

Capacidad de remediación de *Armatocereus cartwrightianus* y *Opuntia ficus indica* en aguas de riego agrícola para fines de uso doméstico Paimas Piura-2022.

Remediation capacity of *Armatocereus cartwrightianus* and *Opuntia ficus indica* in agricultural irrigation water for domestic use Paimas Piura-2022.

Roberto Florentino Chiroque Luján¹

¹Docente Investigador

Departamento Académico de Ingeniería Agrícola – Facultad de Agronomía
Universidad Nacional de Piura

Orcid:<https://orcid.org/0000-0002-2499-8288>

rchiroquel@unp.edu.pe

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el fin de estudiar aguas de regadío que viene siendo consumida hace muchos años por familias campesinas y que se presumen contaminadas con metales pesados producidos por el uso de pesticidas por la actividad agrícola del monocultivo de arroz. Se midió la presencia de metales pesados y la posible remediación con especies vegetales existentes en la zona, durante la temporada agrícola 2021-2022 en el caserío de Tomapampa de Jambur del distrito de Paimas provincia de Ayabaca del departamento de Piura. Para ello se dividió el trabajo en dos etapas, la primera en el año 2021, consistió en medir la cantidad de metales pesados puntualmente arsénico, cromo, cobalto, plomo, níquel, mercurio y cadmio como también la presencia de herbicida glifosato existentes en estas aguas y dados en miligramos por litro, esto durante cuatro meses consecutivos de muestreo de las aguas del canal en estudio, y la segunda etapa consistió en identificar la presencia de

metales pesados y glifosato que se encuentren sobrepasando el límite máximo permitido por los ECAs según el Organismo Mundial de la Salud como también del MINAM y así evaluar alternativas de remediación de aguas contaminadas utilizando plantas nativas de la familia de los cactus, como el cardo *Armatocereus cartwrightianus* y la tuna *Opuntia ficus indica* existentes en la zona. Pero realizando los análisis de aguas no se encontró concentraciones de metales pesados que sobre pasen los ECAs del Ministerio del Ambiente peruano exigido para los metales tóxicos y el glifosato, salvo en un caso que se presentó pare el mes de octubre con concentración alta de aluminio que no es cuestión de este estudio, pero si sobrepasó los límites máximos permisibles, que será motivo de otro tema de investigación.

Palabras Claves:

Aguas contaminadas, remediación de agua contaminadas, remediadores vegetales, Cactáceas, metales pesados o tóxicos, Herbicidas glifosato, DPNM

ABSTRACT

The present work was carried out in order to study irrigation water that has been consumed for many years by peasant families and that is presumed to be contaminated with heavy metals produced by the use of pesticides due to the agricultural activity of monoculture rice. The presence of heavy metals and the possible remediation with existing plant species in the area were measured during the 2021-2022 agricultural season in the Tomapampa de Jambur hamlet in the district of Paimas, province of Ayabaca in the department of Piura. For this, the work was divided into two stages, the first in 2021, consisted of measuring the amount of heavy metals, specifically arsenic, chromium, cobalt, lead, nickel, mercury and cadmium, as well as the presence of glyphosate herbicide existing in these waters. and given in milligrams per liter, this during four consecutive months of sampling the waters of the canal under study, and the second stage consisted of identifying the presence of heavy metals and glyphosate that exceed the maximum limit allowed by the ECAs according to the World Organization Health as well as MINAM and thus evaluate alternatives for remediation of contaminated water using native plants of the cactus family, such as the thistle *Armatocereus cartwrightianus* and the thorny *Opuntia ficus indica* existing in the area. But carrying out the water analysis, no concentrations of heavy metals were found that exceed the ECAs of the Peruvian Ministry of the Environment required for toxic metals and glyphosate, except in one case that occurred in October with a high concentration of aluminum that It is not a matter of this study, but if it exceeded the maximum permissible limits, that will be the subject of another research topic.

Keywords:

contaminated water, remediation of contaminated water, plant remediation, Cactaceae, heavy or toxic metals, glyphosate herbicides, DPNM.

Introducción

El presente trabajo fue desarrollado en un caserío de la costa norte del departamento de Piura, donde los pobladores presentan un gran problema, la escases de agua para consumo humano por más de 40 años y durante siete a nueve meses cada año, el recurso es limitado desde los meses de abril a diciembre, y aquí viene el problema en estudio, con esta deficiencia, los pobladores se ven en la necesidad de usar fuentes de agua de un canal de riego agropecuario para sus necesidades de alimentación, higiene personal, entre otras, aguas estas, que se presumen estén contaminadas con metales pesados y residuos de herbicidas y otros pesticidas. Las aguas de este canal son aguas del Río Quiroz, el mismo que es abastecido con aguas de la quebrada Montero y de diversas quebradas que desembocan a lo largo de este río, también, en este Río Quiroz desembocan las escorrentías de los riegos de la actividad agrícola de los predios a lo largo de las orillas izquierda y derecha de este río, en la mayoría de los cuales se practica el monocultivo de arroz por más de 40 años. (según el presidente de las Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento JASS del caserío TPDJ, comunicación personal 01 agosto de 2019).

Se estima que existan contaminantes tipo metales pesados debido al uso de

pesticidas que usan para el monocultivo de arroz aguas arriba como son el distrito de Paimas, el caserío de Jambur, La Victorio, Culqui, entre otros. Esta actividad del monocultivo de arroz por muchos años en estos caseríos más la poca cultura en el buen manejo de los pesticidas, y una agricultura forzada sobre los suelos agotados por el uso también de herbicidas que matan la ecología del suelo son fuentes que aumentan la existencia y concentración de metales pesados o tóxicos en la tierra agrícola, en el agua y en los alimentos que se generan de estos ecosistemas productivos, por ello se teme esté en peligro la salud de los pobladores consumidores de estas aguas y de estos alimentos como el arroz, el maíz, entre otros cuya calidad ambiental también es de desconfiar. A pesar de ello se probaron plantas cactáceas (FAO-ICARDA CACTUSNET, 2012) Las cactáceas pueden ser consideradas plantas multipropósito ... “Estas especies vegetales han desarrollado una adaptación fenológica, fisiológica y estructural favorable para su crecimiento en zonas áridas y semiáridas donde el agua es el principal factor limitante para la mayoría de las plantas”. (Pag95), para evaluar el efecto fitorremediador de los tejidos parenquimáticos en diferentes concentraciones sobre aguas del canal de riego que usan los pobladores del caserío de Tomapampa de Jambur de Paimas que son los que usan estas aguas.

Materiales y métodos

Área de estudio

Ciencias Ambientales

Tipo de Investigación: Experimental

Diseño e Constrastación: se usó la prueba Tukey

La población en estudio: Son las aguas del canal Tupac Amaru II que circulan durante los doce meses del año

La muestra: 18 muestras de agua de 3 litros cada una.

Materiales:

- 10 kg de tejidos parenquimático de *Armatocereus cartwrightianus*
- Un kg de tejidos parenquimático de *Opuntia ficus indica*
- Una balanza portátil.
- Tres Probetas o envases de 3 litros
- Un machete
- Ocho baldes de 20 litros limpios (08)
- Ocho provetas de un litro de capacidad.
- GPS navegador
- Software Google Earth.

Técnicas y métodos para análisis de aguas

- Muestras de agua de un litro para análisis de metales pesados: by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry 2015.
- Muestras de agua de un litro para análisis de Conductividad: Metodo del conductiometro
- Muestras de agua de un litro para análisis de pH: Metodo electrométrico.
- Muestras de agua de un litro para análisis de glifosato: Metodo la tecnica HPLC (Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia) (Universidad Nacional Autónoma de México, 2016).

Variable remediadores vegetales

T1: Tuna (*O. ficus indica*) solución concentrada de 50 cc. (o 5%, cocción de tallo) de solución por litro de agua del canal en estudio.

T2: Cactus (*A. cartwrightianus*) solución de concentrada 50 cc. (o 5%) en un litro de

agua del canal en estudio.

T3: Cactus (*A. cartwrightianus*) solución concentrada de 25 cc. (2.5 %) en un litro de agua del canal en estudio.

T4: Cactus (*A. cartwrightianus*), tejido fresco sin cocción 250 gr en un litro de agua del canal en estudio.

T5: Cactus (*A. cartwrightianus*), tejido fresco sin cocción 25 gr en un litro de agua del canal TA en estudio.

T0: Sin uso de algún fitorremediador o mejorador de aguas contaminadas.

Variable Concentración de Metales pesados en aguas del canal Tupac Amaru II.

Esta variable se refiere a la influencia de las actividades agropecuarias aguas arriba de este canal, actividades que se intensifican por inicio de campaña ya sea grande o chica, y se estima que se vierten a los terrenos de cultivo considerables cantidades de productos agroquímicos como herbicidas, insecticidas funguicidas entre otros que van a terminar al Río Quirós el mismo que con estas aguas alimenta en su mayor parte al canal TA II. del caserío de Tomapampa de Jambur.

Resultados

Atendiendo al primer objetivo, los análisis arrojaron la presencia de metales pesados en las siguientes concentraciones para los cuatro meses julio, agosto, setiembre y octubre de 2021. En ese orden son: arsénico 0.00261, 0.891, 0.643, 0.645 mg/L; cadmio: 0.00009, 0.00013, 0.00006, 0.00008 mg/L; Cobalto: 0.00073, 0.00062, 0,00048, 0.0004 mg/L; cromo: 0.0013, 0.0003, <0.0003, <0,0003 mg/L; mercurio: <0.00009, <0.00009, <0.00009, <0.00009 mg/L; níquel: 0.0016, mg/L;

0.0011, 0.001, 0.0009 mg/L; plomo: 0.0012, 0.0010, <0.0006, <0.0006.

Ninguno de los resultados anteriormente señalados sobre pasan los niveles máximos de toxicidad para metales pesados y el glifosato.

A pesar de que los análisis arrojaron que las concentraciones de metales pesados no sobrepasan los límites de tolerancia máxima que tiene el MINAM en el Perú, se hizo la evaluación experimental para ver el comportamiento de los metales tóxicos en las soluciones con los tratamientos en estudio usando las diferentes concentraciones de tejidos vegetales de fitorremediadores *A. cartwrightianus* y *O. ficus Indicas*. (Cactus y tuna) y se encontró lo siguiente: Según lo anterior podríamos decir que el pH al disminuir en la aplicación de los tratamientos en estudio permite que el líquido viscoso de los fitorremediadores actúen como adsorbentes de los iones para el caso del metal pesado Arsénico. Como se observa en la tabla N°07, pues el tratamiento T4 en la que se usó 250 grs de tejido fresco de *A. cartwrightianus* (cactus) genera un pH de 4.5 lo que permite una presencia o movilidad del Arsénico de 0.0020237 miligramos por litro en el agua de canal en estudio.

Para el caso de las concentraciones de mercurio el plomo y el cromo en los tratamientos, estos se han mantenido iguales ante la disminución del pH, dando a entender que estos metales pesados ligeramente se liberan al medio conforme el pH se hace más ácido. Para el caso de los metales pesados cadmio, cobalto y níquel se observa que se disponen más libres en el medio a medida que el pH de la solución disminuye. Presentándose una

mayor retención por los fitorremediadores cuando el pH se encuentra con valores de 6.276 caso que se da con el tratamiento T3, en la que se ha usado solución concentrada de 25 cc de Cactus (*A. cartwrightianus*).

Esto se da de manera semejante con los tratamientos T2, T5, T3 y T1 según vemos el cuadro de la prueba Tukey.

Para el caso del glifosato se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 1: Resultados para la medición de glifosato en las muestras de los meses de julio, agosto, setiembre y octubre de 2021

Análisis	LCM	Unidad	Resultado
Muestra Glifosato - mes de julio	0.001	mg/L	< 0,001
Muestra Glifosato - mes de agosto	0.001	mg/L	< 0,001
Muestra Glifosato - mes de setiembre	0.001	mg/L	< 0,001
Muestra Glifosato - mes de octubre	0.001	mg/L	< 0,001

*LCM Limite de cuantificación del medio

* < menor que el LCM

Fuente: Pacific Control, Informe de ensayo N° 220007075, 220007076, 220007077, 220007078/2022

Discusión

Al evaluar la presencia de metales pesados en las aguas del canal T.A. II del caserío de TDJ, se asume que la concentración de metales pesados de la actividad agrícola de la zona generada por el uso de pesticidas y otros agroquímicos se ve disminuida por la presencia de las aguas del Rio Quiroz que viene arrastrando material en suspensión como materia orgánica, limos, arcillas, carbonatos y más el volumen de agua que incide en esos momentos de las quebradas laterales contribuyen a diluir las cantidades de metales pesados y restos de químicos que resultan de los desagües

agrícolas de los monocultivos de arroz en la zona aguas arriba, y estas aguas a su vez cuando son captadas por el Canal TAI, tienen menor concentración o menor disponibilidad de los metales pesados en estudio. Por ello es que se puede apreciar que todos los metales pesados en evaluación se encuentran por debajo de los ECAs que exige el MINAM. También se puede asumir que se ha hecho la evaluación en una porción de tiempo de cuatro meses para los doce meses en que transcurre agua por el canal de riego que usan para el consumo humano de los pobladores del caserío TPDJ. Se puede señalar también que se prefirió escoger estos meses de estudio porque en estas fechas el agua empieza a escasear y tienen

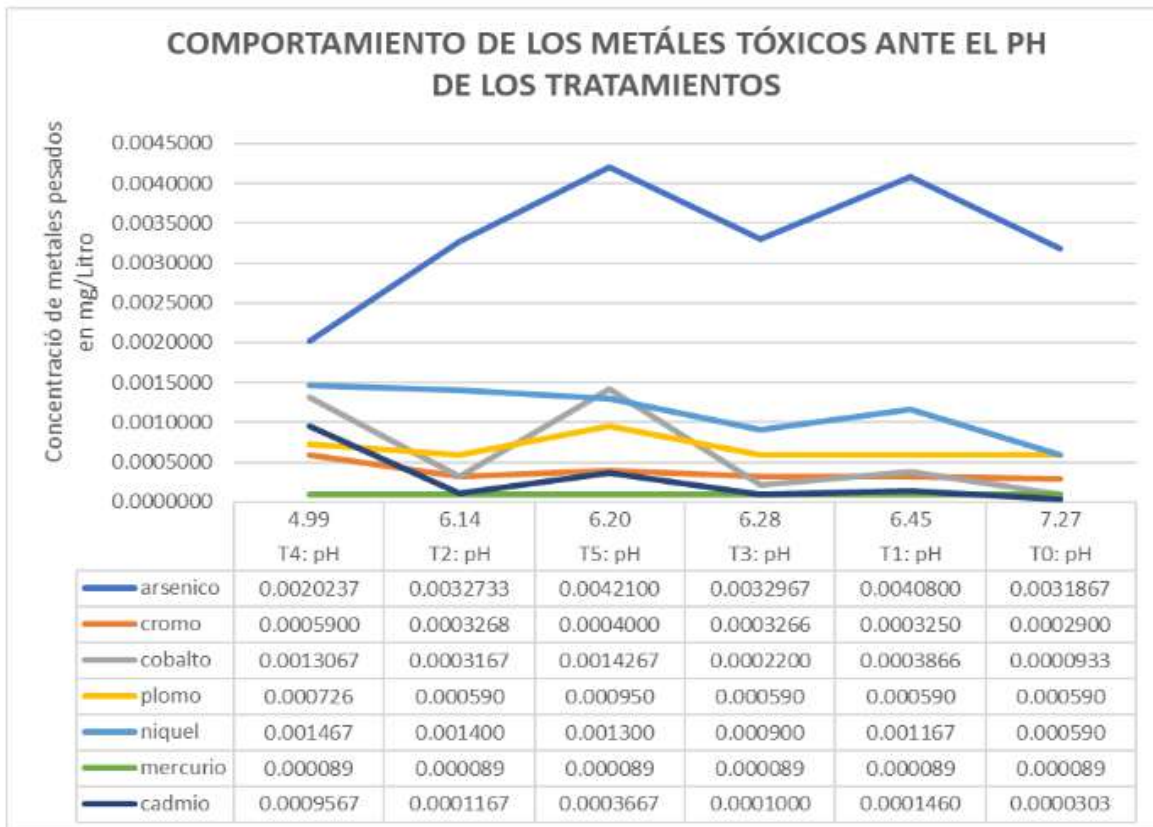
que usar agua del canal en estudio.

A pesar de no encontrarse concentraciones mayores a las ECAs que exige el MINAM, se puede apreciar que el movimiento o la disponibilidad de las concentraciones de metales pesados en las soluciones de los tratamientos en estudio se ve afectado y en sentidos diferentes, parece ser que los coloides de los fitorremediadores actúan adhiriendo a su estructura los metales pesados y esto varía según el pH que generan en la solución. Para el caso del arsénico a medida que el

pH disminuye, el arsénico se adhiere más al coloide y se encuentra menos libre o disponible en la solución. Comportamiento diferente se da para el caso de mercurio, plomo y cromo, que son despreciables su medición por encontrarse en concentraciones muy por debajo de las detectables por el sistema de medición.

Para los casos del cadmio, cobalto y níquel estos disminuyen más su adhesión a los fitorremediadores y se disponibilan o liberan más en el medio cuando el pH disminuye. Esto según la tabla figura N01.

Figura 1: Comportamiento de los metales tóxicos ante el pH de los tratamietos.



De encontrar la presencia de glifosato que sobre pase los límites máximos establecidos por el MINAM, determinar el

efecto de remediación de este contaminante usando vegetales cactus como *A. cartwrightianus* y *O. ficus indica*.

Ante los resultados para este experimento de los análisis en los cuatro meses del julio, agosto, setiembre y octubre de 2021 se encontró que la concentración de glifosato para los cuatro meses es < 0.001 mg/L. Se puede señalar que Los parámetros medidos de las aguas en el presente estudio están dentro de los rangos permitidos por las ECAs del MINAM, pero las ECAs del MINAM para el caso del glifosato no manifiesta los estándares que corresponden el glifosato, permitiendo así acogida a las normativas dadas por el OMS 2018 que recomienda usar estándares de toxicidad máximo de 0.9 mg/L para el glifosato y para el AMPA exige estándares de calidad máxima de 0.3 mg/kg de peso corporal dados por el Organismo Mundial de la Salud, 2018. (OMS, 2018, pag. 469), Esto en comparación a los valores de 0.1 μ g/L (microgramo por litro) para el glifosato y de 1.6 μ g/L (microgramo por litro) para el AMPA dados y usados por la comunidad europea en la actualidad (Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, 2022) pag, 17, nos pone en alerta de tener mucho cuidado y solicitar al MINAM que actualice sus estándares de calidad para el glifosato y el AMPA en nuestro país o retirarlo como lo ha hecho por países como Austria que tiene prohibido el uso de glifosato y Francia lo ha prohibido en algunos espacios públicos. (Congreso de la República del Perú, 2020) pag, 4.

Si bien en la actualidad hay una normativa política del estado peruano el proyecto de ley 5540/2020 C.R. que prohíbe el uso del glifosato en la agricultura a nivel de todo el Perú. Pero aún no ha sido publicado en el diario el peruano, Por lo tanto, en el Perú seguimos con los estándares de calidad señalados por el Organismo Mundial de la salud del 2018 que recomiendan al mundo

perfiles toxicológicos de 0.9 mg/l para el glifosato y para el AMPA de 0.3 mg/kg. (OMS, 2018, pag. 469)

Conclusiones

Respecto a la presencia de que la concentración encontrada de glifosato que sobre pase los límites máximos establecidos por el MINAM y la determinación del efecto de remediación de este contaminante usando vegetales cactus como *A. cartwrightianus* y *O. ficus indica*. Se encontró que las concentraciones detectadas y medidas eran de < 0.001 mg/L y comparando con la información dada por el Comité Científico sobre Riesgos Sanitarios, Ambientales y Emergentes (SCHERR) en la UE recomienda ECAs para el glifosato con valores de 0.1 μ g/L para agua dulce utilizada para la extracción y preparación de agua potable, pero el MINAM no muestra los valores de tolerancia, se puede asumir que cualquier valor de presencia de glifosato en las muestras estudiadas no es nocivo para la salud de los peruanos y es aceptable legalmente, cosa que se contrapondría a las medidas de restricción que se está tomando en la Comunidad Europea ante el uso para la agricultura del herbicida Glifosato y su AMPA donde ya lo está erradicando caso como Austria y España.

Viendo este conflicto de intereses que se ha generado donde se involucran transnacionales de mucho poder económico que tienen capacidad de influencia tan fuerte en la comunidad Económica Europea me permite concluir en no usar las aguas del canal en estudio para consumo humano y no recomendar el

uso del glifosato por parte de los agricultores de esta región Norte del País.

Referencias

- Farias, B., Marquez, A., & Guevara, E. (2022). Pobreza, Desigualdad Social y Vulnerabilidad a los Desastres en Venezuela. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 6(1), 51 - 65. doi:<https://doi.org/10.55467/reder.v6i1.84>
- Gadino., I., Sciandro., J., Taveira, G., & Goldberg, N. (2022). Tendencias y efectos socioambientales del desarrollo inmobiliario turístico en zonas costeras de Sudamérica. El caso de Región Este, Uruguay. *Revista EURE - Revista de Estudios Urbano Regionales*, 48(145), 1 - 23. doi:[doi:https://doi.org/10.7764/EURE.48.145.05](https://doi.org/10.7764/EURE.48.145.05)
- Gobierno Regional de Lambayeque. (2013). Zonificación Ecológica y Económica Bases para el Ordenamiento Territorial del Departamento de Lambayeque. Gobierno Regional de Lambayeque, Oficina de Planificación Estratégica y Ordenamiento Territorial de la Oficina Regional de Planeamiento. Chiclayo-Perú: Gobierno Regional de Lambayeque. Recuperado el 9 de 12 de 2020, de <https://ot.regionlambayeque.gob.pe/>
- González González, H. A., & Hernández Santana, J. R. (2016). Zonificación agroecológica del Coffea arabica en el municipio Atoyac de Álvarez, Guerrero, México. *Investigaciones Geográficas*, 105 - 118. doi:[dx.doi.org/10.14350/rig.49329](https://doi.org/10.14350/rig.49329)
- Banco Central de Reserva del Perú, S. (2021). Caracterización del departamento de Lambayeque. Banco Central de Reserva del Perú, Departamento de Estudios Económicos de la Sucursal Piura. Piura: Sucursal Piura del BCRP.
- Congreso de la República del Perú. (2020). Proyecto de Ley que promueve la agroexportación y la seguridad alimentaria nacional., (pág. 12). Lima. Obtenido de https://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/2016_2021/Proyectos_de_Ley_y_de_Resoluciones_Legislativas/PL05540_20200617.pdf
- De Martonne, E. (1935). Problèmes des régions arides sudaméricaines. *Annales de Géographie*(247), 1 - 27
- FAO. (1997). Zonificación Agroecológica. Guía general. Roma : FAO.
- FAO-ICARDA CACTUSNET. (2012). CACTUSNET NEWSLETTER. San Tiago del Estero- Argentina: CACTUSNET. Obtenido de <https://www.cactusnetwork.org/wp-content/uploads/2016/12/Issue13January2013.pdf#page=96>
- Gobierno Regional de Lambayeque. (2008). Plan Estratégico Regional del Sector Agrario de Lambayeque 2009 - 2015. Chiclayo: Gobierno Regional de Lambayeque.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2012). Resultados Preliminares IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Técnico, INEI, Lima.

- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). Lambayeque, resultados definitivos Censo de población 2017. INEI , Lima.
- Milanés Batista, C., Rodríguez Valdés, R., & Pérez Montero, O. (2009). Bases Para El Progreso De Los Programas De Ordenamiento Territorial en Zonas Costeras. *Ciencia En Su PC*, 16 - 26.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2022, 24 de abril). DECRETO SUPREMO QUE APRUEBA EL REGLAMENTO DE CLASIFICACIÓN DE TIERRAS POR SU CAPACIDAD DE USO MAYOR. Lima : Normas legales Diario El Peruano .
- Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. (2022). Glifosato en aguas continentales. Madrid , España. Obtenido de https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/informe-glifosato-julio-2022_tcm30-544631.pdf
- Morea, J. P. (2017). El ordenamiento territorial en los espacios protegidos costero-marinos Mar Chiquita y Bahía de San Antonio. Hacia una gestión sustentable del uso público. Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geografía y Turismo . Bahía Blanca - Argentina: CTRO.CIENTIFICO TECNOL.CONICET - MAR DEL PLATA. Recuperado el 6 de octubre de 2020, de <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/4335>
- Organismo Mundial de la Salud. (26 de abril de 2018). Sitio Web Mundial OMS. (OMS, Ed.) Recuperado el 16 de noviembre de 2020, de Sitio Web Mundial OMS: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/gdwq-4-anexo5-spa.pdf
- Proyecto Especial Olmos Tinajones . (2020). Actualización del inventario de la infraestructura hidráulica mayor del sistema Tinajones . Técnico, Gobierno regional de Lambayeque , Chiclayo.
- Reyna-Bowen, L., Reyna-Bowen, M., & Vera-Montengro, L. (2017). Zonificación del territorio para aplicar labranza de conservación mecanizada utilizando el enfoque de evaluación multicriterio. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 26(1), 40 - 49.
- Rodríguez Achung, F., Fachín Malaverri, L., & Encarnación Cajañaupa, F. (2007). Manual para la zonificación ecológica y económica a nivel macro y meso. Iquitos, Iquitos , Perú: Iquitos . Recuperado el 16 de abril de 2020, de <http://repositorio.iiap.gob.pe/handle/IIAP/295>
- SENAMHI. (2002). Método de Werren Thornthwaite, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI. Lima: SENAMHI.
- Universidad Nacional Autónoma de México. (2016). Determinación de la concentración de Glifosato en agua mediante la técnica de inmunoabsorción ligada a enzimas (ELIZA). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32(4), 399-406. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/370/37048362003/html/>