

Tratamiento de aguas residuales de un centro de beneficio avícola usando moringa oleifera

Sewage treatment of one poultry profit center using *Moringa oleifera*

Diana Moreno-Rodriguez¹, Daniel Lovera-Dávila², Jesus Villaca-Chipana³

Recibido: 16/02/2023 - Aprobado: 15/04/2023 – Publicado: 02/06/2023

RESUMEN

La industria avícola crece anualmente por su alta demanda comercial. Esta actividad necesita grandes cantidades de agua para sus procesos, que después de ser usada debe tratarse adecuadamente para poder ser vertida al alcantarillado. Por esta razón, hemos investigado el potencial de las semillas de moringa para tratar las aguas residuales de un centro de beneficio avícola. Tras procesar estas semillas, el extracto obtenido fue testeado, tomando como indicador inicial la turbidez, para determinar la dosis óptima. Luego se analizaron cuatro muestras en un laboratorio certificado. De estas, una muestra contenía agua sin tratamiento y tres, agua tratada con el extracto de moringa a distintas concentraciones (10 mg/l, 15 mg/l y 20 mg/l), todas extraídas de las pozas del centro de beneficio avícola, con el propósito de evaluar la eficiencia de la formulación en la remoción de DBO₅, DQO, SST, coliformes, amoníaco, aceites y grasas. Los resultados demostraron gran eficiencia de remoción y la obtención de agua de calidad mejorada.

Palabras claves: Moringa, agua, tratamiento, remoción, beneficio avícola.

ABSTRACT

The poultry industry is growing annually due to high commercial demand. This activity needs a high amount of water for its processes, which after being used must be treated properly to be discharged into the sewer. For this reason, we have investigated the potential of moringa seeds to treat wastewater from a Poultry Profit Center. After processing seeds, the extract obtained was tested, taking turbidity as an initial indicator to determine the optimal dosage. Four samples were then analyzed in a certified laboratory. Of these, one sample contained untreated water and three samples contained water treated with moringa extract at different concentrations (10mg/l, 15mg/l, and 20mg/l), all from the pools of the Poultry Profit Center; to evaluate the efficiency of the formulation in the removal of BOD₅, COD, SST, coliforms, ammonia, oils, and fats. The results showed high removal efficiency, indicating improved water quality.

Keywords: Moringa, water, treatment, removal, poultry profit.

1 Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Biológicas, Lima, Perú.

Autor para correspondencia: dianajoselin.moreno@unmsm.edu.pe - ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7209-493X>

2 Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Lima, Perú.

E-mail: dloverad@unmsm.edu.pe - ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2815-0716>

3 Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Química e Ingeniería Química, Lima, Perú.

E-mail: jesus.villaca@unmsm.edu.pe - ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0703-5022>

I. INTRODUCCIÓN

El sector avícola peruano orientado a la producción de carne, ave y huevos comerciales, representa el 25,4% de la estructura del valor bruto de la producción agropecuaria. El consumo peruano de carne de pollo por persona a nivel nacional en el año 2020 fue de 50,6 Kg/hab/año. Lima Metropolitana es la región con mayor consumo (72,6 Kg/hab/año). El pollo es el más importante proveedor de proteína animal a nivel nacional y regional (MIDAGRI, 2021).

La industria avícola continúa en crecimiento debido a su alta demanda comercial. Sin embargo, es una de las industrias que genera grandes cantidades de descargas de efluentes residuales no domésticos hacia el desagüe (Caldera, 2010). Estas descargas se caracterizan por tener altos niveles de materia orgánica (demanda química de oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO), por la presencia de proteínas y grasas, fibra, patógenos, productos farmacéuticos veterinarios y nitrógeno total, entre otros (Meiramkulova et al, 2020), así como vertidos líquidos de las etapas de escaldado, lavado y sanitización de equipos e infraestructura (Salas, 2008), que son contaminantes. Es riesgoso que estos efluentes se tiren al desagüe, vertederos o bajo tierra, porque contaminan la capa freática, los cuerpos de agua y el suelo.

Esta situación se da en empresas avícolas de todos los niveles, que deben buscar formas de cumplir los valores máximos admisibles (VMA), establecidos por el organismo fiscalizador, quienes señalan que las descargas de aguas residuales no domésticas tienen que cumplir lo estipulado en el DS N.º 010-2019-VIVIENDA. Al exceder estos valores de concentración el administrado debe pagar una multa adicional a su consumo normal de agua.

Para evitar este impacto ambiental negativo (Calderas, 2010), así como evitar una grave contaminación ambiental y las consiguientes tasas municipales de eliminación, las aguas residuales de mataderos avícolas deben tratarse eficazmente antes de verterlas al sistema municipal de alcantarillado o a las fuentes de agua dulce receptoras (Njaya et al. 2021). Con relación al tratamiento de los efluentes, los procedimientos de coagulación son aptos para la remoción de partículas, materia orgánica y patógenos, mejorando de forma significativa la calidad del agua y, por lo tanto, la salud (Miller, et al., 2008). Por esta razón, se hace trascendental la búsqueda de opciones naturales que generen coagulantes inocuos para el medio ambiente y a la vez, sean económicamente viables (Gabino, 2018; Ruiz-Marin et al., 2019).

En ese sentido, las semillas de moringa oleífera son consideradas como uno de los mejores floculantes naturales conocidos y se emplean ampliamente en la depuración y purificación de aguas fluviales y aguas turbias (Magaña, 2012). Además, Desta y Bote (2021) señalan que el uso de semillas pulverizadas de moringa oleífera en el tratamiento del efluente como coagulante podría aplicarse tanto a escala doméstica como industrial. Por ejemplo, se ha demostrado que tienen una inmensa capacidad de eliminación de sólidos en suspensión y reducen en gran medida la DQO

de las aguas residuales textiles (Agarwal et al., 2019) y resultan una opción eficiente y ambientalmente viable para el tratamiento de efluentes de la industria cosmética (Araújo et al., 2021). Este floculante tiene un mecanismo que permite la captura de partículas en suspensión dentro del agua, propiciando la adherencia de estas a la masa y su precipitación. El principio activo fue estudiado y purificado por laboratorios nicaragüenses según Price (2007). Por esta acción coagulante conocida en aguas naturales, se plantea que también pueda tener acción en las aguas residuales provenientes del proceso de beneficio de empresas avícolas.

El centro avícola ONASA S.A.C. posee una central de beneficio ubicado en el distrito de ATE (Lima, Perú), que descarga diariamente un caudal entre 7 – 9 m³ de aguas residuales provenientes de sus procesos industriales. Estas aguas solo pasan por trampas y filtros que retienen plumas, vísceras y materias de mediano tamaño, pero no reciben un tratamiento adicional para tratar las materias de menores dimensiones. Al finalizar este proceso, son descargados al desagüe público causando contaminación. Sin embargo, si recibieran un tratamiento adicional, podrían disponerse sin peligro de contaminación al medio ambiente o reutilizarse para otros usos, por ejemplo: agua con fines de riego de vegetales (categoría 3, D1) o agua para bebida de animales (categoría 3, D2) (MINAM, 2017), en este caso el de las propias aves que se crían en este sector productivo.

Considerando que ya se ha demostrado la efectividad de las semillas de moringa oleífera en el tratamiento de efluentes residuales, el presente trabajo pretende demostrar el potencial de uso de estas semillas para tratar aguas residuales provenientes de la central de beneficio de una empresa avícola.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Diseño experimental

Un grupo con pruebas simultáneas de 4 muestras diferentes en el ensayo:

$$X = M1 \times M2 \times M3 \times M4$$

Donde:

GE: Grupo experimental (muestra de investigación)

Muestra 1: Agua residual sin tratamiento.

Muestra 2: Agua residual con moringa 10 mg/l.

Muestra 3: Agua residual con moringa 15 mg/l.

Muestra 4: Agua residual con moringa 20 mg/l.

X = Aplicación del experimento.

2.2. Obtención de las muestras

Se extrajeron 4 muestras de aguas residuales de 4 L cada una, provenientes de las dos pozas donde se vierten los efluentes finales generados por el proceso de beneficio del centro avícola ONASA S.A.C. ubicado en el distrito de Ate, provincia de Lima, Perú. Para la toma de muestras se utilizaron frascos de polietileno de un litro, que fueron enjuagados por lo menos tres veces. Cada frasco fue debidamente rotulado.



Figura 1. Pozas del centro de beneficio avícola ONASA

2.3. Obtención del coagulante natural de moringa oleifera

Se colectaron semillas del árbol de moringa sembrado dentro del campus de la UNMSM. Se descascaran estas semillas, luego se extrae con una máquina extractora, su aceite vegetal, que se almacenó, pues no se usa para este proceso. La torta de moringa residual se deja secar a temperatura ambiente durante 24 h. A continuación, se trituró de forma manual y se mezcló con una solución salina de NaCl al 1% (58 g) en un litro de agua. (Feria & Estrada, 2014), con el propósito de extraer el principio activo de la harina de moringa. Luego, se añadió 1000 mL de agua destilada a la solución salina mezclada con moringa y por último se colocó en el agitador magnético toda la mezcla durante 10 minutos a 6000 rpm. Terminado el proceso, se obtuvo una masa pastosa, la cual fue filtrada con un papel filtro de 15 micras, fue este el proceso para realizar el tratamiento.

2.4. Tratamiento de muestras con moringa

Para determinar las condiciones óptimas del extracto preparado, se realizaron una serie de seis ensayos con diferente dosificación del coagulante (5, 10, 15, 20, 30 y 40 mg/l) mediante el Test de Jarras, con un tiempo de agitación de 2 minutos a 150 RPM y 3 repeticiones. Se midió la temperatura, pH y TDS con un multiparámetro HANNA, y se eligieron las tres muestras que obtuvieron los mejores resultados (dosificaciones de 10, 15 y 20 mg/l) en la reducción del TDS, pues con respecto a la temperatura y el pH estos casi no variaron. A continuación, estas muestras fueron llevadas a un laboratorio certificado para medir los parámetros críticos definidos y descubrir la dosificación del extracto de moringa que mejor resultado provee para tratar las aguas residuales provenientes del beneficio avícola.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Luego de encontrar las condiciones óptimas de la formulación como sustancia coagulante en el proceso de purificación, se lleva a cabo la evaluación de la eficiencia de la formulación en la remoción de aceites y grasas, DBO₅,

DQO, nitrógeno amoniacal, sólidos suspendidos totales (SST) y coliformes totales. Las muestras se analizaron en el laboratorio certificado de la consultora ambiental Servicios Analíticos Generales, con el informe de ensayo N.º 141410. En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos a partir de la medición de los parámetros de calidad ambiental para las aguas residuales del centro avícola en estudio.

Para determinar la influencia y el potencial de la moringa para la remoción de contaminantes presentes en las aguas residuales provenientes del proceso de beneficio, se han analizado los resultados de laboratorio de una muestra control (0 mg/L) y 3 muestras con distintas dosis de extracto de moringa (10 mg/L, 15 mg/L y 20 mg/L), para los parámetros contemplados en la Tabla 1. Asimismo, se ha realizado la comparación considerando la normativa vigente nacional (Tabla 2), donde se detallan los valores máximos admisibles (VMA) según el Decreto Supremo N.º 010-2019-VIVIENDA, que analiza las descargas de aguas residuales no domésticas y los límites máximos permisibles (LMP), según el DS N.º 004-2017-MINAM, que evalúa los estándares de calidad ambiental para el agua con fines de riego de vegetales (categoría 3, D1, LMP 1) y para bebida de animales (categoría 3, D2, LMP 2). Por último, se han valorado en porcentajes los parámetros de acuerdo al nivel de remoción usando la moringa con respecto al control (Tabla 3) y de acuerdo al nivel de remoción respecto a los VMA, según la normativa nacional vigente (Tabla 4).

3.1. Aceites y grasas (HEM)

El resultado del control excede los valores máximos admisibles casi al doble, lo cual es lo esperado en aguas de esta naturaleza, pues el lavado de las vísceras de las aves causa grandes descargas de grasas en el agua. Sin embargo, tras los tratamientos con el extracto concentrado de semillas de moringa a diferentes concentraciones, se puede observar una amplia disminución; sobre todo en la muestra del tratamiento 2 (15 mg/L) pues logra una reducción en un 83.5%, le sigue la muestra del tratamiento 1 con una reducción del 76% y por último, en la muestra del tratamiento

Tabla 1. Resultados de ensayo

Ensayo	Unidad	Control 0 mg/L	O1 10 mg/L	O2 15 mg/L	O3 20 mg/L
HEM	mg/L	196.2	47.4	32.3	108
DBO ₅	mg/L	984.3	499.5	364.14	761.5
DQO	O ₂ mg/L	1330	718	637	1001
NA	NH ₃ +-N mg/L	6.27	5.19	5.71	5.96
SST	mg/L	326	160	90	297
NCT	NMP / 100mL	920 x 10 ⁶	362 x 10 ⁶	350 x 10 ⁶	845 x 10 ⁶

Tabla 2. VMA y LMP de acuerdo con normativa vigente peruana

Ensayo	VMA	LMP1	LMP2
HEM	100	5	10
DBO ₅	500	15	15
DQO	500	40	40
NA	80	-	-
SST	500	-	-
NCT	1000	1000	1000

3 se logró una reducción de casi el 50%. Es posible que la reducción en la disminución de la contaminación por grasas se deba a que luego de que la moringa alcanza su concentración óptima, empieza a bajar su actividad debido a que experimenta saturación, esta relación es explicada por Merdana et al. (2021), quien resalta que el uso excesivo de coagulante hace que la solución se sature demasiado con impurezas como resultado.

3.2. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

El resultado de la muestra control de este parámetro está por encima de los VMA en casi al doble y 65 veces por encima de los LMP, lo cual indica severa contaminación orgánica, pero tras el tratamiento se observa disminución; sobre todo en las muestras de los tratamientos 1 y 2, pues se encuentran por debajo del VMA, aunque no logran estar dentro de los LMP. Por último, la muestra O3 logró una reducción del 23%, pero no está dentro del VMA. Otra vez se intuye saturación por aumento de la dosis de moringa.

3.3. Demanda química de oxígeno (DQO)

En este parámetro, todas las muestras están por encima del VMA y de los LMP, a pesar de ello se aprecia una reducción en el nivel de contaminación, que sigue la misma tendencia que los parámetros anteriores; el mejor resultado el de 15 mg/L. Según Al-Gheethi et al. (2017), las proteínas existentes en la semilla de moringa fomentan su capacidad para degradar compuestos orgánicos, coadyuvando al deterioro de la materia orgánica y, por lo tanto, provocando la disminución de DQO. En los ensayos se observó que el proceso de degradación requiere un largo período para permitir la eliminación sustancial de este parámetro.

3.4. Nitrógeno amoniacal (NA)

Todas las muestras están por debajo de los VMA, aunque las que recibieron tratamiento con la moringa tienen una

leve reducción del parámetro medido, lo cual indica una mejora. No se encontró los LMP para el agua destinada al riego de vegetales o para consumo de animales. En este parámetro la muestra O1 posee mejor resultado.

3.5. Sólidos suspendidos totales (SST)

Todas las muestras están por debajo del VMA, aunque con el tratamiento 2 en base a moringa tenemos una reducción de casi 4 veces con respecto al control, lo cual indica una mejora en transparencia del agua. Además, se observa la misma tendencia de reducción en las muestras con moringa, al igual que en los parámetros anteriores. Con respecto a los LMP, no se encontró este parámetro en los reglamentos correspondientes.

3.6. Numeración de coliformes totales (NCT)

El control está muy cerca del VMA y los LMP, lo cual indica contaminación microbiológica, pero tras el tratamiento se observa una reducción al 845 x 10⁶ (O3) y mejores resultados en O1 y O2, pues se reduce en casi la tercera parte, encontrándose por debajo de los LMP del agua apta para el riego y para la bebida de los animales.

3.7. Evaluación general

El resultado final de los parámetros estudiados indica que se ha obtenido agua de calidad mejorada en las 3 muestras tratadas con el extracto de moringa, pero a diferentes porcentajes, los cuales se recogen en la Tabla 3, que considera el porcentaje de reducción de cada parámetro de las muestras tratadas (O1, O2 y O3) con referencia al control; obteniendo el promedio de reducción por cada muestra estudiada. Adicionalmente, en la Tabla 4 se ha comparado el nivel de reducción con la normativa nacional vigente, respecto a los VMA (aguas residuales no domésticas).

Se calcula que, tras el tratamiento con el extracto de moringa se ha conseguido agua de calidad mejorada y se obtuvo una reducción de contaminantes en un 50% para la concentración de la muestra O1 (10 mg/L), en un 57% para la concentración de la muestra O2 (15 mg/L) y una disminución del 19% para la muestra O3 (20 mg/L). Asimismo, el parámetro de aceites y grasas obtiene la mejor eficiencia en su reducción (68.11%). Todos los demás parámetros (DBO₅, DQO, SST y NCT) tienen una eficiencia de reducción promedio que oscila entre el 40.96% y el 44.97%. El único parámetro que presenta una reducción baja es el de nitrógeno amoniacal (10.36%). Al obtener diversos resultados, según la dosificación del coagulante de la moringa, se evidencia su influencia en la remoción de los contaminantes estudiados, dado que está en función de la concentración de su coagulante, obteniendo mejor eficiencia de reducción el del tratamiento O2 (15 mg/L).

Al realizar la comparación de los resultados aplicando el tratamiento de la moringa respecto a la normativa vigente para los VMA, se ha obtenido que la mayoría de los parámetros medidos (excepto DBO₅ y DQO) se encuentran por debajo de los valores máximos admisibles, con valores que están entre los 37.43 y 481 puntos, los cuales también contrastan con los resultados del control. En relación a los parámetros de demanda bioquímica y química de oxígeno, estos no han logrado reducirse por debajo de sus VMA respectivos; sin embargo, si comparamos con la muestra de control sí se ha logrado una reducción significativa. Es posible, que esto ocurra porque las aguas con descargas de la actividad avícola tienen una alta carga orgánica que es muy difícil de reducir, en especial empleando un tratamiento también orgánico, como la moringa.

IV. CONCLUSIONES

Se observa mayor acción contra aceites y grasas, pues el contraste de resultados es más fuerte que en los demás parámetros, ya que de poseer valores muy por encima de los VMA y LMP, tras el tratamiento con la formulación, se observa una reducción contundente por debajo del VMA para su disposición en el alcantarillado y cerca al LMP2 (bebida para animales).

Todos los parámetros (excepto amonio) tienen una tendencia de reducción en forma de parábola, pues el control está expresado en niveles altos, luego experimenta reducción en O1, después mayor reducción en O2 y moderado aumento en O3. Es posible que esto se deba a que cuando la moringa alcanza su concentración óptima, empieza a bajar su actividad debido a que experimenta saturación.

Tras el tratamiento con el extracto de moringa, se ha obtenido agua de calidad mejorada, obteniendo una reducción de contaminantes en un 50% para la concentración de la muestra O1 (10 mg/L), en un 57% para la concentración de la muestra O2 (15 mg/L) y una disminución del 19% para la muestra O3 (20 mg/L). Así pues, la influencia de la moringa en la remoción de los contaminantes estudiados está en función de la concentración de este coagulante, brindando mejores resultados el de 15 mg/L.

Por último, se evidencia el potencial de uso de la moringa en el tratamiento de aguas residuales del beneficio avícola para su disposición segura en el alcantarillado, pero se necesita un tratamiento adicional para superar los VMA y LMP en DBO₅ y DQO; y así poder reutilizarlas en el riego de plantas o como bebida para animales.

Tabla 3. Resultados de evaluación

Ensayo	O1	O2	O3	Total
HEM	-75.84%	-83.54%	-44.95%	-68.11%
DBO ₅	-49.25%	-63.01%	-22.64%	-44.97%
DQO	-46.02%	-52.11%	-24.74%	-40.96%
NA	-17.22%	-8.93%	-4.94%	-10.36%
SST	-50.92%	-72.39%	-8.90%	-44.07%
NCT	-60.65%	-61.96%	-8.15%	-43.59%
Total	-50%	-57%	-19%	-42%

Tabla 4. Comparativa respecto al VMA (DS N.º 010-2019-VIVIENDA)

Ensayo	VMA	Control	O1	O2	O3	Total (O1,O2,O3)
HEM	100	+96.2	-52.6	-67.7	+8	-37.43
DBO ₅	500	+484.3	-0.5	-135.86	+261.5	+125.14
DQO	500	+830	+218	+137	+501	+285.33
NA	80	-73.33	-74.81	-74.29	-74.04	-74.38
SST	500	-174	-340	-410	-203	-317.67
NCT	1000	-80	-638	-650	-155	-481

V. REFERENCIAS

- Agarwal, V., Dixit, D., & Bhatt, M. J. (2019). *Use of Moringa oleifera Seeds as a Primary Coagulant in Textile Wastewater Treatment. In Waste Management and Resource Efficiency* (pp. 1231–1236). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7290-1_102
- Al-Gheethi, A., Mohamed, R., Wurochekke, A., Nurulainee, N., Mas Rahayu, J., & Amir Hashim, M. (2017). *Efficiency of Moringa oleifera Seeds for Treatment of Laundry Wastewater. MATEC Web of Conferences, 103*, 06001. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710306001>
- Araújo, N. S., Souza, N. F., de Lima-Faria, J. M., Paz, A. T., Scalize, P. S., de Sabóia-Morais, S. M., Junior, H. C., & da Conceição, E. C. (2022). *Treatment of cosmetic industry wastewater by flotation with Moringa oleifera Lam. and aluminum sulfate and toxicity assessment of the treated wastewater. Environmental science and pollution research international, 29*(1), 1199–1209. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15722-4>
- Caldera, Yaxcelys, Gutiérrez, Edixon, Luengo, Mirvia, Chávez, Javier, & Ruesga, Leopoldo. (2010). *Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales de industria avícola. Revista Científica, 20*(4), 409-416. http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0798-22592010000400011&script=sci_arttext
- Desta, W. M., & Bote, M. E. (2021). *Wastewater treatment using a natural coagulant (Moringa oleifera seeds): optimization through response surface methodology. Heliyon, 7*(11), e08451. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08451>
- Feria Díaz, Jhon Jairo, Bermúdez Roa, Sixto, & Estrada Tordecilla, Ana María. (2014). *Eficiencia de la semilla de moringa oleifera como coagulante natural para la remoción de la turbidez del río Sinú. Producción + Limpia, 9*(1), 9-22. Retrieved April 25, 2023, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552014000100001&lng=en&tlng=es
- Gabino C., Lizeth R. (2018). *Opuntia ficus-indica como coagulante para remoción de sólidos suspendidos totales del efluente de beneficio en avícola La Chacra. 2018*. [Tesis Título Profesional] Universidad Continental, EAP Ing. Ambiental, Huancayo. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/5029>
- Meiramkulova, K., Jakupova, Z., Orynbekov, D., Tashenov, E., Kydyrbekova, A., Mkilima, T., & Inglezakis, V.J. (2020). Evaluation of electrochemical methods for poultry slaughterhouse wastewater treatment. *Sustainability 2020, 12, 5110*. <https://doi.org/10.3390/su12125110>
- Merdana, I. M., Suada, I. K., Watiniasih, N. L., Sudira, I. W., Sudimartini, L. M., Ani, N. L. S., & Budiasa, K. (2021). *Improving the quality of wastewater in traditional chicken slaughterhouses using moringa seed powder. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 673*(1), 012028. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/673/1/012028/>
- Njoya, M., Basitere, M., Ntwampe, S. K. O., & Lim, J. W. (2021). *Performance evaluation and kinetic modeling of down-flow high-rate anaerobic bioreactors for poultry slaughterhouse wastewater treatment. Environmental science and pollution research international, 28*(8), 9529–9541. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11397-5>
- Magaña Benítez, Wilberth (2012). *Aprovechamiento poscosecha de la Moringa (Moringa oleifera)*. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 13(2), 171-174. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81325441010>
- Miller, S. M., Fugate, E. J., & Zimmerman, J. B. (2008). *Toward understanding the efficacy and mechanism of Opuntia spp. as a natural coagulant for potential application in water treatment*. Environmental science & technology, 42(12), 4274–4279. <https://doi.org/10.1021/es7025054>
- MIDAGRI. (2021). *Sistema Integrado de Estadística Agraria*. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/informes-publicaciones/1763887-boletin-estadistico-mensual-del-sector-avicola-2021>
- MINAM. (2017). Decreto Supremo N.º 04/2017, que aprueba el Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias. El Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/3671-004-2017-minam>
- VIVIENDA (2019). Decreto Supremo N.º 10/2019, que aprueba el Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario. El Peruano, 958: 1-45. <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/272120-010-2019-vivienda>
- Price, M. L. (2007). The moringa tree. *ECHO technical note, 17391*, 1-19. <https://allaboutmoringa.info/wp-content/uploads/2020/11/Ebook-The-Moringa-Tree-echo.pdf>
- Ruiz-Marin, A., Canedo-Lopez, Y., Narvaez-García, A., Zavala-Loria, J. del C., Dzúl-López, L. A., Sámano-Celorio, M. L., Crespo-Alvaréz, J., García Villena, E. & Agudo-Toyos, P. (2019). *Harvesting Scenedesmus obliquus via Flocculation of Moringa oleifera Seed Extract from Urban Wastewater: Proposal for the Integrated Use of Oil and Flocculant. Energies, 12*(20), 3996. <https://doi.org/10.3390/en12203996>
- Salas, Gilberto y Condorhuamán, Cesario. (2008). *Tratamiento de las aguas residuales de un centro de beneficio de ganado*. Revista Peruana de Química e Ing. Química, 11(1): 29-35. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/4885>

Contribución de autoría

Conceptualización: Diana Moreno Rodríguez; Curación de datos: Diana Moreno Rodríguez; Análisis formal: Diana Moreno Rodríguez; Adquisición de fondos: Diana Moreno Rodríguez, Investigación: Jesus Villaca Chipana ; Metodología: Daniel Lovera Dávila; Administración del proyecto: Diana Moreno Rodríguez; Recursos: Daniel Lovera Dávila; Supervisión: Daniel Lovera Dávila; Validación: Daniel Lovera Dávila; Visualización: Jesus Villaca Chipana; Redacción - borrador original: Diana Moreno Rodríguez; Redacción - revisión y edición: Jesus Villaca Chipana.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses