



Microorganismos eficientes en la descontaminación de agua subterránea y su implicancia en la producción y calidad de lechuga hidropónica

Efficient microorganisms in groundwater decontamination and its implication in the production and quality of hydroponic lettuce

Ruddy Guanilo S.¹; José Cornejo E.¹; Carlos Zamora G.^{2,*}; Teresa Quevedo N.²; Ramón García-Seminario¹

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Tumbes, Ciudad Universitaria, Av. Universitaria s/n, Tumbes. Perú.

² Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de Tumbes, Ciudad Universitaria, Av. Universitaria s/n, Tumbes. Perú.

*Autor correspondiente: kalinzamg@gmail.com (C. Zamora).

ID ORCID de los autores

Ruddy Guanilo S:  <http://orcid.org/0000-0002-7846-3502>

José Cornejo E:  <http://orcid.org/0000-0001-7047-9764>

Carlos Zamora G:  <http://orcid.org/0000-0002-5412-942X>

Teresa Quevedo N:  <http://orcid.org/0000-0002-8942-4840>

Ramón García-Seminario:  <http://orcid.org/0000-0002-7846-3502>

RESUMEN

El agua es un recurso indispensable para todos los seres vivos; sin embargo, su contaminación está afectando el equilibrio del planeta. Los microorganismos benéficos de origen natural están siendo utilizados para restaurar los sistemas acuáticos contaminados. En un primer ensayo se estudiaron dos concentraciones de EM (0,05 y 0,1%) y un testigo (sin EM) aplicadas al agua subterránea extraída mediante pozo tubular, analizándose los parámetros físicos, químicos y microbiológicos. En el segundo ensayo se evaluó el efecto de esta agua tratada con EM en la producción y calidad de lechugas cultivadas en hidroponía, determinándose las características morfo-productivas y microbiológicas. Los resultados mostraron diferencias no significativas del pH, incremento de la CE, disminución de la demanda química y biológica de oxígeno, menor concentración de cationes y aniones y una remoción total de coliformes totales y fecales con la concentración 0,1%. Asimismo, el agua tratada con EM mejoró las características morfológicas, rendimiento y la calidad sanitaria de las plantas de lechuga. Los EM resultan una gran alternativa para la descontaminación de agua y la obtención de productos agrícolas inocuos, debido a su bajo costo y generación de una agricultura más sostenible.

Palabras clave: producción; hidroponía; solución nutritiva; crecimiento; hortalizas.

ABSTRACT

Water is an indispensable resource for all living beings; its contaminated is affecting the balance of the planet. Beneficial microorganisms of natural origin are being used to restore the balance of contaminated aquatic systems. In the first assay two concentrations of EM (0.05 and 0.1%) and a control (without EM) applied to groundwater extracted by a tube well were studied, analyzing the physical, chemical and microbiological parameters. In the second assay, the effect of this water treated with EM on the production and quality of lettuces grown in hydroponics was evaluated, determining the morpho-productive and microbiological characteristics. The results showed non-significant differences in pH, increase in EC, the decrease of the chemical and biological of oxygen demand, lower concentration of cations and anions and a total removal of total and fecal coliforms with 0.1 % of EM. Likewise, the water treated with the EM improved the morphological characteristics, yield and sanitary quality of the lettuce plants. EM are a great alternative for the decontamination of water and obtaining safe agricultural products, due to their low cost and generation of a more sustainable agriculture.

Keywords: production; hydroponics; nutritive solution; growth; vegetables.

Recibido: 22-09-2020.

Aceptado: 31-01-2021.



Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUCCIÓN

El agua es un factor esencial en la agricultura. Según, cifras de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), dentro de 30 años la población mundial ascenderá a 9 100 millones de personas, lo que implica un incremento en la demanda de alimentos, con el correspondiente aumento del volumen de agua. La utilización del agua subterránea para riego de plantas se viene incrementando aceleradamente, abarcando casi el 40 % de la superficie irrigada, ya sea como fuente primaria o como complemento de las aguas superficiales, lo que ha permitido incrementar la producción agrícola (FAO, 2011).

Para mejorar la eficiencia y la productividad del uso del agua en la agricultura, se ha optado por el uso de tecnologías adecuadas que mejoren la gestión de este recurso. La hidroponía constituye un sistema de producción hortícola interesante para controlar de una manera más eficiente la frecuencia y el volumen de agua (Moreno-Pérez et al., 2015; Soto, 2018; De la Rosa-Rodríguez et al., 2018). Utiliza sustratos inertes y estériles o la misma solución nutritiva como son los casos de raíz flotante y NFT (Nutrient Film Technique), obteniéndose una mejora de los rendimientos y calidad de los productos agrícolas (Beltrano y Giménez, 2015). Sin embargo, se debe tener en cuenta que, la calidad del agua en esta técnica de producción es muy importante, no solo porque se requiere para los procesos metabólicos de síntesis de compuestos orgánicos en las plantas; sino también porque interviene en el transporte de sales minerales.

Desafortunadamente, en algunos países, la agricultura intensiva ha causado una severa degradación del suelo y contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, debido a una aplicación excesiva de agroquímicos, y en muchos casos al vertido directo de aguas residuales urbanas, como sucede en los campos arroceros de la región de

Tumbes donde los drenajes son deficientes. Los procesos tradicionales de coagulación-floculación, filtración, adsorción, biodegradación no han dado los resultados esperados, por lo que es necesario implementar nuevas tecnologías emergentes para cumplir los estándares de calidad del agua (Gilpavas et al., 2016). El uso de microorganismos eficientes (EM) para el tratamiento de las aguas contaminadas, se ha convertido en una alternativa atractiva, sustituyendo a las técnicas fisicoquímicas convencionales en la remoción de compuestos que alteran su calidad (Garzón et al., 2017). Su eficacia se basa en la mezcla de microorganismos benéficos que se encuentran en ecosistemas naturales, fisiológicamente compatibles entre sí, y poseen propiedades de fermentación, síntesis de compuestos bioactivos, competencia y antagonismo con patógenos (Romero y Vargas, 2017).

Hasta la fecha, no se han reportado trabajos de tratamientos de agua subterránea contaminada; sin embargo, estudios realizados con EM en aguas superficiales muestran diversas respuestas en sus características fisicoquímicas (Centeno et al., 2019; Milian et al., 2014; Díaz-Borrego et al., 2018; Morocho, 2017, Whan et al., 2011 y Anastopoulos y Kyzas, 2015) y biológicas (Corpas & Herrera, 2012; Luna y Mesa, 2016). Asimismo, mejoran los rendimientos y calidad de los cultivos agrícolas (Tanya & Leiva-Mora, 2019; Álvarez et al., 2018; Ortuño et al., 2013), convirtiéndose en una gran alternativa, debido a su bajo costo y generación de una agricultura más sostenible.

En este manuscrito, se muestran los resultados de la aplicación de EM para mejorar la calidad del agua subterránea (extraída mediante pozo tubular), procedente de los campos arroceros en los que se vierten grandes cantidades de agroquímicos; así como su efecto en el cultivo de lechuga hidropónica.

MATERIAL Y MÉTODO

La investigación se desarrolló en el Centro Experimental de Hidroponía de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Tumbes, ubicado en las coordenadas UTM (Google Earth) 9603026.53 m S, 555 137. 77 m E y una altitud de 5 m s.n.m. en el distrito de San Pedro de los Incas (Corrales), Provincia de Tumbes. Dicho Centro Experimental tiene una longitud de 30 m de largo por 20 m de ancho, está construido con postes de hierro galvanizado y paredes cubiertas con malla Raschel (85%) de polietileno, color verde y el techo también cubierto con esta malla (50%) de color negro.

1. Efecto de EM en el tratamiento del agua subterránea

Como fuente de EM, se utilizó el producto comercial EM AGUA®, adquirido en la Empresa BIOEM S.A.C. Su activación se hizo probando 5 tipos de agua (agua subterránea, extraída mediante pozo tubular

y agua del canal de riego del campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias, agua destilada, agua de mesa envasada "San Luis" y agua potable; esta última se dejó reposar por 48 horas para eliminar residuos de cloro) siguiendo el protocolo de BIOEM (2016): en recipiente de plástico desinfectados con hipoclorito de sodio al 10%, se agregó 50 mL de melaza (5% del volumen total) y 50 mL (5%) del producto EM AGUA® completándose el 90% (900 mL) restante con los tipos de agua a probar. Los recipientes fueron sellados herméticamente y se almacenaron por 7 días a temperatura ambiente. Transcurrido dicho tiempo, se procedió a medir el pH, no se utilizaron reactivos para regular este parámetro. Se estudiaron dos concentraciones de EM (0,05% y 0,1%) aplicadas al agua subterránea y un testigo (sin tratamiento), dispuestos en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones.

Tabla 1

Parámetros físicos, químicos y microbiológicos analizados en los diferentes tipos de agua de riego

	Parámetro	Unidad	Método	Laboratorio
Químicos	pH	Escala de pH	Electrométrico Potenciómetro	Suelos, Agua, Plantas y Fertilizantes de la Universidad Agraria La Molina
	DBO5	ppm	Diluciones	
	DQO	ppm	Dicromato de potasio	
	Elementos químicos	ppm	Instrumental Espectrofotómetro de Absorción Atómica	
Físicos	C.E	dS/m	Electrométrico Conductímetro	Agraria La Molina
	Sólidos disueltos totales	ppm	Gravimétrico	
Microbiológicos	Coliformes totales	NMP*/100mL	Técnica de NMP en medio líquido	Microbiología de la Universidad de Tumbes
	Coliformes fecales	NMP/100mL	Técnica de NMP en medio líquido en tubos múltiples	

* NMP = número más probable.

Las unidades experimentales estuvieron constituidas por cajas de madera de 100 litros de capacidad forradas interiormente con una lámina de plástico flexible de color negro de 8 micras. La temperatura registrada de la solución osciló entre 25 y 27°C. El proceso se realizó por un período de 40 días, tiempo en el que se realizaron las evaluaciones de calidad de estas aguas, mediante análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en las muestras (Tabla 1).

2. Efecto del agua subterránea tratada con EM activados en la producción y calidad de lechugas cultivadas en hidroponía.

Se utilizó lechuga de la variedad Great Lakes 366 procedente de semillas certificada, adquirida en la casa comercial AGROSAD. Se ensayaron cuatro tratamientos: agua potable (testigo referencial) agua subterránea sin tratar (testigo absoluto), agua subterránea tratada con 0,05 y 0,1% de EMA, dispuestos en un diseño de bloques completos al

azar con tres repeticiones. Al igual que en el ensayo anterior, las unidades experimentales estuvieron constituidas por una caja de madera con las mismas características. En todos los tratamientos se adicionó la solución nutritiva comercial de la Universidad Agraria La Molina, que contiene las sales minerales esenciales para favorecer el crecimiento de las plantas de lechuga. La temperatura (27-30°C) y Humedad relativa (65-80%) en que crecieron las plantas se registraron con un termohigrómetro modelo Hakusa. Se evaluaron parámetros morfo-productivos y microbiológicos en las plantas de lechuga.

Procesamiento y análisis de datos

El procesamiento los datos obtenidos de las variables evaluadas, se efectuó mediante un análisis de varianza de clasificación simple y para el comparativo de medias se realizó la prueba estadística de Duncan al 5% de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de EM en el tratamiento del agua subterránea

Los resultados indican que, el agua de canal de regadío fue la más adecuada para activar los EM, registrando un pH fuertemente ácido (3,5). Asimismo, cuando se agregó EM se incrementó la CE de todas las aguas ensayadas; pero no hubo variaciones significativas entre ellas (Tabla 2). El pH de activación coincide con lo reportado por BIOEM (2016), que establece una acidez óptima de

3,0 a 3,5. La mayor disponibilidad de materia orgánica presente en el agua de canal de regadío estaría siendo utilizada por los microorganismos para producir compuestos ácidos (ácido acético y ácido butírico).

En la Tabla 3 se observa que los parámetros fisicoquímicos biológicos del agua subterránea tratada mostraron variadas respuestas en los tratamientos ensayados.

Tabla 2

pH y conductividad eléctrica de las clases de agua utilizadas para la activación de los EM

Clase de agua	Previo a la activación		Posterior a la activación	
	pH	CE (dS/m)	pH	CE (dS/m)
Agua envasada "San Luis"	7,50	0,20	3,61	8,45
Agua potable	7,98	0,32	4,02	9,74
Agua subterránea	8,05	0,76	4,05	9,52
Agua destilada	7,00	0,00	3,94	8,23
Agua de canal de regadío	8,73	0,40	3,50	9,82
EM-Agua ®	3,62	8,35	----	----

Tabla 3
Efecto de EM sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua de riego

Agua de riego	pH	C.E (dS/m)	S.T.D (ppm)	Cationes (ppm)				Aniones (ppm)				Metales pesados (ppm)					DBO (ppm)	DQO (ppm)	Coliformes (NMP/100 ml)		
				K	Ca	Mg	Na	NO ₃	CO ₃	H ₂ CO ₃	SO ₄	Cl ⁻	Fe	Al	Cu	Zn			As	Tota-les	feca-les
Potable	7,50	0,47	263	1,6	31,8	7,05	2,2	0,01	0,00	112,2	37	28,4	0,03	0,03	0,48	0,04	0,008	---	---	---	---
Subterránea	7,40	0,79	463	45,4	56,6	19,3	69,0	0,01	0,00	306,2	92	56,8	0,05	0,00	0,17	0,32	0,02	0,71	2,41	800	800
Subterránea + 0,05%	7,30	0,83	575	43,0	43,8	12,8	59,3	0,02	0,00	236,1	86	44,0	0,04	0,00	0,21	0,28	0,00	0,61	1,85	700	200
Subterránea + 0,1%	7,40	0,81	526	39,9	38,6	11,8	49,0	0,02	0,00	178,1	79	38,3	0,03	0,00	0,20	0,26	0,00	0,57	1,73	00	00

La CE se incrementó en todos los tipos de agua, probablemente debido a la adición de compuestos bioactivos sintetizados por los EM, teniendo en cuenta que las bacterias fotosintéticas forman parte de este consorcio microbiano. El pH no se vio afectado, manteniéndose estable y cercano a la neutralidad, concordando con los resultados obtenidos por Romero y Vargas (2017) en agua residuales tratadas biológicamente. Estos valores de pH permiten el crecimiento de microorganismos benéficos; además, de favorecer la absorción de las sales minerales por las plantas.

La demanda biológica de oxígeno (DBO5) se redujo en un 25 a 30%; en tanto que, la demanda bioquímica de oxígeno (DQO) fue de 15 a 20% al adicionar los EM. Experimentos realizados también reportan una disminución de estos parámetros en tratamiento de efluentes residuales (Morochó, 2017). Los valores de la DQO fueron superiores a los DBO5, lo cual implicaría, que también se están oxidando sustancias no biodegradables, y explicarían el aumento de sólidos disueltos totales (13-25%) observados en este estudio. La adición de EM al agua subterránea redujo la concentración de Ca (20-30%), Mg (30-40%), K (5-15%), Na (15-30%), SO₄ (7-15%), H₂CO₃ (20-40%). Ello, podría ser debido a que los microorganismos eficientes también pueden utilizar los compuestos contaminantes como suministro de carbono y energía para su metabolismo y crecimiento (Ngurah, 2005). Asimismo, la presencia de NO₂ implicaría que las bacterias anaeróbicas estarían utilizando NO₃ en un proceso de desnitrificación (García et al., 2020). La dureza del agua está determinada por el contenido de bicarbonatos, cloruros, sulfatos, magnesio y otros minerales; los bajos niveles encontrados con los tratamientos biológicos permiten considerar al agua tratada en la categoría de suave y podría ser utilizada sin problemas para el riego de plantas.

Se observó una disminución de metales pesados, como es el caso de Zn (25-20%), Fe (20-40%) y la remisión total de Al y As con la concentración 0,1%. Las interacciones metal-microbiota han sido

ampliamente estudiados en el marco de la biotecnología ambiental, con el propósito de implementar metodologías que permitan remover, recuperar o detoxificar metales pesados (Rastogi et al., 2013; Beltrán-Pineda y Gómez-Rodríguez, 2016; Schlaeppli y Bulgarelli, 2015). Algunos estudios reportan el uso de los EM para el tratamiento de aguas contaminadas cargadas de metales pesados (Whan et al., 2011 y Anastopoulos y Kyzas, 2015). Estos microorganismos tienen la capacidad y especificidad de absorber determinados metales. Rangel et al. (2015) atribuyen la reducción del As al desarrollo de diversos mecanismos biológicos que les permiten utilizar este elemento en su metabolismo, a través de reacciones de transformación enzimática, metilación, quelación, exclusión e inmovilización. Los resultados también muestran una disminución de coliformes totales y fecales en el agua subterránea tratada con EM al 0,05% y su remoción total cuando se duplicó la dosis, confirmando los resultados encontrados por Corpas & Herrera (2012). González-Torres et al. (2007) sugieren que las bacteriocinas (péptidos antimicrobianos sintetizados por una variedad de bacterias, incluidas las del grupo productor de ácido láctico) participan en la inhibición del crecimiento de bacterias nocivas.

Efecto del agua subterránea tratada con EM en el crecimiento y producción de lechuga hidropónica

El agua subterránea tratada con las concentraciones de microorganismos eficientes mejoró significativamente las características morfológicas de la planta de lechuga: altura de planta (25-70%), longitud de raíz (35-40%), área foliar (50-60%), biomasa fresca (55-60%) y seca (20-25%) de parte aérea y biomasa fresca (30-50%) y seca (35-55%) de la raíz. Asimismo, la aplicación de 0,05% y 0,1% indujeron un mayor rendimiento de la lechuga, superando al testigo referencial y absoluto en 15 y 60%, respectivamente (Tabla 4 y Figura 1).

Tabla 4
Efecto del agua subterránea tratada con EM sobre las características morfológicas y rendimiento en plantas de lechuga variedad Great Lakes 366 en hidroponía

Agua de riego	Altura planta (cm)	Longitud raíz (cm)	Área foliar (dm ²)	B. fresca parte aérea (g)	B. seca parte aérea (g)	B. fresca raíz (g)	B. seca raíz (g)	Rendimiento kg /m ²
A. potable	28,59 b	28,49 a	61,82 b	154,45 b	7,99 b	16,71 b	0,77 b	3,55 b
A. subterránea	26,70 c	20,45 b	46,49 c	112,47 c	6,78 c	13,66 c	0,60 c	2,59 c
A. subterránea + 0,05%	32,99 a	28,86 a	70 70,95 a	176,31 a	8,10 ab	17,72 b	0,81 b	4,06 a
A. subterránea + 0,1%	34,17 a	28,01 a	72,86 a	180,93 a	8,31a	20,15 a	0,93 a	4,16 a

Letras iguales indican diferencia no significativa, según Duncan (5%).



Figura 1. Plantas de lechuga variedad Great Lakes 366 cultivadas en hidroponía con agua subterránea tratada con EM: Agua potable (A), agua subterránea (B), agua subterránea con 0,05% (C), agua subterránea tratada con 0,1% (D).

Tabla 5

Concentración de coliformes totales y fecales en plantas de lechuga variedad Great Lakes 366 cultivada en hidroponía con agua subterránea tratada con EM

Coliformes	Agua de riego			
	Agua potable	Agua subterránea	Agua subterránea 0,05% EM	Agua subterránea 0,1% EM
Totales (NMP/100 mL)	0	800	400	0
Fecales (NMP/100 mL)	0	400	200	0

Diversos estudios, realizados con el uso de la tecnología EM sobre diferentes cultivos agrícolas, muestran resultados favorables, tanto en las características morfológicas, fenología y rendimiento (Martínez et al., 2017; Calero et al., 2018; Ortuño et al., 2013; Bolaños et al., 2013; Moya et al., 2017, Alarcón et al., 2020). Se debe tener en cuenta que, además, de las bacterias fotosintéticas, las levaduras también forman parte de los componentes del producto EM AGUA®, las cuales estarían sintetizando sustancias orgánicas como hormonas y enzimas que promueven la división celular activa (Cardona y García, 2006), favoreciendo el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Por otro lado, se observa que la cantidad de coliformes totales y fecales presentes en las plantas de lechuga, muestran niveles altos en el agua

subterránea no tratada, que se ve reducida al 50% y 100% cuando se aplican EM en las concentraciones 0,05% y 0,1%, respectivamente (Tabla 5).

El agua subterránea utilizada para el cultivo de las plantas de lechuga, en la cual no se adicionó EM, presentó una cantidad de coliformes fecales que superan los límites permisibles (DS N° 015-2015-MINAM), lo cual podría acarrear graves problemas, no solamente a la salud de las propias plantas, sino también de las personas y animales que las consumen. La eliminación de estos microorganismos patógenos con las dosis utilizadas nos permite inferir que, cuanto mayor es la cantidad del producto comercial que se utilice más eficiente resulta para el proceso de purificación del agua subterránea.

CONCLUSIONES

Los EM mejoran las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua subterránea contaminada extraída mediante pozo tubular, favoreciendo las características morfológicas, el rendimiento y calidad de las lechugas cultivadas en hidroponía,

convirtiéndose en una alternativa sostenible y eficaz a bajo costo; por lo que su uso debería tenerse en cuenta en los procesos de restauración de sistemas acuáticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón J.; Recharte D.; Yanqui D.; Moreno, S., & Buendía, M. (2020). Fertilizar con microorganismos eficientes autóctonos tiene efecto positivo en la fenología, biomasa y producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 67-73.
- Álvarez, M.; Tuca, F.; Quispe, E., & Meza, V. (2018). Incidencia de la inoculación de microorganismos benéficos en el cultivo de fresa (*Fragaria sp.*). *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 33-42.
- Anastopoulos, T., & Kyzas, G. (2015). Progress in Batch Biosorption of Heavy Metal on to Algae. *Journal of Molecular Liquids* 209: 77-86.
- Beltrán-Pineda, M., & Gómez-Rodríguez, A. (2016). Biorremediación de metales pesados cadmio (Cd), cromo (Cr) y mercurio (Hg), mecanismos bioquímicos e ingeniería genética: una revisión. *Revista de Facultad de Ciencias Básicas*.
- Beltrano, J., & Giménez, D. (2015). Cultivo en hidroponía (Primera edición). Edit. Universidad Nacional de La Plata (EDULP), 180.
- BIOEM. (2016). Tecnología EM. Disponible en: http://www.bioem.com.pe/lista_noticias.php.
- Bolaños, E.; Muelas, M.; Mejía, L., & Trochez, T. (2013). Efectividad de la aplicación de bioinsumo de aguas Residuales de café en productividad de hortalizas. *Temas Agrarios*, 18(1), 41-48.
- Calero, A.; Quintero, E.; Olivera, D.; Pérez, Y.; Castro, I.; Jiménez, J., & López, E. (2018). Respuesta de dos cultivares de frijol común a la aplicación foliar de microorganismos eficientes. *Cultivos Tropicales*. 39(3), 5-10.
- Cardona, J., & García, L. (2006). Evaluación del efecto de los microorganismos eficaces (EM) sobre la calidad de un agua residual doméstica. *ACARA* 34(1), 139-146.
- Centeno, L.; Quintana, A., & López, F. (2019). Efecto de un consorcio microbiano en la eficacia del tratamiento de aguas residuales, Trujillo, Perú. *Arnaldoa*, 26(1), 433-446.
- Corpas, E., & Herrera, O. (2012). Reducción de coliformes y *Escherichia coli* en un sistema residual lácteo mediante microorganismos benéficos. *Revista Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 10,67-77.
- De la Rosa-Rodríguez, R.; Lara-Herrera, A.; Padilla-Bernal, L.; Avelar Mejía, J., & España luna. (2018). Proporción de drenaje de la solución nutritiva en el rendimiento y calidad de tomate en hidroponía. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 20, 4343-4353.
- Díaz-Borrego, L.; Marín, J.; Alburgue, D.; Carrasquero, S., & Morales, E. (2018). Consorcio microbiano autóctono para el tratamiento de aguas contaminadas con gasoil del puerto de Isla de Toas (Venezuela). *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 28(2), 5-28.
- FAO. (2011). El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. La gestión de los sistemas en situación de riesgo. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma. Editorial Mundi-Prensa, Madrid.
- García, L.; Capera, A.; Méndez, J., & Mayorquin, N. (2020). Alternativas microbiológicas para la remediación de suelos y aguas contaminados con fertilizantes nitrogenados. *Scientia et Technica*, 25(1), 172-182.
- Garzón, J.; Rodríguez-Miranda, J., & Hernández-Gómez, C. (2017). Revisión del aporte de la biorremediación para solucionar problemas de contaminación y su relación con el desarrollo sostenible. *Revista Universitaria Salud*. 19(2), 309-318.
- Gilpavas, E.; Medina, J.; Dobrosz-Gómez, I., & Gomez, M-A. (2016). Optimización de los Costos de Operación del Proceso de Electro-oxidación para una Planta de Tratamiento de Aguas Mediante Análisis Estadístico de Superficie de Respuesta. *Información tecnológica*, 27(4), 73-82.
- González-Torres, L.; Téllez-Valencia, A.; Sampedro, J., & Nájera, H. (2007). Las Proteínas en la Nutrición. *Revista Salud Pública y Nutrición*, 8, 6.
- Luna, M., & Mesa, R. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista científica Agroecosistemas* [seriada en línea], 4(2), 31-40.
- Milian, P.; González, J.; Cuellar, E.; Rivero, C.; Fresneda, C., & Terrero, W. (2014). Efecto de microorganismos eficientes (ME-50) sobre la morfología y el rendimiento del cultivo del arroz (*Oryza sativa*) en Aguada de Pasajeros. *Revista Científica Agroecosistemas*, 2(2), 327-36.
- Martínez, L.; Maqueira, L.; Nápoles, M., & Nuñez, M. (2017). Efecto de bioestimulantes en el rendimiento de dos cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Biofertilizados. *Cultivos Tropicales*, 38(2), 113-18.
- Rangel, E.; Montañez, L.; Luévanos, M., & Balagurusamy, N. (2015). Impacto del arsénico en el ambiente y su transformación por microorganismos. *Terra Latinoamericana*, 33, 103-18.
- Moreno-Pérez, E.; Sánchez-Del Castillo, F.; Gutiérrez-Tlaque, J.; González-Molina, L., & Pineda-Pineda, J. (2015). Production of greenhouse lettuce with and without recirculating nutrient solution. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 21(1), 43-55.
- Morocho, M. (2017). Tratamiento de aguas residuales de una curtiembre en el Cantón Cuenca mediante la aplicación dosificada de EMAs (Microorganismos Eficientes Autóctonos). Tesis de Magister en Agroecología y Ambiente. Universidad de Cuenca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Cuenca, Ecuador. 75.
- Moya, M.; Soto, C., & Ramírez, F. (2017). Efecto de los Microorganismos Eficientes sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del arroz (*Oryza sativa* L.) en Aguada de Pasajeros. *Revista científica Agroecosistemas*, 5(1), 17-22
- Ngurah, G. (2005). Experimento preliminar de EM. Tecnología en tratamiento de aguas residuales. Indonesia Kyusei Naturaleza Sociedad Agropecuaria. Saraburi, Thailly. 1-6.
- Ortuño, N.; Castillo, J.; Claros, M.; Navia, O., & Angulo, M. (2013). Enhancing the sustainability of quinoa production and soil resilience by using bioproducts made with native microorganisms. *Agronomy*, 3, 7327-46
- Rastogi, G.; Coaker, G., & Leveau, J. (2013). New insights into the structure and function of phyllosphere microbiota through high-throughput molecular approaches. *Federation of European Microbiological Societies*, 1-10.
- Romero, T., & Vargas, D. (2017). Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 37(3), 88-100.
- Schlaeppli, K., & Bulgarelli, D. (2015). The Plant Microbiome at Work. *Molecular Plant-microbe interactions*, 28(3): 212-217.
- Soto, F. (2018). Parámetros para el manejo del agua en tomate y chile dulce hidropónico bajo invernadero, *Agronomía Costarricense*, 42(2), 59-73.
- Tanya, M., & Leiva-Mora, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93-103.
- Whan, W.; Teong, L., & Hanafiah, M. (2011). Adsorption of dyes and Heavy Metal Ions by Chitosan Composites: A Review. *Carbohydrate polymers*, 83, 1446-1456.