de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala (UTMACH). Se recolectaron muestras de aguas residuales porcícolas (mezcla de heces, purines, agua de limpieza) en diferentes horarios de 7 a 8:00h y de 12 a 13:00h en dos granjas porcinas. La primera ubicada en el cantón Machala, parroquia El Cambio, en los predios de la granja “Santa Inés” de la Universidad Técnica de Machala, identificadas como G1 (3017'30" S;

79054'51'' w), la segunda ubicada en el cantón Santa Rosa, parroquia Victoria, sitio Vega Rivera identificada como G2 (3027'0,16'' S; 79046'42,5'' w).

El esquema del diseño experimental se realizó en recipientes de vasos precipitados de cristal de capacidad de 1000 ml, se utilizaron para ello 8 unidades de recipientes para la valoración de los factores como concentración de *M. oleifera* (0,0 mg/L; 150,0 mg/L; 250,0 mg/L) (Muyibi, Noor & Ameen, 2002) y en diferentes tiempos de reposo a 1 hora, 24 horas, 48 horas (Kansal & Kumari, 2014). Se tuvo presente como testigos los tratamientos con concentración 0,0 mg/L de *M. oleifera* y se tomó una muestra al iniciar el experimento que representará el tiempo 0 horas en el momento inicial para confirmar la caracterización (análisis físico-químicos y microbiológicos) de aguas a tratar. Los vasos de 1000 ml de capacidad se lavaron con agua destilada y secaron en estufa para adicionar 800 ml de las muestras de agua residuales porcícolas. En el momento de adicionar este volumen por frasco, con agitación manual se homogenizó permitiendo dispensar a cada frasco por tratamiento en el menor tiempo posible. Posteriormente se agregó de la solución stock de *M. oleifera* las diferentes alícuotas correspondientes a las respectivas concentraciones.

Las variables valoradas fueron pH, conductividad eléctrica (CE), sólidos totales disueltos (TDS), densidad óptica (DO), temperatura (T), turbidez (Tz) y carga microbiana.

El polvo de semillas de *M. oleifera* se obtuvo de una plantación donantes establecida en los predios de la Unidad Académica Ciencias Agropecuaria (UACA) previamente seleccionadas ya que requerimos semillas de alta calidad, jóvenes y no infectadas con enfermedades. Las vainas se recolectaron con madurez técnica verde madura (Figura 1 A, B y C), se abrieron con las manos para obtener las semillas luego se retiró las alas y la corteza manualmente. Las semillas se secaron en una estufa a temperatura de 70°C durante 24 horas, permitiendo tener una cocción uniforme (Figura 1 D). Posteriormente se molieron con el equipo moulinex MC300 (moulinex, Lourdes, France), se machacaron con mortero de porcelana hasta obtener un polvo fino (Figura 1 E) el cual se conservó en recipientes oscuros y a temperatura ambiente, evitando así que pierda sus propiedades y humedad óptima.

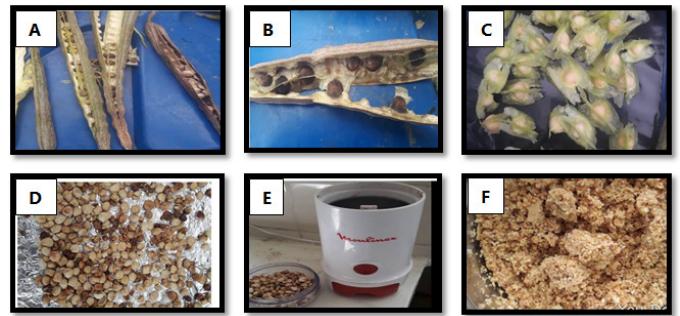


Figura 1. A. Selección vainas con madurez técnica, B. Selección de semillas, C. Semillas seleccionadas, D. Semillas al salir de la estufa luego de 24 horas a 70°C, E. Uso del molino para triturar las semillas, F. Polvo de semillas de *M. oleifera*.

El proceso de extracción se realizó bajo los principios de Sánchez-Martín, Beltrán-Heredia & Peres (2012). Se preparó una solución stock de NaCl 1M a la cual se añadió 5 gramos (Figura 2 A) de polvo de semilla de *M. oleifera* a 100 ml de solución de NaCl, se consideró la solución madre al 5% en NaCl 1M. La solución de NaCl con polvo se agitó vigorosamente a pH 7 a temperatura ambiente durante 30 minutos con agitación magnética de 100 rpm (Figura 2 B). El extracto se filtró con ayuda de una bomba al vacío (Figura 2 C) dos veces: una vez a través de papel de filtro comercial en un embudo Büchner y una vez más a través de un filtro millipore (de 0,22 µm), obteniendo como resultado un líquido blanco claro (Figura 2 D).

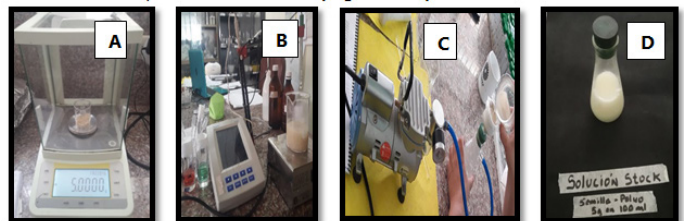


Figura 2. A. Pesado de 5 gramos de polvo de semilla, B. Preparación del NaCl 1M, C. Filtrado mediante bomba al vacío, D. Obtención de solución stock de semillas de *M. oleifera*.

Estos predios no contaban con un manejo adecuado para el tratamiento de aguas residuales, la toma de muestras (Figura 3 A y B) tuvieron presentes la georreferenciación e identificaron adecuadamente con etiquetas, marcadores permanentes, hoja de registro, cámara de fotos, recipientes estériles, guantes siguiendo las recomendaciones de organismo estatal Agrocalidad según el instructivo para toma de muestras de agua (Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro, 2015).

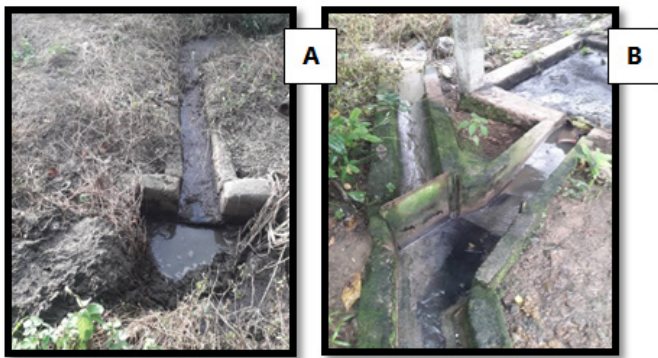


Figura 3. A. Recolección de muestra G1; B. Recolección de muestra G2 de altitud media.

Se utilizó 800ml/tratamiento de agua residuales porcícolas en vasos de precipitados, procediéndose a la recolección de muestra por sitio para realizar la caracterización inicial de las variables físico-químicas con equipos y materiales previamente preparados (Figura 3 A y B) así como el examen microbiológico de coliformes totales, coliformes fecales con el equipo contador de colonias de campo oscuro de Quebec; así como presencia o ausencia de *Pseudomonas* y *Salmonella*.

Se agregó la dosis de la solución stock previamente calculada para cada tratamiento en el vaso de precipitación según estudios previos (Okuda, Baes, Nishijima & Okada, 2001), se llevó a cabo el procedimiento y se realizó las siguientes modificaciones: colocando en el agitador magnético a 200 rpm por 2 minutos y luego a 100 rpm por 20 minutos (Figura 3 C). Luego de esta etapa, se tomó una muestra 25 ml de la superficie en el centro de cada y a 3 cm de profundidad en el vaso para el análisis de variables físicas y químicas.



Figura 4. A. Equipamiento para valoración de muestras, B. Materiales para el procesamiento de muestras, C. Agitación magnética de muestras.

Para el análisis físico-químico se utilizó 50 ml de agua residual en la caracterización inicial y tratamientos. Este trabajo se realizó en el laboratorio de micropropagación, para la cuantificación de variables como pH, densidad, sólidos disueltos totales se utilizó el equipo medidor de pH (HANNA, Rumania, UE). La caracterización de la conductividad eléctrica y temperatura se realizó con el conductímetro (Oakion, Malasia, Asia) y para para turbidez se utilizó

el espectrofotómetro (HACH DR/2010, Loveland, USA).

Para el análisis microbiológico se recolectó 50 ml de agua residual con la metodología antes citada. El efecto fitodesinfectante de *M. oleifera* en agua residual porcícola se realizó en el Laboratorio de Microbiología mediante las pruebas de control de calidad de agua y técnicas colorimétricas para coliformes totales, *E. coli* (utilizando un medio diferencial que fue agar acconkey y Peptone water) y *Salmonella sp.* (mediante el medio SS-Agar), *Pseudomonas* (mediante el medio Cetridime Agar Base).

Los datos obtenidos fueron sometidos a pruebas de Kolmogorov - Smirnova (normalidad de datos) y test de Levene (homogeneidad de variaciones). Además la independencia de los datos se garantizó en el diseño del experimento y toma de muestras.

Cuando los datos no cumplieron los requisitos de las variables, estas fueron sometidas a pruebas no paramétricas de Kruskal Wallis y Games - Howell para determinar diferencias significativas entre tratamientos. Los datos obtenidos fueron procesados a una fiabilidad del 95% ($\alpha = 0,05$) y procesados con el paquete estadístico SPSS versión 25.0 de prueba para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las aguas residuales utilizadas para los ensayos, fueron sometidas a determinaciones iniciales para valorar la calidad de los parámetros físicos-químicos y microbiológicos, encontrándose (tabla 1) que las variables pH, CE y TDS no superan los grados de restricción según los parámetros de niveles guía de calidad del agua para el riego como constata en la tabla 7 del proyecto de norma ambiental emitidos por el Ministerio del Ambiente (2012), de Ecuador.

En cuanto a la variable de pH, los resultados obtenidos en las muestras, variaron de 7,3 a 7,7 considerándose neutro, (cabe mencionar que el rango de grado restricción es desde 6,5 a 8,4). En cuanto a la conductividad eléctrica, se obtuvieron valores de 2257,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 1891,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ siendo el rango permitido de setecientos mil como grado de restricción ligero hasta mayor a tres millones $\mu\text{S}/\text{cm}$ como grado severo. Los valores de TDS en las muestras valoradas, están bajo los rangos permitidos de 450 ppm como grado ligero. En los indicadores D y Tz los valores obtenidos mostraron relación en cuanto proporcionalidad.

Tabla 1. Caracterización del agua antes de realizar tratamientos.

MUESTRAS	pH	D (m/v)	C E (μ S/cm)	TDS (ppm)	DO (NTU)	T ($^{\circ}$ C)	Tz (NTU)	CT (UFC/cc)	CF (UFC/cc)	S \pm	PS \pm
G1	7,3	13,4	2257,7	22,1	1,8	29	2179,8	300000	202000	-	+
G2	7,7	34,8	1891,5	49,5	2,2	28,5	2574,1	450000	401000	-	+

pH, D (densidad), CE (conductividad electrica), TDS (Sólidos disueltos totales), DO (Densidad óptica), T (Temperatura), Tz (Turbidez), G¹ (Muestra de Granja Santa Inés), G² (Muestra de Vega Rivera), CT (Coliformes totales), CF (Coliformes fecales), UFC (unidades formadoras de colonia), cc (cm³), S (*Salmonella*), PS (*Pseudomonas*), + (presencia), - (ausencia). Los valores obtenidos representan el número de muestras para n=8 en parametros fisico-químicos y n=4 para parametros microbiológicos.

Se observa la presencia de colonias de Coliformes Totales y Fecales, las mismas que superan en gran medida los valores permitidos de promedio mensual que deben ser menores a 5000 ufc por cada 100 ml (CT) y promedio mensual menor a 1000 ufc por cada 100 ml (CF) como indica la tabla 6 de Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agricola que constan en el proyecto de norma ambiental emitidos por el Ministerio del Ambiente (2012), de Ecuador.

En la figura 5 podemos constatar los resultados obtenidos para microorganismos que fueron cuantificados en la tabla 1, se pudo observar el crecimiento de *Pseudomonas* (figura5A) que estuvo presente en todas las muestras valoradas, la presencia de coliformes totales (figura 5B) y la no presencia de *Salmonella* (figura 5C).

En la tabla 2, en los momentos evaluados con relación al potencial de hidrogeno (pH), siempre que se utiliza *M. oleifera* en los tres momentos (1; 24 y 48 horas) de evaluación se mantuvo con el valor más bajo; el mismo comportamiento sucedió en la densidad (D) y los sólidos totales disueltos (TDS). En el caso de la conductividad eléctrica (CE), esta variable en cada momento (1; 24 y 48 horas) de evaluación obtiene los mayores incrementos (400,79; 494,79 y 468,00 μ S/cm) al utilizar la mayor concentración de *M. oleifera*.

En el caso de la densidad óptica (DO), a los 24 y 48 horas mantiene la tendencia a bajar con el incremento de *M. oleifera*. En los momentos (1, 24 y 48 horas) evaluados se constata que la temperatura se mantiene en valores de 28 grados.

El parámetro de turbidez en el primer y segundo momento (1, 24 y 48 horas) de evaluación disminuye con el incremento de *M. oleifera*, en el momento tres el valor más bajo se obtiene cuando se utiliza 250 mg/l.

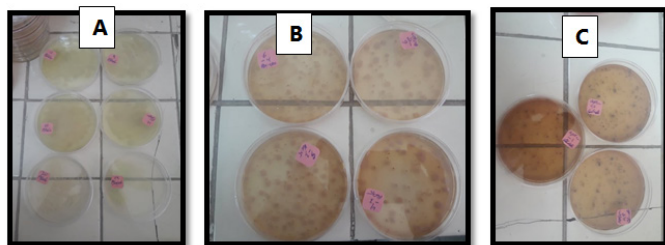


Figura 5. A. *Pseudomonas*; B. Coliformes Totales; C. *Salmonella*

Tabla 2. Evaluación de la eficacia del proceso de floculación y coagulación de las aguas residuales porcícolas mediante la utilización de extracto de semillas de *M. oleifera* para ser reutilizadas como aguas de riego.

Momento (horas)	ESMOL (mg/L)	pH	D (m/v)	C E (μ S/cm)	TDS (ppm)	DO (NTU)	T ($^{\circ}$ C)	Tz (NTU)
1	0	7,81	40,36	2203,07	90,79	1,17	28,86	964,50
	150	7,73	36,34	2569,79	78,50	1,21	28,91	962,50
	250	7,70	35,06	2603,86	75,34	1,17	28,85	887,86
Kruskal-Wallis		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
24	0	7,74	36,74	2272,50	67,04	0,87	28,60	608,93
	150	7,68	32,96	2686,43	61,77	0,85	28,64	589,71
	250	7,61	29,94	2767,29	51,74	0,83	28,73	583,14
Kruskal-Wallis		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

48	0	7,80	47,71	2410,86	86,14	0,71	28,70	394,93
	150	7,80	41,79	2750,79	65,33	0,59	28,78	379,97
	250	7,70	34,59	2878,86	56,80	0,57	28,85	317,87
Kruskal-Wallis		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ESMOL: extracto de semilla de *Moringa oleifera* Lam, pH: potencial hidrogeno; D: densidad; CE: conductividad eléctrica; TDS: Sólidos disueltos totales; DO: Densidad óptica; T: Temperatura; Tz: Turbidéz.

Los resultados obtenidos de pH, muestran una reducción en presencia de *M. oleifera*, condición que al compararla con pH del agua tratada por alumbre este disminuye de 6,6 a 5,6 lo que significa que es necesario añadir productos químicos para que el pH del agua llegue hasta el valor de referencia requerido. Los costos incurridos al utilizar alternativas químicas pueden ser sustituidos cuando se utilizan extractos de plantas como un coagulante natural, al permitir una reducción de la turbidez por extractos, y creando condiciones óptimas coagulación, y permitiendo que cualquier bacteria presente en el agua podría ser potencialmente reducido (Pritchard, Mkandawire, Edmondson, O'Neill & Kululanga, 2009).

Los resultados obtenidos confirman al extracto como alternativa eficaz para purificar el agua de pozos con turbidez inicial relativamente alta, al emplear *M. oleifera* se obtiene los mejores resultados, con un porcentaje medio de reducción de turbidez al control de $96 \pm 2\%$. Cuando se utiliza la dosis óptima de 250 mg/l se tiene un porcentaje de reducción de la turbidez del 100%, mientras que en una concentración de dosis de 150 mg/l promueve una reducción del 95% en la turbidez siendo más efectivo que extractos de que la goma de *Guar* y *Jatropha curcas*, a esta última concentración (Pritchard, et al., 2009).

En la tabla 3, en el primer momento (1 hora) se obtuvo diferencias significativas siempre que se utilizó *M. oleifera* tanto para Coliformes totales como fecales. En el momento segundo (24 horas) se registra el resultado de mayor significación a 150 mg/L para ambas bacterias analizadas. En el tercer momento (48 horas) se registró un potencial reducción y valores significativos cuando se empleó 250 mg/L de *M. oleifera*.

Tabla 3. Eficacia del proceso de fitodesinfectante de las aguas residuales porcícolas mediante la utilización de extracto de semillas de *M. oleifera* para ser reutilizadas como aguas de riego.

Momento (horas)	ESMOL (mg/L)	Coliforme Totales UFC/cc	Coliforme Fecales UFC/cc
1	0	1329000 b	740750 b
	150	215450 a	171300 a
	250	230900 a	172150 a
Kruskal-Wallis		*	*
24	0	136625 c	101250 c
	150	70175 a	51750 a
	250	92700 b	70725 b
Kruskal-Wallis		*	*
48	0	17750 c	32425 b
	150	10200 b	5125 a
	250	5775 a	2350 a
Kruskal-Wallis		*	*

ESMOL: extracto de semilla de *Moringa oleifera* Lam, UFC: unidades formadoras de colonia; cc: cm³; * diferencia significativa $p \leq 0,05$.

En relación a los resultados obtenidos se evidencia una potencial reducción de Coliformes totales y fecales cuando se utilizó *M. oleifera* al tratar agua porcícolas. Pero a pesar de esto ninguna de las concentraciones utilizadas fue capaz de reducir a los niveles requeridos para Coliformes totales y fecales de la normativa vigente. Resultados semejantes fueron obtenidos al utilizar extractos de plantas como *M. oleifera*, goma de Guar y *Jatropha curcas*, que redujeron el número de Coliformes fecales al 80%. Aunque se trataba de

una reducción significativa, ninguno de los extractos fue capaz de reducir el nivel de Coliformes fecales para satisfacer el valor de la directriz de la OMS en el 2006 de cero UFC /100 ml (Pritchard, et al., 2009).

En lo que se refiere a la presencia de Coliformes fecales, se obtuvieron resultados semejantes al usar únicamente extracto de semillas de *M. oleifera*, permitiendo la reducción de los microorganismos aeróbicos y Coliformes, cuando se comparó con la muestra control (García, et al., 2015).

También podemos mencionar que similares resultados presentaron una reducción del 95% en las cargas bacterianas de las muestras de agua expuestas a extracto de semilla *M. oleifera* en quince minutos de tiempo de reposo. Así como al utilizar coagulantes naturales como semillas de *J. curcas*, el cáliz de *H. sabdarifa* también permitieron la reducción de cargas bacterianas entre el 75 y el 90%. Todos los extractos de plantas excepto *P. tuberregium* inhibieron un aislado de *Escherichia coli*, la mayor inhibición se registró cuando se empleó el extracto de semilla de *M. oleifera* (Yongabi, Lewis & Harris, 2011).

Las reducciones de Coliformes totales y fecales obtenidas pueden ser producto de la presencia de agentes antimicrobianos activos a partir de las semillas de *M. oleifera*, como hemaglutininas, lectinas o proteínas de unión a carbohidratos que muestran actividad antibacteriana (Sá, Gomes, Napoleão, Santos, Melo & Gusmão, 2009) que se unen específicamente a ácidos teicoicos y teicurónico, peptidoglicanos y lipopolisacáridos en las paredes celulares bacterianas (Santos, Luz, Argolo, Teixeira, Paiva & Coelho 2009). En estas disminuciones obtenidas en coliforme, la pterigospermina y α -lhamnosiloxi-bencil isotiocianato permite obtener 80 a 99,5% de eliminación de turbidez y 90 a 99,99% de reducción bacteriana estreptococo y *E. coli* dentro de los primeras 1 a 2 horas como coagulante (Kansal & Kumari, 2014).

CONCLUSIONES

El extracto de semillas de *M. oleifera* en la floculación y coagulación de aguas residuales porcícolas, demostró su eficacia en la reducción de turbidez con la concentración de 250mg/L en los tres momentos evaluados confirmando que el uso de ESMOL es una alternativa viable.

El potencial fitodesinfectante de *M. oleifera* se confirma con el evidente decrecimiento de las colonias de Coliformes totales y fecales mostrando a concentraciones de 250mg/L a 48 horas los mejores resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro. (2015). Instructivo de toma de muestra para el laboratorio de biología molecular, diagnóstico animal. Quito: Agrocalidad.
- Aguilar-Pérez, C., Valencia-Heredia, E. R., & Santos-Flores, J. S. (2002). Engorda de toretes con una dieta integral de excretas frescas de cerdo, melaza y pasto Taiwan (*Pennisetum purpureum*). *Revista Biomed*, 13(2), 94-99. Recuperado de <https://www.medigraphic.com/pdfs/revbio/bio-2002/bio022c.pdf>
- Ramos Cueva, M. F. & Moreira Loaiza, R. A. (2015). Alternativas para la protección y conservación de las fuentes hídricas pertenecientes a la microcuenca de la Quebrada Balsas. (Trabajo de titulación). Machala: Universidad Técnica de Machala.
- García, L. A., Bravo-Zapata, L., Campos-Flores, G., & Medina-Charcape, D. (2015). Acción Antimicrobiana de la Pterigospermina de Moringa Oleífera sobre los Contaminantes del Agua y su Efecto en el PH, Turbidez y Crecimiento Microbiano. *Revista electronica de Facultad de Ingeniería*, 3(1), 11- 19. Recuperado de <https://refi.upn.edu.pe/index.php/refi/article/view/47/84>
- Kansal, S. K., & Kumari, A. (2014). Potential of *M. oleifera* for the Treatment of Water and Wastewater. *American Chemical Society*, 114(9), 4993–5010. Recuperado de <https://datapdf.com/potential-of-m-oleifera-for-the-treatment-of-water-and-waste.html>
- Muyibi, A. S., Noor, M. J., & Ameen, F. R. (2002). Bench scale studies for pretreatment of sanitary landfill leachate with Moringa oleifera seeds extract. *International Journal of Environmental Studies*, 59(5), 513-535. Recuperado de https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/00207230212731?casa_token=FkgY-qhCzYzYAAAAA:HvBEWg-b90RQt5VTnmGXcBJJp-Nl1sywq0-UQB_5Av3d0DwNMfAzwZ9EBnexWTO1r-8nM-lkWJUX8W1tE
- Okuda, T., Baes, A., Nishijima, W., & Okada, M. (2001). Coagulation mechanism of salt solution-extracted active component in Moringa oleifera seeds. *Water Research*, 35(3), 830-834. Recuperado de <https://kundoc.com/pdf-coagulation-mechanism-of-salt-solution-extracted-active-component-in-moringa-ole.html>
- Pritchard, M. O., Mkandawire, T., Edmondson, A., O'Neill, J., & Kululanga, G. (2009). Potential of using plant extracts for purification of shallow well water in Malawi. *Physics and Chemistry of the Earth*, 34(16), 799–805. Recuperado de <https://www.ircwash.org/sites/default/files/Pritchard-2009-Potential.pdf>

- Sá, R., Gomes, F., Napoleão, T., Santos, N., Melo, C., & Gusmão, N. C. (2009). Antibacterial and antifungal activities of *Myracrodruon urundeuva* heartwood. *Wood Science and Technology*, 43(1- 2), 85–95. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/s00226-008-0220-7>
- Santos, A., Luz, L., Argolo, A., Teixeira, J., Paiva, P., & Coelho, L. (2009). Isolation of a seed coagulant *Moringa oleifera* lectin. *Process Biochem*, 44, 504–508. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/55610161.pdf>
- Villaseñor-Basulto, D. L., Astudillo-Sánchez, P., Real-Olivera, J., & Bandalac, E. R. (2018). Wastewater treatment using *Moringa oleifera* Lam seeds: A review. *Journal of Water Process Engineering*, 23, 151-164. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2018.03.017>
- Yongabi, K., Lewis, D., & Harris, P. (2011). Application of phytodisinfectants in water. *African Journal of Microbiology Research*, 628-635. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/317345853_Integrated_Phytodisinfectant-Sand_Filter_Drum_for_Household_Water_Treatment_in_Sub-Saharan_Africa