

Lechuguín (*Eichhornia Crassipes* (Mart.) Solms) y lenteja de agua (*Lemna Spp.*) en la reducción de la dureza del agua de riego



*Water hyacinth (*Eichhornia Crassipes* (Mart.) Solms) and water duckweed (*Lemna Spp.*) to reduce the hardness of irrigation water*

Enrique Mauricio Barreno Avila. ¹, Manolo Alexander Córdova Suárez. ², José Homero Vargas López. ³ & María Dolores Calderón Valdiviezo. ⁴

Recibido:15-11-2019 / Revisado: 02-01-2020 / Aceptado: 13-01-2020 / Publicado: 07-02-2020

Abstract.

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v3i1.1.1136>

Contaminated irrigation water has been one of the most influential problems in agricultural production as it is positively correlated to the loss of crops, thereby significantly affecting the economy. It is therefore very essential for the scientific research to devise remediation methods to minimize or eliminate pollutants from the irrigation water. The utilization of aquatic plants can serve an alternative technique for Phytoremediation in contrast to the frequently used physical methods. The present study shows the reduction in the hardness of the irrigation water of the Flores del Cotopaxi S.A. company, for which aquatic plants such as lechuguín and duckweed were used. To sample the Río Blanco basin irrigation water sample characteristics, the parameters such as pH, electrical conductivity, total hardness, nitrates and sulfates were analyzed before and after the treatment. Additionally, the count of cfu / gram roots of each aquatic plants was conducted. This

¹ Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Ambato, Ecuador, enriquebarrenoavila@gmail.com

² G+ Energy-Risks & Engineering Group, Department of Food Science and Engineering, Technical University of Ambato, Ambato-Ecuador, ma.cordova@uta.edu.ec

³ Department of Food Science and Engineering, Technical University of Ambato, Ambato-Ecuador, jh.vargas@uta.edu.ec

⁴ Department of Food Science and Engineering, Technical University of Ambato, Ambato-Ecuador, ma.calderon@uta.edu.ec

investigation had allowed us to conclude that lechuguín is the most suitable aquatic plant in mineral absorption, achieving a reduction of 218 to 154 mg of CaCO_3 / l as a hardness parameter, pH control in neutral conditions in a range of 7.27-6.57 and decrease in conductivity, nitrites and sulfates given their stronger roots, and greater content of microorganisms according to the microbiological tests that were carried out.

Keywords: Hardness, Irrigation, Aquatic Plants, Water Hyacinth, Duckweed

Resumen.

La contaminación del agua de riego representa uno de los problemas más importantes para la producción agrícola, ya que afecta significativamente a la economía por la pérdida de cultivos, debido a esto la búsqueda de métodos de remediación son muy importantes. El uso de plantas acuáticas representa una técnica alterna como fitorremediación a los métodos físicos utilizados frecuentemente. El presente estudio muestra la reducción alcanzada de la dureza del agua de riego de la empresa Flores del Cotopaxi S.A., para lo cual se utilizó plantas acuáticas como lechuguín y lenteja de agua. Para determinar las características de la muestra de agua de riego proveniente de la cuenca de Río Blanco se analizó antes y después de ser sometidas a tratamiento los siguientes parámetros: pH, conductividad eléctrica, dureza total, nitratos, y sulfatos, de la misma manera se realizó un conteo de ufc/gramo de raíz de cada planta acuática. La investigación permitió concluir que el lechuguín es la planta acuática más idónea en la absorción de minerales, logrando una reducción de 218 a 154 mg CaCO_3 /l como parámetro de dureza, control de pH en condiciones neutras en un rango de 7.27-6.57, y disminución de la conductividad, nitritos y sulfatos, dado que sus raíces son más fuertes, y según las pruebas microbiológicas realizadas el contenido de microorganismos es mayor.

Palabras claves: Dureza, Riego, Plantas Acuáticas, Lechuguín, Lenteja de Agua.

Introducción.

El agua de riego contaminada ha sido uno de los problemas más influyentes en la producción agrícola, ya que se correlaciona positivamente con la pérdida de cultivos, lo que afecta significativamente a la economía. Por lo tanto, es muy esencial para la investigación científica diseñar métodos de remediación para minimizar o eliminar los contaminantes del agua de riego.

La utilización de plantas acuáticas puede servir una técnica alternativa para la fitorremediación en contraste con los métodos físicos utilizados con frecuencia. El presente estudio muestra la reducción en la dureza del agua de riego de la empresa Flores del Cotopaxi S.A., para la cual se utilizaron plantas acuáticas como lechuguín y lenteja de agua. Para muestrear las características

de la muestra de agua de riego de la cuenca del Río Blanco, se analizaron parámetros tales como pH, conductividad eléctrica, dureza total, nitratos y sulfatos antes y después del tratamiento. Además, se realizó el recuento de raíces ufc / gramo de cada planta acuática. Esta investigación nos permitió concluir que el lechuguín es la planta acuática más adecuada en absorción de minerales, logrando una reducción de 218 a 154 mg de CaCO_3 / l como parámetro de dureza, control de pH en condiciones neutras en un rango de 7.27-6.57 y disminución en conductividad, nitritos y sulfatos debido a sus raíces más fuertes y mayor contenido de microorganismos según las pruebas microbiológicas que se llevaron a cabo

Objetivo General.

- Determinar la influencia de lechuguín y lenteja de agua en la reducción de la dureza del agua de riego de la empresa Flores del Cotopaxi S.A.

Objetivos Específicos

- Cuantificar las características físicas químicas del agua de riego de la empresa Flores del Cotopaxi S.A. antes y después de la aplicación del lechuguín y lenteja de agua.
- Calcular el número de ufc de bacterias por gramo de raíz seca de lechuguín y lenteja de agua utilizadas en el proceso de reducción de la dureza del agua de riego.
- Establecer la viabilidad económica de las metodologías empleadas con lechuguín y lenteja de agua para la reducción de la dureza del agua de riego.

Marco Teórico

Antecedentes investigativos

Históricamente se conoce que las grandes civilizaciones se desarrollaron principalmente a lo largo de importantes ríos, el agua a nivel mundial es imprescindible para la vida (Garrido, 2013)

En estos lugares la población a más de disponer de agua también podía cultivar las plantas que necesitaba. En caso de falta de lluvia o mal reparto estacional de ésta, el riego tiene como finalidad suministrar el agua necesaria a los cultivos. Además produce efectos muy beneficiosos al crear un ambiente favorable para el desarrollo de los mismos, provocando un microclima que disminuye la temperatura en las épocas cálidas y la aumenta en las épocas frías, disminuyendo los problemas de golpes de calor y de heladas (Fierro, 2011).

Es poco lo que se conoce sobre el riego privado. Estos sistemas cubrirían aproximadamente 460.000 ha. que representa el 83%, la diferencia, es decir 108.000 ha. a cultivos regados con sistemas públicos (Pozo,2012).

Existe una distribución desigual de la tenencia de la tierra: el 88% de los beneficiarios del riego, minifundistas, disponen de entre el 6 y el 20% de los caudales totales disponibles; en contraste,

entre el 1 y 4% del número de beneficiarios, hacendados que disponen del 50 al 60% de los caudales disponibles (Sánchez & Vinuesa, 2007).

El riego y drenaje son actividades multidimensionales, cuya relevancia se revela en múltiples aspectos, como la garantía de la soberanía alimentaria. En promedio, según el International Water Management Institute los rendimientos por unidad de superficie cultivada son 2 veces más altos en el área regada que en las áreas de secano (IWMI, 2008).

En el Ecuador, la producción bajo riego contribuye al 70% de la producción agrícola nacional. Además, la generación de empleo y disminución de la pobreza en sectores rurales es determinante (Foro de Recursos Hídricos. 2012). No se pueden dejar de considerar lo que implica un buen manejo del recurso agua, puesto que una adecuada gestión ayuda al control de contaminación de las fuentes hídricas y a la conservación y enriquecimiento de los suelos. De igual manera, es indudable la relevancia del riego en términos sociales, dado que la organización de las personas en torno al recurso genera vínculos sociales importantes, favorece la organización y la cohesión social (FAO. 2008). El riego debe enfrentar varios problemas que tiene relación entre sí, como es el caso de la poca disponibilidad de agua, el acceso socialmente inequitativo, la concentración regional de las inversiones públicas en riego, el bajo nivel de tecnificación, la contaminación de ríos y lagos, el alto nivel de dureza del agua que afecta a los cultivos, por todo esto se ha buscado una solución de descontaminación del agua con lo que una de las propuestas biológicas ha sido la utilización de humedales. Los humedales vegetales son sistemas de tratamiento naturales en los cuales se producen procesos físicos, químicos y bacteriológicos por interacción del agua, el suelo, las plantas, los microorganismos y la atmósfera, los mismos que son aprovechados para dar tratamiento a las aguas residuales. Son sistemas de tratamiento que utilizan plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales (Frers, 2007).

El Agua.

El agua, un compuesto extraordinariamente simple, es sin embargo una sustancia de características tan excepcionales y únicas que sin ella sería imposible la vida. El hombre tiene necesidad de agua para realizar sus funciones vitales, para preparar y cocinar los alimentos, para la higiene y los usos domésticos, para regar los campos, para la industria, para las centrales de energía: en una palabra, para vivir (Carbajal & González, 2012).

El agua es una molécula sencilla formada por átomos pequeños, dos de hidrógeno y uno de oxígeno, unidos por enlaces covalentes muy fuertes que hacen que la molécula sea muy estable. Tiene una distribución irregular de la densidad electrónica, el oxígeno es uno de los elementos más electronegativos, atrae hacia sí los electrones de ambos enlaces covalentes, de manera que alrededor del átomo de oxígeno se concentra la mayor densidad electrónica y cerca de los hidrógenos la menor. La molécula tiene una geometría angular, los dos átomos de hidrógeno

forman un ángulo de unos 105°, lo que hace de ella una molécula polar que puede unirse a otras muchas sustancias polares (Carbajal & González, 2012).

Riego.

El riego consiste en aportar agua al sustrato, para que las plantas (hortalizas, pastos, hierbas, ornamentales, etc.) puedan crecer y desarrollarse. Ésta es una actividad necesaria tanto en la hidroponía, como en la agricultura tradicional y la jardinería.

El agua utilizada para la agricultura procede tanto de fuentes naturales como de recursos alternativos. Los recursos Naturales incluyen el agua de lluvia, agua de superficie (ríos y lagos). El uso de estos recursos debe realizarse de una forma sostenible. Claramente el recurso de agua de lluvia depende de la climatología del área.

El agua de superficie es un recurso limitado y normalmente necesita de la construcción de embalses lo cual implica un gran impacto ambiental (Lenntech, 2014).

Algunas alternativas es la reutilización de agua procedente de las estaciones de tratamiento de aguas municipales y el agua de alcantarillado. Sin embargo la utilización de agua reciclada para el regadío puede tener ciertos efectos adversos en la salud de la población y el medioambiente. Esto depende de la aplicación del agua, las características de la tierra, las condiciones climáticas y las prácticas agrarias. Por lo tanto, es muy importante que se tengan en cuenta todos estos aspectos en la gestión del agua reciclada (Lenntech, 2014).

Reutilización del agua para el regadío.

La reutilización del agua para el regadío es una práctica común en todo el mundo. En Europa, por ejemplo hay un proyecto muy grande en Clermont - Ferrand, Francia desde 1997 donde se emplean más de 10.000 m³/día de un efluente urbano se utilizan para el riego de 700 ha de maíz. En Italia más de 4000 Ha de diferentes cultivos se riegan con agua reciclada (Lenntech, 2014). En España también existen varios proyectos similares. La calidad del agua empleada en el regadío es fundamental para el rendimiento y cantidad de cultivos, mantenimiento de la tierra y protección del medioambiente. Por ejemplo, las propiedades físicas y mecánicas de la tierra (por ejemplo la estabilidad de los agregados) la permeabilidad, son muy sensibles a los diferentes tipos de iones presentes en el agua de riego (Lenntech, 2014).

Metodología

Recolección de muestras

De la cuenca del Río Blanco se recolectaron las muestras que posteriormente estuvieron bajo tratamiento, dichas muestras fueron distribuidas en tinas plásticas. Cada tratamiento constaba de la planta acuática correspondiente lechuguín o lenteja de agua más 100 litros de agua de riego, tanto el tratamiento con lechuguín o lenteja de agua (INEN 2176:1998). Se estableció un plan de

muestreo de cada 15 días con el propósito de dejar que las plantas acuáticas pudieran actuar sobre el agua de riego. De esta manera las muestras de cada réplica fueron recolectadas en botellas plásticas de 1 litro con sus respectivas etiquetas, conservadas en un cooler hasta la entrega en el laboratorio. La toma de muestras se realizó con la guía establecida por el INEN (INEN 2176:1998).

Mediciones

Determinación del pH

Se utilizó el pH metro, que fue calibrado con un electrodo de vidrio y un electrodo de referencia usando soluciones tampón asignados por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST). Posteriormente en un vaso de precipitación se colocó 100 ml de muestra recogida, el electrodo fue introducido y se procedió a tomar su valor. (INEN 0973:1984)

Determinación de la conductividad

En un vaso de precipitación se colocó 100 ml de muestra recogida, con la utilización de un medidor de conductividad previamente calibrado, se enjuagó el electrodo con un poco de la muestra y posteriormente se obtuvo el valor de conductividad (NMX AA 093 SCFI, 2000).

Determinación de la dureza total

En un vaso de precipitación se colocó 25 ml de la muestra, se agregó NaOH a la muestra para tener un pH de 10 y adicionalmente se añadió una pequeña cantidad de Eriocromo Negro con lo cual la coloración de la muestra cambió a rojo indicando que, si hay presencia de dureza en el agua, se tituló con EDTA hasta que la muestra cambie de color de rojo a azul, con lo que nos indicó el punto final de la valoración. (INEN 974:2016)

Con el uso de esta fórmula se calculó la dureza del agua por titulación:

Donde;

A = ml de titulación para la muestra

B = mg CaCO₃ equivalente a 1,00 ml de EDTA valorante

Determinación de nitratos

Su principio se basó en el uso de resinas de intercambio iónico. Al iniciar el análisis la muestra fue inyectada y transportada por la fase móvil a través del sistema cromatográfico, cuando la muestra aniónica atravesó la columna analítica, los iones presentes se separaron debido a las diferentes retenciones que se dan al interactuar con la fase estacionaria de la columna analítica, una vez separada, la muestra fue traspasada por un haz de luz donde se registró la señal obtenida respecto al tiempo de retención (INEN 995:2013).

Determinación de sulfatos

Su principio se basó en el uso de resinas de intercambio iónico. Al iniciar el análisis la muestra fue inyectada y transportada por la fase móvil a través del sistema cromatográfico, cuando la muestra aniónica atravesó la columna analítica, los iones presentes se separaron debido a las diferentes retenciones que se dan al interactuar con la fase estacionaria de la columna analítica, una vez separada, la muestra fue traspasada por un haz de luz donde se registró la señal obtenida respecto al tiempo de retención (INEN 0978:1982).

Aislamiento de bacterias presentes en las raíces de las plantas acuáticas utilizadas.

Este procedimiento se realizó con las raíces de las plantas de Lechuguín y Lenteja de agua que se obtuvieron antes de ponerlas en tratamiento y después del tratamiento.

Medio de cultivo.

Para el aislamiento de bacterias se prepara medio de cultivo Agar nutritivo, 9,2 gr - 400 ml de agua. El medio se esteriliza en la autoclave a 121 °C - 20 min, tiempo después del cual, con el descenso de la temperatura se coloca 0,4 ml de Nistatin, homogenizando nuevamente el medio, para finalmente verter un volumen aproximado de 25 ml por caja con las respectivas normas de asepsia y en la cámara de flujo laminar.

Diluciones seriadas.

Se esteriliza los blancos de dilución, 12 frascos de tapa azul con 90ml de agua y 48 tubos de ensayo con 4.5ml. Se procede a realizar la dilución principal 10-1, colocando 10 g de raíz en 90 ml de agua destilada estéril, agitando vigorosamente por 20 minutos. A partir de esta dilución, se extrae con ayuda de una micro pipeta 0.5 ml de la mezcla y se depositó en el tubo de ensayo que contenía 4.5 ml de agua destilada estéril obteniendo así la dilución 10-2. Esta misma metodología, se utiliza hasta la obtención de la dilución 10-5, teniendo presente agitar el tubo previo a la extracción de la muestra.

Inoculación.

Una vez que se obtuvo las diluciones, se inoculó desde 10-2 a 10-5, Una vez realizada la siembra, las cajas se sellan, y se colocó en la incubadora a 27 ± 2 °C por 48 a 72 horas.

Conteo De Colonias.

Terminado el período de incubación, se realizó el conteo de las colonias existentes y la variedad física de las mismas. El recuento de las poblaciones bacterianas se realizó en las siembras 10-5 y se expresó como unidades formadoras de colonia por gramo de raíz (UFC/g de raíz)

Resultados

Caracterización físico – química del agua

En la Tabla 1. se encuentra el resumen de la caracterización físico química del agua de riego durante las 5 semanas, tanto para el testigo como para el lechuguín, donde se evaluó la conductividad eléctrica, dureza, nitratos, pH, sulfatos.

Estableciendo la comparación entre el testigo y el lechuguín, la conductividad eléctrica disminuyó de 688 uS/cm hasta llegar a 524,6 uS/cm para la quinta semana, es decir la disminución estuvo en función del tiempo porque conforme pasaron las semanas la conductividad eléctrica disminuyó paulatinamente.

Con el objetivo de disminuir la concentración de dureza presente en estas aguas, se realizó la caracterización física química del agua de riego antes y después de la implementación de lechuguín y lenteja.

En la Tabla 1, se encuentra el resumen de la caracterización físico química del agua de riego durante las 5 semanas, tanto para el testigo como para el lechuguín, donde se evaluó la conductividad eléctrica, dureza, nitratos, pH, sulfatos.

Estableciendo la comparación entre el testigo y el lechuguín, la conductividad eléctrica disminuyó de 688 uS/cm hasta llegar a 524,6 uS/cm para la quinta semana, es decir la disminución estuvo en función del tiempo porque conforme pasaron las semanas la conductividad eléctrica disminuyó paulatinamente.

La dureza del agua de riego tuvo un decremento de 218 mg/l (CaCO₃), que presento el testigo a 158 mg/l (CaCO₃) que se consiguió con lechuguín. Con lo que respecta a los nitratos los valores empezaron en 4.70 para el testigo y con lechuguín alcanzo valores menores de 0.5. El pH se mantuvo en un rango de básico a neutro es decir de 8.4 a 6.3. Los sulfatos disminuyeron significativamente de 49.40 a 22.70.

La dureza de un valor inicial de 218 mg/l (CaCO₃) correspondiente al testigo tuvo diferentes cambios tanto de aumento como de disminución es así que en la semana 2 observación 3 disminuyo a un valor de 207.5 mg/l (CaCO₃) y en la semana 5 observación 2 aumento a 391.5 mg/l (CaCO₃). Para los nitratos disminuyeron considerablemente de 4.7 a valores menores a 0.5, siendo más evidente aquí la disminución que en los otros parámetros.

Con respecto al pH los valores se mantuvieron en el rango de 8.4 llegando aumentar en ocasiones a 8.7 y disminuir hasta 7.6, en donde al comparar estos valores con los de las Normas TULAS se encuentran fuera del rango de 6.5 a 8.4, así mismo ocurrió para los sulfatos en donde la variación fue notable ya que los valores no disminuyeron en todos los casos durante las 5 semanas evaluadas.

Para conductividad eléctrica el valor inferior es para el lechuguín los datos de conductividad eléctrica (uS/cm) obtenidos con la aplicación del lechuguín, reportados en el presente trabajo presentaron valores en el rango de 520 - 570, en cambio en el estudio realizado por Poveda (2014), los valores van de 130 a 160, debido a que el agua de riego presenta niveles altos de sales lo que permite que esta conduzca en mayor porcentaje la energía. Los valores correspondientes a la dureza con la aplicación de lechuguín van desde 150 – 180 mg CaCO₃/l, al comparar con la tabla de rangos estos valores determinan alcalinidad alta ya que supera los 150, por lo cual presenta una alta capacidad del agua de resistir a cambios repentinos en el pH. Según Pozo (2012), en su trabajo muestra un valor de nitratos presente en el agua de riego después de ser tratada con lechuguín de 1.3 mg/l, y en el presente trabajo se obtiene valores de 0,5 a 2, lo cual quiere decir que existió una disminución aproximada la del trabajo de Pozo.

Los valores de pH al comparar con los límites permisibles de Normas Tulas (2012) se encuentran dentro del rango de 5 – 9, y en este trabajo se obtuvo valores de 6,57 y 7,27. Todos los resultados presentados están en referencia a la utilización del lechuguín. Los valores de sulfato son de 26.23 mg/l, y en los de Pozo (2012), presenta valores promedio de 26 mg/l, lo cual se aprecia que en este trabajo se disminuye la concentración de sulfatos. Lenteja de agua solo redujo la cantidad de nitratos, debido a que presenta la característica de ser una planta con crecimiento rápido, de esta manera a medida que crece las raíces de la planta, se reducen la cantidad de nitratos, ya que estos son absorbidos, presenta una reproducción vegetativa por germinación con la formación de brotes pequeños, formando espesas alfombras verdes (Poveda, 2015).

Tabla 1. Resultados de los análisis físicos químicos del agua de riego con la implementación de lechuguín y lenteja para reducirla concentración de dureza. Tratamiento Semana Conductividad eléctrica Dureza Nitratos pH Sulfatos Unidades uS/cm mgCaCO₃/l mg/l pH mg/l Lechuguín 1 563 180,43 0,5 7,27 37,23 2 551 177,23 2 7,1 26,23 3 543,33 172,23 0,5 6,9 29,97 4 536,4 166,23 1 6,57 28,2 5 526,93 154,47 1 6,57 25,83 Lenteja 1 638,33 227,27 0,5 8,63 43,5 2 683,67 210,37 0,5 8,57 58,43 3 667,33 244 0,5 8 46,17 4 670 311,53 1 7,97 54,8 5 1186,33 377,4 1 8,33 71,77 Testigo 1 688 218 4,7 8,4 49,4 2 688 218 4,7 8,4 49,4 3 688 218 4,7 8,4 49,4 4 688 218 4,7 8,4 49,4 5 688 218 4,7 8,4 49,4 Elaborado por: Calderón, María Dolores; 2015

Tabla 2. Resultados del número de ufc /g de raíz de Lechuguín antes y después de estar en contacto con el agua de riego. Dilución Antes Después 1/102 ND ND 1/103 ND ND 1/104 138 459 1/105 85 124 Elaborado por: Calderón, María Dolores; 2015

Tabla 3. Resultados del número de ufc /g de raíz de Lenteja de agua antes y después de estar en contacto con el agua de riego. Dilución Antes Después 1/102 ND ND 1/103 ND ND 1/104 122 128 1/105 90 92 Elaborado por: Calderón, María Dolores; 2015

abajo se obtiene valores de 0,5 a 2, lo cual quiere decir que existió una disminución aproximada la del trabajo de Pozo. Los valores de pH al comparar con los límites permisibles de Normas Tulas (2012) se encuentran dentro del rango de 5 – 9, y en este trabajo se obtuvo valores de 6,57 y 7,27. Todos los resultados presentados están en referencia a la utilización del lechuguín. Los valores de sulfato son de 26.23 mg/l, y en los de Pozo (2012), presenta valores promedio de 26 mg/l, lo cual se aprecia

que en este trabajo se disminuye la concentración de sulfatos. Lenteja de agua solo redujo la cantidad de nitratos, debido a que presenta la característica de ser una planta con crecimiento rápido, de esta manera a medida que crece las raíces de la planta, se reducen la cantidad de nitratos, ya que estos son absorbidos, presenta una reproducción vegetativa por germinación con la formación de brotes pequeños, formando espesas alfombras verdes (Poveda, 2015).

Tabla 1. Resultados de los análisis físicos químicos del agua de riego con la implementación de lechuguín y lenteja para reducirla concentración de dureza.

Trata- miento	Semana	Conductividad eléctrica	Dureza	Nitratos	pH	Sulfatos
Unidades		uS/cm	mgCaCO3/l	mg/l	pH	mg/l
Lechuguín	1	563	180,43	0,5	7,27	37,23
	2	551	177,23	2	7,1	26,23
	3	543,33	172,23	0,5	6,9	29,97
	4	536,4	166,23	1	6,57	28,2
	5	526,93	154,47	1	6,57	25,83
Lenteja	1	638,33	227,27	0,5	8,63	43,5
	2	683,67	210,37	0,5	8,57	58,43
	3	667,33	244	0,5	8	46,17
	4	670	311,53	1	7,97	54,8
	5	1186,33	377,4	1	8,33	71,77
Testigo	1	688	218	4,7	8,4	49,4
	2	688	218	4,7	8,4	49,4
	3	688	218	4,7	8,4	49,4
	4	688	218	4,7	8,4	49,4
	5	688	218	4,7	8,4	49,4

Tabla 2. Resultados del número de ufc /g de raíz de Lechuguín antes y después de estar en contacto con el agua de riego.

Dilución	Antes	Después
1/102	ND	ND
1/103	ND	ND
1/104	138	459
1/105	85	124

Tabla 3. Resultados del número de ufc /g de raíz de Lenteja de agua antes y después de estar en contacto con el agua de riego.

Dilución	Antes	Después
1/102	ND	ND
1/103	ND	ND
1/104	122	128
1/105	90	92

Se determinó que, para los tres tratamientos, no presento número de ufc/g para las diluciones 1/102, y 1/103, debido a que estas concentraciones son muy bajas por ende la cantidad de microorganismos es nula. Los resultados del número de ufc/g de la raíz de Lenteja de agua después de estar en contacto con el agua de riego, tampoco existe presencia de microorganismos en las mismas disoluciones es decir en la 1/102, y 1/103, ya que aquí las concentraciones son bajas.

Conclusiones.

- Mediante la realización de este estudio, se determinó la influencia de lechuguín y Lenteja de agua con relación al testigo utilizado como metodologías en la reducción de la dureza del agua de riego de la empresa Flores del Cotopaxi S.A., estableciendo que la mejor es el lechuguín por su capacidad de absorción de la dureza en función de los carbonatos del agua, ha logrado reducir de 218 a 154 mg CaCO₃/l, esta es una reducción muy importante aunque no logra reducir lo suficiente la concentración, ya que para tener una alcalinidad adecuada en el agua de regadío la concentración no debe ser superior a 150 mg CaCO₃/l. Una vez recolectada las muestras, se realizó la caracterización físico-químicas del agua de riego, antes y después de la aplicación del lechuguín y Lenteja de agua, determinando como parámetros de estudio conductividad eléctrica, dureza, nitratos, pH, sulfatos, tomando como el parámetro de referencia la disminución de la concentración de dureza expresado en mg/lit de CaCO₃. El lechuguín muestra ser el mejor para el tratamiento de la dureza del agua, este redujo la conductividad eléctrica de 563 a 523 uS/cm, lo que demuestra la capacidad de retención de sales iónicas que este presenta, de igual manera disminuyo las cantidades de nitritos y sulfatos del agua y logro reducir la alcalinidad hasta lograr un pH neutro de 6.57 muy favorable para el crecimiento de plantas. El número de UFC de bacterias por gramo de raíz seca de lechuguín y Lenteja de agua utilizadas en el proceso de reducción de la dureza del agua de riego, no presentaron presencia de microorganismos para las diluciones 1/102, y 1/103. Estas son concentraciones muy bajas, llegando a concluir que existe mayor cantidad de microorganismos en altas concentraciones de sales y residuos.

Referencias bibliográficas.

- Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. (2002). Salud pública y Ap de salud. Girbau García. Enfermería Comunitaria I. Salud Pública. Masón. Disponible en:<http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/12981/1/BQ.%2076.pdf>
- FAO. (1996). Ecología y enseñanza rural. Nociones ambientales básicas para profesores rurales y extensionistas. El agua. Departamento de Montes. Disponible en: <http://www.fao.org/3/w1309s/w1309s00.htm>
- Fierro, H. (2011). Diagnóstico del Sistema de Riego Comunitario y su incidencia en la producción agropecuaria de los usuarios del Canal de Riego Fanllina – San Simón, cantón Guaranda, Provincia Bolívar Año 2011. Guaranda, Ecuador. 1 - 3
- INEN 0973:1984. Agua potable. Determinación del pH. Norma técnica ecuatoriana. Disponible en: <https://archive.org/details/ec.nte.0973.1984/page/n3>
- INEN 0978:1982. Agua potable. Determinación de sulfatos. Norma técnica ecuatoriana. Disponible en: https://archive.org/stream/ec.nte.0978.1984/ec.nte.0978.1984_djvu.txt
- INEN 974:2016. Agua potable. determinación de la dureza total portitulación con EDTA. Norma técnica ecuatoriana. Disponible en: <http://www.trabajo.gob.ec/wpcontent/uploads/2012/10/NTE-INEN-974-AGUA-POTABLE.-DETERMINACI%C3%93N-DE-LA-DUREZA-TOTAL-POR-TITULACI%C3%93N-CON-EDTA.pdf>
- INEN 995:2013. Agua. determinación de nitrógeno de nitratos. Norma técnica ecuatoriana. Disponible en: <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-995-AGUA.-DETERMINACI%C3%93N-DE-NITR%C3%93GENO-DE-NITRATOS.pdf>
- INEN. 2176:1998. Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo. Norma Técnica Ecuatoriana. Disponible en. <ftp://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2176.1998.pdf>
- Lenntech. (2014). Agua de riego. Disponible en: <http://www.lenntech.es/aplicaciones/riego/agua-de-riego.htm#ixzz3Ajj9dHM>
- NMX AA 093 SCFI (2000). Análisis de agua determinación de la conductividad electrolítica método de prueba. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166800/NMX-AA-093-SCFI-2000.pdf>
- Poveda, R. (2014). Evaluación de especies acuáticas flotantes para la fitorremediación de aguas residuales industrial y de uso agrícola previamente caracterizadas en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua. UTA. Ecuador.

Pozo, C. (2012). Fitoremediación de las aguas del canal de riego Latacunga – Salcedo – Ambato mediante humedales vegetales a nivel de prototipo de Campo salcedo – Cotopaxi. Maestría en producción más limpia. UTA. Ecuador.

Para citar el artículo indexado

Barreno Avila, E. M., Córdova Suárez, M. A., Vargas López, J. H., & Calderón Valdiviezo, M. D. (2020). Lechuguín (*Eichhornia Crassipes* (Mart.) Solms) y lenteja de agua (*Lemna* Spp.) en la reducción de la dureza del agua de riego. *ConcienciaDigital*, 3(1.1), 133-146.
<https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v3i1.1.1136>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.

