

Evaluación de la eficacia de la cáscara de huevo como sistema de tratamiento de aguas ácidas para áreas rurales

Evaluation of the efficacy of the eggshell as an acid water treatment system for rural areas

Alejandra Torres¹, Eurys Trejo¹, Viccelda Domínguez^{1*}

¹Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería Civil, Panamá

Fecha de recepción: 29 de enero de 2024. **Fecha de aceptación:** 30 de septiembre de 2024.

***Autor de correspondencia:** viccelda.dominguez@utp.ac.pa

Resumen. En Panamá, un 84.6% de los hogares cuenta con un servicio de saneamiento de aguas de nivel básico, pero solo un 65.3% de las zonas rurales cumple con ese nivel. Uno de los parámetros tomados en cuenta en Panamá para determinar que el agua puede ser consumida por la población es que su potencial de hidrógeno (pH) se encuentre dentro de un rango de nivel desde 6.5 hasta 8.5. La metodología utilizada fue la medición de pH de diversas muestras de aguas ácidas que fueron contaminadas con concentrado de ácido sulfúrico durante siete días. Los primeros resultados fueron positivos, lográndose llegar al rango de pH aceptable desde el día uno con un mínimo de 6.50. Se fueron evaluando los cambios que sucedieron durante los seis días restantes, todos manteniéndose dentro del rango de 6.5 a 8.5.

Palabras clave. Aguas ácidas, agua potable, cáscara de huevo, potencial de hidrógeno.

Abstract. In Panama, 84.6% of households have a basic level water sanitation service, but only 65.3% of rural areas meet that level. One of the parameters considered in the country to determine that the water can be consumed by the population is, its pH is within a range from 6.5 to 8.5. The methodology used was the measurement of pH of various acid water samples that were contaminated with concentrated sulfuric acid for 7 days. The first results were positive, reaching the acceptable pH range from day 1 with a minimum of 6.50. The changes that occurred during the remaining 6 days were evaluated, all remaining within the range of 6.5 to 8.5.

Keywords. Acid water, drinking water, eggshell, hydrogen potential.

1. Introducción

El huevo de gallina es uno de los alimentos más consumidos a nivel mundial, siendo producido y distribuido en toneladas para suplir con la alta demanda. Países como China, India, Indonesia, Estados Unidos de América y Brasil son quienes ocupan los cinco primeros lugares en su producción a nivel mundial. En Panamá, tan solo en el 2021, se produjeron 759,380 huevos [1]. El problema de este alimento, en cualquiera de sus preparaciones, es el desecho que dejan tras su consumo: su cáscara. La cáscara de huevo tiene como objetivo proteger la yema y la clara que se encuentran adentro, pero una vez el huevo se ha consumido como alimento, pierde su propósito. El principal componente de la cáscara de huevo es el carbonato de calcio en un 93.6%, este compuesto es altamente utilizado para el tratamiento de suelos puesto que permite una mayor permeabilidad en estos, aumentando su

fertilidad [2] [3]. Esto último, sumado al potencial de hidrógeno (pH) de 12.1 de la cáscara de huevo, convierte a este desecho en un objeto de estudio para el mejoramiento de tierras ácidas en países como Perú [4] [2] [5].

También, se han realizado estudios en los que se evalúa el potencial que tiene la cáscara de huevo para estabilizar las aguas ácidas, pero estos carecen de una evaluación a largo plazo, siendo que se centran más en el efecto inmediato que tiene la cáscara de huevo en contacto con las aguas ácidas que en los posibles cambios que podrían suceder luego de que la cáscara sea mezclada con las muestras de agua [6].

El agua es un recurso de gran importancia, siendo utilizado en diversas industrias como la alimentaria o la minera, entre muchas otras, y fuera de su uso industrial, se debe considerar que este es vital para el ser humano, pudiendo afectar

gravemente su salud si no es tratada de manera correcta, ya que puede convertirse en foco de microorganismos causantes de enfermedades capaces de provocar la muerte [7] [8] [9].

No todos los microorganismos son dañinos para la salud, algunos, como los son los microorganismos eficaces, suelen emplearse en la limpieza del agua, ya que pueden contribuir a la separación de sólidos en los líquidos, pero necesitan mantenerse en un rango entre 5.5 y 8.5 para crecer en óptimas condiciones, si el agua llega a niveles extremadamente ácidos, las poblaciones de estos microorganismos pueden ser erradicadas completamente [10].

El agua potable es la que no causa enfermedades y que posee un nivel aceptable de calidad ya que fue sometida a algún tratamiento o purificación, y, por ende, es apta para el consumo humano, pero también se deben tomar en cuenta factores como la cantidad, continuidad, cobertura, costos y demás aspectos que encierran el concepto de cumplimiento para la potabilidad del agua [9].

Uno de los objetivos de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) para el desarrollo sostenible es garantizar la disponibilidad del agua, su gestión y saneamiento, debido a que, a nivel mundial, más de un 40% de la población no tiene acceso al agua potable y se prevé que esto vaya en aumento. Para el 2030, la ONU espera dar apoyo a la ampliación de actividades y programas relacionados al uso, captación, desalinización, tratamiento y saneamiento del agua [11].

En Latinoamérica y el Caribe un 93% de la población tiene un acceso básico al agua, y un 77% se encuentra libre de contaminación [12]. En Panamá, el Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAAN) posee 56 plantas potabilizadoras a nivel nacional, estas distribuyen 500 millones de galones de agua cada día [13]. Aun con esto, no se puede dar una conclusión definitiva sobre estas plantas de tratamiento debido a que casi un 50% de hogares reportan que el servicio es intermitente, mientras que otro reducido porcentaje expresa no recibir agua de la red de abastecimiento [12] [14].

Además, en Panamá, para el 2020, un 84.6% de los hogares contaba con un servicio de saneamiento de nivel básico, pero solo un 65.3% de las zonas rurales cumplía con ese nivel, a diferencia del 93.5% de las zonas urbanas que lo cumplían [15]. Tomando en cuenta que una de las industrias que más contamina las aguas es la agropecuaria, que es la que se suele desarrollar en las zonas rurales, factores como las siembras con abonos mal procesados y la mala disposición de las aguas residuales producidas pueden afectar la calidad del agua, puede inferirse que el sector más vulnerable ante las enfermedades es el rural [9].

El Estado Panameño reconoce que el agua es un bien importante y escaso y que no toda la población goza del derecho humano fundamental al acceso del agua potable, por lo cual ha emitido diversos reglamentos de carácter técnico que tratan de garantizar que el agua distribuida cumpla con diversos parámetros siendo uno de estos los fisicoquímicos, que establecen que el agua potable debe cumplir con un pH con un mínimo de 6.5 hasta un máximo de 8.5, según el reglamento de la DGNTI-COPANIT 21-2019 [16].

2. Materiales y métodos

La metodología se enfocó en medir el comportamiento del pH de dos tipos de agua: a) agua destilada simple y b) agua destilada contaminada con ácido sulfúrico, para determinar la eficacia de la cáscara de huevo al tener que tratar un nivel de ácidos alto, simulando casos graves en los que se podrían encontrar cuerpos de agua sin tratamiento alguno en zonas rurales de Panamá. A continuación, se describen los materiales y métodos utilizados para el desarrollo del experimento.

2.1 Materiales y equipo

Para preparar las cáscaras de huevo se utilizaron los siguientes equipos y materiales:

- Procesadora de alimentos de la marca Proctor Silex.
- Licuadora de la marca Coby.
- Balanza analítica de la marca OHAUS modelo PA 214C.
- Envase de vidrio.
- Agua destilada.

Para tratar y almacenar las muestras de agua contaminada se utilizaron los siguientes equipos y materiales:

- pH metro de alta precisión marca KETOTEK.
- Envases de vidrio.
- Pipeta y bomba.
- Olla.
- Taza medidora marca Pyrex.
- Jeringas de plástico.
- Aplicación del clima para celular.
- Concentrado de ácido sulfúrico.
- Agua destilada.
- Plástico transparente de cocina.

2.2 Procedimiento

Para el experimento, se siguió el modelo metodológico presentado en la figura 1, dividiéndose el proceso en tres: 1) la recolección y el tratamiento de las cáscaras de huevo, 2) la preparación inicial del agua destilada y 3) los controles tanto de niveles de pH como la temperatura ambiente.

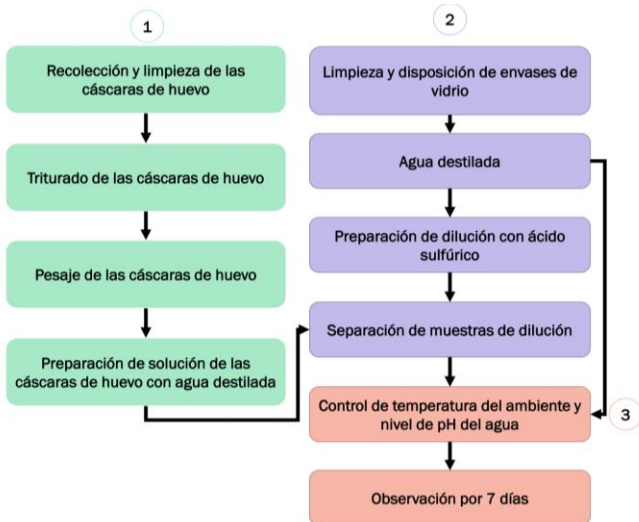


Figura 1. Modelo metodológico de la evaluación de la cáscara de huevo como sistema de tratamiento de aguas.

2.2.1 Primer paso – procesamiento de las cáscaras de huevo

La recolección de la cáscara de huevo se fue realizando al mismo tiempo que su limpieza para evitar malos olores, dejándoles secar al aire libre y bajo el sol. Se recolectó la cáscara de 27 huevos, estas fueron trituradas primero con las manos luego por un procesador de alimentos en pequeñas tandas para que pudieran ser trituradas como se muestran en la figura 2, por último, volvieron a triturarse en una licuadora de cocina hasta que quedaran hechas polvillo. La cáscara fue pesada en una balanza analítica obteniéndose aproximadamente 200 g, luego esta fue vertida en 200 ml de agua destilada como se muestra en la figura 3. Se realizó una proporción de 1 ml de agua destilada por 1 g de cáscara de huevo para la solución [6].



Figura 2. Trozos de cáscara de huevo triturados con las manos dentro del procesador de alimentos.

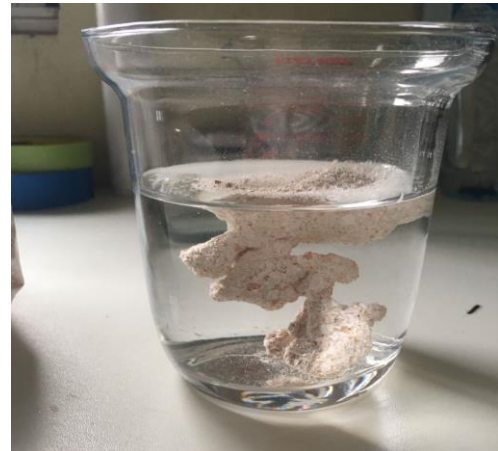


Figura 3. Cáscara de huevo siendo vertida en el agua destilada.

2.2.2 Segundo paso – muestra de agua

Para la preparación del agua contaminada con concentrado de ácido sulfúrico se consiguieron envases y una taza medidora de vidrio que fueron esterilizados en una olla con agua hirviendo, los envases fueron posteriormente rotulados para su identificación. Se utilizaron quince envases de vidrio para todo el experimento.

A seis de los envases se les echó 50 ml de agua destilada simple, estos fueron separados de los demás para ser utilizados como control: tres de estos no fueron sometidos a nada más que a la toma de pH; los otros tres, aunque no fueron contaminados con ácido sulfúrico, se les agregó cáscara de huevo para aumentar su pH después de tener listas las muestras con ácido sulfúrico.

La dilución de ácido sulfúrico se obtuvo utilizando una gota del ácido concentrado y agua destilada. Puesto que el ácido sulfúrico puro tiene un pH menor a 1.00 [17], se necesitó verter constantemente agua destilada dentro de la misma taza medidora para incrementar el pH hasta lograr tres diluciones distintas con pH de 3.00, pH de 4.04 y pH de 5.14, obteniéndose 150 ml de cada dilución para repartirlas entre tres envases de vidrio, quedando cada envase con una muestra de 50 ml.

2.2.3 Tercer paso – controles de pH y temperatura

El último paso fue verter en cada muestra de dilución y en tres de los envases de agua destilada sin contaminar la solución de cáscara de huevo con una jeringa hasta lograrse un pH en el rango aceptable de entre 6.5 y 8.5 en cada uno de los envases, vertiéndose la misma cantidad de ml de solución en los envases que contenían el mismo nivel de pH entre sí.

Se registró la temperatura ambiente cada 24 horas durante 7 días, asegurándose de que cada muestra se mantuviera con un pH estable al alejarlos de cualquier fuente de calor o frío, realizándose y conservándose el experimento en un ambiente templado siendo tapados tras cada control con plástico de cocina.

3. Resultados y discusión

3.1 Resultados del día 1

Los resultados iniciales con y sin solución de cáscara de huevo del día 1 son presentados en la tabla 1, estos fueron tomados en un día con temperaturas que rondaban los 26°C. La solución de la cáscara de huevo cambió de inmediato el pH de las muestras de agua, por lo que el tiempo para el aumento no fue relevante. Estos valores cumplen con los establecidos por el reglamento de la DGNTI-COPANIT 21-2019.

Tabla 1. Resultados del día 1

Envase		pH inicial (sin solución)	Solución (ml)	pH final (con solución)
Tipo	Número			
Control (sin nada)	1	6.74	-	6.74
	2	6.70	-	6.70
	3	6.68	-	6.68
Control (Con huevo)	4	6.68	0.30	7.30
	5	6.72	0.30	7.21
	6	6.76	0.30	7.26
pH de 5.14	7	5.39	0.20	7.16
	8	5.33	0.20	7.12
	9	5.33	0.20	7.16
pH de 4.04	10	4.08	1.30	7.30
	11	4.08	1.30	7.33

Envase		pH inicial (sin solución)	Solución (ml)	pH final (con solución)
Tipo	Número			
	12	4.06	1.30	7.26
pH de 3.00	13	3.06	3.00	6.80
	14	3.05	3.00	6.63
	15	3.06	3.00	6.50

En la tabla 2 se presentan los porcentajes de incremento comparando los iniciales con los finales, estos porcentajes coincidieron proporcionalmente con las cantidades de solución de cáscara de huevo que se utilizó para cada tipo de muestra en la que fue utilizada la solución de cáscara de huevo.

Tabla 2. Porcentajes de incremento de pH en muestras con solución de cáscara de huevo del día 1

Envase		Diferencia de pH	% de Incremento
Tipo	Número		
Control (Con huevo)	4	0.62	9.28
	5	0.49	7.29
	6	0.50	7.40
pH de 5.14	7	1.77	32.84
	8	1.79	33.58
	9	1.83	34.33
pH de 4.04	10	3.22	78.92
	11	3.25	79.66
	12	3.20	78.82
pH de 3.00	13	3.74	122.22
	14	3.58	117.38
	15	3.44	112.42

Al haberse necesitado una mayor cantidad de solución, las muestras con un pH de 3.00 fueron las que mostraron el cambio más grande, pero las muestras con un pH de 4.04 tampoco arrojaron cifras poco significativas y puede suponerse que de haberse utilizado muestras con un pH menor a 3.00, igualmente se hubiera obtenido un resultado positivo e incluso con un porcentaje de incremento mayor.

3.2 Resultados de los días 2, 3 y 4

La evaluación se continuó durante otros 6 días más en los que los controles con el pH metro se realizaron cada 24 horas bajo temperaturas ambientales que oscilaron entre los 26°C y los 27°C, mismas temperaturas presentes durante el control del día 1. En la tabla 3 se colocaron los datos de los días 2 hasta el 4, y como se observa, durante el día 2, en las muestras con un pH inicial de 3.00, la solución de la cáscara de huevo siguió actuando aun pasadas 24 horas.

Tabla 3. Datos obtenidos durante los días 2, 3 y 4

Envase		pH día 2	pH día 3	pH día 4
Tipo	Número			
Control (sin nada)	1	7.16	7.13	7.10
	2	7.08	7.12	7.18
	3	7.10	7.12	7.20
Control (con huevo)	4	7.42	7.43	7.35
	5	7.20	7.22	7.28
	6	7.26	7.31	7.30
pH de 5.14	7	7.20	7.37	7.43
	8	7.16	7.12	7.14
	9	7.18	7.25	7.27
pH de 4.04	10	7.30	7.38	7.42
	11	7.35	7.41	7.43
	12	7.24	7.30	7.34
pH de 3.00	13	6.91	7.12	7.22
	14	6.81	7.59	7.55
	15	6.70	7.57	7.57

Las muestras con un pH inicial de 3.00, empezaron a estabilizarse más a partir del día 3, los datos obtenidos en el día 4 de estas muestras no mostraron grandes diferencias a comparación con el día anterior, hasta lograr una media de pH de más de 7.00. En la tabla 4 se muestran los porcentajes de incrementos de estos mismos días, cada uno comparándose con el día anterior, siendo el día 2 comparado con los datos finales del día 1, el día 3 comparado con el día 2 y el día 4 comparado con el día 3.

Tabla 4. Porcentajes de incremento de pH en muestras con solución de cáscara de huevo de los días 2, 3 y 4

Envase		% de Incremento Día 2	% de Incremento Día 3	% de Incremento Día 4
Tipo	Número			
Control (con huevo)	4	1.64	0.13	-1.08
	5	-0.14	0.28	0.83
	6	0.00	0.69	-0.14
pH de 5.14	7	0.56	2.36	0.81
	8	0.56	-0.56	0.28
	9	0.28	0.97	0.28
pH de 4.04	10	0.00	1.10	0.54
	11	0.27	0.82	0.27
	12	-0.28	0.83	0.55
pH de 3.00	13	1.62	3.04	1.40
	14	2.71	11.45	-0.53
	15	3.08	12.99	0.00

Se obtuvieron incrementos al igual que decrementos, pero como ninguna muestra regresó a su pH ácido inicial o bajó de lo necesario para cumplir con los parámetros aceptables para el agua potable, no son cambios significativos.

3.3 Resultados de los días 5, 6 y 7

La tabla 5 presenta los datos que se recopilaron desde el día 5 al 7, se volvió a detectar aumentos en el nivel de pH, pero bastante mínimos a comparación con los días anteriores.

Tabla 5. Datos obtenidos durante los días 5, 6 y 7

Envase		pH día 5	pH día 6	pH día 7
Tipo	Número			
Control (sin nada)	1	7.22	7.33	7.51
	2	7.23	7.28	7.19
	3	7.26	7.33	7.33
Control (con huevo)	4	7.56	7.58	7.55
	5	7.28	7.36	7.29
	6	7.41	7.40	7.39
pH de 5.14	7	7.41	7.55	7.36
	8	7.29	7.27	7.28
	9	7.26	7.33	7.38
pH de 4.04	10	7.52	7.56	7.51
	11	7.49	7.53	7.42
	12	7.46	7.55	7.48
pH de 3.00	13	7.34	7.46	7.43
	14	7.61	7.76	7.78
	15	7.61	7.78	7.76

Las muestras de agua lograron llegar al día 7 sin sufrir alteraciones significativas, a comparación de los tres días anteriores, absolutamente todas las muestras quedaron en niveles de pH medio por arriba del 7.00, pero no llegaron a subir hasta el límite de 8.50, lo que es bastante bueno, ya que las aguas muy alcalinas no son aptas ni para el consumo humano ni para la reproducción de microorganismos beneficiosos.

La tabla 6 muestra los porcentajes de incremento y decremento que se obtuvieron durante los días 5, 6 y 7 de cada una de las muestras con solución, durante estos días se mostraron poco más del doble de decrementos en comparación con los días anteriores.

Tabla 6. Porcentajes de incremento de pH en muestras con solución de cáscara de huevo de los días 5, 6 y 7

Envase		% de incremento	% de incremento	% de incremento
Tipo	Número	día 5	Día 6	día 7
Control (con huevo)	4	2.86	0.26	-0.40
	5	0.00	1.10	-0.95
	6	1.51	-0.13	-0.14
pH de 5.14	7	-0.27	1.89	-2.52
	8	2.10	-0.27	0.14
	9	-0.14	0.96	0.68
pH de 4.04	10	1.35	0.53	-0.66
	11	0.81	0.53	-1.46
	12	1.63	1.21	-0.93
pH de 3.00	13	1.66	1.63	-0.40
	14	0.79	1.97	0.26
	15	0.53	2.23	-0.26

3.4 Resultados finales

Los promedios de la semana obtenidos de cada muestra tras la solución de la cáscara de huevo se muestran en la tabla 7, todas las muestras lograron cumplir con los requisitos del nivel de pH para el agua potable.

Tabla 7. Promedios finales de cada muestra, desde el día 1 hasta el día 7

Envase		Promedio final	Promedio final
Tipo	Número	(por número de envase)	(por tipo de muestra)
Control (sin nada)	1	7.17	7.14
	2	7.11	
	3	7.15	
Control (con huevo)	4	7.46	7.35
	5	7.26	
	6	7.33	
pH de 5.14	7	7.35	7.27
	8	7.20	
	9	7.26	
pH de 4.04	10	7.43	7.41
	11	7.42	
	12	7.38	
pH de 3.00	13	7.18	7.31
	14	7.39	
	15	7.36	

Los resultados de esta investigación no varían mucho de los presentados en otro estudio, en el cual solo se tomaron en cuenta los datos instantáneos al momento de hacer contacto la

solución de cáscara de huevo con las muestras de aguas ácidas y no sus efectos en días posteriores [6].

4. Conclusiones

La evaluación de la eficacia de la cáscara de huevo como tratamiento de aguas ácidas permitió profundizar en estudios elaborados por otros analistas dentro del campo de la ingeniería que ya se habían encargado de determinar cuán efectiva podía ser en otros ámbitos o bajo distintos parámetros.

Este experimento expandió el número de muestras de agua ácida y se agregaron dos tipos de controles (agua destilada simple con y sin solución de cáscara de huevo) al igual que el tiempo (de una revisión inmediata pasó a una cada 24 horas por una semana) en el que los datos fueron recolectados para comprobar que efectivamente la cáscara de huevo sí puede utilizarse para el tratamiento de aguas ácidas y podría llegar a convertirse en una potencial alternativa para las áreas más vulnerables a las enfermedades transmitidas por aguas contaminadas en diversos puntos de Panamá como lo son las zonas rurales.

Una limitante de esta investigación se encuentra en los requerimientos que dicta la DGNTI-COPANIT 21-2019, ya que los datos obtenidos solo se enfocan en cumplir con el rango permitido de pH.

AGRADECIMIENTOS

A la Lic. Yarisel González, encargada del laboratorio de sanitaria, por proveernos algunos equipos y materiales necesarios para la realización de esta evaluación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener algún conflicto de interés.

REFERENCIAS

- [1] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, «Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura,» 24 Marzo 2023. [En línea]. Available: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>. [Último acceso: 21 Abril 2023].
- [2] S. G. Antoni Huanca, «Uso de cáscara de huevo molida como material encalante en un suelo ácido del Perú,» *SciELO*, vol. 37, n° 3, pp. 115-120, 2019.
- [3] J. Valdés Figueroa, «La cáscara del huevo: ¿desecho o valor agregado para la salud humana y la producción avícola? Una experiencia cubana,» *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, vol. 19, n° 1, pp. 84-102, 2009.
- [4] E. J. Sanchez Bermudez y L. N. Huanio Estrada, «Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional del Santa,» s. i. s. i. 2017. [En línea]. Available: <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/2984>. [Último acceso: 21 4 2023].

- [5] Y. E. Quispe Abad, «Aplicación de cáscara de huevo en un suelo ácido de atalaya para incrementar la producción Zea mays, 2018,» s. i. s. i. 2018. [En línea]. Available: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/28090/QUISPE_AY.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Último acceso: 22 Abril 2023].
- [6] C. A. Rubiano Segura, «Repositorio Institucional Universidad Piloto de Colombia,» s. i. s. i. 2018. [En línea]. Available: <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/5797>. [Último acceso: 25 Abril 2023].
- [7] M. A. Córdoba, V. F. Del Coco y J. A. Basualdo, «Agua y salud humana,» Química Viva, vol. 9, n° 3, pp. 105-119, 2010.
- [8] D. Cortijo-Herrera, «Desalcalinización del agua mediante intercambio iónico,» Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Lima, vol. s. i., n° 31, pp. 221-238, 2013.
- [9] J. R. Morillo Cano, V. Vega Falcón y B. Sánchez Martínez, «Enfermedades transmitidas por el consumo de agua de mala calidad,» Revista Universidad y Sociedad, vol. 13, n° S2, pp. 513-520, 2021.
- [10] J. Cardona Gómez y L. A. García Galindo, «Repositorio Institucional Javeriano,» s. i. Diciembre 2008. [En línea]. Available: <https://repositorio.javeriana.edu.co/handle/10554/8207>. [Último acceso: 13 Junio 2023].
- [11] Organización de las Naciones Unidas (ONU), «Objetivos del Desarrollo Sostenible,» Organización de las Naciones Unidas (ONU), 24 Mayo 2022. [En línea]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>. [Último acceso: 13 Junio 2023].
- [12] J. M. Libra y A. Gómez Vidal, «Banco Interamericano de Desarrollo,» s. i. Junio 2022. [En línea]. Available: <https://publications.iadb.org/es/brechas-de-datos-de-acceso-agua-y-saneamiento-en-america-latina-y-el-caribe>. [Último acceso: 3 Junio 2020].
- [13] IDAAN, «IDAAN,» s. i. Marzo 2022. [En línea]. Available: <https://www.idaan.gob.pa/wp-content/uploads/2022/03/IDAAN-INFORMA-MARZO.pdf>. [Último acceso: 1 Junio 2023].
- [14] J. M. Libra y M. A. Baquero, «Banco Interamericano de Desarrollo,» s. i. Octubre 2022. [En línea]. Available: <https://publications.iadb.org/es/fs-11-acceso-al-agua-en-america-latina-y-el-caribe-definiciones-y-datos>. [Último acceso: 4 Junio 2023].
- [15] D. Fernández, A. Muntañez y N. Sarmanto, «Comisión Económica para América Latina y el Caribe,» 16 Enero 2023. [En línea]. Available: <https://www.cepal.org/es/notas/la-cepal-publica-diagnosticos-la-prestacion-servicios-agua-potable-alcantarillado-panama>. [Último acceso: 20 Mayo 2023].
- [16] Autoridad Nacional de los Servicios Públicos, «ASEP,» 6 Mayo 2019. [En línea]. Available: https://www.asep.gob.pa/wp-content/uploads/agua/legislacion/dgnti_21-2019.pdf. [Último acceso: 12 Mayo 2023].
- [17] Productos OPPAC, «Hoja de seguridad, ÁCIDO SULFURICO 98/99%, Productos OPPAC,» 24 Septiembre 2012. [En línea]. Available: https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:IfzUZJvk0AJ:scholar.google.com/+ph+de+acido+sulf%C3%BArico&hl=es&as_sdt=0,5.